

## **Título**

Desarrollo y aplicación de una herramienta didáctica interactiva para la enseñanza de técnicas de procesado de señal: una experiencia de cara al Espacio Europeo de Educación Superior.

## **Autores**

Yolanda Campos Roca  
Rafael Gómez Alcalá  
Luis Landesa Porras  
José Manuel Taboada Varela  
José Vicente Crespo

Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones, Departamento de Tecnologías de los Computadores y de las Comunicaciones (TC2)

## **Resumen**

El proyecto ha consistido en la elaboración y puesta en práctica de una herramienta didáctica interactiva para la docencia de técnicas de procesado de señal. La herramienta se ha diseñado con el objetivo de ser utilizada como apoyo a la impartición de varias asignaturas de la titulación de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Sonido e Imagen. Este curso se ha probado en clases de laboratorio de la asignatura Audio Digital I, pero tiene aplicación también en las asignaturas Teoría de la Señal, Audio Digital II y Tratamiento Digital de Imágenes. La finalidad de esta herramienta en un futuro inmediato es servir de guía para el aprendizaje autónomo de los alumnos de manera no presencial. Este tipo de materiales docentes, específicamente orientados al aprendizaje, juegan un papel fundamental en la implantación de la nueva filosofía del Espacio Europeo de Educación Superior.

**Palabras clave:** Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC), Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), ECTS, multimedia, aplicaciones interactivas.

Fecha: 4 de mayo de 2007

## ÍNDICE

1	Introducción .....	3
	1.1 Motivación .....	3
	1.2 Objetivos .....	4
	1.3 Organización de la memoria .....	4
2	Cronograma del desarrollo del proyecto .....	5
3	La herramienta MPEG_LAB .....	6
	3.1 Estructura general de la herramienta.....	6
	3.2 Descripción de la herramienta .....	9
4	Descripción de la experiencia con los alumnos .....	12
	4.1 Contexto.....	12
	4.2 Desarrollo de la experiencia.....	13
	4.3 Vinculación con las competencias .....	14
5	Resultados de las encuestas.....	14
6	Conclusiones y valoración por parte del profesorado .....	19
7	Líneas futuras de trabajo .....	19
	Referencias bibliográficas .....	20
	Agradecimientos .....	20
Anexos		
	A1. Guión de la práctica .....	21
	A2. Modelo de encuesta.....	23
	A3. Plan docente de la asignatura Audio Digital I.....	24
	A4. Plan docente de la asignatura Tratamiento Digital de Imágenes .....	37

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 MOTIVACIÓN

La inminente implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) tiene, como uno de sus objetivos primordiales, el cambio de metodología docente hacia un modelo de enseñanza basada en el aprendizaje. En este contexto, pasa a un segundo plano el papel del profesor como transmisor de conocimientos, pero cobra mayor importancia su papel en el diseño de materiales didácticos específicos para la nueva metodología docente a aplicar.

Las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) han introducido nuevos retos y posibilidades en la elaboración de materiales docentes. Entre sus ventajas más destacables se encuentran las siguientes:

- Existe una buena predisposición y motivación del alumnado hacia este tipo de herramientas, lo que incrementa su rendimiento.
- Permiten un aprendizaje más activo.
- Su característica de no linealidad permite su utilización a alumnos con diferentes conocimientos previos y distintos ritmos de aprendizaje, adaptándose a las necesidades de cada uno de ellos.
- Su estructura modular hace posible la inclusión de nuevos ejemplos con facilidad.

Estas ventajas encajan perfectamente con la nueva metodología docente que promueve el EEES.

Este proyecto es una contribución a los esfuerzos dirigidos a la creación de nuevos materiales didácticos, basados en las TICs, enfocados al EEES. El proyecto se enmarca en el contexto de la titulación de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Sonido e Imagen, de la Universidad de Extremadura.

Según nuestra experiencia como docentes, muchos conceptos y técnicas relacionados con el procesado de señal son difíciles de asimilar para los alumnos, porque no son fáciles de visualizar. Sin embargo, estos conceptos son de gran importancia en la titulación que nos ocupa. Con el fin de facilitar la comprensión de estos conceptos y técnicas, al mismo tiempo que ilustrar su aplicación práctica, se ha elaborado una herramienta didáctica multimedia que trata de complementar los medios tradicionales de distribución de contenidos, creando un entorno amigable, intuitivo e interactivo. La finalidad primordial de este material es servir de guía para el aprendizaje autónomo del alumno.

Globalmente, la herramienta ilustra el funcionamiento de un codificador de audio. Se trata, en particular, del estándar MPEG-1 capa I [1]. La compresión de audio es un área de aplicación del procesado de señal que se basa en la obtención de una representación eficiente de la señal [2]. Es un tema de gran importancia hoy en día debido al elevado número de aplicaciones: intercambio de archivos en Internet, almacenamiento, radio y televisión digitales,... Este tema se trata dentro de la asignatura Audio Digital I. La herramienta desarrollada sirve para estudiar las técnicas de compresión de audio de manera específica pero, al mismo tiempo, ayuda a comprender las técnicas básicas de procesado de señal subyacentes (filtrado digital, diezmado, interpolación,

transformadas, ...). De este modo, el programa puede ser utilizado, al menos, en las cuatro asignaturas de la titulación que se indican en la tabla siguiente.

Cuat. 2A	Ecuaciones diferenciales	Teoría de la Señal	Electrónica Digital	Fund. de Ingeniería Acústica	Electroacústica	Televisión
Cuat. 2B	Audio Digital I	Fotónica	Proc. Digital de Señales	Optativa		
Cuat. 3A	Equipos de Audio	Audio Digital II	Proyectos	Acústica Arquitectónica	Electrónica de Comunicaciones	Tratamiento Digital de Imágenes
Cuat. 3B	Proyecto Fin de Carrera	Optativa	Optativa	Optativa	Optativa	

**Tabla 1.** Asignaturas de segundo y tercer curso de la titulación de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Sonido e Imagen. Los cuadros sombreados indican las asignaturas en las que tiene aplicación la herramienta desarrollada.

La asignatura que aporta los primeros conocimientos relacionados con el procesado de señal es Teoría de la Señal (primer cuatrimestre, segundo curso). Esta asignatura aporta los conocimientos básicos que se requieren para el procesado digital de la señal (muestreo, señales y sistemas en tiempo discreto, transformadas,...). A continuación, en el segundo cuatrimestre de segundo, los alumnos cursan Audio Digital I. En esta asignatura, el estudio de técnicas generales básicas de procesado de señal y la compresión de audio constituyen una parte fundamental del temario. Además, dos asignaturas de tercero (Audio Digital II y Tratamiento Digital de Imágenes) requieren, para su adecuado seguimiento, una formación sólida de los alumnos en las técnicas de procesado de señal estudiadas en las asignaturas anteriores. Por ello, esta herramienta puede ser utilizada también en estas asignaturas para que los estudiantes efectúen un repaso de estos conceptos.

## 1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es el desarrollo y aplicación de una herramienta software multimedia que sirva a los alumnos de apoyo para el aprendizaje de ciertos conceptos básicos de procesado de señal, en general, y compresión de audio, en particular. Este objetivo general se puede desglosar en diversos objetivos más concretos, como son los siguientes:

- Proporcionar al programa informático una interfaz atractiva, que sea de fácil manejo y disponga de ayuda, y que demande la búsqueda, análisis y reflexión sobre la información
- Desarrollo de una aplicación interactiva, que pueda ser utilizada por el alumno con total libertad temporal y geográfica y al ritmo que le resulte adecuado.
- Analizar la influencia del programa en el proceso de aprendizaje de los alumnos a través de experiencias de laboratorio.
- Analizar la receptividad de los estudiantes hacia este tipo de herramientas.

## 1.3. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA

La memoria se estructura en siete secciones. A esta introducción le sigue una sección en la que se presenta el cronograma del desarrollo del proyecto (sección 2). En la sección 3 se describe la

herramienta desarrollada. A continuación, en la sección 4 se expone el desarrollo de la experiencia con los alumnos. En la sección 5 se presentan los resultados obtenidos en las encuestas. En la sección 6 se hace un resumen de las principales conclusiones y valoración del profesorado. Por último, en la sección 7 se indican las futuras líneas de trabajo. La memoria se completa con la lista de referencias bibliográficas utilizadas en este trabajo y cuatro anexos, que recogen el guión de la práctica, el formato de la encuesta y los planes docentes de las asignaturas Audio Digital I y Tratamiento Digital de Imágenes.

## 2. CRONOGRAMA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

Las tareas programadas para el desarrollo del proyecto eran las siguientes:

1. Control y gestión del proyecto
2. Diseño de la herramienta
3. Desarrollo del software
4. Diseño de encuestas
5. Experiencia piloto con los alumnos
6. Revisión final de la herramienta
7. Redacción de la memoria final.

En la tabla 1 se muestra la distribución de las tareas a lo largo de los seis meses de ejecución del proyecto. El cronograma programado inicialmente se ha modificado ligeramente. La tarea 3 (*Desarrollo del software*) se ha prolongado en el tiempo más de lo previsto. Esto ha afectado también a la temporalización de las tareas siguientes, pero no ha sido en absoluto un impedimento para la consecución de los objetivos previstos.

	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
1. Control y gestión del proyecto						
2. Diseño de la herramienta						
3. Desarrollo del software						
4. Diseño de encuestas						
5. Experiencia piloto con los alumnos						
6. Revisión final de la herramienta						
7. Redacción de la memoria final						

**Tabla 1.** Cronograma de tareas del proyecto.

### **3. LA HERRAMIENTA MPEG-LAB.**

La primera decisión en el diseño de una herramienta didáctica interactiva es el lenguaje de programación a utilizar. Existe diverso software en el mercado que facilita la creación de este tipo de herramientas: Mathematica, Maple, Mathcad, Java, Matlab,... De entre todos ellos, se ha elegido MATLAB ya que, mediante su herramienta GUIDE (*Graphical User Interface Development Environment*), permite crear interfaces gráficas de usuario (GUIs) amigables que pueden ayudar considerablemente a mejorar el aprendizaje de los conceptos. Además, los miembros del equipo son programadores expertos en este lenguaje. Al comienzo del proyecto, esta herramienta estaba en fase de desarrollo.

Otra decisión importante en el proceso de diseño de la herramienta es su estructura. Ésta se expone en la subsección 3.1. A continuación, en la subsección 3.2 se describen brevemente los distintos módulos que la componen.

#### **3.1 ESTRUCTURA GENERAL DE LA HERRAMIENTA**

Con el fin de presentar directamente la aplicación, tras un par de pantallas de bienvenida se muestra directamente al alumno el diagrama de bloques de un codificador de audio MPEG-1. Al seleccionar los distintos bloques, el alumno entra en módulos distintos del programa (véase la figura 1).

Al entrar en cada módulo, al alumno se le ofrece de nuevo en la parte izquierda de la pantalla un menú. En la figura 2 puede observarse la GUI que aparece al seleccionar la herramienta de análisis psicoacústico. Esta estructura permite al usuario hacer una navegación no lineal, en función de sus intereses o el nivel de conocimientos. Este aspecto es fundamental, ya que se trata de una herramienta de aprendizaje que puede ser utilizada por el alumno por su cuenta, al margen de las sesiones prácticas de laboratorio.

Al margen de las GUIs de menú, el programa dispone de GUIs de contenido y GUIs de ayuda.

Las GUIs de contenido están divididas en varias partes. En la parte izquierda aparecerán objetos con los que el usuario puede interactuar: variar los parámetros de la señal de entrada, elegir los datos que desea ver de entre los que se le ofrezcan en cada momento, obtener información teórica,... En función de la acción realizada por el usuario en esa parte de la GUI, se visualizarán los resultados en la parte derecha de ésta. Además, en algunos casos (como en la figura 3) se muestra simultáneamente un texto informativo bajo la gráfica con el fin de destacar los aspectos más relevantes.

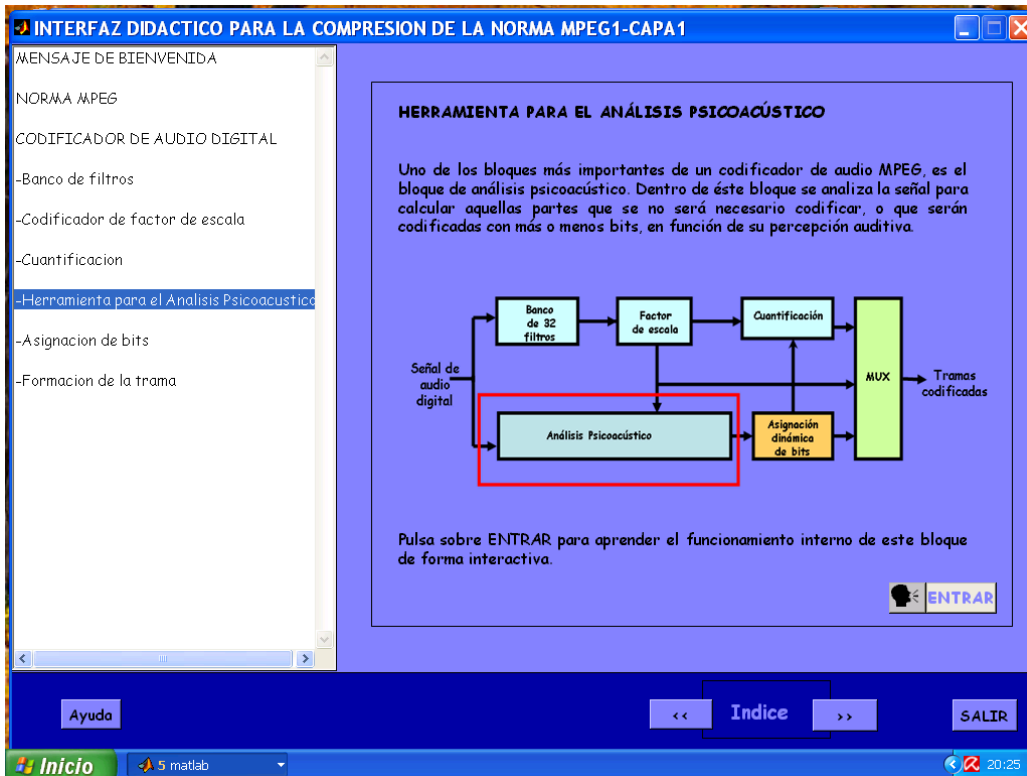


Figura 1. Menú principal del programa.

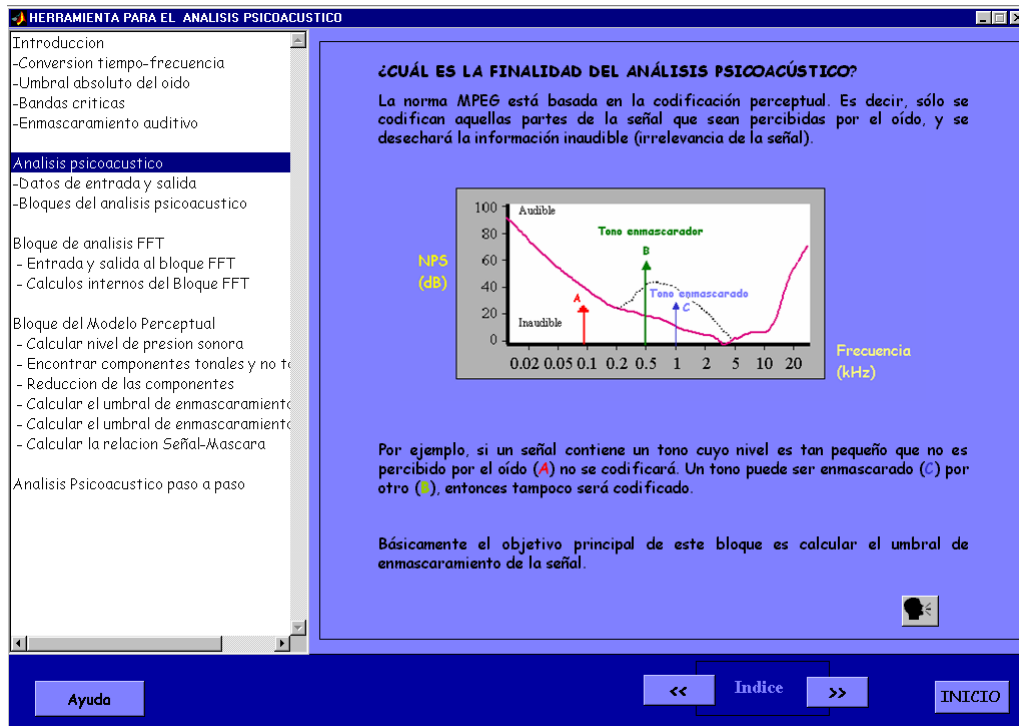


Figura 2. GUI correspondiente a la herramienta para el análisis psicoacústico. Menú principal de esta herramienta.

