

# Las asignaturas de Informática Gráfica e Interacción Persona-Ordenador en el Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza

Francisco José Serón, Sandra Baldassarri, Pedro Latorre, Juan Antonio Magallón  
Grupo de Informática Gráfica Avanzada\*  
Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas  
Centro Politécnico Superior  
Universidad de Zaragoza  
{seron,sandra,platorre,magallon}@posta.unizar.es  
\*http://giga.cps.unizar.e

## Resumen:

*En este artículo se presenta la experiencia docente del Grupo de Informática Gráfica Avanzada (GIGA), grupo de Investigación y Desarrollo (I+D) integrado dentro del Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos del Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Zaragoza.*

*La actividad docente se centra principalmente dentro de la carrera de Ingeniería Informática en relación con las asignaturas del bloque de Informática Gráfica y la asignatura de Interacción Persona-Ordenador. El bloque de Informática Gráfica está constituido por tres asignaturas. La primera, Informática Gráfica, describe los fundamentos de la generación de imágenes de síntesis; la segunda, Modelado Geométrico, se centra en la descripción de los modelos matemáticos y algorítmicos que permiten describir la forma de los objetos, y la tercera, Modelado Visual y Animación, desarrolla los conceptos relativos a la apariencia visual y estados cinemático y dinámico de los objetos. Por otra parte, la asignatura de Interacción Persona-Ordenador ofrece una perspectiva del proceso del diseño de sistemas interactivos centrado en el usuario.*

*La metodología de enseñanza en el bloque de Informática Gráfica se basa en el paradigma de aprendizaje a través de problemas. En cambio, la asignatura de Interacción Persona-Ordenador se imparte siguiendo el paradigma conductista basado en clases magistrales, debido al carácter divulgativo de la misma.*

*En el trabajo se expone el planteamiento didáctico utilizado, desarrollando los objetivos, metodología docente y el control de aprendizaje de las respectivas asignaturas. Asimismo se presentan los contenidos, prácticas realizadas, evaluación, comparación con otras propuestas curriculares, análisis de los resultados académicos obtenidos y bibliografía recomendada. Finalmente se formulan las conclusiones, resultado de la experiencia en la docencia de estas asignaturas.*

## **Abstract**

*This paper stems from the educational experience of the Research and Development (R+D) Advanced Computer Graphics Group (GIGA), which belongs to the Computer Systems and Languages Area of the Computer and System Engineering Department of the University of Zaragoza.*

*The teaching activity focuses basically on Computer Engineering, in relation to the group of subjects collectively known as Computer Graphics and on the subject of Human-Computer Interaction (HCI).*

*Computer Graphics consists of three subjects. First, Computer Graphics, which describes the basis of synthetic image generation. Second, Geometric Modeling, which determines the shape of objects by means of mathematical and algorithmic model-description. And finally, Visual Modeling and Animation, which is concerned with the visual appearance of objects and their kinematics and dynamics. On the other hand, HCI provides insight into the design process of user-centered interactive systems.*

*The lecturing of Computer Graphics group subjects is based on the learning methodology of problem-solving. HCI, however, is taught following the behaviorist paradigm which, due to its informative nature, is based on master classes.*

*The paper sets forth a general overview of our didactic approach to the fore-mentioned subjects, developing their aims, teaching methodology and assessment system. Also shown are their contents, practical sessions, evaluation of students' performance, comparison with other curricular proposals, analysis of the academic results and recommended bibliography. Finally, some conclusions that resulted from our teaching experience in these subjects are formulated.*

## **Palabras clave**

*Docencia, Informática Gráfica, Interacción Persona-Ordenador, Entornos Educativos.*

## **1. Entorno de trabajo**

En el Centro Politécnico Superior de Ingenieros de la Universidad de Zaragoza se imparten cuatro titulaciones de Ingeniería Superior: Industrial, Telecomunicaciones, Informática y Química, así como cursos de postgrado y programas de doctorado.

Los planes de estudio de las carreras de Ingeniería están estructurados en dos ciclos, cada uno de los cuales consta de cinco cuatrimestres. El primer ciclo proporciona una formación básica. Su grado de optatividad, sin tener en cuenta la libre elección, es nulo o muy reducido. La posibilidad de especialización se centra en el segundo ciclo. El alumno puede optar por cursar un segundo ciclo con una formación diversificada o centrar su formación en una determinada especialidad. Las enseñanzas objeto de este artículo son elegibles por todas las titulaciones, en forma de optativas o de libre elección, aunque la mayor parte de los alumnos de estas asignaturas cursan la carrera de Ingeniería Informática.

La distribución de los créditos que debe cursar un alumno de Ingeniería Informática se muestra en la Tabla 1.

Créditos troncales y obligatorios de 1º ciclo	148.5
Créditos optativos de 1º ciclo (mínimo a cursar)	12.0
Créditos de libre elección en 1º ciclo	18.0
Créditos troncales y obligatorios de 2º ciclo	82.5
Créditos optativos de 2º ciclo (mínimo a cursar)	52.5
Créditos de libre elección en 2º ciclo	18.0
Proyecto de fin de carrera	20.0
<b>Total</b>	<b>351.5</b>

**Tabla 1:** Distribución de créditos en el Plan de Estudios de Ingeniería Informática.

Dentro de este contexto, las asignaturas relacionadas con los gráficos que se imparten a Nivel de Grado son:

#### Bloque Informática Gráfica

- Informática Gráfica (IG): se ofrece como optativa cuatrimestral de 2º ciclo. La carga docente de la asignatura es de 6 créditos, que se corresponden con 4.5 de clases de teoría y problemas y 1.5 de clases prácticas. Como la asignatura pertenece al 6º semestre los alumnos suelen cursarla en 3er año de carrera.
- Modelado Geométrico (MG): es una asignatura optativa cuatrimestral de 2º ciclo, con una carga docente de 6 créditos que corresponden a 4.5 de clases de teoría y 1.5 de clases prácticas. Se recomienda haber cursado IG previamente, por lo tanto los alumnos suelen cursarla en el 7º semestre, 4º año de carrera.
- Modelado Visual y Animación (MVA): es una asignatura optativa cuatrimestral de 2º ciclo, con una carga docente de 6 créditos que corresponden a 4.5 de clases de teoría y 1.5 de clases prácticas. Se recomienda haber cursado previamente IG y MG. La asignatura corresponde al 9º semestre, por lo tanto los alumnos suelen cursarla en el 5º año de carrera.

#### Asignatura de Interacción Persona-Ordenador

- Interacción Persona-Ordenador (IPO): se ofrece como optativa cuatrimestral de 2º ciclo. La carga docente de la asignatura es de 6 créditos, de los cuales 4.5 corresponden a la parte de teoría y 1.5 a las clases prácticas, aunque en la realidad, debido a la imposibilidad existente de realizar clases prácticas hasta el momento todas las horas que se imparten son de teoría. Los alumnos pueden acceder a la asignatura a partir del 3er año de carrera, aunque generalmente lo hacen en 5º año.

