

Diferencias en la enseñanza-aprendizaje de la Física en el contexto de cinco décadas en la Escuela de Arquitectura de Sevilla

Sara Girón-Borrero
Universidad de Sevilla
sgiron@us.es

Abstract

This autumn marks the 53rd anniversary of the establishment of the Higher Technical School of Architecture of Seville. It is the largest architecture school in Andalusia, and the third largest and oldest in Spain, after Madrid and Barcelona. Over its history, the lecturers of the centre have developed their teaching role within the guidelines framed by five curricula. Architecture is considered in our country as a generalist discipline of an artistic and technical nature which is characterized by its contribution to the transformation of the physical environment on any scale through development and implementation of the conception and management of buildings and all kinds of urban arrangements. Technical training in the knowledge of the phenomena and physical laws involved in the foundation, construction and energy exchanges included in the building are paramount in the design, construction and rule-enforcement stage for a new construction or rehabilitation. In this paper, characteristics are analysed of the subjects of applied physics taught in the five curricula of the centre since its

foundation: the last of these being in the EHEA; and in which differences are discussed regarding the nature of the materials, their contents, and the teaching and evaluation methodology in this university degree.

Resumen

Este otoño se celebra el 53 aniversario de la creación de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla. Es la escuela de arquitectura mayor de Andalucía y la tercera mayor y más antigua de España, después de la de Madrid y Barcelona. Durante su historia el profesorado del centro ha desarrollado su función docente enmarcados en las directrices de cinco planes de estudio. En nuestro país se concibe la arquitectura como una disciplina generalista de naturaleza técnico-artística que se caracteriza por su aportación a la transformación del medio físico a cualquier escala mediante la concepción y la dirección de ejecución de edificios y ordenaciones urbanas de todo tipo. En la formación técnica los conocimientos de los fenómenos y leyes físicas que intervienen en la cimentación, construcción e intercambios energéticos involucrados en el edificio resultan primordiales en su etapa de diseño, construcción y normativa como obra nueva o rehabilitación. Se analizan en este trabajo las características de las materias de física aplicada que se han impartido en los cinco planes de estudio del centro desde su fundación, el último ya en el EEES, y en los que se discute las diferencias en relación a la naturaleza de las materias, sus contenidos, y la metodología docente y de evaluación en esta titulación universitaria.

Palabras clave/Keywords Architecture, Physics, Curriculum differences, Technical training. Arquitectura, Física, Diferencias planes de estudios, Formación técnica

Introducción

Se ha celebrado hace algo más de dos años el 50 Aniversario de la fundación del centro donde imparto docencia desde hace también varias décadas. La Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla fue fundada por decreto de abril de 1958 pero no comenzó a funcionar hasta octubre de 1960 por razones organizativas y prácticas. Se inauguró provisionalmente en el antiguo Pabellón de Brasil de la Exposición Iberoamericana de 1927, sito en la Avenida de la Palmera, y ya en el curso 1966-67 se produjo la inauguración de su nueva sede en la actual Avenida de la Reina Mercedes. La primera documentación del proyecto de la ETSA tiene fecha de febrero de 1960. Esta documentación inédita y el ejemplar incompleto estaban depositados en la biblioteca de la Escuela. El proyecto está firmado por R. Fernández Huidobro y L. Gómez Sterns, y consta de, al menos 23 planos. La Escuela se inauguró sin terminar, realizándose dos concursos para estudiantes: el proyecto de su Salón de Actos y unas vidrieras con motivos alusivos en la capilla de la escuela de Aparejadores, que se inauguró simultáneamente a la de Arquitectura superior el 14 de noviembre de 1960. La Escuela en su nueva sede estaba prevista para acoger a 1.000 estudiantes, por lo que no es de extrañar que a lo largo de estos años se hayan realizado intervenciones de ampliación y reforma interior, así el edificio de laboratorios data del año 1972, el aula Magna I del año 1976, el edificio de urbanismo del año 1989, el aula Magna II de 1990 y finalmente, el nuevo aulario en el periodo 1999-2003. Hoy en día los problemas de espacios continúan con una población estudiantil que supera los 4.000 estudiantes y más de 400 profesores y personal de administración y servicios. Es la Escuela de Arquitectura mayor de Andalucía y la tercera de España, después de la de Madrid y Barcelona, siguiendo a éstas también en antigüedad.

En este trabajo se incide en las características y perfil de la enseñanza de la Física en los tres planes de estudio de la titulación de arquitecto donde la autora de este trabajo ha impartido su docencia desde hace varias décadas, sin embargo resumiremos aquí

también la información recabada respecto a las características de los dos planes de estudio previos que se han impartido en este centro desde la fundación del mismo.