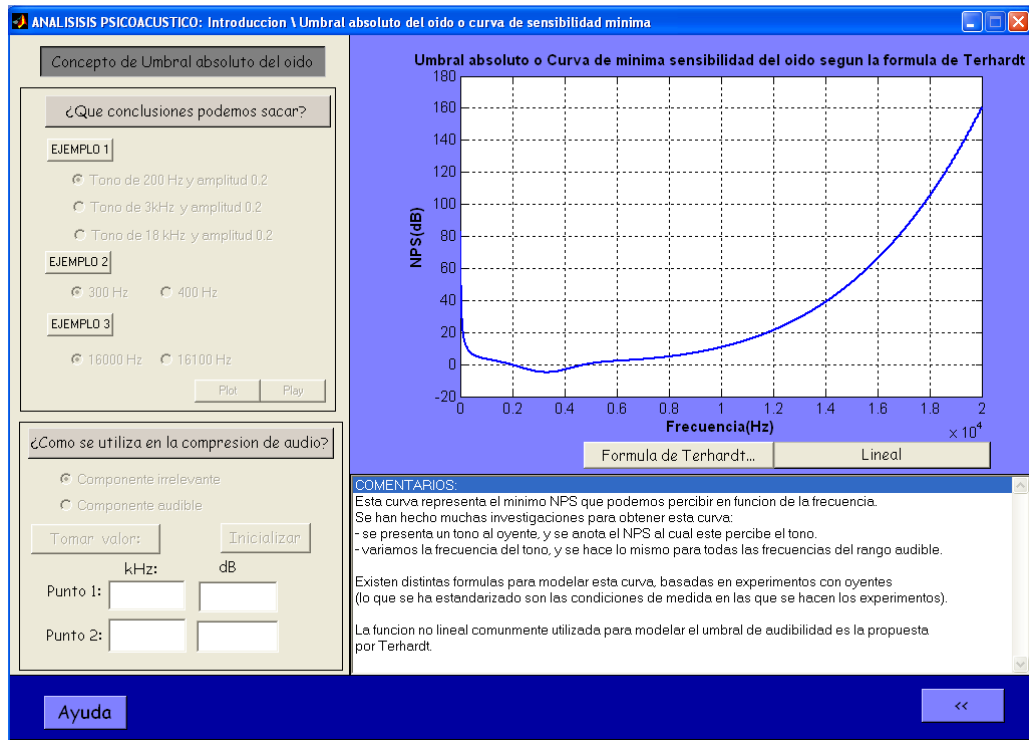


Figura 3. Estructura general de la GUI de contenido correspondiente a la opción “Umbral absoluto del oído” de la herramienta para el análisis psicoacústico.

En la figura 4 se muestra un ejemplo de GUI de contenido en la que aparecen varios botones que permiten acceder a información teórica. La información teórica puede ser apuntes cortos mostrados con cajas de diálogo o una nueva GUI con imágenes de texto.

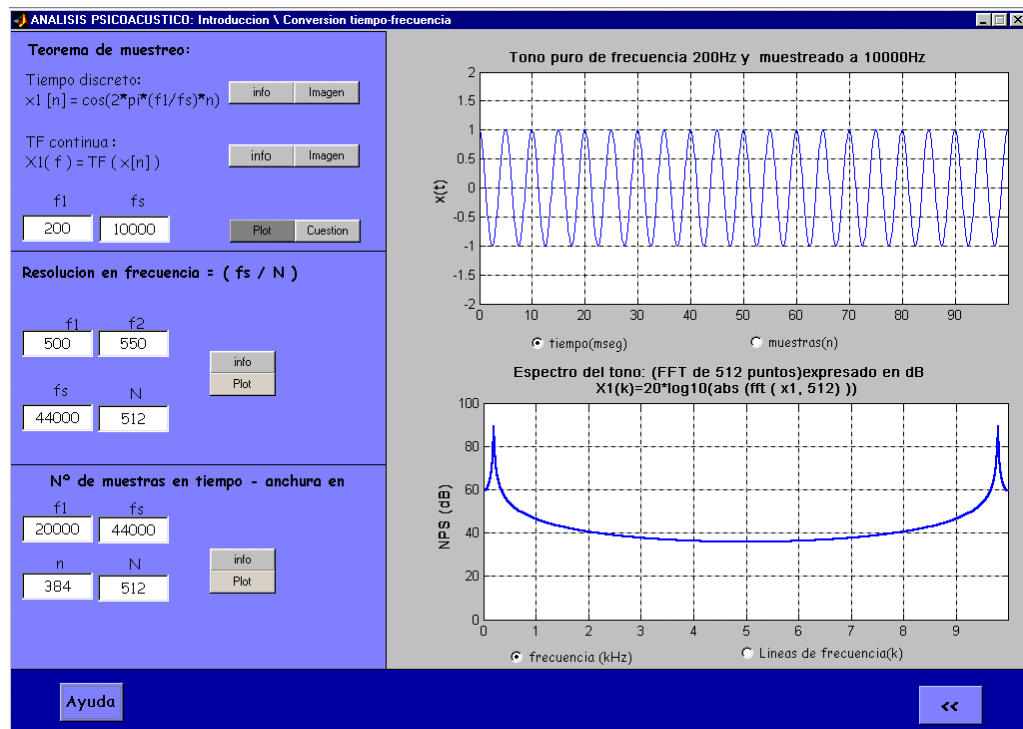


Figura 4. GUI de contenido correspondiente a la opción “Conversión tiempo-frecuencia” de la herramienta para el análisis psicoacústico.



Todas los GUIs de contenido disponen del correspondiente botón de ayuda. Al pulsar este botón, aparece una nueva GUI (GUI de ayuda) donde se señala la función de cada objeto que lo constituye.

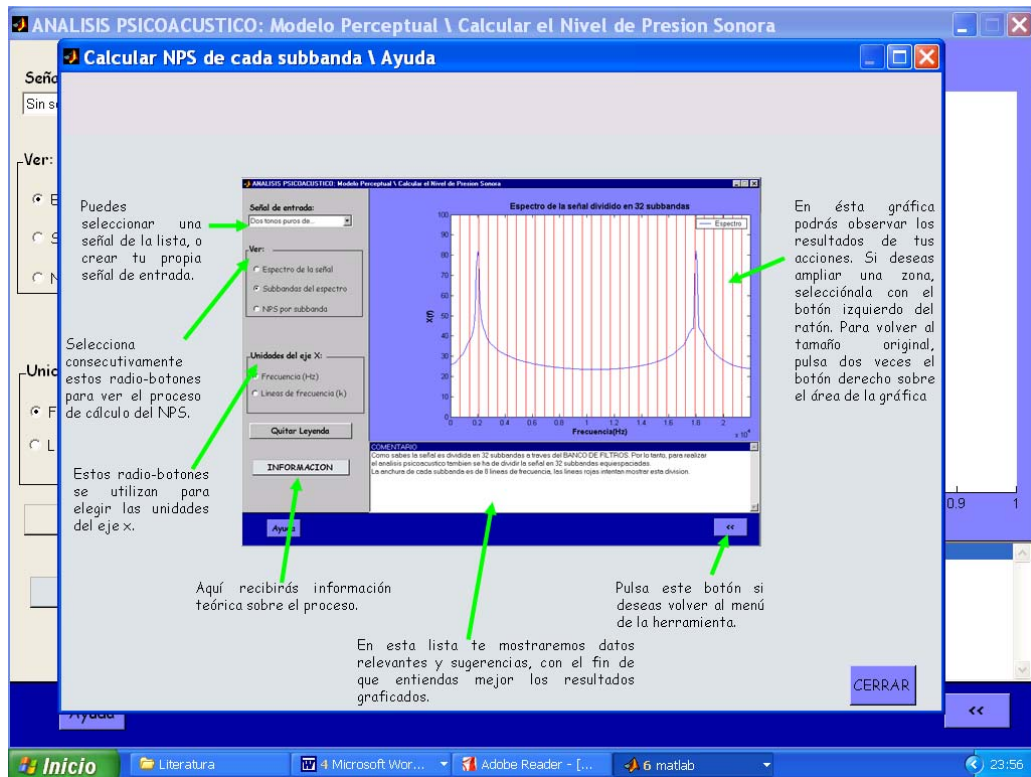


Figura 5. Ejemplo de GUI de ayuda

### 3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS DE LA HERRAMIENTA

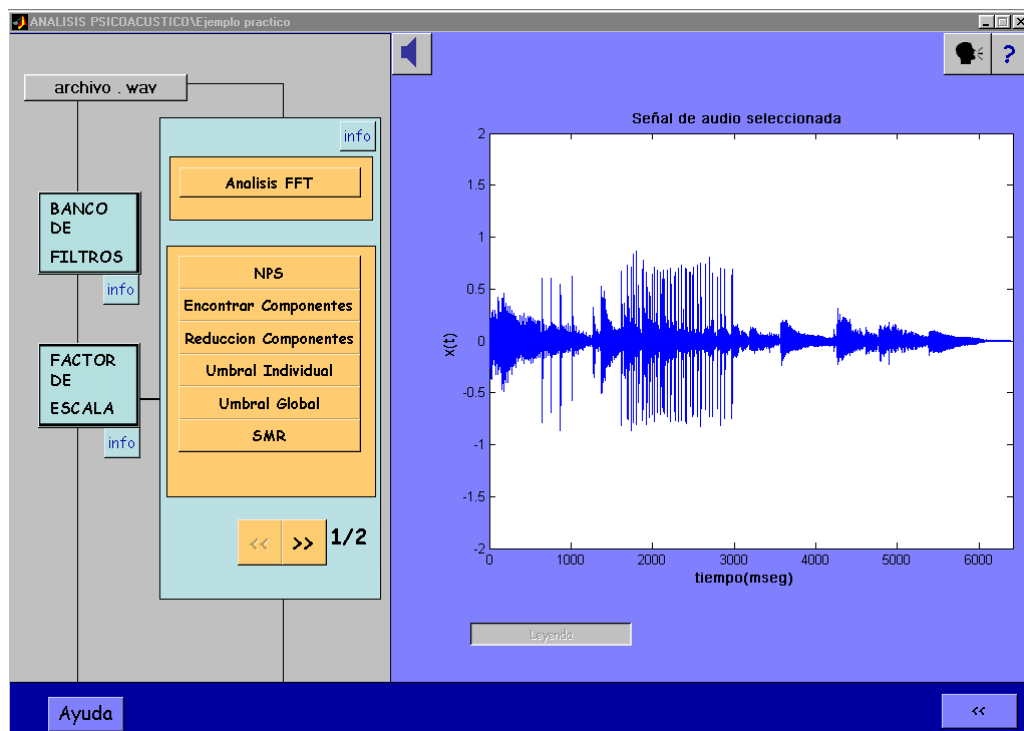
En la GUI de menú principal del programa (figura 1) se listan los distintos módulos que componen el programa. Cada uno de ellos profundiza sobre uno de los bloques que componen el diagrama del codificador. A continuación se describen brevemente los distintos módulos.

#### a) Herramienta para el estudio del análisis psicoacústico

Dada la importancia del bloque de análisis psicoacústico en la codificación perceptual de audio, ésta es la herramienta que se trata en más detalle. Como se puede observar en la GUI de menú de la figura 2, el módulo de análisis psicoacústico consta de cinco partes:

- Introducción. Aporta conocimientos básicos sobre conversión tiempo-frecuencia, umbral absoluto del oído, bandas críticas y enmascaramiento auditivo.
- Análisis psicoacústico. Se centra en el aprendizaje de cuáles son los datos que recibe y entrega este bloque, así como los bloques internos en los que se divide: análisis FFT y modelo perceptual.
- Bloque de análisis FFT. Mediante la transformada de Fourier discreta (*Discrete Fourier Transform*, DFT), que se implementa mediante FFT (*Fast Fourier Transform*, Transformada Rápida de Fourier) se obtiene una representación en frecuencia de la señal de audio a comprimir. Este bloque se ocupa del estudio de esta transformada.

- Bloque de Modelo Perceptual. Se encarga del estudio de todos los procesos necesarios para obtener la relación señal-máscara de cada subbanda a partir de la FFT. Estos procesos son: cálculo del nivel de presión sonora, distinción entre componentes tonales y no tonales, reducción de las componentes, cálculo del umbral de enmascaramiento individual, cálculo del umbral de enmascaramiento global y cálculo de la relación señal-máscara.
- Análisis psicoacústico paso a paso. Una vez se conoce con profundidad el funcionamiento del bloque de análisis psicoacústico paso a paso, el alumno podrá elegir un archivo sonoro, y obtener los resultados intermedios que produciría el análisis psicoacústico. Ésta es una forma de ver la aplicación real de todo lo expuesto. Obsérvese la GUI mostrada en la figura 6.



**Figura 6.** GUI correspondiente a la opción *Análisis psicoacústico paso a paso* del menú de la herramienta para el análisis psicoacústico

## b) Herramienta para el estudio del banco de filtros

La herramienta para el estudio del banco de filtros consta de las siguientes partes:

- Introducción teórica.
- Banco de filtros QMF (*Quadrature Mirror Filter*, filtros especulares en cuadratura) en árbol. Esta parte del programa aporta información teórica y presenta ejemplos interactivos con dos, cuatro y dieciséis ramas. En la figura 7 se muestra el ejemplo correspondiente a dos ramas.
- Banco de filtros polifase. Esta parte del programa proporciona al alumno una introducción teórica a la estructura polifase, que es la que se aplica en MPEG-1 capa I. Esta teoría se ilustra mediante dos ejemplos interactivos.
- Cuestiones

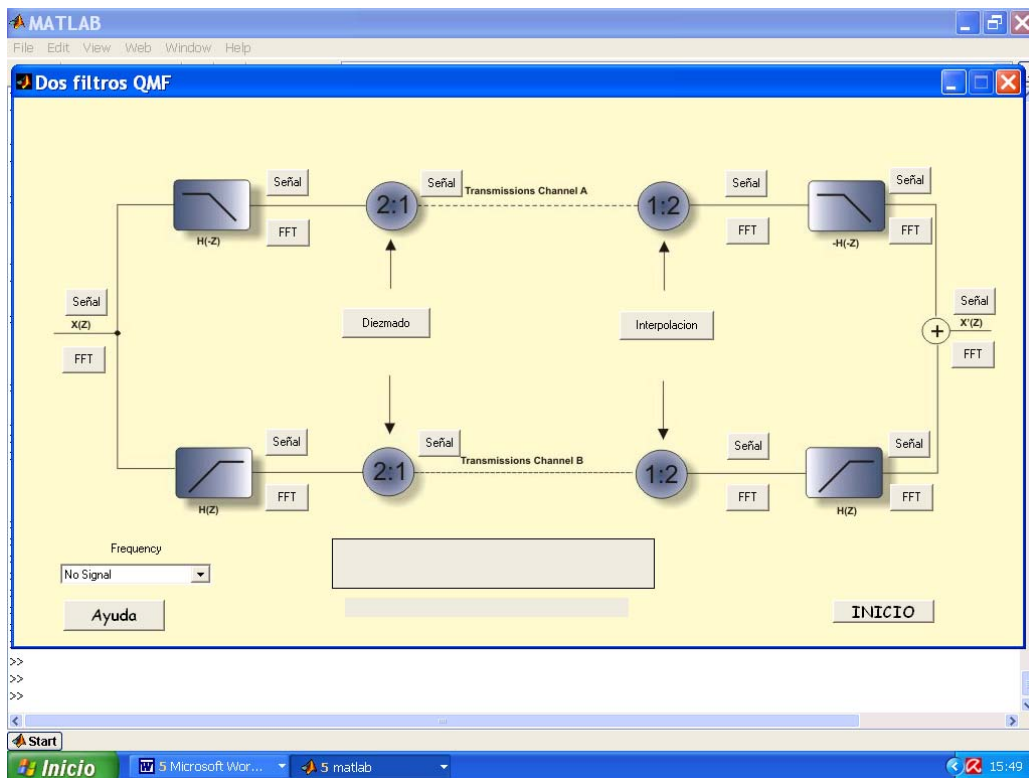


Figura 7. GUI correspondiente a la opción *Banco de dos filtros QMF* de la herramienta *Banco de Filtros*.

c) Herramienta para el estudio de la codificación de factor de escala

Esta herramienta tiene como objetivo que el alumno comprenda las ventajas de aplicar una codificación de factor de escala adicionalmente a la codificación de subbandas. La herramienta consta de una introducción teórica, un ejemplo interactivo que ilustra cómo se calculan los factores de escala y cuestiones que se le plantean al alumno.

d) Herramienta para el estudio de la cuantificación

Esta herramienta aporta conocimientos básicos sobre cuantificación. El aspecto de la GUI correspondiente al ejemplo interactivo se ilustra en la figura 8. Además, la herramienta incluye una introducción teórica.

e) Herramienta para el estudio de la asignación de bits

En este módulo del programa se incluye una GUI que permite al alumno observar cómo se van asignando los bits a las subbandas que más lo necesitan mediante un proceso iterativo. La herramienta incluye también una introducción teórica y cuestiones.

f) Herramienta para el estudio de la formación de la trama

Esta herramienta muestra a los estudiantes, mediante una animación, la relación entre los datos que componen la trama MPEG y los distintos bloques del diagrama.