Existe la posibilidad de realizar Proyectos de Fin de Carrera en estas áreas temáticas (se pueden encontrar ejemplos de los mismos en [http://giga.cps.unizar.es/doc\\_t\\_propuestas](http://giga.cps.unizar.es/doc_t_propuestas)).

Además, también se imparte docencia relacionada con la Informática Gráfica tanto en estudios de Postgrado como en cursos de Doctorado. A modo de ejemplo, se citan los más recientes:

Estudios de Postgrado

- La comunicación en el lenguaje digital: Tecnologías de Imagen, Sonido y Multimedia

Cursos de Doctorado

- Modelado Geométrico de Sólidos
- Fractales
- Visualización de Datos Científicos

## 2. Descripción del Bloque Informática Gráfica

A continuación se describen las características principales de cada una de las materias que conforman este bloque, en el siguiente orden: planteamiento didáctico, contenidos, prácticas, evaluación, comparación con otras propuestas curriculares, análisis de los resultados académicos y bibliografía recomendada.

### *Planteamiento didáctico*

#### **Objetivos**

El objetivo principal del bloque de asignaturas se centra en la resolución del problema de la construcción, por parte del alumno, de un sistema gráfico simple pero completo. Dicho sistema evoluciona a lo largo del tiempo incorporando sucesivamente los conceptos que aparecen en las tres asignaturas que conforman el bloque.

Los objetivos concretos de cada una de las asignaturas son:

**Informática Gráfica:** Esta asignatura explica por qué y cómo se utiliza el computador para generar gráficos e imágenes sintéticas. Forma, color y movimiento son las piedras angulares del procesamiento visual y por lo tanto de la asignatura de IG. La propuesta docente que se hace pretende ofrecer la formación básica necesaria para que el alumno pueda conocer, desde el punto de vista de un desarrollador de un paquete gráfico y de forma profesional, las posibilidades que hoy en día ofrece la IG.

**Modelado Geométrico:** Esta asignatura explica cómo se describe conceptual, matemática y algorítmicamente la información sobre la forma geométrica de cualquier tipo de objeto, ya sea natural o artificial, de cara a ser interpretada por un computador.

**Modelado Visual y Animación:** Esta asignatura explica cómo se describe conceptual, matemática y algorítmicamente la información de la apariencia y del estado cinemático y dinámico de cualquier tipo de objeto de cara a ser interpretada por un computador.

### *Metodología*

La metodología de enseñanza se basa en el aprendizaje a través de problemas [12][13]. La resolución de problemas es un proceso que requiere el conocimiento de una disciplina y las técnicas y habilidades para salvar el espacio existente entre el problema y la solución. En este sentido, se concibe la resolución de problemas como un proceso

“productivo”, donde el sujeto sigue períodos de aprendizaje, reflexión y acción para alcanzar el éxito ante el problema.

En nuestro entorno el problema inicial que se plantea es la “construcción de un Sistema de Visualización completo que ha de cumplir unas especificaciones mínimas”, posteriormente en el segundo año “debe aumentar la capacidad del sistema para modelar geometría” y en el tercero “debe aumentar la capacidad del sistema para modelar apariencia”. Desde un punto de vista global se puede considerar que es un “problema abierto” ya que admite un número variable de soluciones, de hecho, tantas como alumnos.

Cuando se analiza el proceso de “Resolución de Problemas” como estrategia de enseñanza en el entorno de nuestras asignaturas se está obligando al alumno a que busque el procedimiento más adecuado en cada caso, evolucione el punto de vista de su solución conforme va evolucionando el abanico de posibilidades técnicas que se le ofrecen mientras avanza en sus estudios y elabore su conocimiento propio. El éxito en estos factores le va a permitir describir, interpretar y justificar los distintos elementos que componen “SU” sistema de visualización.

Cada grupo de alumnos que sigue el bloque temático tiene el mismo profesor, a lo largo de las tres asignaturas (IG, MG y MVA), con objeto de dar homogeneidad a los contenidos y a la exposición de los mismos.

### Control de aprendizaje

En estas asignaturas los estudiantes aplican los conocimientos adquiridos mediante el desarrollo de un sistema de visualización que les permite conocer y vincular su estudio con el de los sistemas existentes en la "vida real" y les abre las puertas al mundo de la exploración y de la innovación.

En la evaluación del rendimiento se concede importancia a la comprensión profunda de los conceptos y a las destrezas puestas de manifiesto en el sistema que el alumno presenta el día del examen como son: completitud del sistema, calidad de las escenas desarrolladas, complejidad de los modelos utilizados, eficiencia de la implementación, etc.

### Contenidos

Los contenidos del bloque de asignaturas de Informática Gráfica se detallan en la Tabla 2:

INFORMÁTICA GRÁFICA	MODELADO GEOMÉTRICO	MODELADO VISUAL Y ANIMACIÓN
Introducción - Presentación - Percepción humana e Informática Gráfica Evolución histórica Hardware Gráfico - Periféricos de salida - Periféricos de entrada - Tarjetas gráficas y aceleradores gráficos Ideas básicas	Introducción Evolución histórica Conceptos básicos de: - Geometría Analítica - Geometría Diferencial - Interpolación y Aproximación de funciones Modelado geométrico de objetos euclideos - Curvas - Superficies	Introducción Evolución Histórica Modelos de iluminación locales - La ecuación local - Algoritmos de cálculo - Efectos avanzados: textura, transparencia, rugosidad Modelos de iluminación globales - La ecuación de <i>rendering</i> - Algoritmos de cálculo - Radiosidad

INFORMÁTICA GRÁFICA	MODELADO GEOMÉTRICO	MODELADO VISUAL Y ANIMACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trazado de líneas 2D</li> <li>- Modelo poligonal de objetos</li> <li>- Elementos que intervienen en la definición de la imagen</li> <li>Transformaciones geométricas               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformaciones 2D</li> <li>- Transformaciones 3D</li> </ul> </li> <li>Proyecciones geométricas planas               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proyecciones paralelas</li> <li>- Proyecciones perspectivas</li> </ul> </li> <li>Sistemas de visualización 3D</li> <li>Generación de la imagen (<i>rendering</i>)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminación de caras (<i>culling</i>)</li> <li>- Recorte (<i>clipping</i>)</li> <li>- Eliminación de superficies ocultas</li> <li>- Generación de imagen por barrido (<i>rasterization</i>)</li> </ul> </li> <li>- Modelo de Iluminación</li> <li>Estándares Gráficos               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Open-GL</li> <li>- RenderMan</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólidos</li> <li>Modelado geométrico de objetos               <ul style="list-style-type: none"> <li>- fractales</li> <li>- Determinísticos</li> <li>- Lineales</li> <li>- No lineales</li> <li>- Aleatorios</li> </ul> </li> <li>- Técnicas de implementación               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Directa</li> <li>- Procedural</li> </ul> </li> <li>Discusión de ejemplos prácticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trazado de rayos</li> <li>- Técnicas de Radiancia</li> <li>Colorimetría               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Representación del color</li> <li>- Modelos de color</li> </ul> </li> <li>Animación               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpolación</li> <li>- Cinemática directa e inversa.</li> </ul> </li> <li>Restricciones               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dinámica</li> </ul> </li> <li>- Control del comportamiento</li> </ul>