Rasgos de la titulación de arquitecto

La arquitectura es una disciplina generalista de naturaleza técnico-artística que se caracteriza por su aportación a la transformación del medio físico a cualquier escala mediante la concepción y la dirección de ejecución de edificios y ordenaciones urbanas de todo tipo. La presencia de una profesión dedicada a esta actividad está documentada desde hace 45 siglos. La de normas legales que regulan su desempeño, desde hace 37, y desde hace 26, la de títulos que acreditan para tal ejercicio, constando ya por escrito unos seiscientos años después los conocimientos y destrezas que precisaban adquirir sus poseedores. Los sistemas de aprendizaje del oficio se desarrollan en la Europa medieval y se reformaron en profundidad sucesivamente en el Renacimiento, en el siglo XVII, la época de la Ilustración y el periodo de entreguerras mundiales del siglo XX.

En España existe un título oficial de arquitecto vinculado a una formación académica en una institución habilitante para el ejercicio profesional desde 1757 y un primer centro que impartió sus enseñanzas con un carácter técnico desde 1844 (Madrid), en las cuales empezaron a integrarse a partir de 1864 los estudios urbanísticos.

Esta larga historia avala la capacidad del título para renovarse una vez más, adaptándose ahora a los requisitos de la sociedad del momento y de la cultura y la sensibilidad contemporáneas, al carácter aceleradamente cambiante y diversificado de la técnica y al espacio europeo de educación superior, así como recogiendo las atribuciones legales otorgadas a los arquitectos españoles actuales y garantizando la adquisición de las competencias específicas de éstos (en particular, las que permiten mantener la profundidad de su preocupación técnica), en que radican el prestigio internacional y la ventajosa concurrencia al mercado laboral europeo [1].

Características de los planes de estudios de la Escuela de Sevilla

Como se ha comentado, la profesión de arquitecto tiene unos inicios muy remotos apareciendo en culturas tan diversas como el antiguo Egipto, la cultura mesopotámica o la grecorromana. La primera institución oficial española dedicada al estudio de la Arquitectura fue la Academia de Matemáticas en 1582 que contaba con una cátedra de Arquitectura. A partir del año 1752, la Real Academia de las Tres nobles Artes de San Fernando estableció los estudios de Arquitectura que a partir de 1844 pasó a ser conocida como “Escuela” o “Escuela Especial de Arquitectura”; el Reglamento de 1845 desvinculó estas enseñanzas de la pintura y la escultura. El primer programa para la carrera de Arquitectura se establece a partir del Real Decreto de septiembre de 1858, en el cual se establece una parte común que no tenía carácter politécnico y en el que los tres primeros cursos se seguían en la Facultad de Ciencias. Paralelamente a estos cursos los estudiantes debían adquirir la destreza gráfica que les permitiera pasar un examen de ingreso en la carrera de Arquitectura. Este sistema con una fase propedéutica que aunaba los estudios en una facultad con una prueba gráfica muy selectiva, se mantuvo vigente durante casi un siglo. La Real Orden de 1864 reguló las atribuciones de las distintas profesiones existentes hasta entonces dentro del sector de la edificación, en ella se facultó a los arquitectos a proyectar y dirigir toda clase de edificios.

El primer plan de estudios del siglo XX se estableció en 1914 en el que se mantiene la estructura anterior rebajando los estudios previos de ciencias a dos años. Con este mismo esquema aunque con pequeñas variaciones se aprueban los planes de 1932 y 1957.

Plan de 1957

El plan de estudios de 1957 modifica este modelo instituyendo un primer curso selectivo en la Facultad de Ciencias o en alguna Escuela Técnica Superior y en el Artículo 22 del Decreto se establece que para obtener el título de Bachiller Laboral Superior los alumnos, tras la aprobación de todas las disciplinas que integran este

Bachillerato se someterán a un examen final, presidido por un Catedrático de Universidad; dicho título será expedido por el Rector del correspondiente distrito universitario. Se trata, de equiparar el Bachillerato Laboral, en lo que al acceso a las Escuelas Técnicas Superiores se refiere, al Bachillerato Superior Universitario. La Ley de 20-7-1957 sobre Ordenación de las Enseñanzas Técnicas, (BOE 22-7-1957), incorpora las Escuelas Técnicas Superiores y Arquitectura a la Universidad, al mismo tiempo que las abre a un mayor número de alumnos. En el preámbulo de la Ley se dice que el acceso a las Escuelas Técnicas Superiores se efectuará mediante cursos selectivos, sistema que sustituye a los tradicionales exámenes de ingreso. El artículo 10 sobre el "Ingreso" regula: 1º. Para tener acceso a los cursos de selección para el ingreso de las Escuelas Técnicas de Grado Superior se exigirá algunos de los títulos siguientes: de Aparejador de Obras o de Perito en cualquier especialidad de la Enseñanza Técnica; de Bachiller Laboral Superior o de Bachiller Superior Universitario, con derecho al ingreso en la Universidad.