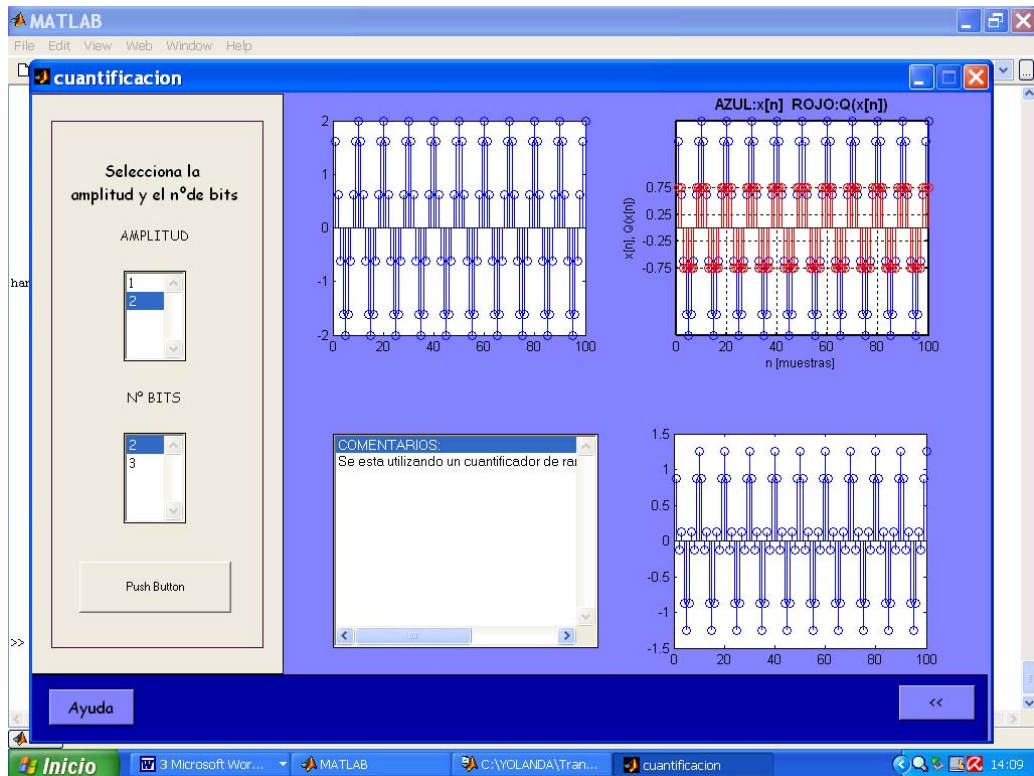


Figura 8. GUI correspondiente a la herramienta *Cuantificación*.

## 4. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA CON LOS ALUMNOS

### 4.1 CONTEXTO

Como se ha indicado anteriormente, el software desarrollado tiene aplicación en las siguientes asignaturas de la titulación de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Sonido e Imagen, de la Universidad de Extremadura: Audio Digital I, Audio Digital II, Teoría de la Señal y Tratamiento Digital de Imágenes. De estas asignaturas, solamente una se ubica en el segundo cuatrimestre. Se trata de Audio Digital I. Tratamiento Digital de Imágenes es una asignatura anual, pero el repaso de conceptos de procesamiento de señal tiene sentido a principios de curso, no en el segundo cuatrimestre. Por ello, este curso se ha llevado a cabo una experiencia piloto en la asignatura Audio Digital I. A partir del próximo curso la herramienta podrá utilizarse en las otras asignaturas mencionadas e incluso ampliarse y mejorarse.

La asignatura Audio Digital I tiene asignados 6 créditos, de los cuales tres son teóricos y tres de carácter práctico. Para las prácticas de laboratorio, los alumnos matriculados se han dividido en tres grupos. Los 3 créditos prácticos se imparten del siguiente modo: una sesión práctica de una hora semanal en el laboratorio a cada grupo y una hora semanal en el aula de teoría (impartida a todos los alumnos a la vez). Esta clase en aula está dedicada a la explicación de la sesión práctica que va a tener lugar, posteriormente, en el laboratorio y a la resolución de ejercicios.

Las prácticas de la asignatura Audio Digital I se desarrollan habitualmente en el Laboratorio de Audio Digital. Este laboratorio está equipado con 14 ordenadores de tipo PC, cada uno de ellos equipado con tarjeta de sonido compatible Sound Blaster, micrófonos, altavoces y

cascos. Además, la Universidad de Extremadura dispone de licencias institucionales del sistema operativo Windows XP y de MATLAB.

Hasta ahora, las prácticas de laboratorio consistían en el planteamiento a los alumnos de ejercicios a resolver mediante la implementación de pequeños programas en MATLAB. La utilización del software desarrollado introduce, por tanto, un cambio metodológico importante. El alumno deja de ser el programador para convertirse en el usuario de una herramienta software ya implementada.

#### 4.2 *DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA*

Este curso se han planteado dos sesiones de laboratorio, una obligatoria (en el sentido de que se evalúa) y una voluntaria, basadas en la utilización de MPEG-LAB. El escenario en el que se ha desarrollado la experiencia es el Laboratorio de Audio Digital. El resto de las prácticas utilizan la metodología basada en el planteamiento a los alumnos de ejercicios a resolver mediante pequeños programas en MATLAB.

La experiencia llevada a cabo tenía un doble objetivo. Por un lado, se pretendía ayudar al alumno a asimilar conceptos relacionados con técnicas de procesado de señal, en general, y compresión de audio en particular. Por otro lado, para el docente tenía el objetivo de analizar las ventajas de este tipo de metodología, basada en herramientas de aprendizaje electrónico.

Como el tiempo necesario para el análisis de todos los contenidos del programa es demasiado elevado y se pretende incluir en el examen final preguntas relacionadas con la sesión práctica obligatoria, se ha elaborado un guión de la práctica en el que se dirige al alumno hacia ciertas partes concretas del software. En el anexo I se presenta el guión que se ha puesto a disposición de los alumnos. En la práctica voluntaria, los alumnos pueden navegar por el programa de la forma que estimen conveniente.

La herramienta es útil para los temas 1, 2 y 3, que constituyen una parte fundamental del temario de la asignatura Audio Digital I. Estos temas son:

- Tema 1. Digitalización de señales de audio
- Tema 2. Procesado digital de audio
- Tema 3. Compresión de audio

La sesión práctica obligatoria se realizó el 19 de abril, inmediatamente después de finalizar la explicación teórica del tema 3. Sin embargo, como se puede comprobar en el anexo 1, los conceptos involucrados en la práctica están relacionados no sólo con el tema 3 sino también con los temas anteriores. Estos conceptos son: el teorema del muestreo (que se estudia en el Tema 1), la Transformada de Fourier Discreta (Tema 2) y el enmascaramiento auditivo (Tema 3). Los alumnos rellenaron la encuesta al finalizar la sesión práctica obligatoria. La sesión voluntaria se realizará a finales de mayo.

Como lo demuestran los resultados de la encuesta (véase sección 5), todos los alumnos que participaron en esta experiencia poseen acceso a un ordenador en sus casas. Este curso el software desarrollado ha sido utilizado en el laboratorio. Sin embargo, el objetivo es que en el futuro se les proporcione a los alumnos un CD con el programa, de manera que puedan utilizarlo fuera de clase. Ésta es la finalidad lógica de una herramienta de autoaprendizaje como ésta y encaja perfectamente con la filosofía del EEES.

### 4.3 VINCULACIÓN CON LAS COMPETENCIAS

El análisis de competencias permite al profesor reflexionar sobre los puntos fuertes y débiles de la práctica docente, siendo de gran utilidad para el diseño del plan docente de una asignatura.

En el anexo 3 se recoge el plan docente propuesto para la asignatura Audio Digital I. En él se establecen las competencias de la titulación de Ingeniería de Telecomunicación, especialidad en Sonido e Imagen, y se señalan las que tienen mayor relación con la asignatura Audio Digital I. La experiencia que se describe en este proyecto va dirigida fundamentalmente a desarrollar las competencias c, k, n y o, que son las siguientes:

- c) Aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.
- k) Conocimiento de temáticas actuales, tanto tecnológicas como socio-económicas.
- n) Analizar, especificar, diseñar, proyectar, realizar y mantener sistemas y equipos de audio y vídeo.
- o) Analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesado analógico y digital de señal.

En lo que respecta a competencias genéricas del grado, la experiencia tiene como objetivo desarrollar las del bloque IV (aprender autónomamente, investigar).

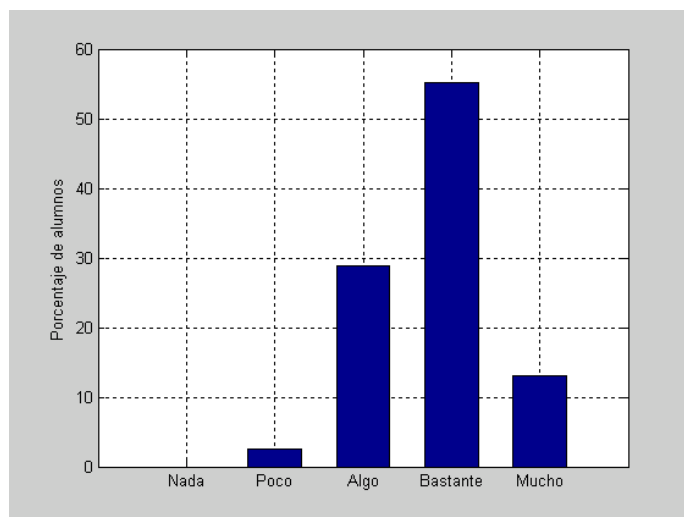
## 5. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Para conocer las impresiones de los alumnos sobre la experiencia realizada, se elaboró una encuesta de opinión que se aplicó al finalizar la sesión práctica obligatoria. El modelo se presenta en el anexo 2.

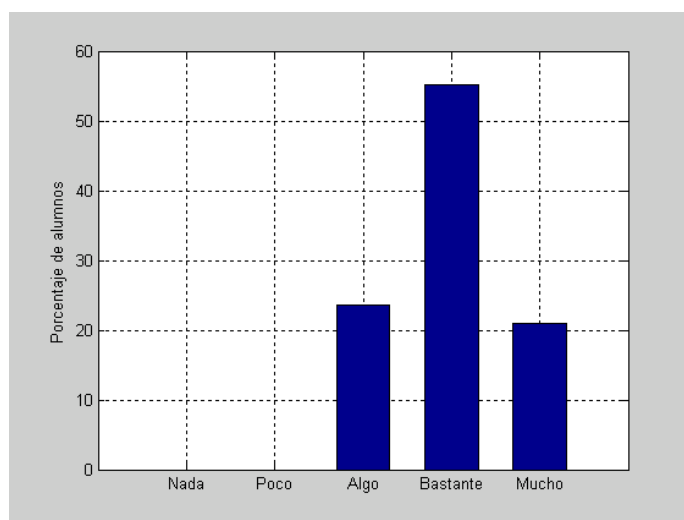
Como puede observarse, la mayor parte de la encuesta se construyó en base a respuestas cerradas. Se le pidió al alumno que mostrara el grado de acuerdo respecto a unos enunciados propuestos (1: Nada – 5: Mucho). Además, se incluyó una pregunta en la que el alumno tenía que hacer una valoración de la experiencia (de 0 a 10 puntos). La última pregunta era de carácter abierto, en la que se le solicitaba al estudiante sugerencias para una posible mejora de la herramienta.

Se realizaron un total de 38 encuestas, que representan el 45 % de los alumnos matriculados (84).

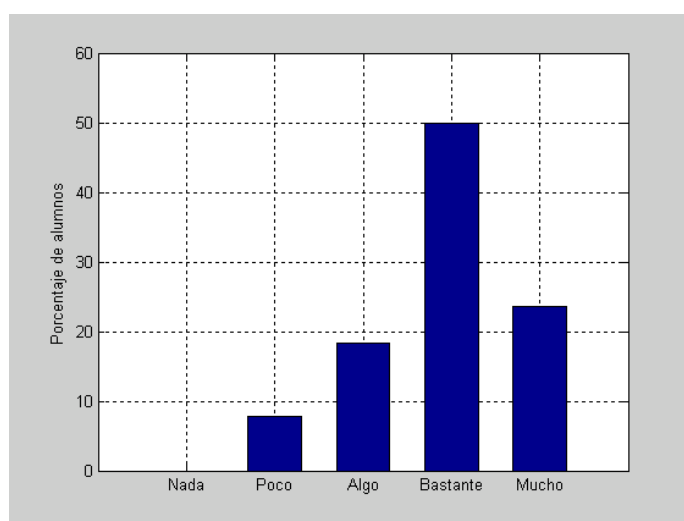
Las preguntas 1-4 iban dirigidas a medir si el uso de esta herramienta concreta (o de este tipo de herramientas en general) aporta beneficios en el proceso educativo. Como puede observarse en las figuras 9-12, las respuestas de los alumnos han sido mayoritariamente positivas. En las cuatro preguntas la opción más elegida por los alumnos es “Bastante”.



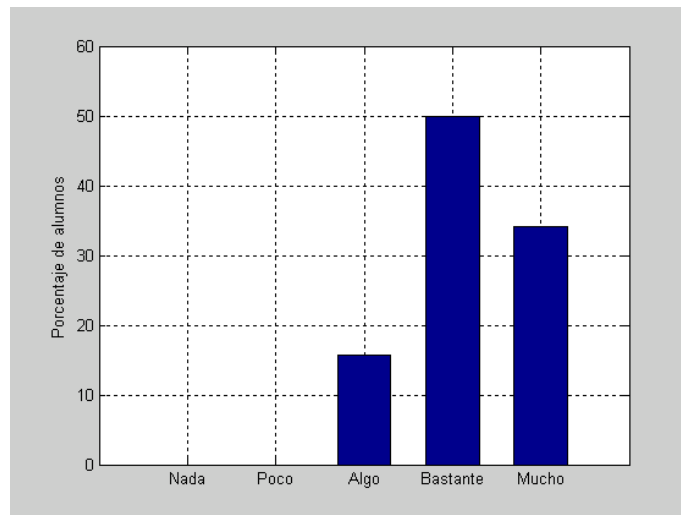
**Figura 9.** Resultados de la pregunta 1: *¿En qué medida consideras que la utilización de esta herramienta ha contribuido al entendimiento de los conceptos y técnicas estudiados?*



**Figura 10.** Resultados de la pregunta 2: *¿En qué medida consideras que resulta motivante esta forma de presentar los contenidos?*

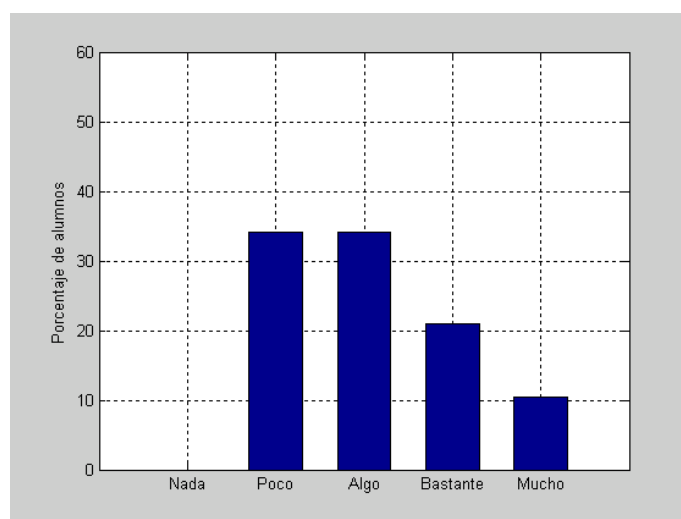


**Figura 11.** Resultados de la pregunta 3: *¿En qué medida consideras que el manejo del programa es sencillo?*



**Figura 12.** Resultados de la pregunta 4: *¿En qué medida consideras que es útil el uso de herramientas didácticas como ésta?*

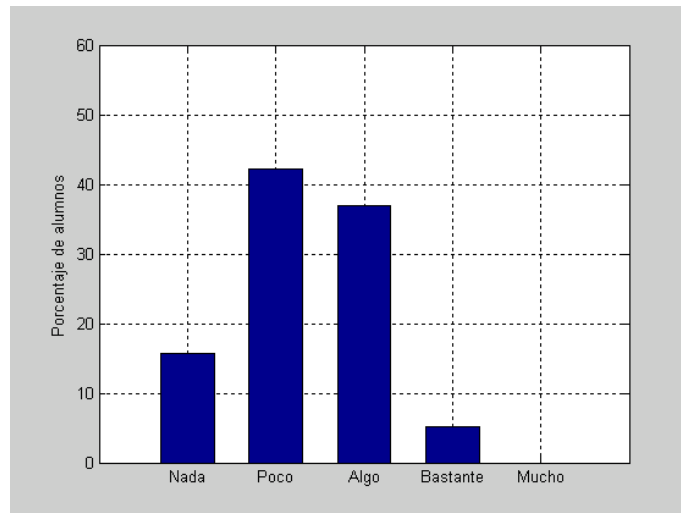
Con la pregunta número 5 se pretendía indagar si con este tipo de herramientas se necesita menos apoyo del profesor en el aprendizaje. En este caso, los alumnos se han mostrado mayoritariamente poco o algo de acuerdo con la afirmación (véase figura 13). Por lo tanto, se puede concluir que, en opinión de los alumnos, este tipo de herramientas complementan pero no sustituyen el trabajo del profesor.



**Figura 13.** Resultados de la pregunta 5: *¿En qué medida estás de acuerdo en que con este tipo de programas se necesita menos apoyo del profesor para aprender los contenidos presentados en la asignatura?*

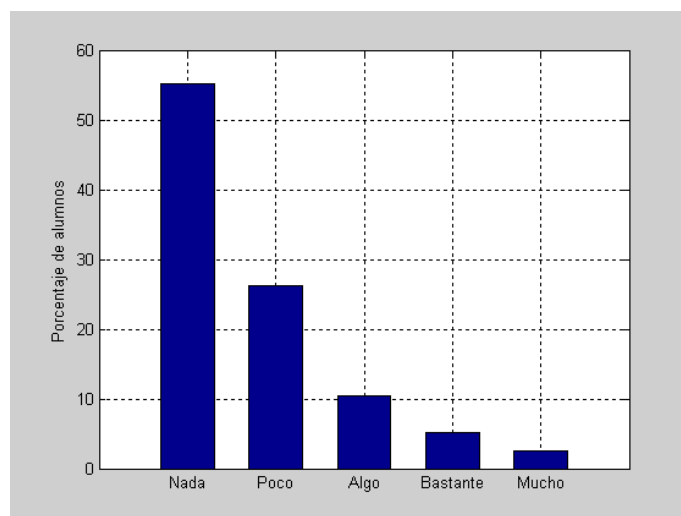
La pregunta 6 estaba dirigida a averiguar qué nivel de experiencia tienen los alumnos con este tipo de herramientas de autoaprendizaje. Como puede observarse en la figura 14, las respuestas indican que, en general, no tienen demasiada experiencia. Este hecho otorga mayor interés al proyecto.