**Tabla 2:** Programas de las asignaturas del bloque de Informática Gráfica.

### Prácticas

Las prácticas ofrecen la posibilidad de analizar el comportamiento de parte de los algoritmos que se presentan en las asignaturas. Los créditos de laboratorio asignados en el plan de estudios a cada asignatura se traducen en un total de 5 prácticas que se dividen en 7 sesiones de 2 horas de duración para cada una de ellas. El contenido de las prácticas realizadas puede observarse en la tabla 3:

	IG	MG	MVA
Práctica 1	Introducción	Interpolación de curvas: Spline cúbico	Modelos de iluminación locales: materiales y fuentes
Práctica 2	Transformaciones I	Aproximación de curvas: B-splines	Texturas simples
Práctica 3	Transformaciones II	Interpolación de superficies: Superficies Coons	Texturas avanzadas
Práctica 4	Iluminación	Aproximación de superficies: Superficies NURBS	Modelos globales: trazado de rayos en ALEPH
Práctica 5	Materiales	Fractales: Conjuntos de Julia y de Mandelbrot	Modelos globales: radiancia en ALEPH

**Tabla 3:** Prácticas de las asignaturas del bloque de Informática Gráfica.

Las herramientas seleccionadas para implementar estas prácticas son la biblioteca estándar OpenGL™, las herramientas comerciales: Softimage™, RenderMan™ y herramientas generadas por el GIGA: ALEPH® y MEIIGA®, sobre ordenadores personales y estaciones de trabajo HP™ y Silicon Graphics™.

### **Biblioteca Estándar:**

- **OpenGL™**: es un estándar gráfico orientado al manejo de bajo nivel de aceleradores gráficos y *rendering* sobre dichos sistemas.

### **Herramientas Comerciales:**

- **SoftImage™**: es un entorno comercial de modelado, animación y *rendering* que permite demostrar la integración en único software de muchas de las técnicas comentadas, con un interface de usuario interactivo de estilo profesional.
- **RenderMan™**: el software de RenderMan permite introducir al alumno en un sistema de *rendering* comercial de mayor calidad, pero cuya forma de utilización es de más bajo nivel, ofreciendo la posibilidad de jugar más a fondo con los algoritmos existentes.

### **Herramientas generadas en el grupo:**

- **ALEPH®**: ALEPH es un sistema de simulación de la iluminación y *rendering* fotorrealista desarrollado e implementado en el propio grupo GIGA. Está basado en la resolución de la ecuación de la iluminación mediante técnicas de MonteCarlo. El sistema ofrece una serie de bibliotecas de programación de alto nivel (en C y C++), que permiten al alumno trabajar con un sistema de simulación complejo, de mayor nivel y calidad que los sistemas comerciales actuales. De esta forma el estudiante puede apreciar la problemática de un sistema de simulación de alto nivel.
- **MEIIGA®** (Material para la Enseñanza Interactiva de la Informática Gráfica Avanzada): MEIIGA es una aplicación multimedia interactiva para la enseñanza de los temas relacionados con la Informática Gráfica y sus posibilidades. Sigue la distribución temática y el material elaborado hasta el momento para la docencia de las tres asignaturas del bloque e incorpora nuevo material interactivo. El objetivo docente es permitir la mejora en la comprensión de los conceptos mediante la exhibición en clase de texto e imágenes fijas, relación de conceptos mediante hipertexto y ejemplos interactivos. La versión actual, que actualmente se encuentra en un estado avanzado de desarrollo, se concibe como una herramienta para el profesor, sustituyendo a las tradicionales transparencias, y para el estudiante, complementando al texto básico. En una segunda fase se pretende añadir material para la realización de prácticas por parte del alumno, y posiblemente algún módulo de autoevaluación.

### **Evaluación**

En las tres asignaturas se realizan dos pruebas:

- Un examen, en el que se evalúa el dominio de los conceptos básicos.
- Un trabajo práctico individual, que se evalúa mediante una entrevista en la que el alumno demuestra, con un ordenador, el funcionamiento de su propio sistema de visualización mientras contesta preguntas sobre el mismo o sobre los conceptos de la asignatura.

La asignatura se aprueba si se supera el examen y si el sistema de visualización cumple las especificaciones básicas. La calificación final del trabajo depende de la calidad del sistema y de las prestaciones adicionales implementadas.

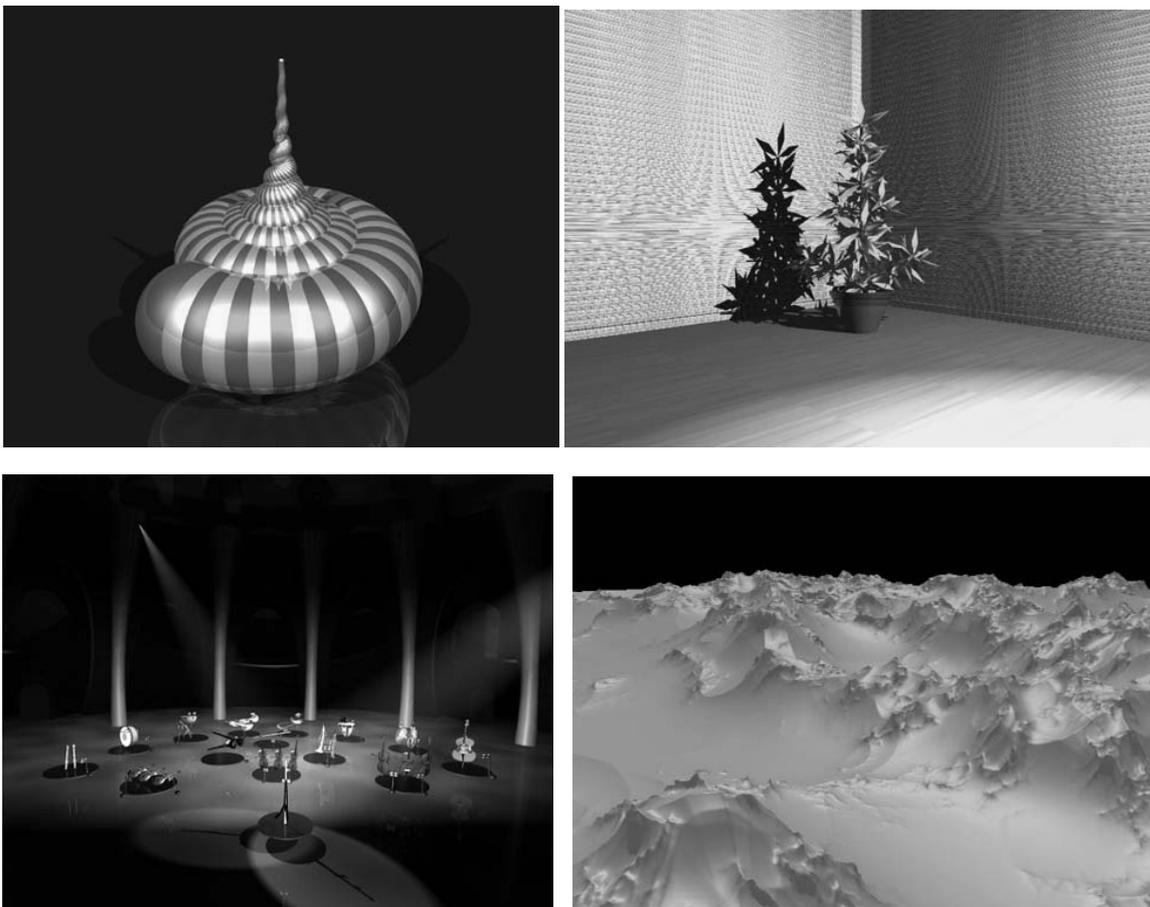
Más concretamente las especificaciones son, en cada caso, las siguientes:

**IG:** Partiendo del pseudocódigo de un sistema de visualización basado en el modelado geométrico de facetas, que se entrega durante el curso, se debe efectuar una implementación personal del mismo incluyendo un interfaz simple de usuario. El sistema deberá permitir visualización en jaula de alambre y visualización mediante Gouraud.

**MG:** A partir del sistema de visualización realizado en la asignatura de Informática Gráfica se debe introducir un preprocesador que permita manejar modelos geométricos basados en técnicas de Bezier, B-splines, Nurbs, etc.

**MVA:** El alumno debe añadir al sistema anterior las extensiones que crea oportunas o crear nuevos sistemas de visualización. Lo más usual suele ser centrarse en uno de los tres temas siguientes: aplicación de texturas siguiendo algunas de entre las muchas posibilidades existentes, implementación de un nuevo sistema de visualización basado en radiocidad o implementación de un nuevo sistema de visualización basado en el trazado de rayos.

En la figura 1 se pueden observar algunos ejemplos de imágenes generadas con los sistemas de visualización presentados por los alumnos después de haber cursado las tres asignaturas que conforman el bloque.



**Figura 1:** Imágenes generadas con los Sistemas de Visualización realizados por los alumnos

En universidades de diversos países se han diseñado diferentes cursos relacionados con la Informática Gráfica [1-7]. En nuestro caso, para contrastar la correspondencia de los temas tratados en las tres asignaturas del bloque de Informática Gráfica con otras propuestas

curriculares se considera el estudio realizado en [14]. En dicho trabajo se comparan los contenidos que se imparten en 23 instituciones de los Estados Unidos.

La tabla 4 muestra el resultado de dicha comparación. En la primera columna se indica el tema. La segunda corresponde al número de instituciones en donde se imparte ese tema. Por último, la tercera indica en cuál de nuestras asignaturas se imparte dicha docencia (IG, MG, MVA), en su caso.

Algunos temas se explican en la asignatura de Interacción Persona-Ordenador (IPO\*), que no está incluida en el curriculum de Informática Gráfica.

Tema	Nº	Incluido en	Tema	Nº	Incluido en
Transf. Visualización/Cámara	19	IG	Fundamentos matemáticos	5	IG/MG
Hardware/Terminología	15	IG	Transformaciones 2D	4	IG
Modelos de iluminación	15	IG /VM	Rendering 3D	4	IG/VMA
Transformaciones 3D	14	IG	Fractales	4	MG
Interacción con el usuario	14	IPO*	Sistemas de Coordenadas	3	IG
Representación de objetos	11	IG	Métodos fotorrealistas	3	VMA
Modelos de <i>Shading</i>	11	VMA	<i>Antialiasing</i>	2	IG/VMA
Color/Modelos de color	10	VMA	Eliminación de líneas ocultas	2	IG
Curvas	10	MG	Detalles de <i>pipeline</i>	2	IG
Eliminación de superficies ocultas	10	IG	Realidad Virtual	2	IPO*
<i>Rasterización</i>	9	IG	VRML	2	IPO*
Implementaciones particulares	7	IG/MG/VMA	Trazado de rayos 2D	1	
Estructuras de soporte de datos	7	IG/MG/VMA	Geometría computacional	1	MG
Aplicación de texturas	7	VMA	Iluminación global	1	VMA
Recorte	6	IG	Aplic. Interactivas en internet	1	IPO*
Trazado de rayos	6	VMA	Proyecciones	1	IG
Superficies	6	MG	Visualización Científica	1	
Dibujo 2D	5	IG/MG	Sombras	1	VMA
Animación	5	VMA	Aplicaciones en tiempo real	1	

**Tabla 4:** Resumen de los temas tratados en Informática Gráfica, cantidad de instituciones donde se imparten dichos temas según [14] y correspondencia con las asignaturas impartidas en el CPS.

### *Análisis de los resultados académicos*

En la tabla 5 se muestra la evolución histórica de los resultados obtenidos por los alumnos en el Bloque de Informática Gráfica durante el período de 1994/1995 a 1999/2000.

		Matric.	1ª Convocatoria	2ª Convocatoria	3ª Convocatoria	Total
94-95	IG	70	11.43 %	11.43 %	44.29 %	67.48 %
95-96	IG	77	18.18 %	23.37 %	32.47 %	74.02 %
	MG	52	7.69 %	7.69 %	28.85 %	44.23 %
96-97	IG	91	4.39 %	4.39 %	64.84 %	73.63 %
	MG	55	32.73 %	10.91 %	27.27 %	70.91 %
	MVA	34	23.53 %	23.53 %	29.41 %	76.47 %
97-98	IG	82	8.54 %	8.54 %	57.32 %	74.40 %
	MG	60	3.33 %	13.33 %	55.00 %	71.66 %
	MVA	31	61.29 %	19.35 %	9.68 %	90.32 %

		Matric.	1ª Convocatoria	2ª Convocatoria	3ª Convocatoria	Total
98-99	IG	65	10.77 %	4.61 %	47.69 %	63.07 %
	MG	55	3.64 %	7.27 %	50.91 %	61.82 %
	MVA	45	4.45 %	15.55 %	40.00 %	60.00 %
99-00	IG	70	5.71 %	4.29 %	37.14 %	47.14 %
	MG	45	8.89 %	6.66 %	31.11 %	46.66 %
	MVA	32	6.25 %	3.12 %	50 %	59.37 %

**Tabla 5:** Alumnos matriculados y porcentaje de alumnos presentados en cada convocatoria en las asignaturas del bloque de Informática Gráfica.