Y añade la selección para el ingreso que tendrá dos fases, a la segunda de las cuales sólo podrán pasar los aspirantes que hayan aprobado la primera. Dichas fases serán: Primera.- *Un curso selectivo* que incluya ciencias matemáticas y naturales, que podrá seguirse en las Escuelas Técnicas de grado Superior o en las Facultades de Ciencias. Deberá aprobarse en un plazo máximo de dos cursos académicos. La calificación, única por curso, será la de 'apto' o 'no apto'. La calificación tendrá plena validez académica indistintamente para todas las Escuelas Superiores y para las Facultades universitarias y Segunda.- *Un curso de iniciación* en Arquitectura o en Ingeniería, integrado por estudios de ampliación de Matemáticas y Física, Dibujo, y un grupo de materias característico de las enseñanzas del Centro. Deberá seguirse en la propia Escuela Técnica Superior y aprobarse en un plazo máximo de dos cursos académicos. La calificación, única por curso, será la de 'apto' o 'no apto'. El curso de iniciación será común a todas las especialidades del Centro. Quienes no logren la aptitud sólo podrán comenzar de nuevo, por una sola vez el curso de iniciación, pero en una Escuela

Técnica distinta. Tras el curso de iniciación había cinco cursos y la redacción de un Proyecto Final de Carrera (PFC) para la obtención del título.

Se desprende de lo anterior que en este plan el estudiante ingresaba en la carrera propiamente dicha de 5 años de duración, con una fase propedéutica muy sólida en Matemáticas y Física, por esta razón la única asignatura de fundamentos básicos recogía a las dos disciplinas en la asignatura *Ampliación de Matemáticas y Mecánica* de primer curso.

Plan de 1964

En las órdenes ministeriales de 20 de agosto de 1964 y 29 de octubre de 1965 se publican las características del plan. Es de ámbito nacional y se basa en dos primeros cursos selectivos junto con un tercer año común, que en cuarto y quinto se especializa entre Urbanismo y Edificación.

Este plan de 1964 heredaba mucho de los planes de estudios anteriores y del extinto de 1957, y se basaba en la exigencia de muchos conocimientos matemáticos, de hecho había dos asignaturas de matemáticas en primer curso: *Algebra Lineal* (5 horas semanales) y *Cálculo Infinitesimal* (8 horas semanales) y una *Ampliación de Matemáticas* en segundo curso (5 horas semanales), además en la especialidad de Edificación existían unas *Matemáticas Técnicas Superiores* con 4 horas lectivas semanales.

Según información extraída de la consulta de las actas facilitada a la autora de este trabajo, el tiempo medio de finalización de los estudios era de 7 años más otro para la realización del PFC. Se añadía a la dificultad conceptual de la carrera el que los dos primeros cursos eran selectivos. En relación a las materias de Física, éstas se impartían en primer curso la asignatura de *Física* (6 horas semanales; 4 teóricas/2 prácticas), y en segundo curso: *Ampliación de Física* (5 horas totales, 3 teóricas/2 prácticas). Se entendía por clases prácticas, lo relativo a clase de problemas, pues no se impartían clases de laboratorio.

El plan tenía una carga lectiva semanal de 40 horas en todos los cursos, y en cuanto a las asignaturas de Física la de primer curso *Física* constaba de un programa de 40 lecciones de física general que abarcaba todos los campos: Mecánica del sólido rígido, teoría de campos, elasticidad, teoría ondulatoria, hidrodinámica, propagación del calor, termodinámica, electricidad, electromagnetismo y corrientes eléctricas, óptica, teorías atómicas, energía radiante, fotometría y teoría del color, y física nuclear.

En *Ampliación de Física* se incluían hasta 60 temas con profundización en la estática, en los métodos aplicados a los medios particulares de interés en la arquitectura: estática gráfica, vínculos, vigas, estructuras articuladas y cables, y en temas avanzados como tensores, tensores de segundo orden y planos. Círculos de Möhr, aplicación a la elasticidad y elasticidad plana, dinámica de la partícula, del sólido rígido y de fluidos, mecánica analítica, ondas en fluidos y en medios continuos.