**Figura 14.** Resultados de la pregunta 6: *¿En qué medida tienes experiencia con este tipo de herramientas de autoaprendizaje?*

También se deseaba conocer el nivel de información que tenían los alumnos sobre el EEES y el cambio metodológico que trae consigo. En la figura 15 puede observarse que un 55% de los estudiantes carecían por completo de información.

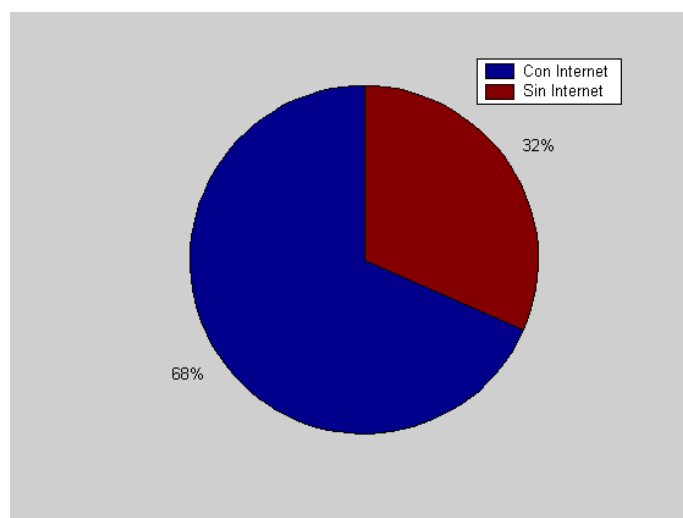


**Figura 15.** Resultados de la pregunta 7: *¿Tienes información sobre el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y, en particular, sobre el cambio metodológico que se pretende llevar a cabo?*

Por último, se plantearon un par de preguntas destinadas a conocer qué porcentaje de alumnos disponen de ordenador y acceso a Internet en casa. Los resultados de esta pregunta resultan de un enorme interés a la hora de plantear actividades no presenciales en el plan docente de la asignatura.

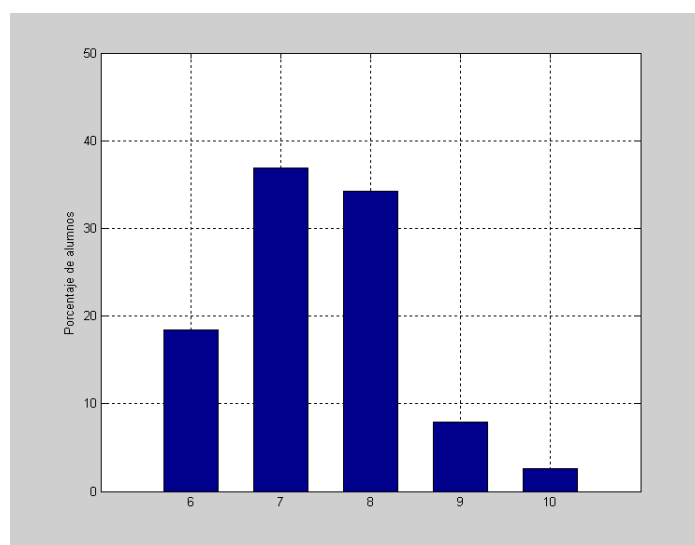
El 100% de los alumnos que realizaron la encuesta tienen ordenador en casa. Esto permitirá que en el próximo curso la herramienta tenga la finalidad para la que ha sido concebida: los alumnos podrán utilizarla como herramienta de autoaprendizaje de manera no presencial. Así se ha planteado en los planes docentes de las asignaturas Audio Digital I y Tratamiento Digital de Imágenes, que se presentan en los anexos 3 y 4, respectivamente.

Por otro lado, un porcentaje bastante elevado de alumnos (68 %) disponen de conexión a Internet en casa (véase figura 16), hecho a tener en cuenta a la hora de plantear otro tipo de actividades en el futuro.



**Figura 16.** Resultados de las respuestas a la pregunta 9: *¿Dispones de conexión a Internet en casa?*

La pregunta 10 pedía una calificación de la experiencia de 0 a 10. La nota media obtenida ha sido de 7.4. Los resultados se muestran en la figura 17.



**Figura 17.** Resultados de la pregunta 10: "Da una calificación de la experiencia de 0 a 10".

Por último, la encuesta tenía un parte de opinión, en la que se le pedía a los alumnos que hicieran sugerencias de posibles mejoras que se deberían incorporar al programa. El 52 % dejaron en blanco esta pregunta. Señalamos aquí algunas de las respuestas más destacables:

- *Incluir casos prácticos reales*
- *Más opciones de comprensión*
- *Posibilidad de ser utilizado en una web*
- *Disponer de un ejecutable.*

## **6. CONCLUSIONES Y VALORACIÓN POR PARTE DEL PROFESORADO**

En este proyecto se ha desarrollado una herramienta didáctica interactiva como apoyo a la enseñanza de diversas técnicas de procesado de señal, en general, y compresión de audio, en particular. Además, se ha aplicado esta herramienta en un contexto real, se han analizado las competencias que se potencian y se ha valorado su eficacia.

La valoración de la experiencia por parte del profesorado es muy positiva. Esta valoración se basa fundamentalmente en las observaciones realizadas en la sesión práctica obligatoria y en los resultados de las encuestas.

La aplicación del material elaborado ha resultado útil para los alumnos que han participado en esta primera experiencia. Parece que este tipo de actividades animan a los alumnos al romper con la monotonía propia de las técnicas tradicionales y les ayuda a asimilar mejor los conceptos.

Para realizar una valoración final completa de la experiencia con los alumnos, habrá, también, que tener en cuenta los resultados de las preguntas relacionadas con la sesión práctica obligatoria en el examen final de junio.

Además, esta experiencia también ha resultado útil para la formación docente del equipo participante en este proyecto. La búsqueda de soluciones a las dificultades que experimentan nuestros alumnos en el aprendizaje supone siempre una perspectiva innovadora con respecto al proceso educativo.

Hay que señalar que en el desarrollo del software han participado varios alumnos de proyecto fin de carrera [3], [4] y [5]. Esto ha hecho la experiencia más enriquecedora, al tener alumnos involucrados desde el momento en que se comienza a elaborar la herramienta.

Consideramos que el uso de MPEG\_LAB debe tener continuidad e incorporarse a la metodología docente habitual tanto en la asignatura Audio Digital I, como en las demás asignaturas de la titulación que utilizan conocimientos básicos de procesado de señal. Se recomienda su uso como material de autoaprendizaje que los alumnos utilicen de manera no presencial.

## **7. LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO**

Se plantean las siguientes líneas futuras de trabajo:

- La herramienta desarrollada puede ser de utilidad también para alumnos de otras universidades. Se plantea su difusión a través de una publicación docente.
- En el próximo curso, se entregará un CD con MPEG\_LAB a los alumnos de las asignaturas en las que tiene aplicación la herramienta y se hará una nueva valoración.
- A medida que la herramienta sea utilizada por un número mayor de alumnos, la realimentación que ellos proporcionen permitirá hacer las modificaciones necesarias para lograr una herramienta más completa y adecuada a su uso.
- Se crearán nuevas herramientas similares, para otras partes del temario de las asignaturas involucradas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG, “Information technology —Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s”, IS 11172-3. 1993. ("MPEG-1").
- [2] Ken C. Pohlmann, “Principios de Audio Digital”, McGraw-Hill, 2002.
- [3] Isabel García Rodríguez, “Desarrollo de una herramienta software didáctica para la comprensión de los estándares de compresión de audio MPEG-1”, Proyecto Fin de Carrera, diciembre de 2004.
- [4] Axel Kümmel, “Development of self-learning tools in the field of perceptual audio coding”, Diploma Thesis, septiembre de 2004.
- [5] Cristina Avellí León, “Implementación en MATLAB de una herramienta didáctica sobre los estándares de compresión de audio MPEG-1” , memoria de Proyecto Fin de Carrera, a presentar en junio de 2007.
- [6] M. Montanero, V. L. Mateos, V. Gómez, R. Alejo, “Orientaciones para la elaboración del plan docente de una asignatura”, Servicio de Orientación y Formación Docente, Oficina de Convergencia Europea, Universidad de Extremadura.
- [7] ANECA, “Libro blanco del título de grado en Ingeniería de Telecomunicación“, 2005.
- [8] Ficha técnica de propuesta de título universitario de grado en Ingeniería de Telecomunicación. Disponible en la siguiente URL:  
[http://www.mec.es/educa/ccuniv/html/GRADO\\_POSGRADO/Documentos/Ficha%20Ingenier%EDa%20Telecomunicaci%F3n.pdf](http://www.mec.es/educa/ccuniv/html/GRADO_POSGRADO/Documentos/Ficha%20Ingenier%EDa%20Telecomunicaci%F3n.pdf)

## AGRADECIMIENTOS

La realización de este proyecto ha sido posible gracias a la colaboración de los siguientes alumnos de proyecto fin de carrera: Isabel García Rodríguez, Axel Kümmel y Cristina Avellí León.

## **ANEXO 1. GUIÓN DE LA PRÁCTICA.**

### *PRÁCTICA 6. CODIFICACIÓN PERCEPTUAL DE AUDIO.*

#### **Introducción**

En esta práctica se utiliza una metodología totalmente distinta a la empleada en las demás prácticas propuestas en la asignatura. Hasta ahora, se planteaban ejercicios a resolver mediante la implementación por parte del alumno de pequeños programas en MATLAB. En este caso, el alumno deja de ser el programador para convertirse en el usuario de una herramienta software ya implementada. Esta herramienta didáctica tiene como núcleo el diagrama de bloques de un codificador de audio MPEG-1 capa I.

#### **Objetivos de la práctica**

El objetivo fundamental de esta práctica es ayudar al alumno a asimilar algunos conceptos básicos relacionados con la compresión de señales de audio. Algunos de éstos son conceptos generales de procesamiento de señal.

#### **Actividades a realizar**

La herramienta software que se os presentará en el laboratorio tiene una extensión que la hace inabordable en una clase práctica de una hora. Por ello, no se plantea la utilización de la herramienta en su totalidad, sino solamente algunas partes de ésta. A continuación se describen las actividades a realizar:

1. Comenzando a utilizar la herramienta.

Para comenzar, ejecuta MATLAB y realiza las siguientes operaciones:

- 1.1 Colócate en el directorio D:\MPEG\_LAB
- 1.2 Escribe PORTADA en la ventana de comandos. Una vez aparece la pantalla inicial del programa, pulsa el botón ENTRAR.
- 1.3 En el menú de la izquierda, selecciona sucesivamente MENSAJE DE BIENVENIDA, NORMA MPEG y CODIFICADOR DE AUDIO DIGITAL y lee la información que aparece en la parte derecha de la pantalla en cada caso.
- 1.4 Por último, selecciona la opción HERRAMIENTA DE ANÁLISIS PSICOACÚSTICO y pulsa el botón ENTRAR. El resto de las actividades propuestas se centran en este módulo del programa.

2. Submenú *Introducción/Conversión tiempo-frecuencia*

Una vez dentro de la herramienta de análisis psicoacústico, selecciona en el menú la opción conversión tiempo-frecuencia haciendo doble click con el ratón. La zona izquierda de la interfaz gráfica se divide en tres partes (“Teorema de muestreo”, “Resolución en frecuencia”, “Resolución tiempo-frecuencia”). Vamos a empezar centrándonos en la primera parte (“Teorema de muestreo”). Este primer recuadro está destinado a mostrar las consecuencias, en tiempo y en frecuencia, de incumplir el teorema del muestreo. Realiza las siguientes actividades:

- 2.1 Lee la información que aparece al pulsar los botones Info e Imagen.
- 2.2 Experimenta introduciendo distintos datos. ¿Qué conclusiones se pueden extraer?
- 2.3 Pulsa el botón Cuestión e intenta contestar a la pregunta que se plantea antes de acceder a la respuesta.

Ahora vamos a concentrarnos en la segunda parte (“Resolución en frecuencia”). Realiza las siguientes operaciones:

- 2.4 Lee la información que aparece al pulsar el botón Info y relaciona esta información con los contenidos teóricos sobre la DFT (*Discrete Fourier Transform*, Transformada de Fourier Discreta) estudiados en clase.
  - 2.5 Experimenta introduciendo distintos datos. ¿Qué conclusiones se pueden extraer?
3. Submenú *Introducción/Enmascaramiento auditivo*  
Vamos a centrarnos en la primera parte: “Concepto de enmascaramiento”.
    - 3.1 Lee la información que aparece al pulsar los botones Info y Ejemplos.
    - 3.2 Prueba los ejemplos que te sugiere el programa y experimenta un poco más por tu cuenta introduciendo nuevos datos y observando los resultados en la representación gráfica. A la vista de los resultados y de la transparencia 14 del tema 3, ¿qué conclusiones puedes extraer con respecto al enmascaramiento de frecuencias más bajas o más altas que el tono enmascarador?
  4. Submenú *Análisis psicoacústico/Bloques del análisis psicoacústico*  
Lee la información que aparece en pantalla al seleccionar este submenú.
  5. Submenú *Bloque de análisis FFT/Entrada y salida al bloque*  
En el caso de esta herramienta, se pretende que el alumno lea toda la información disponible en los botones (info, ejemplos, curiosidad) y experimente de manera autónoma.

## ANEXO 2. MODELO DE ENCUESTA

Quisiéramos conocer tu opinión sobre la herramienta didáctica MPEG\_LAB, por lo que te agradeceríamos que rellenases con sinceridad la siguiente encuesta voluntaria y anónima.

En la primera parte de la encuesta, tu respuesta consistirá en otorgar una puntuación escribiendo una cruz en la casilla correspondiente. Utiliza la siguiente escala:

- 1= Nada
- 2=Poco
- 3=Algo
- 4=Bastante
- 5= Mucho

Nº	PREGUNTAS	PUNTUACIÓN				
		1	2	3	4	5
1	¿En qué medida consideras que la utilización de esta herramienta didáctica ha contribuido al entendimiento de los conceptos y técnicas estudiados?					
2	¿En qué medida consideras que resulta motivante esta forma de presentar los contenidos?					
3	¿En qué medida consideras que el manejo del programa es sencillo?					
4	¿En qué medida consideras que es útil el uso de herramientas didácticas como ésta?					
5	¿En qué medida estás de acuerdo en que con este tipo de programas se necesita menos apoyo del profesor para aprender los contenidos presentados en la asignatura?					
6	¿En qué medida tienes experiencia con este tipo de herramientas de autoaprendizaje?					
7	¿Tienes información sobre el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y, en particular, sobre el cambio metodológico que se pretende llevar a cabo?					
8	¿Tienes ordenador en casa?					
9	¿Dispones de conexión a Internet en casa?					

10. Da una calificación de la experiencia de 0 a 10

La primera parte de la encuesta es meramente cuantitativa. Además, te agradeceríamos que realizaras alguna observación, comentario o sugerencia constructiva respecto al uso del programa. En concreto, te pedimos que contestes a la siguiente pregunta: ¿Qué mejoras consideras que se deberían incorporar en el programa?

## ANEXO 3. PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA AUDIO DIGITAL I



### Plan Docente de la asignatura

#### I. Descripción y contextualización

<i>Identificación y características de la asignatura</i>				
<i>Denominación y código</i>	Audio Digital I			
<i>Curso y Titulación</i>	2º curso de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, esp. en Sonido e Imagen			
<i>Área</i>	Teoría de la Señal y Comunicaciones			
<i>Departamento</i>	Tecnologías de los Computadores y de las Comunicaciones (TC2)			
<i>Tipo</i>	Troncal		3+3 créditos LRU	
<i>Coefficientes</i>	Practicidad: 3 (medio-alto)		Agrupamiento: 2 (medio-bajo)	
<i>Duración ECTS (créditos)</i>	Segundo cuatrimestre		4.8 ECTS (120 horas)	
<i>Distribución ECTS (rangos)</i>	Grupo Grande:	Seminario-Lab.:	Tutoría ECTS:	No presenciales:
	34.5 %	1.7 %	1.3 %	62.5 %
	41.5 horas	2 horas	1.5 horas	75 horas
<i>Descriptorios (según BOE)</i>	El plan de estudios asigna contenidos comunes a las asignaturas Audio Digital I (segundo curso) y Audio Digital II (tercer curso). Los descriptorios son los siguientes: "conversión analógico-digital, tratamiento digital de voz, sistemas de codificación, almacenamiento y procesado digital de audio". La solución adoptada en la Escuela Politécnica de Cáceres ha sido la de dedicar Audio Digital II al tratamiento digital de voz, mientras que los restantes contenidos (conversión analógico-digital, sistemas de codificación, almacenamiento y procesado de audio) se tratan en Audio Digital I.			
<i>Coordinador-Profesor/ es</i>	Yolanda Campos Roca			
<i>Tutorías complementarias</i>	Despacho 27 (Pabellón de Telecomunicación)	Tel.: 927 257195 Ext. 7561	Dirección de correo electrónico: <a href="mailto:ycampos@unex.es">ycampos@unex.es</a>	
	Horario de tutorías: Lunes, de 9:30 a 10:30, martes de 11:30 a 12:30, miércoles de 17:00 a 19:00, jueves de 17:00 a 19:00.			