A pesar de que todas las asignaturas de este bloque son optativas, el promedio de alumnos presentados es considerablemente alto, de un 65.49 %.

La metodología de evaluación por medio de trabajo hace que la mayor parte de los alumnos se presenten después del verano, en la última convocatoria. Asimismo se puede observar que los alumnos suelen entregar trabajos prácticos de buena calidad, obteniendo generalmente calificaciones altas: notable o sobresaliente. La distribución de las calificaciones obtenidas con respecto al total de alumnos presentados en cada curso y en cada una de las asignaturas se puede observar en la Tabla 6.

		Suspense	Aprobado	Notable	Sobresaliente
94-95	IG	0	14.90 %	72.33 %	12.77 %
95-96	IG	7.02 %	49.12 %	24.56 %	19.30 %
	MG	0	0	69.57 %	30.43 %
96-97	IG	0	26.87 %	55.22 %	17.91 %
	MG	0	25.64 %	53.85 %	20.51 %
	MVA	0	3.85 %	50.00 %	46.15 %
97-98	IG	3.28 %	52.46 %	40.98 %	3.28 %
	MG	0	17.39 %	56.52 %	26.09 %
	MVA	3.57 %	21.43 %	32.14 %	42.86 %
98-99	IG	0	48.78 %	46.34 %	4.88 %
	MG	0	17.65 %	70.59 %	11.76 %
	MVA	0	0	55.56 %	44.44 %
99-00	IG	0	6.06 %	78.79 %	15.15 %
	MG	19.04 %	33.33 %	38.10 %	9.53 %
	MVA	0	5.26 %	84.21 %	10.53 %

**Tabla 6:** Distribución según la calificación obtenida con respecto al total de alumnos presentados.

## ***Bibliografía recomendada al alumno para el Bloque de Informática Gráfica***

El material recomendado al alumno se basa en capítulos seleccionados de la siguiente lista bibliográfica:

1. Foley J. D., van Dam A, Feiner S. K., Hughes J. F.: “*Computer Graphics. Principles and Practice*”. Second Edition, Addison-Wesley. 1990
2. Hearn D., Baker M.P.: “*Gráficas por computadora*”. 2ª edición, Ed. Prentice- Hall
3. Foley J. D., van Dam A, Feiner S. K., Hughes J. F.: “*Introducción a la graficación por computadora*”, Ed. Addison-Wesley
4. Rogers: “*Procedural Elements for Computer Graphics*”. Ed. McGraw-Hill.
5. Rogers A.: “*Mathematical Elements for Computer Graphics*”. Ed. McGraw-Hill. Second Edition, 1990.
6. Mäntyla M.: “*An Introduction to Solid Modeling*”. Computer Science Press, 1988.
7. Barnsley M. F.: “*The science of fractal images*”. Springer-Verlag, 1988
8. Glassner A.S.: “*Principles of Digital Image Synthesis*”. Volúmenes I y II. Morgan Kaufmann Pblsh. San Francisco, 1995.
9. Watt A., Watt M.: “*Advanced Animation and Rendering Techniques*”. Addison-Wesley, 1992.
10. Ebert D.S.: “*Texturing and Modeling*”. Academic Press, 1994.
11. Upstill S.: “*The RenderMan Companion*”. Addison-Wesley, 1992.
12. OpenGL Architecture Review Board “*OpenGL Programming Guide*”, Addison-Wesley, 1993.
13. Ruff B., Bodio G.: “*Softimage 3D: Design Guide*”, Coriolis Group Books, 1998.

### **3. Descripción de la Asignatura Interacción Persona-Ordenador**

Las características principales de la asignatura se detallan en el siguiente orden: planteamiento didáctico, contenidos, prácticas, evaluación, comparación con otras propuestas curriculares, análisis de los resultados académicos y bibliografía recomendada.

#### ***Planteamiento didáctico***

##### **Objetivos**

El objetivo general de la asignatura de Interacción Persona-Ordenador, que está contenida en el bloque temático de Sistemas de Información, es ofrecer al alumno una perspectiva del mundo de la ingeniería del interfaz de usuario, describiendo sus posibilidades, principios y métodos de análisis, diseño e implementación.

Los alumnos llegan a esta asignatura sin haber visto en ninguna otra parte de la carrera los conceptos y metodologías que tienen que ver con la interacción entre la persona y el computador. Debido a esta falta de conocimientos previos, a la amplitud de temas abarcados y a la rápida y continua evolución de los mismos, en esta asignatura se intenta dar una visión amplia y global de las nuevas tecnologías para que los alumnos interesados en estos temas puedan investigar y trabajar en ellas posteriormente por su cuenta (contando con una base, terminología, referencias para búsqueda de información, etc).

Además de los objetivos generales comentados anteriormente, los objetivos concretos de cada uno de las partes que forman la asignatura son los siguientes:

**Principios del Diseño de Interfaces para la Interacción Persona-Computador:** En esta parte se estudian los procesos básicos de adquisición y tratamiento de la información por parte del ser humano, y a partir de este conocimiento se introducen las técnicas de

análisis, diseño y evaluación de interfaces de usuario.

**Funcionamiento e Implementación de Interfaces Gráficas de Usuario:** Esta parte presenta los conceptos básicos y métodos de desarrollo existentes para la construcción de aplicaciones que interactúan con el usuario mediante un interfaz gráfico. Los temas que se pretende que el alumno asimile se centran en los diversos métodos de funcionamiento interno de los interfaces de usuario, la filosofía de programación de una aplicación basada en un interfaz gráfico y los tipos de sistemas de desarrollo o de apoyo a la programación existentes.

**Sistemas y Aplicaciones Multimedia:** El objetivo de este apartado es estudiar los diferentes elementos que conforman una aplicación multimedia: texto, gráficos, sonido, imagen, vídeo y bases de datos. Se pretende también que el alumno asimile la metodología para el desarrollo de proyectos multimedia, los soportes físicos que se pueden utilizar y las herramientas de software que permiten la integración de todos los elementos mencionados.

**Sistemas Multisensoriales, Realidad Virtual y Realidad Aumentada:** Este bloque pretende conseguir que el sujeto realice con soltura y de forma sistemática la identificación de todos los elementos o componentes que se requieren o que se pueden utilizar para resolver un problema mediante técnicas inmersivas, que conozca las experiencias más recientes publicadas y que estudie con profundidad alguna aplicación más concreta.

## **Metodología**

Esta asignatura se caracteriza por una notable diversidad de contenidos de actualidad que se exponen en un intervalo de tiempo muy limitado, ya que su carga lectiva se restringe a 60 horas. Por ello, se ha dividido la asignatura en cuatro bloques temáticos y como metodología didáctica se ha adoptado el método magistral puro (paradigma conductista)[15] [16].