Cabe reseñar en este sentido la relativamente poca disponibilidad que tenía el alumno para dedicarse al trabajo no presencial de las materias de Física, por el alto grado de dedicación a las materias gráficas y de dibujo impartidas en los mismos cursos, y que exigían en aquel entonces tareas muy laboriosas, como el pasar a tinta los planos y láminas dibujados manualmente.

Estos dos planes de estudios reseñados hasta ahora tuvieron lugar en la época de la dictadura y eran comunes a todas las escuelas de arquitectura de España [2]. En los siguientes planes de estudio ya dentro de la democracia existen más diferencias entre unas universidades y otras.

Plan de 1975

El siguiente plan de 1975 (BOE 1 de agosto de 1975) se establece de seis años de duración; cuatro cursos comunes y dos de especialización entre Urbanismo y Edificación con la redacción aparte de un proyecto fin de carrera (PFC). Cabe señalar que aunque es al final de la duración de este plan de estudios cuando se informatiza la información relativa a actas, expedientes y títulos, y por lo tanto resulta muy difícil disponer de datos estadísticos, se estima que la duración de un estudiante medio para

finalizar la licenciatura era de 8-9 años y 1 año más para la realización del proyecto fin de carrera.

En este plan, el entonces catedrático de Física de la Escuela de Sevilla, D. Pablo Hervás realiza una gran labor de reflexión y síntesis, diseñando los contenidos de las asignaturas del nuevo plan mucho más ceñidos a las necesidades conceptuales del estudiante y futuro arquitecto, descartando la generalidad y amplitud presente en los programas de Física de las asignaturas de los planes de estudio anteriores.

El primer curso del plan de estudios comprendía un total de docencia de 23 horas semanales con *Física I* (contenidos: mecánica, estática, cinemática y dinámica del sólido rígido con especial énfasis en la estática, ver Apéndice): con una carga lectiva semanal de 5 horas, 3 horas teóricas y 2 prácticas. El segundo curso comprendía un total de 25 horas de docencia semanales, en que la asignatura de *Física II* tenía asignadas 3 horas teóricas semanales. En tercer curso: *Física III* con 4 horas semanales 3 teórico-prácticas y una 1 gráfica de un total de 33 horas semanales de docencia para el estudiante. La hora gráfica correspondía a *Estática Gráfica*, que debía superarse también. La asignatura de *Física III* pertenecía también al Curso de Adaptación que debían cursar los titulados aparejadores que pretendían seguir con la titulación de arquitecto. Los resultados que se muestran en los gráficos posteriores incluyen también los datos correspondientes al curso de adaptación, que aunque figurando en un acta aparte, en el aula eran unos estudiantes más presentes. Hasta tercer curso los estudios constituían el Primer Ciclo de los estudios de arquitecto. En el Segundo Ciclo de carrera, se incluían los cursos de cuarto, quinto y sexto, y la carga lectiva pasaba a 35 horas, 37 horas, y 34 horas, respectivamente. En el curso quinto existían unas asignaturas básicas comunes a las dos opciones posibles de especialización: Urbanismo y Edificación, ambas habilitantes con las mismas competencias profesionales.

Por su influencia en relación a las materias de contenido básico conceptual como es la física señalar aquí, como ya se ha mencionado en el plan de estudios anterior, que las

asignaturas de dibujo y proyectuales se realizaban a mano teniendo además el estudiante que pasar a tinta los correspondientes planos y dibujos arquitectónicos, labor ésta delicada que había que realizar con gran esmero y gran duración. Solo en los años finales del plan 75 se incorporan los ordenadores a la arquitectura, habiendo sido una de las disciplinas en que su uso se ha instalado en todos los campos que ella comporta.

Plan de 1998

A partir del curso académico 1998-99 entra en vigor curso por curso el plan de estudios de 1998 basado en las directrices generales comunes a todos los planes de estudio de real decreto 1497/1987 de 27 de diciembre.

El plan está basado en la unidad *crédito*, 1 crédito= 10 horas de clase, en el cómputo de ocupación horaria de las diversas materias de las diversas áreas de conocimiento. El plan también amplía la libertad para crear un currículum a medida al introducir materias de carácter optativo o de libre configuración y facilita, que cada Escuela defina unas señas de identidad propia que le caractericen por su especial vocación, o las capacidades propias de sus docentes.

Se establecen cuatro tipos de asignaturas, troncales, obligatorias, optativas y de libre configuración.