**Conexión con los perfiles profesionales de la Titulación**

La Titulación de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Sonido e Imagen, proporciona una base teórico-práctica adecuada para realizar las funciones técnicas correspondientes a los siguientes perfiles profesionales, relacionados de manera específica con esta especialidad:

- Especialista en sistemas y equipos de audio y video. Su actividad se desarrolla en empresas y entidades del sector audiovisual (estudios de radio y televisión, de grabación, de doblaje, productoras de vídeo, industria cinematográfica,...) .
- Especialista en procesamiento de señales audiovisuales.
- Consultoría y proyectos de acústica (sonorización y acondicionamiento acústico de recintos, control de ruido ambiental, aplicaciones tecnológicas de ultrasonidos,...).
- Industria electroacústica.
- Elaboración de proyectos de Infraestructuras Comunes de Telecomunicación (ICT) de edificios
- Investigación y desarrollo relacionados con los perfiles anteriores.
- Gestión de proyectos relacionados con los perfiles anteriores.
- Docencia relacionada con los perfiles anteriores.

### *Contextualización curricular\**

El actual Plan de Estudios para la obtención del Título de Ingeniero Técnico de Telecomunicación, especialidad en Sonido e Imagen, en la Escuela Politécnica de Cáceres se publicó por resolución de 25 de noviembre de 1998 de la UEX (BOE de 17 de diciembre) y entró en vigor en el curso 1998-1999. Los estudios tienen una duración de tres cursos anuales, con un total de 225 créditos: 114 troncales, 58.5 obligatorios, 30 optativos y 22.5 de libre elección.

La asignatura Audio Digital I se engloba, de acuerdo con el actual Plan de Estudios, en la troncalidad de Ingeniería de Sistemas Acústicos. Esta troncalidad se completa con Fundamentos de Ingeniería Acústica y Electroacústica, en el segundo curso, y Audio Digital II y Equipos de Audio, en el tercer curso.

A la hora de establecer competencias se consideran tres tipos: competencias genéricas del Grado (comunes a todos los Títulos de Grado), competencias generales comunes a todo Ingeniero de Telecomunicación y competencias específicas de la especialidad en Sonido e Imagen.

#### *Competencias genéricas del Grado (CGG)*

Se consideran aquí como competencias genéricas del Grado las que se proponen en la Tabla 2 del documento "Orientaciones para la elaboración del Plan Docente de una materia" [6], publicado por el Servicio de Orientación y Formación Docente de la Oficina de Convergencia Europea de la Universidad de Extremadura. En este documento, las competencias se agrupan en los siguientes bloques:

- I. Comprender, analizar, relacionar, expresar información...
- II. Planificar, tomar decisiones, resolver problemas...
- III. Utilizar destrezas, herramientas o tecnologías
- IV. Aprender autónomamente, investigar
- V. Pensar con iniciativa y creatividad
- VI. Comunicarse, relacionarse asertivamente, cooperar...
- VII. Otras personales, sociales y emocionales

#### *Competencias generales comunes a todo Ingeniero de Telecomunicación*

La siguiente lista de competencias generales comunes a todo Ingeniero de Telecomunicación se ha elaborado teniendo en cuenta el Libro Blanco del Título de Grado de Ingeniería de Telecomunicación [7] y el borrador de Directrices Generales del Título de Grado publicado en 2006 [8]. Este borrador no tiene vigencia en este momento, pero consideramos interesantes algunas de las competencias que establece como objetivos del título. En definitiva, teniendo en cuenta ambos documentos, se consideran aquí las siguientes competencias:

- a) Disponer de los fundamentos físicos y matemáticos necesarios para interpretar, seleccionar y valorar la aplicación de nuevos conceptos y desarrollos tecnológicos relacionados con las telecomunicaciones.
- b) Capacidad de diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- c) Aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.
- d) Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería de Telecomunicación.
- e) Capacidad de trabajar en equipos multidisciplinares.
- f) Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.
- g) Capacidad de comunicarse en forma efectiva, tanto en forma escrita como oral, en el vocabulario profesional e idiomas pertinentes.
- h) Utilizar aplicaciones informáticas (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, gestión de proyectos, visualización, etc.) para apoyar el desarrollo y explotación de sistemas, servicios y aplicaciones de telecomunicación.
- i) Educación de amplio espectro necesaria para comprender el impacto de las soluciones de ingeniería de Telecomunicación en un contexto social y global.
- j) El reconocimiento de la necesidad, y la capacidad de afrontar el aprendizaje a lo largo de la vida profesional.
- k) Conocimiento de temáticas actuales, tanto tecnológicas como socio-económicas.
- l) Capacidad de utilizar las técnicas, habilidades y herramientas de la ingeniería moderna necesarias para la práctica en la ingeniería de Telecomunicación
- m) Capacidad para emprender con éxito estudios de postgrado en el ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, así como en otros ámbitos que pudieren complementar su formación en ingeniería, gestión o técnicas empresariales.

### *Competencias específicas de la especialidad en Sonido e Imagen*

Además, se establecen las siguientes competencias específicas de la especialidad en Sonido e Imagen:

- n) Analizar, especificar, diseñar, proyectar, realizar y mantener sistemas y equipos de audio y vídeo.
- o) Analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesado analógico y digital de señal.
- p) Realizar proyectos y diseños de locales e instalaciones destinados a la producción y grabación de señales de audio y vídeo.
- q) Realizar proyectos y diseños de ingeniería acústica: Aislamiento y acondicionamiento acústico de locales e instalaciones de megafonía; Transductores electroacústicos; Medida, Análisis y Control de ruido y vibraciones; Acústica medioambiental; Sistemas de acústica submarina; Acústica medioambiental.

Las competencias del Título (CET), englobando competencias generales comunes a todo Ingeniero de Telecomunicación y específicas de la especialidad en Sonido e Imagen, que tienen mayor relación con la asignatura Audio Digital I son las siguientes:

- c) Aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.
- d) Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería de Telecomunicación.
- g) Capacidad de comunicarse en forma efectiva, tanto en forma escrita como oral, en el vocabulario profesional e idiomas pertinentes.
- h) Utilizar aplicaciones informáticas (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, gestión de proyectos, visualización, etc.) para apoyar el desarrollo y explotación de sistemas, servicios y aplicaciones de telecomunicación.
- j) El reconocimiento de la necesidad, y la capacidad de afrontar el aprendizaje a lo largo de la vida profesional.
- k) Conocimiento de temáticas actuales, tanto tecnológicas como socio-económicas.
- n) Analizar, especificar, diseñar, proyectar, realizar y mantener sistemas y equipos de audio y vídeo.
- o) Analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesado analógico y digital de señal.

### *Interrelaciones con otras materias*

Un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de elaborar una propuesta de Plan Docente de una asignatura es el análisis de las interrelaciones de esta asignatura con otras materias del Plan de Estudios. En general, las interrelaciones pueden clasificarse en tres grupos: con asignaturas que sirven de base a la asignatura bajo consideración, con las que se imparten de forma paralela y con las que utilizarán los conocimientos adquiridos en ésta. Las materias del Plan de Estudios actual que aportan conocimientos a Audio Digital I son las siguientes:

- **Álgebra, Análisis Matemático, Cálculo Infinitesimal:** asignaturas cuatrimestrales de primer curso que proporcionan al alumno la base matemática necesaria para que éste afronte sin dificultad los desarrollos y demostraciones que se requieren en esta asignatura.
- **Fundamentos de Informática:** asignatura anual de primer curso que proporciona al alumno los fundamentos de la programación.
- **Teoría de la Señal:** asignatura del primer cuatrimestre del segundo curso fundamental para el estudio del audio digital, ya que aporta los conocimientos básicos requeridos para el procesado digital de la señal: muestreo, señales y sistemas en tiempo discreto, transformadas, etc... Además, esta asignatura supone el primer contacto para el alumno con el lenguaje de programación MATLAB, que se utilizará en Audio Digital I.
- **Electrónica Digital:** también se requieren conocimientos de esta asignatura, impartida en el primer cuatrimestre de segundo, especialmente para el tema de conversión A/D y D/A, ya que en ella se estudian los tipos de conversores básicos.
- **Fundamentos de Ingeniería Acústica:** aporta conocimientos básicos sobre el sistema auditivo, necesarios para que el alumno pueda comprender las técnicas de comprensión perceptual de audio.

Por otro lado, la formación recibida en la asignatura Audio Digital I se utiliza y se complementa en las siguientes asignaturas:

- **Audio Digital II:** asignatura troncal del primer cuatrimestre del tercer curso dedicada al estudio del tratamiento digital de señales de voz. En la parte práctica de esta asignatura se afianza el uso del lenguaje de programación MATLAB aplicado al procesado de señales de voz.
- **Equipos de Audio:** en esta asignatura troncal, que se imparte en el primer cuatrimestre del tercer curso, se estudian sistemas de grabación, reproducción, ecualización y medida. Para ello se parte de los conocimientos explicados en Audio Digital I sobre conversión A/D, codificación, procesado de audio, interconexión y almacenamiento y se proporciona aquí un enfoque a nivel de equipos.
- **Procesamiento Digital de Señales:** asignatura obligatoria que se imparte en paralelo con Audio Digital I, en el segundo cuatrimestre de segundo curso. Entre los contenidos de esta asignatura se encuentra el estudio de microprocesadores. Este descriptor sugiere el estudio de los procesadores digitales de señal (DSPs, *digital signal processors*). De este modo, esta asignatura sirve como complemento a la asignatura Audio Digital I.

### *Contextualización personal\**

#### *Itinerarios de procedencia y requisitos formativos de los alumnos*

Dada la ubicación de esta asignatura en el segundo curso de la Titulación, los requisitos formativos fundamentales para el adecuado aprovechamiento de esta asignatura son los que se adquieren en materias de cursos anteriores de la Titulación. Las asignaturas básicas que aportan conocimientos a Audio Digital I se han enumerado anteriormente. En este sentido, se podría suponer que todos los alumnos, cuando acceden a esta asignatura, ya deben haber adquirido los conocimientos previos fundamentales. Sin embargo, la experiencia demuestra que esto dista mucho de ser cierto. A pesar de las recomendaciones, el hecho de no existir asignaturas llave previas y que los alumnos puedan matricularse libremente de las asignaturas que deseen actúa muy negativamente en este sentido. Con frecuencia, los alumnos abandonan el estudio de las asignaturas en el orden secuencial que propone el Plan de Estudios, de manera que llegan a cursar asignaturas de cursos superiores sin haber superado materias básicas de cursos anteriores. Este hecho plantea grandes dificultades al docente, que con frecuencia se ve obligado a repetir conceptos que, teóricamente, el alumno debería ya conocer.

## II. Objetivos

<i>Relacionados con competencias académicas y disciplinares</i>	<i>Vinculación</i>
Descripción	<i>CET</i>
1. Dar a conocer los principios fundamentales en los que se basan los sistemas de audio digital.	n
2. Estudiar los procesos de conversión A/D y D/A y, en particular, las técnicas y conversores utilizados para la digitalización de audio.	n, o
3. Aportar al alumno conocimientos básicos de procesado digital de audio e introducirlo en la implementación práctica de estas técnicas.	o
4. Dar a conocer las distintas técnicas y los estándares más conocidos de compresión digital de audio.	c, o, k
5. Estudiar las principales técnicas de codificación de canal.	c, o
6. Proporcionar conocimientos fundamentales de los sistemas de almacenamiento en disco óptico, en soportes magnéticos y en disco duro.	n, k
7. Introducir los principales interfaces que permiten la interconexión de equipos digitales de audio.	n, o

<i>Relacionados con otras competencias personales y profesionales</i>	<i>Vinculación</i>
Descripción	
8. Desarrollo de la capacidad de trabajo en equipo	Bloque VI (CGG)
9. Fomentar un hábito de trabajo continuo	Bloque VII (CGG)
10. Capacidad de organización y planificación del trabajo a realizar	Bloque II (CGG)
11. Habilidades de comunicación oral en la lengua nativa	g (CET), Bloque VI (CGG)
12. Capacidad de comunicación escrita en la lengua nativa	g (CET)
13. Desarrollo del pensamiento crítico	Bloque IV (CGG)
14. Resolver problemas con creatividad y confianza en uno mismo	d, Bloque II (CGG)
15. Transmitir al alumno la idea de que debe afrontar el aprendizaje a lo largo de toda su vida profesional	j
16. Adquirir destreza en el uso de aplicaciones informáticas (ofimática y visualización)	h

### III. Contenidos

<i>Selección y estructuración de conocimientos generales*</i>
<i>Secuenciación de bloques temáticos y temas</i>
1. Digitalización de señales de audio.
1.1 Introducción a la digitalización de señales de audio. 1.2 Muestreo y reconstrucción. 1.3 Cuantificación. 1.4 Dither. Recuantificación y dither digital. 1.5 Conversión D/A. Efecto de apertura. 1.6 Sobremuestreo. 1.7 Sistemas alternativos de digitalización: DPCM, Delta, Modulador Sigma-Delta.
2. Procesado digital de señales de audio
2.1. Introducción al procesado digital de señales de audio. 2.2. Repaso de transformadas conocidas: transformada de Fourier de una secuencia discreta (DTFT), transformada de Fourier discreta (DFT). 2.3. La transformada Z. 2.4 Filtros digitales. 2.5. Conversión de la frecuencia de muestreo.
3. Compresión de audio
3.1. Introducción a la compresión de audio. 3.2 Principales técnicas utilizadas: técnicas de compresión sin pérdidas, técnicas de compresión con pérdidas 3.3 Formatos de compresión más importantes: los estándares ISO/MPEG-Audio, otros estándares (PASC, ATRAC, Dolby AC-3)
4. Codificación de canal.
4.1. Introducción al canal: medios de transmisión, medios de grabación/reproducción. 4.2. Codificación de forma de onda: códigos simples, códigos de grupo. 4.3. Control de errores: detección de errores, corrección de errores, entrelazado, ocultación de errores.
5. Almacenamiento de audio digital.
5.1. CD ( <i>Compact Disc</i> , Disco Compacto). 5.2. DAT ( <i>Digital Audio Tape</i> , Cinta de Audio Digital). 5.3 MiniDisc. 5.4 Almacenamiento en disco duro. 5.5 Otros formatos.
6. Interfaces de audio digital.
6.1. Aspectos generales de la interconexión digital de sistemas de audio. 6.2. AES/EBU. 6.3 SPDIF. 6.4 SDIF y SDIF-2. 6.5 MADÍ.