Este método presenta las siguientes características: las clases claras en las que destacan principios básicos son adecuadas, constituyen un buen modo de introducción a una nueva materia y de presentación de materias no contenidas en los libros, tienen valor como ámbito de discusión de problemas y posibles soluciones, se consideran como el método óptimo aquellas asignaturas difíciles que no podrían cursarse sin ayuda, y en el caso de materias susceptibles de quedar anticuadas constituyen el método más económico de hacer accesible una asignatura puesta al día. Además, permite acceder a grandes auditorios.

## **Control del aprendizaje**

La evaluación del rendimiento se hace por medio de un examen teórico en el cual se pretende que el alumno demuestre los conocimientos básicos de cada una de las cuatro partes que componen la asignatura. Asimismo, el alumno debe realizar un trabajo en el cual se considera importante la innovación, la investigación realizada por el alumno, su capacidad para resolver problemas, etc.

## **Contenidos**

Los contenidos de Interacción Persona-Ordenador se describen en la Tabla 7:

IPO	
<b>Bloque 1:</b> <i>Principios del Diseño de Interfaces para la Interacción Persona – Computador</i>	Introducción: humano, computador, interacción Principios prácticos de diseño de Interfaces de Usuario (IU): Análisis, Diseño, Implementación Evaluación: normativas estándar y su aplicabilidad Realización de IU para el trabajo en red: Lenguajes, Guías de estilo y evaluación de interfaces en red
<b>Bloque 2:</b> <i>Funcionamiento e Implementación de Interfaces Gráficas de Usuario</i>	Sistemas de Interacción 2D basados en ventanas Arquitectura Software de los Sistemas de Ventanas: Cliente-Servidor Paradigmas de Programación: Bucles de eventos y notificación APIs Estándar y Programación de IU en 2D Sistemas de Desarrollo para IU Temas Avanzados: IU 3D e Interfaces en red
<b>Bloque 3:</b> <i>Sistemas y Aplicaciones Multimedia</i>	Introducción y descripción general de los elementos multimedia Interactividad, Texto, Gráficos, Bases de Datos Imagen, sonido y vídeo: Adquisición, compresión y tratamiento. Diseño y producción de aplicaciones multimedia Desarrollo de proyectos Campos actuales de desarrollo y futuro
<b>Bloque 4:</b> <i>Sistemas Multisensoriales, Realidad Virtual y Realidad Aumentada</i>	Introducción histórica Definición de Realidad Virtual (RV) Periferia de la RV Arquitecturas para los sistemas de RV Evaluación de los sistemas de RV Aplicaciones Realidad Aumentada

**Tabla 7:** Programa de la asignatura de Interacción Persona-Ordenador.

### ***Prácticas***

La diversidad y amplitud de temas impartidos en la asignatura, unido a la carencia de infraestructura necesaria, plantea una dificultad a la hora de realizar sesiones de prácticas que comprendan la totalidad de los contenidos. El dominio práctico de los conceptos estudiados se adquiere al realizar el trabajo práctico final, tal como se describe en el siguiente apartado.

### ***Evaluación***

Para realizar la tarea de control y poder medir la información recibida por el alumno se ha optado por realizar dos pruebas:

- Un examen sobre los contenidos básicos que se califica con Apto o No Apto. Este examen incluye preguntas genéricas sobre cada uno de los bloques explicados en clase.
- Un trabajo realizado por el alumno al final del curso en una de las 4 áreas. Los trabajos realizados pueden clasificarse en dos grandes grupos:
  - Prácticos: Utilización e integración de alguna de las herramientas descritas en clase.
  - Teóricos: Trabajos de investigación y documentación sobre nuevas técnicas y productos relacionados con el temario.

El material utilizado para la realización de los trabajos varía notablemente dependiendo de su tipo y del área elegida. Los trabajos teóricos se caracterizan por un gran

esfuerzo de búsqueda de bibliografía actual (libros y revistas) y de información obtenida de Internet, mientras que los trabajos prácticos se centran en la utilización de alguna de las herramientas o métodos descritos en clase. En ambos casos los trabajos a realizar pueden ser propuestos tanto por el alumno como por el profesor.

En la Tabla 8 se enumeran algunos de los trabajos realizados dentro de cada bloque a lo largo de los cursos en que se ha impartido la asignatura.

<b>Interacción Persona-Ordenador</b>	
<b>Bloque 1:</b> <i>Principios del Diseño de Interfaces para la Interacción Persona – Computador</i>	Realización de interfaces utilizando una guía de estilo y un método de evaluación previamente diseñado. La norma ISO 9241 y su aplicación a entornos basados en Internet. Aplicación de las técnicas Lo-Fi al diseño de la interfaz de un sistema electrónico doméstico Diseño de websites
<b>Bloque 2:</b> <i>Funcionamiento e Implementación de Interfaces Gráficas de Usuario</i>	Comparación entre sistemas de desarrollo: realización de una aplicación simple sobre varios toolkits (Qt, Gtk, Jx, Vx, ViewKit) Estudios de portabilidad: toolkits disponibles para distintas plataformas. Implementación de un interfaz gráfico sobre aplicaciones existentes orientadas a texto
<b>Bloque 3:</b> <i>Sistemas y Aplicaciones Multimedia</i>	Utilización de herramientas de autor para la realización de CD-ROMs Comparación y ejemplificación de técnicas de animación Comparación de sistemas de audio y métodos de compresión Implementación métodos de compresión de imágenes
<b>Bloque 4:</b> <i>Sistemas Multisensoriales, Realidad Virtual y Realidad Aumentada</i>	Simulación y entornos inmersivos Visualización en tiempo real sobre grandes escenarios Realidad virtual y educación Ocio y entornos inmersivos Medicina y los entornos inmersivos Arquitectura, previsualización y realidad virtual Experiencias de realidad aumentada

**Tabla 8:** Trabajos en la asignatura de Interacción Persona-Ordenador.

El trabajo realizado por el alumno permite que el profesor pueda evaluar los conocimientos adquiridos sobre un tema así como la originalidad en la resolución y los procesos seguidos por el alumno en relación con la selección, abstracción y codificación de datos, aplicación, análisis, síntesis o generalización del conocimiento, memoria, etc.

Cada trabajo se evalúa en primer lugar por el profesor del bloque correspondiente que revisa los contenidos, la profundidad alcanzada y la claridad de exposición. Posteriormente se realiza una revisión conjunta entre todos los profesores de la asignatura para poder tener una visión global de los trabajos presentados y determinar la nota obtenida por el alumno.

En la figura 2 se pueden observar algunos ejemplos de trabajos presentados por los alumnos.