El título de Arquitecto se obtiene tras haber cursado 5 cursos, en dos ciclos, el primer ciclo lo constituyen los cursos 1º y 2º, y el segundo ciclo los cursos 3º, 4º y 5º, cada curso con una distribución lectiva simétrica de 90 créditos por curso. Las asignaturas troncales se desarrollan a través de los dos ciclos y las obligatorias y optativas están estructuradas en tres líneas curriculares: Edificación, Planeamiento Urbano y Arquitectura y Patrimonio, cada una de las cuales poseen 50 créditos. Las asignaturas podrán tener horas teóricas, horas prácticas y arquitectónicas, estas últimas corresponden a lo que se denomina Aulas de Arquitectura y que integran las horas arquitectónicas de cada materia, habiendo un Aula de Arquitectura por curso.

Se pone como restricción en el plan que ningún alumno podrá estar matriculado en más de tres cursos simultáneamente ni en asignaturas de más de dos Aulas de Arquitectura.

El cumplimiento del plan exigía por tanto 30 horas semanales lectivas presenciales de los estudiantes en cada curso. Esta carga lectiva podría cubrirse con asignaturas de

naturaleza cuatrimestral o anual. Este plan también presentaba como novedad en la historia de la titulación que el PFC correspondía a una asignatura del segundo cuatrimestre del curso 5º con 3 créditos y cuya superación culminaba con la entrega de dicho proyecto fin de carrera. La superación del proyecto fin de carrera en el quinto curso, ha sido algo anecdótico en la historia de este plan y por eso se ha integrado en un sexto curso.

En relación a la docencia de Física encomendada al Departamento de Física Aplicada destacar como novedad frente al plan de estudios anterior la introducción de la subdivisión del grupo teórico, en grupos más reducidos de clases de problemas y la realización por parte del alumno de un conjunto de prácticas de laboratorio, en relación con los temas teóricos del programa tanto en primer curso, como segundo curso y en la asignatura optativa de ACU, como créditos correspondientes al Aula de Arquitectura.

En este plan de estudios las materias de física son: *Física I* (troncal) 6 créditos en 2º cuatrimestre del primer curso. *Física II* (obligatoria) de carácter anual de 9 créditos en 2º curso y *Acústica e Intercambio Energético en los Edificios* (optativa) en 4º Curso con 4.5 créditos correspondientes a la línea curricular 1: Edificación.

La formación docente de los estudiantes tiene lugar a través de lecciones magistrales y grupos numerosos en particular en los grupos teóricos; pasando a ser más reducidos, alrededor de 40 estudiantes para los grupos de problemas y alrededor de 20/24 dependiendo del curso para las prácticas de laboratorio. Cabe destacar que en todos los planes el departamento de Física Aplicada (creado en el año 1987 a raíz de la promulgación de la Ley de Reforma Universitaria) o la cátedra de Física y Matemáticas anterior, se ha preocupado de redactar un conjunto de apuntes y libros muy ajustados a los contenidos que se impartían [3], con gran variedad de problemas prácticos que han resultado de gran utilidad al estudiante [4, 5]. Para la realización de las prácticas de laboratorio a partir del plan 98, también se ha redactado un manual base

explicativo de los fundamentos físicos de la experiencia a realizar y de su modus operandi [6].

Planes 2010-2012 dentro del EEES

La reforma universitaria que se ha producido con la entrada en vigor del Proceso de Bolonia ha generado cambios en los programas de las enseñanzas universitarias dentro del Espacio Europeo de Educación Superior EEES, que tiene por objeto el incremento de la movilidad y la calidad de la docencia y la investigación que incremente la convergencia de todos los países de la Comunidad Europea.

Estos planes de estudios se rigen por la nueva Directiva 2005/36/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa al reconocimiento de cualificaciones profesionales en el seno de la Unión Europea. El plan que se va a analizar se encuentra en vigor año a año desde el curso 2010-11 en la ETSA de Sevilla, y se ha adaptado a los requerimientos del proceso de Bolonia contando aproximadamente con un 75% de enseñanzas comunes en las tres escuelas públicas andaluzas de Arquitectura. Se busca con ello garantizar la transferibilidad de créditos y la movilidad de los estudiantes.

El plan de 2010 surge en la coyuntura de la adaptación de la universidad española a las directrices del Espacio Europeo de Educación Superior (Bolonia) y como conclusión a la reflexión sobre el anterior plan de 1998. En él se reconoce el perfil de arquitecto *generalista* como el más adecuado para dotar al estudiante de aquellos conocimientos y habilitaciones para ejercer la profesión de arquitecto.

El plan se configura con 300 ECTS + un proyecto fin de carrera de 30 créditos con la denominación de Graduado en Arquitectura y estructurado en 5 cursos con el PFC segregado al sexto año.

Tabla 1. Datos relevantes de los diferentes planes de estudio y de las asignaturas de Física en cada uno de los planes de estudios. Códigos usados, A=anual, C=cuatrimestral, S= semestral.