<i>Interrelación</i>			
Requisitos (Rq) y redundancias (Rd)		Tema	<i>Procedencia</i>
Base matemática	Rq	Temas 1-6	Álgebra (1 <sup>er</sup> curso, 1 <sup>er</sup> cuatrimestre), Análisis Matemático (1 <sup>er</sup> curso, 2 <sup>o</sup> cuatrimestre), Cálculo Infinitesimal (1 <sup>er</sup> curso, 1 <sup>er</sup> cuatrimestre)
Fundamentos de la programación	Rq	Temas 1-4	Fundamentos de Informática (1 <sup>er</sup> curso, anual)
Conocimientos básicos de procesado digital de la señal: muestreo, señales y sistemas en tiempo discreto, transformadas, ...	Rq	Temas 1-6	Teoría de la Señal (2 <sup>o</sup> curso, 1 <sup>er</sup> cuatrimestre)
Conocimientos de los tipos de conversores analógico/digital y digital/analógico.	Rq	Tema 1	Electrónica Digital (2 <sup>o</sup> curso, 1 <sup>er</sup> cuatrimestre)
Conocimientos básicos sobre el sistema auditivo	Rq	Tema 3	Fundamentos de Ingeniería Acústica (2 <sup>o</sup> curso, 1 <sup>er</sup> cuatrimestre)

## IV. Metodología docente y plan de trabajo del estudiante

<i>Actividades de enseñanza-aprendizaje</i>				<i>Vinculación</i>	
<i>Descripción y secuenciación de actividades</i>	<i>Tipo<sup>ii</sup></i>		<i>D<sup>iii</sup></i>	<i>Tema</i>	<i>Objet.</i>
1. Presentación del plan docente de la asignatura	GG	C-E (I)	1	1-6	Todos
2. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	1.1, 1.2	1, 2, 9, 11, 13
3. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	0.5 (30')	1.1, 1.2	1, 2, 9, 13
4. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	1.3	1, 2, 9, 11, 13
5. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	0.5 (30')	1.3	1, 2, 9, 13
<b>6. Utilización de la herramienta de autoaprendizaje MPEG LAB</b>	<b>NP</b>	<b>P(V)</b>	<b>1</b>	<b>1.1, 1.2, 1.3</b>	<b>1, 2, 9, 13</b>
7. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	1.4	1, 2, 9, 11, 13
8. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	1	1.4	1, 2, 9, 13
9. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	1.5	1, 2, 9, 11, 13
10. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	1	1.5	1, 2, 9, 13
11. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	1.6	1, 2, 9, 11, 13
12. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	1	1.6	1, 2, 9, 13
13. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	2	1.7	1, 2, 9, 11, 13
14. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	2	1.7	1, 2, 9, 13
15. Explicación en clase de una práctica sobre DPCM	GG	P (V)	1	1.7	1, 2, 9, 11, 13
16. Realización de la práctica sobre DPCM	NP	P (V)	1.5	1.7	1, 2, 9, 12, 13, 14, 16
17. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	2.1, 2.2	1, 3, 9, 11, 13
18. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	0.5 (30')	2.1, 2.2	1, 3, 9, 13
19. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	2	2.3	1, 3, 9, 11, 13
20. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	2	2.3	1, 3, 9, 13
21. Explicación del proyecto a realizar	S	P (VI)	2	Todos*	1-7*, 8, 9, 10, 11, 13, 14
22. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	2	2.4	1, 3, 9, 11, 13
23. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	1	2.4	1, 3, 9, 13
<b>24. Utilización de la herramienta de autoaprendizaje MPEG LAB</b>	<b>NP</b>	<b>P (V)</b>	<b>1.5</b>	<b>2.1, 2.2, 2.4</b>	<b>1, 3, 9, 13</b>
25. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	2	2.5	1, 3, 9, 11, 13
26. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	2	2.5	1, 3, 9, 13
27. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	3.1, 3.2	1, 4, 9, 11, 13
28. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	0.5 (30')	3.1, 3.2	1, 4, 9, 13
29. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	3.2	1, 4, 9, 11, 13
30. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	0.5 (30')	3.2	1, 4, 9, 13
31. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	2	3.3	1, 4, 9, 11, 13, 15
32. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	1	3.3	1, 4, 9, 13
<b>33. Utilización de la herramienta de autoaprendizaje MPEG LAB</b>	<b>NP</b>	<b>P (V)</b>	<b>2</b>	<b>3.1, 3.2, 3.3</b>	<b>1 - 4, 9, 13</b>
34. Primera reunión de seguimiento del proyecto	Tut ECTS	P (VI)	0.5 (30')	Todos*	1-7*, 8, 9, 10, 11, 13, 14
35. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	4.1, 4.2	1, 5, 9, 11, 13
36. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	1	4.1, 4.2	1, 5, 9, 13
37. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	3	4.3	1, 5, 9, 11, 13
38. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	3	4.3	1, 5, 9, 13
39. Explicación en clase de una práctica sobre control de errores	GG	P (V)	1	4.3	1, 5, 9, 11, 13
40. Realización de la práctica sobre control de errores	NP	P (V)	1.5	4.3	1, 5, 9, 12, 13, 14, 16
41. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	2	5.1	1, 6, 9, 11, 13
42. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	2	5.1	1, 6, 9, 13
43. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	5.2	1, 6, 9, 11, 13
44. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	1	5.2	1, 6, 9, 13
45. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	5.3	1, 6, 9, 11, 13
46. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	1	5.3	1, 6, 9, 13
47. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	5.4	1, 6, 9, 11, 13
48. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	1	5.4	4, 9, 13
49. Segunda reunión de seguimiento del proyecto	Tut ECTS	P (VI)	0.5 (30')	Todos*	1-7*, 8, 9, 10, 11, 13, 14
50. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	5.5	1, 6, 9, 11, 13, 15
51. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	1	5.5	1, 6, 9, 13
52. Explicación y discusión en clase	GG	T(III)	1	6.1, 6.2	1, 7, 9, 11, 13
53. Estudio de los contenidos explicados	NP	T(II)	1	6.3, 6.4, 6.5	1, 7, 9, 13



54. Tercera reunión de seguimiento del proyecto	Tut ECTS	P (VI)	0.5 (30')	Todos*	1-7*, 8, 9, 10, 11, 13, 14
55. Realización del proyecto	NP	P (VI)	20	Todos*	1-7, 8, 9, 10, 13, 14, 16
56. Preparación de la presentación del proyecto	NP	P (VI)	3	Todos*	1-7, 8, 11, 12, 16
57. Presentación en clase de los proyectos	GG	P (VI)	7.5	Todos*	1-7, 8, 11, 12
58. Estudio y preparación del examen final	NP	T (II)	20	1-6	1-7, 9, 10 y 12-14
59. Examen final	GG	C-E (I)	2	1-6	1-7, 12-14

\* Se especifican como temas "Todos" y como objetivos todos los comprendidos entre el 1 y el 7 porque se podrán plantear trabajos sobre distintos temas. Dependiendo del tema escogido se conseguirán distintos objetivos entre el 1 y el 7. Los demás objetivos son comunes.

<i>Distribución del tiempo (ECTS)</i>			<i>Dedicación del alumno</i>		<i>Dedicación del profesor</i>	
<i>Distribución de actividades</i>		<i>Nº alumnos</i>	<i>H. presenciales</i>	<i>H. no presenc.</i>	<i>H. presenciales</i>	<i>H. no presenc.</i>
Grupo grande (Más de 20 alumnos)	Coordinac./evaluac. (I)	80	3		3	10
	Teóricas (II y III)	80	29	24.5	29	58
	Prácticas (IV, V y VI)	80	9.5	10.5	9.5	6
	Subtotal	80	41.5	35	41.5	74
Seminario-Laboratorio (6-20 alumnos)	Coordinac./evaluac. (I)					
	Teóricas (II y III)					
	Prácticas (IV, V y VI)	20	2	20	8	8
	Subtotal	20	2	20	8	8
Tutoría ECTS (1-5 alumnos)	Coordinac./evaluac. (I)					
	Teóricas (II y III)					
	Prácticas (IV, V y VI)	4	1.5		30	15
	Subtotal	4	1.5		30	15
Tutoría comp. y preparación de ex. (VII)				20	30	4
Totales			45	75	109.5	101

#### *Otras consideraciones metodológicas\**

##### *Recursos y metodología de trabajo en las actividades presenciales*

La técnica expositiva que se pretende emplear en las clases teóricas no es la lección magistral, tradicionalmente entendida, en la que el alumno es un mero sujeto pasivo. Por el contrario, se tratará de fomentar la interactividad dentro del aula animando a los alumnos a participar en las clases. Una de las formas para lograr esto es a través de preguntas, bien formuladas por el profesor hacia los alumnos, o por los alumnos hacia el profesor. Este mecanismo proporciona al profesor la realimentación necesaria para valorar el grado de aprendizaje y permite motivar a los alumnos, implicándolos en la evolución de la clase. Para conseguir dicha participación, es fundamental que el profesor sea capaz de crear un ambiente de confianza, donde el alumno pueda responder libremente a las preguntas y exponer dudas sin miedo a hacer el ridículo. Para conseguirlo, el profesor debe guiar las intervenciones del alumno con algunos comentarios, no dar nunca importancia a observaciones erróneas y utilizar gestos de reconocimiento hacia el alumno una vez finalizada su intervención. Los mismos recursos se utilizarán en las clases destinadas a la explicación de las prácticas (dirigidas también a un grupo grande de alumnos). En los seminarios destinados a explicar los proyectos propuestos (dirigidos a grupos más pequeños, de 20 alumnos) se debería conseguir una participación de los alumnos mayor. Pero donde se debe conseguir el mayor grado de interactividad profesor-alumno es en las tutorías ECTS. Este tipo de actividad se plantea aquí con el objetivo de realizar un seguimiento del desarrollo de los proyectos propuestos. Las reuniones periódicas con el profesor deben obligar a los alumnos a planificar el trabajo a realizar y permiten al profesor comprobar que todos los miembros del equipo han contribuido al desarrollo del proyecto.

##### *Recursos y metodología de trabajo en las actividades semi-presenciales y no presenciales*

La parte práctica no presencial consiste en varias actividades. Por un lado, se plantea la utilización de la herramienta MPEG\_LAB. A los alumnos se les entregará un CD con el software para que lo puedan utilizar de manera no presencial.

Por otro lado, se realizarán dos prácticas guiadas. Estas prácticas guiadas se caracterizan por tener unos objetivos concretos y unas pautas de desarrollo muy claras para obtenerlos. El alumno recibe, además de la explicación de la práctica en clase por

parte del profesor, un guión detallado de la misma. Esta orientación se considera suficiente para que el alumno pueda realizar las prácticas por su cuenta, de manera no presencial. Unos días más tarde se le entregará la solución, para que compruebe que la ha realizado correctamente. La evaluación de estas prácticas guiadas se realiza en el examen final.

Finalmente, se plantea la realización de un proyecto. Los proyectos son trabajos prácticos mucho más abiertos que las prácticas anteriores. Aunque los objetivos de estos proyectos, en líneas generales, son propuestos por los profesores, se admitirán sugerencias realizadas por los propios estudiantes. Con ello se trata de fomentar la creatividad del alumno. Los proyectos se realizarán en grupos de cuatro alumnos. El profesor orientará a los alumnos en el desarrollo de estos proyectos mediante las tutorías ECTS. Previamente, se realiza una explicación general de los proyectos en un seminario, dirigido a grupos de veinte alumnos. Se trata de cinco grupos, que comparten un mismo tema de proyecto. Como el número de alumnos es aproximadamente de 80, se propondrán 4 temas de proyecto diferentes, uno por seminario.

El estudio para el examen final contará con el apoyo de las tutorías complementarias.

#### *Recursos y metodología de trabajo para los alumnos que no han alcanzado los requisitos*

Sólo el 10% de la calificación final es no recuperable una vez finalizado el segundo cuatrimestre, en el que se ubica la asignatura. Este 10 % se otorga por participación activa del alumno en las discusiones que se planteen en las clases teóricas y seminarios. El 90% correspondiente al examen final y al proyecto es recuperable, tanto en la convocatoria de septiembre como en la extraordinaria de febrero del curso siguiente. Para ello, en septiembre se realizará una sesión de tutorías ECTS por grupo y se fijará una fecha para la exposición de todos los trabajos. Además, en el primer cuatrimestre del curso siguiente se repetirán las tutorías ECTS (en tres sesiones, al igual que en el primer cuatrimestre) para los alumnos que deseen acudir a convocatoria extraordinaria y se fijará una fecha para la exposición de todos los trabajos nuevos. De todos modos, dado que la nota del proyecto no se pierde si el alumno no supera la asignatura completa, se espera que la mayor parte de los alumnos realicen el proyecto en el cuatrimestre en el que se imparte la asignatura. Por ello, el número de horas dedicadas a tutorías ECTS y exposición de trabajos en septiembre y en el primer cuatrimestre del curso siguiente es muy pequeño.

Además, está disponible durante todo el curso la tutoría complementaria para resolver cualquier tipo de duda sobre la asignatura.

#### *Recursos y metodología de trabajo para desarrollar competencias transversales*

Con la impartición de esta asignatura no sólo se pretende que los alumnos adquieran unos conocimientos específicos de esta materia, sino también que desarrollen competencias transversales. El segundo bloque de objetivos considerados (8-16) hace referencia a este tipo de competencias. Para desarrollar la capacidad de trabajo en equipo, se propone la realización de un proyecto en grupo. Este proyecto se somete a un seguimiento mediante tutorías ECTS. Las reuniones con el profesor sirven para fomentar la capacidad de organización y planificación (en grupo e individualmente) del trabajo a realizar. La exposición del trabajo al final contribuye al desarrollo de las habilidades de comunicación oral de los alumnos.

Para el desarrollo del pensamiento crítico y para fomentar un hábito de trabajo continuo, las clases teóricas no serán meramente expositivas sino que, como se ha indicado anteriormente, se fomentará la participación de los alumnos y se evaluará esta participación.

## V. Evaluación

<i>Criterios de evaluación*</i>	<i>Vinculación*</i>	
	Objetivo	CC <sup>iv</sup>
Descripción		
1. Demostrar la comprensión de los principales conceptos de la asignatura	1-7	45 %
2. Uso correcto del lenguaje y de la terminología propia de la asignatura en el examen final	12	5 %
3. Participación activa en las clases dirigidas a grupo grande y seminarios	1-7, 9, 11, 13	10 %
4. Calidad del proyecto realizado	1-7, 8, 9, 10, 13, 14	20 %
5. Participación en tutorías ECTS	1-7, 8, 9, 10, 11, 13, 14	10 %
6. Exponer con claridad el proyecto realizado	1-7, 8, 11, 12	10%

<i>Actividades e instrumentos de evaluación</i>		
Clases teóricas (grupo grande) y seminario	Participación y discusión	10% (NR)
Tutorías ECTS	Asistencia obligatoria y participación activa	10 %
Proyecto	Calidad del trabajo Valoración del trabajo en grupo Exposición del proyecto en clase	30%
Examen final	Examen escrito con preguntas cortas sobre la parte teórica y práctica de la asignatura.	50%

## VI. BIBLIOGRAFÍA

### *Bibliografía de apoyo seleccionada*

- K. Pohlmann, “Principios de Audio Digital”, Editorial McGraw-Hill, 2002.
- J. Watkinson, “Audio digital”. Editorial Paraninfo, 1996.
- J. Watkinson, “El arte del audio digital”. Editorial IORTV (Instituto Oficial de Radio y Televisión), 1993.
- J. M. Menéndez y F. J. Casajús, “Tecnologías de audio y vídeo”, Editorial: E.T.S.I. Telecomunicación de Madrid, UPM. Servicio de publicaciones, 2000.
- C. Pérez, “Matlab y sus aplicaciones en las ciencias y la ingeniería”, Pearson/Prentice Hall, 2003.
- R. Miralles, “Prácticas y Problemas de Audio Digital”, Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Servicio de Publicaciones, 2000.

### *Bibliografía o documentación de ampliación, sitios web...\**

- <http://mat21.etsii.upm.es/ayudainf/aprendainf/varios.htm>. Manuales en castellano de MATLAB de la Escuela de Ingenieros Industriales (UPM).
- <http://www.dspguide.com>. En esta página se encuentra disponible de manera gratuita el libro titulado *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*, de Steven W. Smith, sobre procesado digital de la señal.
- <http://www.mpeg.org/MPEG/index.html>. Enlace a la página MPEG con información sobre todos los estándares de audio y vídeo de dicha organización.
- <http://members.fortunecity.com/alex1944/links.html>. Esta página contiene enlaces a numerosas páginas web de interés para el tema de compresión de audio

## ANEXO 4. PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES



### Plan Docente de la asignatura

#### I. Descripción y contextualización

<i>Identificación y características de la asignatura</i>				
<i>Denominación y código</i>	Tratamiento Digital de Imágenes			
<i>Curso y Titulación</i>	3 <sup>er</sup> curso de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, esp. en Sonido e Imagen			
<i>Área</i>	Teoría de la Señal y Comunicaciones			
<i>Departamento</i>	Tecnología de los Computadores y de las Comunicaciones			
<i>Tipo</i>	Troncal		6+3 créditos LRU	
<i>Coefficientes</i>	Practicidad: 3 (medio)		Agrupamiento: 3 (medio)	
<i>Duración ECTS (créditos)</i>	Anual		7.2 ECTS (180 horas)	
<i>Distribución ECTS (rangos)</i>	Grupo Grande:	Seminario-Lab.:	Tutoría ECTS:	No presenciales:
	34 %	5,5 %	1,1 %	59,4 %
	61 horas	10 horas	2 horas	107 horas
<i>Descriptor</i> <i>(según BOE)</i>	Los descriptors de la asignatura Tratamiento Digital de Imágenes son: "Tratamiento digital de imágenes"			
<i>Coordinador-Profesor/ es</i>	José Vicente Crespo			
<i>Tutorías complementarias (1)</i>	Laboratorio de Vídeo	Tel: 927 257544	Dirección de correo electrónico: <a href="mailto:jvcrespo@unex.es">jvcrespo@unex.es</a>	
	Horario de tutorías: Martes de 18:30 a 21:30, miércoles de 18:30 a 21:30			

## *Contextualización profesional\**

### *Conexión con los perfiles profesionales de la Titulación*

La asignatura de Tratamiento Digital de Imágenes se encuadra dentro de la Titulación de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Sonido e Imagen. Las enseñanzas en dicha titulación permiten adquirir las competencias y capacidades necesarias para realizar funciones o actividades profesionales en diferentes campos de la ingeniería, sin embargo, le capacitan principalmente para los siguientes perfiles o ámbitos más específicos:

1. Sistemas de Transmisión y recepción de señales audiovisuales analógicas y digitales.
2. Realización de proyectos de ingeniería audiovisual.
3. Operadores de contenidos.
4. Realización de proyectos de acústica, aislamiento y acondicionamiento acústico.
5. Estudios de televisión y grabación audiovisual.
6. Empresas de Televisión (públicas, privadas y locales).
7. Instalación de aplicaciones y equipos multimedia.
8. Proyectos de Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones, hogar digital y domótica.
9. Procesado digital de señales de audio y de vídeo.
10. Animación y modelado digital.
11. Industria cinematográfica.
12. Departamentos de Investigación, desarrollo e innovación en los ámbitos anteriores.
13. Docencia en el sector público y privado.

A estos perfiles profesionales específicos de la titulación se añaden otros de carácter más general. Las enseñanzas en materias básicas relacionadas con teoría de circuitos, electrónica, procesado de señales e informática proporcionan los conocimientos necesarios para el desarrollo de la profesión en un repertorio de perfiles más amplio que se resume a continuación.