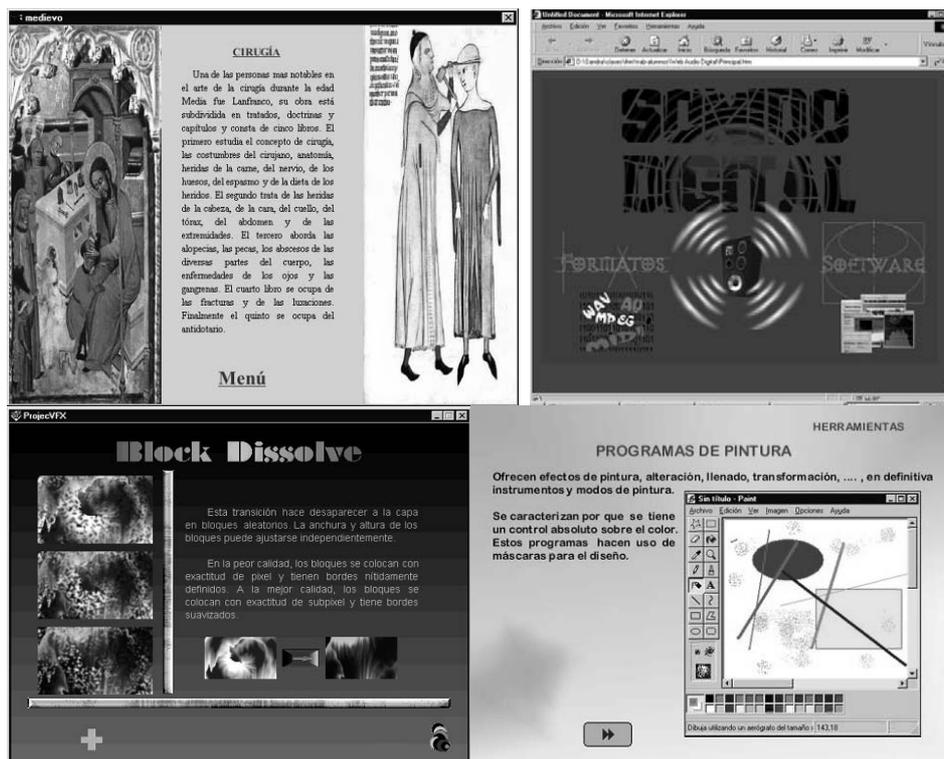


Figura 2: Trabajos presentados por los alumnos de IPO

### Comparación con otras propuestas curriculares

En universidades de diversos países se han diseñado cursos relacionados con la Interacción Persona-Ordenador [8-11]. Pero en este caso, para contrastar la adecuación de los temas impartidos en la asignatura de IPO se ha realizado una comparación con los contenidos recomendados en el Curricula de Interacción Persona Ordenador del ACM SIGCHI [17].

El resultado de dicha comparación se muestra en la tabla 9. En dicha tabla, los contenidos marcados con (X) indican conceptos de ese tema que se enseñan en ese bloque (Principios de Diseño de Interfaces para la Interacción Persona-Computador, Funcionamiento e Implementación de Interfaces Gráficas de Usuario, Sistemas y Aplicaciones Multimedia y Sistemas Multisensoriales, Realidad Virtual y Realidad Aumentada). Hay que tener en cuenta que los conceptos relacionados con la Informática Gráfica se imparten en otros cursos.

Contenidos	Ppios de Diseño	Implemen.GU I	Multimedia	Realidad Virtual
<b>La naturaleza de la IPO</b> (Meta-)Modelos de IPO	X	X	X	X
<b>El uso de los ordenadores en su contexto social</b> Trabajo y Sociedad Areas de Aplicación Adaptación del ordenador a las personas	X		X	X
<b>Características del ser humano</b> Procesamiento de la información por las personas Lenguaje, comunicación e interacción Ergonomía	X X X	X	X	X
<b>Sistemas informáticas y arquitectura de las interfaces</b> Dispositivos de entrada y salida Técnicas de diálogo Informática Gráfica	X X IG*	X X IG*	X X IG*	X X IG*

Contenidos	Ppios de Diseño	Implemen.GU I	Multimedia	Realidad Virtual
Arquitectura de diálogos	X	X	X	X
<b>Proceso de desarrollo</b>				
Métodos de diseño	X		X	X
Técnicas de Implementación		X	X	X
Técnicas de Evaluación	X		X	
Ejemplos y Casos de Estudio	X		X	X
<b>Presentación de trabajos y exámenes</b>	X	X	X	X

**Tabla 9:** Comparación de los contenidos del Curricula de Interacción Persona Ordenador del ACM SIGCHI y los contenidos de la asignatura impartida en el CPS.

### *Análisis de los resultados académicos*

En la tabla 10 se muestra la evolución histórica de los resultados obtenidos por los alumnos en la asignatura de IPO durante el período de 1996/1997 a 1999/2000.

Los datos correspondientes al curso 99-00 están representados en la tabla, pero no se incluyen en el análisis global de los resultados académicos debido a que se ha modificado el método de evaluación. Por lo tanto, las reflexiones extraídas en el resto de los cursos no se cumplen rigurosamente en el 99-00.

	Matric.	1ª Convocatoria	2ª Convocatoria	3ª Convocatoria	Total
96-97	58	25.86 %	15.52 %	39.65 %	81.03 %
97-98	66	16.67 %	30.30 %	25.76 %	72.73 %
98-99	70	17.14 %	22.86 %	38.57 %	78.57 %
99-00	60	28.33 %	28.33 %	23.33 %	79.99 %

**Tabla 10:** Alumnos matriculados y porcentaje de alumnos presentados en cada convocatoria en la asignatura de Interacción Persona-Ordenador.

La tabla de resultados refleja la tendencia creciente en cuanto a la matriculación de alumnos en esta asignatura. Además, en los tres años de experiencia considerados se observa que se presentan a examen un promedio del 77.44 % sobre el total de matriculados.

Sobre estos porcentajes es interesante resaltar la distribución de las calificaciones obtenidas con respecto al total de alumnos presentados en cada curso, tal como se detalla en la Tabla 11.

	Suspense	Aprobado	Notable	Sobresaliente
96-97	0	21.28 %	34.04 %	44.68 %
97-98	12.5 %	18.75 %	37.5 %	31.25 %
98-99	20 %	18.18 %	32.72 %	29.09 %
99-00	14.58 %	62.50 %	18.75 %	4.17 %

**Tabla 11:** Distribución según la calificación obtenida con respecto al total de alumnos presentados.

Como se puede observar, el número de suspensos fue aumentando a partir del primer año, en gran parte debido a una insuficiencia en los conocimientos teóricos por parte de los alumnos. Sin embargo, una vez superado el examen teórico, los trabajos prácticos

presentados son generalmente de alta calidad, lo que se refleja en el tipo de notas obtenidas ya que un alto porcentaje de alumnos obtiene una calificación entre notable y sobresaliente.