Arquitecto	1964 Arquitecto	1975 Arquitecto	1998 Arquitecto	2010 Grado en Arquitectura	1012 Grado Fundamento s de la Arquitect. y Máster en Arquitectura
Curso selectivo de ciencias (CS) Curso de iniciación (CI) 5 años + PFC	5 años + PFC 2 primeros selectivos Especialidad es de Edificación y Urbanismo	6 años +PFC Desaparecen asignaturas cuatrimestrales Especialidades de Edificación y Urbanismo	5 años incluido PFC 450 créditos ·3 Líneas Curriculares	5 años + PFC 330 c. ECTS	Grado 5 años +TFG Máster 30c+PFC (60 c. ECTS)
Diferente carga horaria por curso	Igual carga horaria por curso	Diferente carga horaria por curso	90 créditos por año	60 créditos ECTS año/30 por semestre	60 créditos ECTS año/30 por semestre

	40 horas semanales lectivas	Carga lectiva semanal según curso	30 horas semanales lectivas.	20 horas semanales presenciales	20 horas semanales presenciales
Materias con carácter anual	Materias con carácter anual y algunas cuatrimestrales	Materias todas con carácter anual	Anuales y cuatrimestrales, optativas y libre configuración	Todas las materias semestrales Basado en 5 asignaturas de 6 ECTS por semestre.	Todas las materias semestrales Basado en 5 asignaturas de 6 ECTS por semestre.
Física General (CS) Física (CI) Ampl. de Mat. y Mec. (1º), A	Física (1º) A Ampliación de Física (2º) A	Física I (1º) A Física II (2º)A Física III (3º)A	Física I (1º) C2 Física II (2º) A Opt. ACU (4º) C1	FFE (1º), S1 FFIA (2º), S2 *2 Opt. 6 ECTS	FFE (1º) S1 FFIA (2º) S2 *2 Opt. 6 ECTS

(*) Energía y Sostenibilidad en Arquitectura, Acústica Aplicada a la Arquitectura y el Urbanismo.

Se parte como principio en el plan, de la fragmentación coordinada de las diversas materias docentes y áreas de conocimiento, para después producir una síntesis o integración y cuyo instrumento fundamental es el Taller de Arquitectura. El plan

consta de 8 talleres, uno por semestre a partir del tercero. El plan incorpora también el empleo de metodologías docentes de aprendizaje activo, con una intensa relación entre objetivos, competencias, contenidos y actividades presenciales y no presenciales e innovación en los métodos de evaluación. No obstante en julio de 2010 el ministerio de Educación cambió la legislación y los estudios de arquitectura se han reestructurado para adaptarse al nuevo marco de una grado de 300 ECTS (5 cursos incluido un trabajo fin de grado) y un máster de 60 créditos repartidos en 30 ECTS de intensificación de contenidos docentes específicos y 30 ECTS de proyecto fin de carrera en un sexto curso. El título recibido en el máster es el que habilita para el ejercicio profesional. Este nuevas directrices docentes corresponden al llamado plan 2012. Éste entrará en vigor en la ETSA de Sevilla el próximo curso académico 2013-14, coexistiendo ambos planes dadas las coincidencias de sus contenidos y organización, excepto el sexto curso. El título obtenido con este nuevo plan será de Graduado en Fundamentos de la Arquitectura, y Máster en Arquitectura (nivel III de los estudios europeos).

La carrera de arquitecto en la actualidad tiene una carga importante de conocimientos técnicos, aportadas por diferentes áreas temáticas dentro del programa de estudios como las estructuras de la edificación, técnicas de construcción, acondicionamiento de edificios y servicios, así como la integración de amplios conceptos urbanísticos y, desde una visión más humanística, la educación en historia de la arquitectura y el arte. La titulación de arquitectura es una de las carreras universitarias más completas, por el contenido teórico-práctico y técnico-artístico que desarrolla, aunque esto conlleve a que se considere de las más exigentes.

Las asignaturas que imparte el Departamento de Física en estos dos planes son: *Fundamentos Físicos de las Estructuras*, FFE, en el primer semestre del primer curso con 6 créditos ECTS; *Fundamentos Físicos de las Instalaciones y el Acondicionamiento*, FFIA, en el segundo semestre del segundo curso con 6 ECTS, y dos asignaturas

optativas en el 5º curso *Energía y Sostenibilidad en Arquitectura* 6 ECTS, y *Acústica Aplicada a la Arquitectura y el Urbanismo* 6 ECTS, que no empezaran su recorrido docente hasta el curso 2014-15.

A modo de resumen y para que sirva de comparación se exponen en la Tabla 1 los rasgos más destacados de cada uno de los planes y de la enseñanza de la física en los planes de estudios comentados.