1. Consultorías, estudios y proyectos de ingeniería.
2. Peritaciones, informes y certificaciones técnicas.
3. Empresas de investigación, diseño, fabricación, instalación y mantenimiento de sistemas de radiocomunicación y comunicaciones por cable .
4. Dispositivos electrónicos de control y servomecanismos.
5. Instrumentación electrónica, sensorización y electrometría.
6. Electromedicina.
7. Operadoras de redes de servicios de telecomunicación.
8. Ejercicio libre de la profesión.
9. Diseño y fabricación de equipos y servicios de telecomunicación en tareas comerciales y de desarrollo de productos.
10. Diseño y fabricación de circuitos integrados, microelectrónica.
11. Empresas de ingeniería de desarrollo de software.
12. Implantación de redes telemáticas.
13. Diseño y construcción de antenas.
14. Empresas de diseño, fabricación de circuitos para radiofrecuencia y microondas.
15. Investigación, desarrollo e innovación en los ámbitos anteriores.
16. Docencia en el sector público y privado.

## *Contextualización curricular\**

Las directrices generales del Título de Ingeniero Técnico de Telecomunicación, especialidad en sonido e imagen, se recogen en el RD 1453/1991 de 30 de agosto y RD 50/1995 de 20 de enero. En dichos documentos se especifican las materias troncales que se deben incluir en todos los planes de estudio de las Universidades españolas que imparten esta titulación. El plan de estudios de la Titulación de Ingeniero Técnico de Telecomunicación (Sonido e Imagen) propio o específico de la Universidad de Extremadura, se recoge en la resolución de 25 de noviembre de 1998 de la UEX, dicho plan asigna a la titulación un total de 225 créditos, divididos en 114 créditos para asignaturas troncales, 58,5 créditos para asignaturas obligatorias y 53,5 créditos para asignaturas optativas y de libre elección.

Conviene señalar que como consecuencia del proceso de adaptación al Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES), que se está llevando a cabo en la Universidad española, esta titulación evolucionará a un Título Universitario de Grado de 240 créditos ECTS. La implantación comenzará en el curso 2008-2009, no pudiéndose ofertar plazas de nuevo ingreso en primer curso en el año 2010- 2011. Para la implantación de los nuevos títulos, una vez que ha desaparecido el reciente catálogo y fichas de títulos (artículo 35 LOU), se dispone del documento de trabajo ofrecido por el ministerio, en el que se recogen la lista de ramas a las que deberán adscribirse los nuevos títulos, así como la relación de materias por rama. Con el fin de establecer las competencias específicas de la titulación, e intentando mirar al futuro de la misma en relación con la necesidad y demanda de titulados en la región de Extremadura, se va a considerar que el actual título de Ingeniero Técnico de Telecomunicación (Sonido e Imagen) en la UEX evolucione hacia un título de Grado con formación más general, y que abarque un conjunto más amplio de las materias propias de una Ingeniería de Telecomunicación, con una intensificación, itinerario o especialidad en sonido e imagen. En este sentido se recogen las competencias que se derivan del Libro Blanco y que se establecieron en la ficha de la titulación.

Las competencias se han clasificado en los siguientes dos grupos:

*a) Competencias genéricas de cualquier título de Grado (CGG)*

Al ser competencias que cada Universidad debe establecer, se han escogido las competencias propuestas en el curso "Diseño del plan docente en el espacio europeo de educación superior" de la Universidad de Extremadura.

*b) Competencias específicas de la titulación (CET)*

- 1) Competencias generales del título de Ingeniero de Telecomunicación
- 2) Competencias específicas de la especialidad de sonido e imagen.

### **Competencias genéricas del Grado (CGG)**

- A. Comprender, analizar, relacionar, expresar información...
- B. Planificar, tomar decisiones, resolver problemas...
- C. Utilizar destrezas, herramientas o tecnologías
- D. Aprender autónomamente, investigar
- E. Pensar con iniciativa y creatividad
- F. Comunicarse, relacionarse asertivamente, cooperar...
- G. Otras personales, sociales y emocionales

### **Competencias específicas del título (CET)**

*a) Competencias generales del Ingeniero de Telecomunicación*

1. Disponer de los fundamentos físicos y matemáticos necesarios para interpretar, seleccionar y valorar la aplicación de nuevos conceptos y desarrollos tecnológicos relacionados con las telecomunicaciones.
2. Aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.
3. Concebir y diseñar circuitos electrónicos especializados, dispositivos de transmisión, enrutamiento y terminales o componentes de radiofrecuencia empleados en sistemas de telecomunicación. Concebir componentes y especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos, tanto en transmisión como en enrutamiento o terminales.
4. Analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesado analógico y digital de señal.
5. Disponer de los fundamentos y las técnicas básicas para concebir y desarrollar arquitecturas de redes de comunicaciones en entornos fijos o móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda. Conocer, describir, programar, validar y optimizar protocolos e interfaces de comunicación en los diferentes niveles

de una arquitectura de redes.

6. Concebir, modelar, dimensionar y desarrollar procesos, servicios y aplicaciones telemáticas empleando diversos métodos de ingeniería software y lenguajes de programación adecuados al tipo de sistema a desarrollar manteniendo los niveles de calidad y seguridad exigidos.

7. Diseñar, proyectar, realizar y mantener sistemas, equipos e instalaciones de producción, grabación y reproducción de audio y vídeo.

8. Utilizar aplicaciones informáticas (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, gestión de proyectos, visualización, etc.) para apoyar el desarrollo y explotación de sistemas, servicios y aplicaciones de telecomunicación.

9. Utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionados con las telecomunicaciones.

10. Evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones.

11. Concebir, desplegar, organizar y gestionar redes, sistemas y servicios de telecomunicación en determinados contextos empresariales o institucionales responsabilizándose de su puesta en marcha y mejora continua, así como conocer su impacto económico y social.

12. Comprender la responsabilidad ética y profesional de la actividad del Ingeniero de Telecomunicación. Conocer y aplicar elementos básicos de economía y de gestión de recursos humanos y proyectos, así como de legislación, regulación y normalización en las telecomunicaciones.

13. Comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones y, más concretamente, con las telecomunicaciones.

*b) Competencias específicas de Sonido e Imagen:*

14. Conocer las técnicas de adquisición, tratamiento, codificación, almacenamiento y reproducción de señales de audio y vídeo

15. Conocer y utilizar los fundamentos de la acústica, realizar proyectos de ingeniería acústica.

16. Gestionar, diseñar e implantar equipos, sistemas, redes e infraestructuras de telecomunicación especializados en información audiovisual multimedia.

Una vez expuestas las competencias del título, a continuación se especifican las competencias del título relacionadas con la asignatura de Tratamiento Digital de Imágenes:

1. Disponer de los fundamentos físicos y matemáticos necesarios para interpretar, seleccionar y valorar la aplicación de nuevos conceptos y desarrollos tecnológicos relacionados con las telecomunicaciones

2. Aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.

4. Analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesado analógico y digital de señal.

7. Diseñar, proyectar, realizar y mantener sistemas, equipos e instalaciones de producción, grabación y reproducción de audio y vídeo

8. Utilizar aplicaciones informáticas (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, gestión de proyectos, visualización, etc.) para apoyar el desarrollo y explotación de sistemas, servicios y aplicaciones de telecomunicación.

13. Comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones y, más concretamente, con las telecomunicaciones.

14. Conocer las técnicas de adquisición, tratamiento, codificación, almacenamiento y reproducción de señales de audio y vídeo



### *Interrelaciones con otras materias*

Las asignaturas del plan de estudios que interrelacionan con la asignatura de Tratamiento Digital de Imágenes se señalan a continuación, en las mismas se especifican que conocimientos son necesarios o aportan a la asignatura.

#### *Asignaturas de primer curso:*

##### **Álgebra, Análisis Matemático, Cálculo Infinitesimal**

Estas tres asignaturas aportan los conocimientos de álgebra, teoría de matrices, espacios vectoriales y cálculo, estos conocimientos son necesarios en todos los bloques temáticos.

#### *Asignaturas de segundo curso:*

##### **Teoría de la señal**

Esta asignatura aporta los conocimientos básicos para caracterizar las señales y sistemas lineales, tanto en el dominio de la frecuencia como en el dominio del tiempo. Los conceptos que aporta y que guardan relación con la asignatura de Tratamiento Digital de Imágenes son prácticamente todo el temario: caracterización de sistemas lineales e invariantes mediante la respuesta al impulso, convolución y transformada de Fourier, a partir del teorema de muestreo también se extienden estos conceptos al procesado de señales discretas con sistemas discretos. La asignatura de Tratamiento Digital de Imágenes se apoya en estos conocimientos, para extenderlos al análisis de señales y al procesado de las mismas con sistemas lineales en dos dimensiones.

##### **Televisión**

Una parte del temario de la asignatura Tratamiento Digital de Imágenes son una continuación detallada y ampliada de los conocimientos aportados por la asignatura de televisión, especialmente aquellos relacionados con la compresión y codificación de imágenes y vídeo digital, estos conocimientos previos de Televisión sirven de base para los temas donde se profundiza en la compresión de vídeo y en los diferentes estándares de codificación.

##### **Fotónica**

Asignatura que aporta los conocimientos básicos de teoría de la luz, óptica de cámaras, dispositivos semiconductores de captación de luz y dispositivos CCD's. Aporta conocimientos que se utilizan en la parte del temario, especialmente los relacionados con el muestreo y cuantificación de imágenes.

### *Contextualización personal\**

Según la ordenación del plan de estudios de la titulación, los alumnos que se matriculan de la asignatura Tratamiento Digital de Imágenes, deberían haber cursado otras asignaturas de cursos inferiores, cuyos contenidos son necesarios para correcta comprensión de la asignatura, concretamente, se ha expuesto una relación de cuatro asignaturas de los cursos primero y segundo junto con los conocimientos que son necesarios. La realidad demuestra que el orden cronológico del plan de estudios no siempre se corresponde con el elegido por los alumnos para cursar las asignaturas, se detectan situaciones en el que prevalecen aspectos como el grado de dificultad de las asignaturas, el grado de experimentación, el carácter anual o trimestral, u otros factores muchas veces motivados por apreciaciones de los propios alumnos que se van transmitiendo entre ellos de manera informal. Se destaca que esta asignatura necesita de la base matemática que se adquiere en Álgebra, Análisis Matemático y Cálculo Infinitesimal, en ciertas ocasiones estas asignaturas son las últimas que el alumno decide estudiar, dándose con frecuencia el caso en ser las últimas asignaturas en aprobarse. Esto supone un impedimento ya que ciertos conocimientos que debería darse por supuestos se deben repasar e incluso enseñar.

## II. Objetivos

<i>Relacionados con competencias académicas y disciplinares</i>	<i>Vinculación</i>
Descripción	(CET <sup>a</sup> )
1. Estudiar los métodos de caracterización de las señales y sistemas lineales en dos dimensiones, tanto en el dominio del espacio como en el dominio de la frecuencia.	1,2,4,14
2. Estudiar el procesado de imágenes con sistemas lineales bidimensionales.	1,2,4,14
3. Estudiar la adquisición, muestreo y cuantificación de imágenes.	1,2,4,14
4. Estudiar los principales algoritmos del procesado digital imágenes, del realce de imágenes, así como de efectos digitales que se utilizan en la actualidad.	1,2,4,14
5. Conocer e interpretar el dominio transformado de las transformadas discretas de la imagen.	1,2,4,14
6. Dar a conocer los principales algoritmos y técnicas de compresión y codificación de imágenes, así como de vídeo digital.	1,2,4,14
7. Proporcionar una visión general de la generación de imágenes sintéticas mediante el modelado geométrico 3D.	1,2,4,14
8. Desarrollar la capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en aplicaciones prácticas.	4,8,7,14
9. Potenciar la capacidad de adaptar y aplicar los conocimientos adquiridos a nuevas aplicaciones.	2,4,8,7,14

<i>Relacionados con otras competencias personales y profesionales</i>	<i>Vinculación</i>
Descripción	(CGG ,CET)
10. Potenciar la capacidad de resolver problemas y aplicar los conocimientos	B,D,E
11. Fomentar la organización del trabajo y su planificación	B
12. Potenciar el hábito de adquirir conocimiento de forma autónoma	D
13. Ser capaz de expresar los conocimientos por escrito con precisión, rigor y claridad	A,E,13
14. Desarrollar la capacidad de exponer y debatir con rigor cuestiones técnicas y científicas	A,E,F,13

## III. Contenidos

<i>Selección y estructuración de conocimientos generales*</i>
<p>Los descriptores de la asignatura en el actual plan de estudios, solo especifican la materia “<i>Tratamiento Digital de Imágenes</i>”, existe por tanto, cierta libertad en la elección de contenidos. Se ha confeccionado un programa que proporcione una visión general de un campo tan extenso, pero que al mismo tiempo tenga en cuenta el contexto de la titulación. Se han seleccionado los contenidos que desde nuestro punto de vista más se adaptan al desempeño de las tareas profesionales del Ingeniero Técnico de Telecomunicación, especialidad en Sonido e Imagen.</p> <p>Los contenidos del <b>tema primero</b> sirven de repaso y para fijar los fundamentos básicos sobre señales y sistemas lineales unidimensionales sobre los que se apoya la asignatura. En el <b>tema segundo</b> se extienden dichos conceptos a imágenes o señales bidimensionales tanto en el dominio del espacio como de la frecuencia, y se adquiere una visión general de las herramientas que se emplean en el procesado digital de imágenes. En el <b>tema tercero</b> se estudia la adquisición de imágenes digitales, aspectos relacionados con la resolución de la imagen, espacios de color y codificación de imágenes en ficheros. En el <b>tema cuarto</b> se estudian un conjunto extenso de algoritmos, procesos y operaciones digitales sobre las imágenes, se analizan un repertorio de operaciones y efectos digitales lo suficientemente variado con el fin de que el alumno sea capaz de extender estos conocimientos a nuevas aplicaciones y operaciones. Los <b>temas quinto y sexto</b> avanzan en las técnicas que se emplean en la codificación de imágenes y vídeo digital, temas orientados a ampliar los contenidos de la asignatura televisión referentes a la compresión de vídeo y estándares de codificación. Por último en el <b>tema séptimo</b> se exponen las técnicas básicas de generación digital de imágenes sintéticas mediante modelos 3D.</p>

*Secuenciación de bloques temáticos y temas*

<b>1. Señales y Sistemas Unidimensionales (Repaso)</b>	
1.1	Sistema Lineal e Invariante Unidimensional
1.2	Respuesta al Impulso
1.3	Convolución y correlación
1.4	Filtros FIR e IIR
1.5	Muestreo y Cuantificación
<b>2. Señales y Sistemas en Dos Dimensiones</b>	
2.1	Señales Bidimensionales Discretas
2.2	Sistema Lineal e Invariante Bidimensional Discreto
2.3	Convolución y Correlación Bidimensional Discreta
2.4	Señales Tridimensionales
2.5	Esquema General de un Sistema de Tratamiento Digital de Imágenes
2.6	Análisis de Fourier Bidimensional
<b>3. Adquisición, Muestreo y Cuantificación</b>	
3.1	Muestreo Espacial de la luz incidente en un plano
3.2	Muestreo Espacio-Temporal, Cuantificación y Codificación de una señal de Vídeo Analógico
3.3	Cuantificadores de una señal analógica, cuantificación después de una Transformación sobre la imagen, tipos de cuantificadores.
3.4	Reducción de Niveles de cuantificación en una imagen
3.5	Dither
3.6	Espacios de color y cuantificación del Color
3.7	Ficheros de imágenes: GIF, JPEG, PNG, TIFF
<b>4. Operaciones Sobre la Imagen</b>	
4.1	Clasificación de las operaciones sobre una imagen
4.2	Operaciones entre dos o más imágenes.
4.3	Histograma
4.4	Operaciones con una imagen.
4.5	Operaciones Geométricas y warping
4.6	Filtrado de la imagen
4.7	Clasificación de efectos digitales
4.8	Algoritmos para la generación de efectos digitales
<b>5. Transformadas Discretas de la Imagen</b>	
5.1	Concepto de transformada discreta sobre una imagen
5.2	Transformada coseno discreto: Propiedades y bases
5.3	Transformada discreta de Fourier: Propiedades y bases
5.4	Transformada de Haar: Propiedades y bases
5.5	Transformada de Hadamard: Propiedades y bases
5.6	Transformación de Karhunen-Loeve o Componentes Principales, Propiedades y bases
<b>6. Tratamiento Digital Aplicado a la Compresión de Vídeo</b>	
6.1	Introducción a la codificación de imágenes y vídeo digital
6.2	Reducción de Redundancia Espacial, Codificación Intra-Cuadro
6.3	Reducción de Redundancia Temporal, Codificación Inter-Cuadro
6.4	Esquema general de un codificación de vídeo.
6.5	Estándares de Compresión
<b>7. Introducción a la generación de imágenes sintéticas mediante al modelado 3D</b>	
7.1	Introducción a la generación de imágenes sintéticas mediante modelado 3D
7.2	Introducción al modelado de objetos 3D.
7.3	Modelos de iluminación
7.4	Sistemas de referencia
7.5	Rendering