### ***Bibliografía recomendada al alumno para la Asignatura de Interacción Persona-Ordenador***

Debido a la constante evolución de estos temas resulta casi imposible hacer referencias a la misma documentación en más de un año. Por lo tanto, en cuanto al material de estudio, se ha optado por utilizar capítulos de libro para temas muy concretos y básicos, y artículos de revistas de actualidad para lo referente a hardware, software, etc. La lista bibliográfica de la cual se extraen los capítulos básicos es la siguiente:

1. Dix A., Finley J., Abowd J., Beale R.: “*Human-Computer Interaction*”, Ed. Prentice - Hall, 2ª edición, 1998.
2. Schneirderman B: “*Designing the User Interface*”, Addison-Wesley, 3ª edición, 1998.
3. Marcus A.: “Graphic Design for Electronic Documents and User Interfaces”, Tutorial series, ACM Press, 1992.
4. Burger J.: “*La Biblia del Multimedia*”, Ed. Addison - Wesley Iberoamericana, 1994.
5. Ozer J.: “*Video Compression for Multimedia*”, Ed. AP Professional, 1995.
6. Burdea G., Coiffet P.: “*Tecnologías de la Realidad Virtual*”, Ed. Paidós Hipermedia 3, 1996.
7. Vacca J.: “VRML Bringing Virtual to the Internet”, Ed. AP Professional, 1996.

## **4. Conclusiones**

### ***Conclusiones del Bloque de Informática Gráfica***

La experiencia docente obtenida en los períodos reflejados indica que en las asignaturas del bloque de Informática Gráfica el nivel de aceptación por parte de los alumnos es alto, aunque hay un número más elevado de alumnos en la asignatura de Informática Gráfica, que al tener un carácter más general, es elegida por alumnos que desean tener un conocimiento mínimo del mundo de los gráficos.

El hecho de que el alumno pueda realizar por sí mismo un sistema que le ofrece prestaciones similares a las de muchos paquetes comerciales aumenta el interés por las asignaturas y constituye un refuerzo ya que puede “ver” el resultado de sus esfuerzos de aprendizaje. Este hecho se traduce en una nota final alta.

Los estudiantes encuentran positivo tanto el planteamiento de un solo profesor para las tres asignaturas que componen el bloque como la aplicación de los conocimientos en un trabajo, en lugar de que solamente se los examine en forma teórica. Por otra parte, se detecta una falta de base teórica de los alumnos en temas matemáticos y geométricos.

Todo esto confirma, de forma cualitativa y cuantitativa, que la metodología basada en la resolución de problemas resulta adecuada para la enseñanza de las asignaturas que conforman este bloque.

### ***Conclusiones de la asignatura de Interacción Persona-Ordenador***

Teniendo en cuenta el contexto general de la carrera de Ingeniería Informática se considera que con esta asignatura se transmite al estudiante la necesidad de contar con el usuario como elemento central en todo trabajo de diseño de aplicaciones informáticas,

además de obtener una visión general de las nuevas tecnologías indispensables para un informático.

La evaluación teórica hace que el alumno tenga una visión general de la asignatura, mientras que el desarrollo de un trabajo práctico permite que se especialice en aquel bloque que más le interesa.

A pesar de que en el aspecto práctico probablemente sería ideal proponer un solo trabajo que englobara todos los contenidos vistos en la asignatura, este planteamiento presenta dos dificultades: el número de horas necesario excede notablemente la carga de trabajo asignado en la asignatura y, además, es preciso contar con un conocimiento previo de numerosas herramientas. Por lo tanto, se ha optado por una solución de compromiso consistente en proponer el trabajo práctico centrándose en un área específica.

La diversidad de temas tratados y su continua evolución, hace que la división de la asignatura cuatro bloques temáticos, así como la metodología didáctica basada en clases magistrales resulte adecuada.

## 5. Bibliografía

1. Wolfe R.: "New Possibilities in the Introductory Graphics Course for Computer Science Majors", *Computer Graphics* 33 (2), 1999, pp. 35-39.
2. Owen G. S, Larrondo-Petrie M. M, Laxer C.: "Computer Graphics Curriculum: time for a Change?" *Computer Graphics* 28 (3), 1994, pp. 183-185.
3. Cottingham M.: "Australia: Universities Offer Diversity in Computer Graphics Curricula", *Computer Graphics*, 30 (3), 1996, pp. 5-6.
4. Sillion F.: "France: Computer Graphics Education is Blossoming", *Computer Graphics* 30 (3), 1996, pp. 12-13.
5. Brunet P., Navazo I.: "Spain: Computer Graphics Education Evolves with Curricula Structure", *Computer Graphics*, 30 (3), 1996, pp. 23-24.
6. McConnell J.: "United States: Computer Graphics Education in Computer Science Undergoing a Transformation", *Computer Graphics*, 30 (3), 1996, pp. 31-32.
7. Shabi A., Guzdial M., Stasko J.: "Addressing Student Problems in Learning Computer Graphics", *Computer Graphics*, 30 (3) 1996, pp. 38-40.
8. Kotzé P.: "HCI at the University of South Africa", NordCHI Workshop on HCI Education, Suecia. Octubre, 2000.
9. Abascal J., Cañas J., Aedo I., Gea M., Lorés J., Ortega M., Ureña L. A., Valero P., Vélez M.: "Towards a common & free spanish curricula contents of HCI in Internet using cooperative design", NordCHI Workshop on HCI Education, Suecia. Octubre, 2000.
10. [http://www.cs.appstate.edu/~crr/cs4570\\_spr99/](http://www.cs.appstate.edu/~crr/cs4570_spr99/)
11. <http://www.ida.liu.se/~miker/hci/misc.html#educate>
12. Gascón, J.: "El Papel de la Resolución de Problemas en la Enseñanza de las Matemáticas", Departament de Matemàtiques de la UAB, 1992.
13. Chevillard Y., Boch M. y Gascón J.: "Estudiar Matemáticas, el eslabón perdido entre enseñanza y aprendizaje", Cuadernos de Educación. ICE. Universitat de Barcelona, Horsori editorial. 1997.
14. Wolfe R.: "A Syllabus Survey: Examining the State of Current Practice in Introductory Computer Graphics Courses", *Computer Graphics* 33 (1), 1999, pp. 32-33.
15. Reigeluth C., Stein F.: "The elaboration theory of instruction", Reigeluth (Ed.): *Instructional Design: Theories and models*. Hillsdale. New Jersey: Erlbaum, 1983, pp. 335-381.
16. Bernad J. A.: "Estrategias de enseñanza - aprendizaje en la universidad", Col. Educación Abierta, Nº 89, Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Zaragoza. 1990.
17. Hewett T. ACM SCIGCHI: "*Curricula for Human-Computer Interaction*", 1992.