Características y resultados de la evaluación docente de las materias de física en los planes de estudio

En los resultados que se exhiben en las gráficas a continuación se contabilizan los datos correspondientes a los resultados de la convocatoria ordinaria de junio y de la extraordinaria de septiembre. En la metodología de análisis, los alumnos matriculados aparecen entre paréntesis al lado del nombre de la asignatura, se han calculado los tantos por ciento de aprobados, notables y sobresalientes correspondientes a las dos convocatorias, y se ha expuesto los tantos por ciento de suspensos y no presentados correspondientes a la convocatoria de septiembre.

En el plan de estudios de 1957 solo aparecen los datos de la asignatura de primer curso que ya figuraba en el acta su calificación (Figura 1, parte superior), puesto que en el curso selectivo de ciencias y el de iniciación solo se especificaba la calificación de apto o no apto, como se ha comentado en la sección 3.1. Cabe reseñar aquí la dificultad que se ha tenido al no disponer de información digitalizada de los datos de los planes de estudios, programas de asignaturas, ni de actas, correspondientes a los planes anteriores al de 1998.

Como metodología docente las clases eran magistrales y el método de evaluación consistía en la superación de los exámenes parciales de la asignatura o alternativamente el examen final; estos procedimientos docentes y de evaluación han persistido hasta el plan 98.