<i>Interrelación</i>			
Requisitos (Rq) y redundancias (Rd)		Tema	<i>Procedencia</i>
Conocimiento de la base matemática para caracterizar señales y sistemas, estadística y operaciones matriciales	Rq	1-7	1- <b>Álgebra</b> (1 <sup>er</sup> curso, 1 <sup>er</sup> cuatrimestre), 2- <b>Análisis Matemático</b> (1 <sup>er</sup> curso, 2 <sup>o</sup> cuatrimestre), 3- <b>Cálculo Infinitesimal</b> (1 <sup>er</sup> curso, 1 <sup>er</sup> cuatrimestre)
Conocimientos de procesado digital de señales unidimensionales	Rq	1-6	4- <b>Teoría de la Señal</b> (2 <sup>o</sup> curso, 1 <sup>er</sup> cuatrimestre)
Conocimientos de algoritmos de codificación de vídeo digital	Rq	3,5,6	5- <b>Televisión</b> (2 <sup>o</sup> curso, anual)
Conocimientos sobre dispositivos de captación de luz	Rq	3	6- <b>Fotónica</b> (2 <sup>o</sup> curso , 2 <sup>o</sup> cuatrimestre)

#### IV. Metodología docente y plan de trabajo del estudiante

<i>Actividades de enseñanza-aprendizaje</i>				<i>Vinculación</i>	
<i>Descripción y secuenciación de actividades</i>	<i>Tipo<sup>ii</sup></i>	<i>D<sup>iii</sup></i>	<i>Tema</i>	<i>Objet.</i>	
60. Presentación del plan docente de la asignatura	GG	C-E(I)	1	1	10
61. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	1	1,2,14
62. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	0.5	1	1,2,11
63. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	1	1,2,14
64. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	0.5	1	1,2,11
65. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	1	1,2,14
66. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	0.5	1	1,2,11
67. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	1	1,2,14
68. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	0.5	1	1,2,11
<b>69. Utilización de la herramienta MPEG LAB</b>	<b>NP</b>	<b>P (V)</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1, 2, 11, 12</b>
70. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	2	1,2,14
71. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	2	1,2,11
72. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	2	1,2,14
73. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	2	1,2,11
74. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	2	1,2,14
75. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	2	1,2,11
76. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	2	1,2,14
77. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	2	1,2,11
78. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	2	1,2,14
79. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	2	1,2,11
80. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	2	1,2,14
81. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	2	1,2,11
82. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	2	1,2,14
83. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	2	1,2,11
84. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	2	1,2,14
85. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	2	1,2,11
86. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	2	1,2,14
87. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	2	1,2,11
88. Realización de problemas prácticos y discusión de los problemas 1	GG	P(IV)	1	2	1,2,10,14
89. Resolver los problemas propuestos 1	NP	P(IV)	2	2	1,2,10,11
90. Práctica 1 en laboratorio	S	P(V)	1	2	1,2,8
91. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	3	3,14
92. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	3	3,11
93. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	3	3,14
94. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	3	3,11
95. Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	3	3,14
96. Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	3	3,11

97.	Práctica 2 en laboratorio	S	P(V)	1	2	1,2,8
98.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	3	3,14
99.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	3	3,11
100.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	3	3,14
101.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	3	3,11
102.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	3	3,14
103.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	3	3,11
104.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	3	3,14
105.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	3	3,11
106.	Realización de problemas prácticos y discusión de los problemas 2	GG	P(IV)	1	3	3,10,14
107.	Resolver los problemas propuestos 2	NP	P(IV)	2	3	3,10,11
108.	Práctica 3 en laboratorio	S	P(V)	1	3	3,8
109.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	4	4,14
110.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	4	4,11
111.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	4	4,14
112.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	4	4,11
113.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	4	4,14
114.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	4	4,11
115.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	4	4,14
116.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	4	4,11
117.	Práctica 4 en laboratorio	S	P(V)	1	3	3,8
118.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	4	4,14
119.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	4	4,11
120.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	4	4,14
121.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	4	4,11
122.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	4	4,14
123.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	4	4,11
124.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	4	4,14
125.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	4	4,11
126.	Primera Reunión del trabajo dirigido	TUT	P(VI)	1	2-7	9,10,11,12,14
127.	Realización de problemas prácticos y discusión de los problemas 3	GG	P(IV)	1	4	4,10,14
128.	Resolver los problemas propuestos 3	NP	P(IV)	2	4	4,10,11
129.	Práctica 5 en laboratorio	S	P(V)	1	4	4,8
130.	Preparación del examen del primer parcial	NP	T-P(VII)	15	1-4	1,2,3,4,10,11
131.	Examen primer parcial de la asignatura	GG	C-E(I)	2	1-4	10,13
132.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	5	5,14
133.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	5	5,11
134.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	5	5,14
135.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	5	5,11
136.	Práctica 6 en laboratorio	S	P(V)	1	4	4,8
137.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	5	5,15
138.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	5	5,11
139.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	5	5,14
140.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	5	5,11
141.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	5	5,14
142.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	5	5,11
143.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	5	5,14
144.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	5	5,11
145.	Realización de problemas prácticos y discusión de los problemas 4	GG	P(IV)	1	5	5,10,14
146.	Resolver los problemas propuestos 4	NP	P(IV)	2	5	5,10,11
147.	Práctica 7 en laboratorio	S	P(V)	1	5	5,8
148.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	6	6,14
149.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	6	6,11
150.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	6	6,14
151.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	6	6,11
152.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	6	6,14
153.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	6	6,11
154.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	6	6,14
155.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	6	6,11
156.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	6	6,14
157.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	6	6,11
158.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	6	6,14
159.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	6	6,11

160.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	6	6,14
161.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	6	6,11
162.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	6	6,14
163.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	6	6,11
164.	Realización de problemas prácticos y discusión de los problemas 5	GG	P(IV)	1	6	6,10,14
165.	Resolver los problemas propuestos 5	NP	P(IV)	2	6	6,10,11
166.	Práctica 8 en laboratorio	S	P(V)	1	6	6,8
167.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	7	7,14
168.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	7	7,11
169.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	7	7,14
170.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	7	7,11
171.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	7	7,14
172.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	7	7,11
173.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	7	7,14
174.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	7	7,11
175.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	7	7,14
176.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	7	7,11
177.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	7	7,14
178.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	7	7,11
179.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	7	7,14
180.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	7	7,11
181.	Explicación de contenidos y discusión de contenidos en clase	GG	T(II,III)	1	7	7,14
182.	Estudio de los contenidos explicados en la clase	NP	T(II,III)	1	7	7,11
183.	Segunda Reunión del trabajo dirigido	TUT	P(VI)	1	2-7	9,10,11,12,14
184.	Realización de problemas prácticos y discusión de los problemas 6	GG	P(IV)	1	7	7,10,14
185.	Resolver los problemas propuestos 6	NP	P(IV)	2	7	7,10,11
186.	Práctica 9 en laboratorio	S	P(V)	1	7	7,8
187.	Práctica 10 en laboratorio	S-L	P(V)	1	2-7	1-7,8
188.	Resumen de las prácticas	NP	P(V)	5	2-7	1-7,8,13
189.	Realización de Trabajo dirigido	NP	P(VI)	10	2-7	9,10,11,12,13
190.	Preparación examen segundo parcial	NP	T-P(VII)	15	5-7	5,6,7,10,11
191.	Examen segundo parcial	GG	C-E(I)	2	5-7	10,13

<i>Distribución del tiempo (ECTS)</i>		<i>Dedicación del alumno</i>			<i>Dedicación del profesor</i>	
<i>Distribución de actividades</i>		<i>Nº alumnos</i>	<i>H. presenciales</i>	<i>H. no presenc.</i>	<i>H. presenciales</i>	<i>H. no presenc.</i>
Grupo grande (Más de 20 alumnos)	Coordinac./evaluac. (I)	80	5	30	5	24
	Teóricas (II y III)	80	50	48	52	104
	Prácticas (IV, V y VI)	80	6	14	6	12
	Subtotal	80	61	92	63	140
Seminario-Laboratorio (6-20 alumnos)	Coordinac./evaluac. (I)					10
	Teóricas (II y III)					
	Prácticas (IV, V y VI)	20	10	5	40	40
	Subtotal	20	10	5	40	50
Tutoría ECTS (1-5 alumnos)	Coordinac./evaluac. (I)					10
	Teóricas (II y III)					
	Prácticas (IV, V y VI)	4	2	10	40	
	Subtotal	4	2	10	40	10
Tutoría comp. y preparación de ex. (VII)						
Totales			73	107	143	200

<i>Otras consideraciones metodológicas*</i>
<i>Recursos y metodología de trabajo en las actividades presenciales</i>
<p>Las actividades presenciales se centran principalmente en las clases de grupo grande, que suponen una carga del 35 % sobre el total de horas de trabajo del alumno.</p> <p>Las actividades de grupo grande se resumen a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Exposición de los bloques temáticos teóricos en aula</i> Exposición detallada de los conocimientos básicos de la asignatura, esta exposición gira entorno a un guión que se suministra a los alumnos a principio de curso, y cuyo contenido se expone mediante la proyección de transparencias que están disponibles como material básico del alumno, este material sirve de apoyo en la explicación teórica, en un posterior debate y en el trabajo autónomo del alumno. Las clases de grupo grande se han dividido en dos partes, una primera para exponer o realizar problemas de una duración del 75% sobre el total, y otra posterior, al final de la clase del 25% con el fin de debatir sobre los contenidos expuestos.</li> <li><i>Resolución de problemas o aplicación de conceptos teóricos a casos prácticos.</i> Se resuelven un conjunto de problemas en el aula con el fin aplicar los contenidos en ejemplos prácticos, en esta actividad se potenciará la participación de los alumnos, se elige un grupo reducido de problemas que se resolverán por el profesor en la pizarra. El debate final de la clase se puede sustituir por la resolución de un problema por los alumnos en el aula o la realización del problema por un grupo de alumnos (3,4) en la pizarra.</li> <li><i>Debate sobre los conceptos teóricos y sobre los casos prácticos.</i> La parte del final (25 %) de clase en grupo grande se dedica a debatir sobre los contenidos que se han expuesto, tanto teóricos como prácticos, se ha optado por dedicar un tiempo específico con el propósito de que el debate y la participación de los alumnos sea una actividad programada y habitual de la clase.</li> <li><i>Actividad de Laboratorio</i> Esta actividad tiene lugar en el laboratorio en grupos de veinte alumnos y dos alumnos por puesto, para esta actividad se han programado un conjunto de diez prácticas que versan sobre los diferentes bloques temáticos. Los alumnos disponen de un guión para la realización de la práctica y una explicación previa de diez minutos, que se realiza al comienzo de cada sesión. En esta actividad los alumnos realizan la práctica con la ayuda del profesor, que va rotando por los puestos para resolver los posibles problemas que los alumnos no son capaces de solventar, así como para resaltar los aspectos más relevantes de la experimentación.</li> </ol>
<i>Recursos y metodología de trabajo en las actividades semi-presenciales y no presenciales</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li><i>Actividad de laboratorio (no presencial)</i> Esta actividad no presencial consiste en confeccionar una memoria o cuaderno de trabajo donde se refleje la experimentación de las sesiones prácticas, con este fin, los alumnos disponen del guión de las prácticas y de las propias notas y fotografías que se han tomado en el laboratorio, la memoria se realiza y se entrega al profesor en grupos de dos alumnos.</li> <li><i>Actividad de resolución de problemas propuestos (no presencial)</i> Esta actividad no presencial se realiza de forma autónoma por el alumno a partir de los enunciados de una batería de problemas que se proponen por cada bloque temático.</li> <li><i>Actividad de estudio de los contenidos (no presencial)</i> Actividad programada después de cada clase de grupo grande, con el objetivo que el alumno medite sobre la materia que se ha expuesto, intente ordenar conceptos y repase aquellos contenidos cuya comprensión requiere más dificultad. Parte de esta actividad se dedica también a la preparación del examen de cada parcial, consiste en un trabajo de recopilación, repaso y estudio de todos los contenidos y problemas del curso.</li> <li><b><i>Actividad de utilización de la herramienta MPEG-LAB (no presencial)</i></b> A los alumnos se les entregará un CD con el software para que lo puedan utilizar de manera no presencial. También se les facilitará un guión con el fin de dirigirlos a ciertas partes concretas de la herramienta, que resultan adecuadas para efectuar el repaso de señales y sistemas unidimensionales que se propone en el tema 1.</li> <li><i>Actividad de trabajos dirigidos y tutorías ECTS (semi-presencial)</i> Se proponen un conjunto de trabajos monográficos de pequeña extensión, con el fin que los alumnos elijan y profundicen sobre algún tema que les es más atractivo. Los grupos están formados por cuatro alumnos que discuten previamente con el profesor que da las pautas del trabajo a realizar, se han programado dos sesiones, una inicial para plantear el trabajo y otra a la mitad para asesorar sobre problemas que pudieran surgir. Las personas del grupo trabajan en cooperación y llevan a cabo un trabajo que se entrega al profesor a final del curso.</li> </ol>
<i>Recursos y metodología de trabajo para los alumnos que no han alcanzado los requisitos</i>
La asignatura de Tratamiento Digital de Imágenes es anual, para la evaluación se realiza una división de los contenidos en dos

parciales que se evalúan de forma independiente, los alumnos que no superan alguno de los exámenes parciales aprovecharán las tutorías convencionales para repasar los contenidos, metodología en la resolución de problemas y asesoramiento particular a cada alumno según la apreciación del profesor.

La parte experimental de la asignatura se evalúa con una memoria de las sesiones prácticas, el cuaderno de prácticas se presenta a final de curso y se califica en el mes de junio, si la calidad del trabajo no alcanza la mínima exigida, se proponen dos días adicionales a finales del mes de junio para repetir aquellas partes que indique el profesor, en esta circunstancia se presentará una nueva memoria de prácticas en el mes de septiembre.

#### *Recursos y metodología de trabajo para desarrollar competencias transversales*

Parte de los objetivos de la asignatura están relacionados con el desarrollo de competencias transversales, el debate sobre los temas que se explican en el aula con grupo grande desarrollan la competencia transversal de discutir con rigor cuestiones técnicas y científicas. Los trabajos dirigidos mediante tutorías ECTS desarrollan la competencia de adquirir conocimiento de forma autónoma y organizar y expresar con claridad los contenidos sobre cierta materia, también se potencia la capacidad de relacionar y aplicar los conocimientos adquiridos a nuevas situaciones.

## V. Evaluación

<i>Criterios de evaluación*</i>	<i>Vinculación*</i>	
	Objetivo	$C^i$
Descripción		
Comprensión de los conceptos teóricos básicos de la asignatura	1-7,12	35%
Capacidad para la resolución de problemas prácticos y exponer con claridad los contenidos	2-7,9	35%
Calidad y claridad del trabajo dirigido realizado	6,9,11,12	15%
Participación en tutorías ECTS	13	5%
Realización correcta de las prácticas	1-7,8,12	10%

<i>Actividades e instrumentos de evaluación</i>		
Examen parcial tipo test	<ul style="list-style-type: none"> <li>Examen escrito de preguntas tipo test sobre los contenidos teóricos básicos</li> </ul>	35 %
Examen parcial de preguntas y problemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Examen escrito de preguntas o problemas de extensión media sobre los contenidos teóricos de la asignatura</li> </ul>	35 %
Memoria de las prácticas realizadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad de la descripción de las prácticas realizadas</li> <li>Presentación correcta de los resultados prácticos obtenidos</li> </ul>	5 %
Elaboración del trabajo dirigido	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad del trabajo realizado</li> <li>Claridad del trabajo realizado</li> </ul>	15 %
Tutorías ECTS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participación en las tutorías ECTS</li> </ul>	10 %



## VI. Bibliografía

### *Bibliografía de apoyo seleccionada*

Digital Image Processing  
Autores: Gonzalez, Woods  
Editorial: Prentice Hall

Transparencias desarrolladas para el seguimiento de la asignatura  
Autor: José Vicente Crespo

Fundamentals of Digital Image Processing  
Autor: Anil K. Jain  
Editorial: Prentice Hall

Tratamiento Digital de Imágenes II  
Autor: José Manuel Díaz López  
Editorial: Servicio de publicaciones de la E.U.I.T. Telecomunicación, Madrid 1997

Tecnologías de Audio y Vídeo  
Autores: José Manuel Menéndez García y Francisco Casajús Quirós  
Editorial: Servicio de publicaciones de la E.T.S.I. Telecomunicación, Madrid 1997

### *Bibliografía o documentación de ampliación, sitios web...\**

<http://cobweb.ecn.purdue.edu/~bouman/ee637/lectures07/>

Curso visual de tratamiento digital de imágenes en inglés

<http://www.tsc.uc3m.es/~jcid/cursotdi/index.html>

Cursos interactivos de procesado digital de imágenes en español

<http://www.stanford.edu/class/ee368/>

Lecturas del curso de tratamiento digital de imágenes de la Universidad de Stanford en inglés

<http://campusvirtual.uma.es/tdi/>

Curso interactivo de tratamiento digital de imágenes en español.

---

### **Códigos del Plan Docente**

i *CET*. Competencias Específicas del Título (véase el apartado de Contextualización curricular)

ii *Tipos de actividades*. GG (Grupo Grande); S (Seminario o Laboratorio); Tut (Tutoría ECTS); No presenciales (NP); C-E, I (Coordinación o evaluación); T, II (Teórica de carácter expositivo o de aprendizaje a partir de documentos); T, III (Teórica de discusión); P, IV (Prácticas basadas en la solución de problemas); P, V (Prácticas basadas en la observación, experimentación, aplicación de destrezas, estudio de casos...); P, VI (Prácticas con proyectos o trabajos dirigidos); T-P, VII (Otras teórico-prácticas).

iii *D*. Duración en sesiones de 1 hora de trabajo presencial o no presencial (considerando en cada hora 50-55 minutos de trabajo neto y 5-10 de descanso).

iv *CC*. Criterios de Calificación (ponderación del criterio de evaluación en la calificación cuantitativa final).