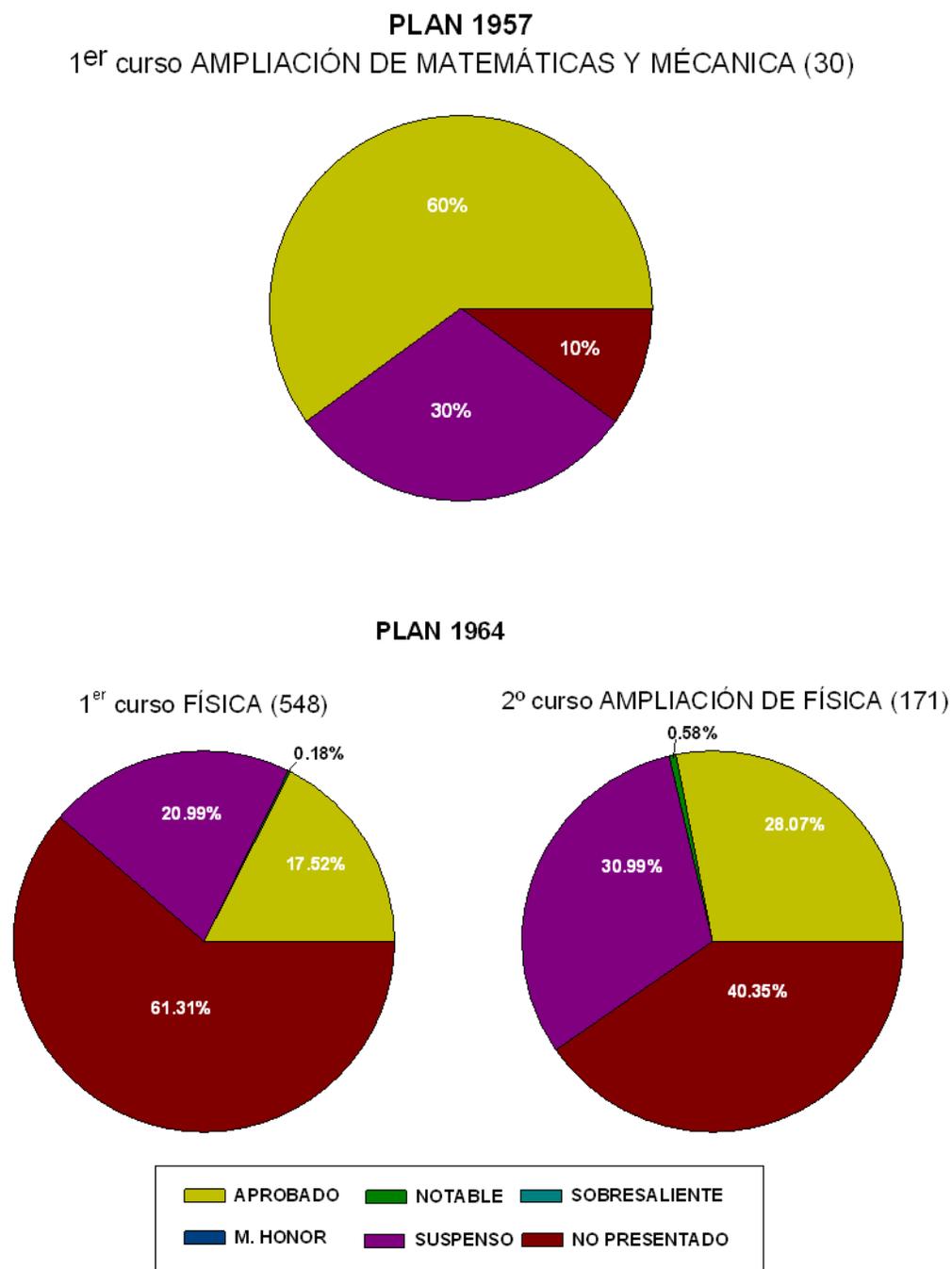


Figura 1. (Arriba) Datos de la distribución de calificaciones de la asignatura de Ampliación de Matemáticas y Mecánica del plan de estudios de Arquitecto de 1957 de la ETSA de Sevilla, correspondientes al curso 1967-68. (Abajo) Datos de la distribución de calificaciones de las materias de Física y de Ampliación de Física del plan de estudios de Arquitecto de 1964 de la ETSA de Sevilla, correspondientes al curso 1973-74. El número de matriculados aparece entre paréntesis al lado del nombre de cada asignatura.

El análisis de los resultados muestra que en el plan 57 (Figura 1, parte superior) el número de alumnos no era muy elevado y que aunque nuestra universidad utilizase métodos tradicionales de formación y evaluación y había un cierto alejamiento en las relaciones profesor-alumno, no se puede decir que existiese un gran fracaso de resultados, bien es cierto que los estudiantes sufrían un proceso de selección muy grande durante el curso selectivo y el de iniciación en el centro previos.

La situación cambia radicalmente en el plan 64, (Figura 1, parte inferior), pues el análisis de los datos correspondientes al curso 1973-74 indican un gran número de alumnos matriculados, especialmente en el curso de primero, con un menor número de matriculados en segundo curso por ser ambos cursos de carácter selectivo, y como rasgo a destacar se observa el elevado abandono por parte de los alumnos, el 61% de los matriculados no se ha presentado a la evaluación de la *Física* de primer curso. Así mismo, la tasa de aprobados es muy baja, con una ligera mayor proporción de suspensos que aprobados sobre los presentados. También destacar que el número de notables y otras calificaciones de excelencia eran prácticamente inexistentes. En el curso de *Ampliación de Física* de segundo, el índice de aprobados es algo mayor que en primer curso, y la tasa de no presentados del orden del 20% inferior que en primer curso. Cabe destacar que en este plan existía la modalidad de matrícula oficial y libre, esta segunda solo con derecho a examen y costes económicos más reducidos y con acta de calificación diferente. En los recuentos de datos aportados en la Figura 1 se han usado los resultados correspondientes a los dos tipos de matrícula.

En relación a las tres materias de Física del plan 75, aunque tienen un número bastante variable en cuanto al número de matriculados, 868 en primer curso, 444 en segundo curso, y 432 en tercer curso, el elevado número en primero corresponde a la suma de los estudiantes de nuevo ingreso en torno a 300 por esas fechas, y una gran bolsa de repetidores del curso anterior. El reparto estadístico es muy similar en los tres cursos destacando el elevado número de estudiantes que no se presentaban a la materia de *Física I*, de en torno al 50%, al igual que en el resto de las asignaturas de

física, y con algo más del 50% de aprobados respecto a los presentados. Merece destacar también como aparecen ya algunos notables en las calificaciones, aunque siempre en proporción menor al 5% (ver Figura 2).

El abanico de notas y asignaturas cambia radicalmente en el plan 98, cuyos resultados estadísticos de muestran en la Figura 3. Especialmente en el curso primero, se observa que solo el 25% de los matriculados, no se presentan al examen y la proporción de suspensos disminuye, aumenta también el número de notables en proporción en torno al 17% y el aumento de sobresalientes y matriculas de honor es también remarcable.

Sin embargo esta situación cambia drásticamente en la asignatura de segundo que tiene carácter anual (en estos resultados incide también que todas las asignaturas de segundo del plan de estudios de 1998 son anuales, y que no se han podido mostrar en este trabajo por limitaciones de espacio) lo que supone la superación de dos parciales, y con unas características de contenidos muy variada correspondiente a varios campos de la física. Aunque el tanto por ciento de suspensos no es excesivo, es de destacar el elevado número de alumnos matriculados y en cambio no presentados. Análogos comentarios satisfactorios expuestos respecto a la *Física I* de primer curso, pueden extenderse a la asignatura de *Acústica e Intercambio Energético en los Edificios (ACU)* si bien es de carácter optativo.

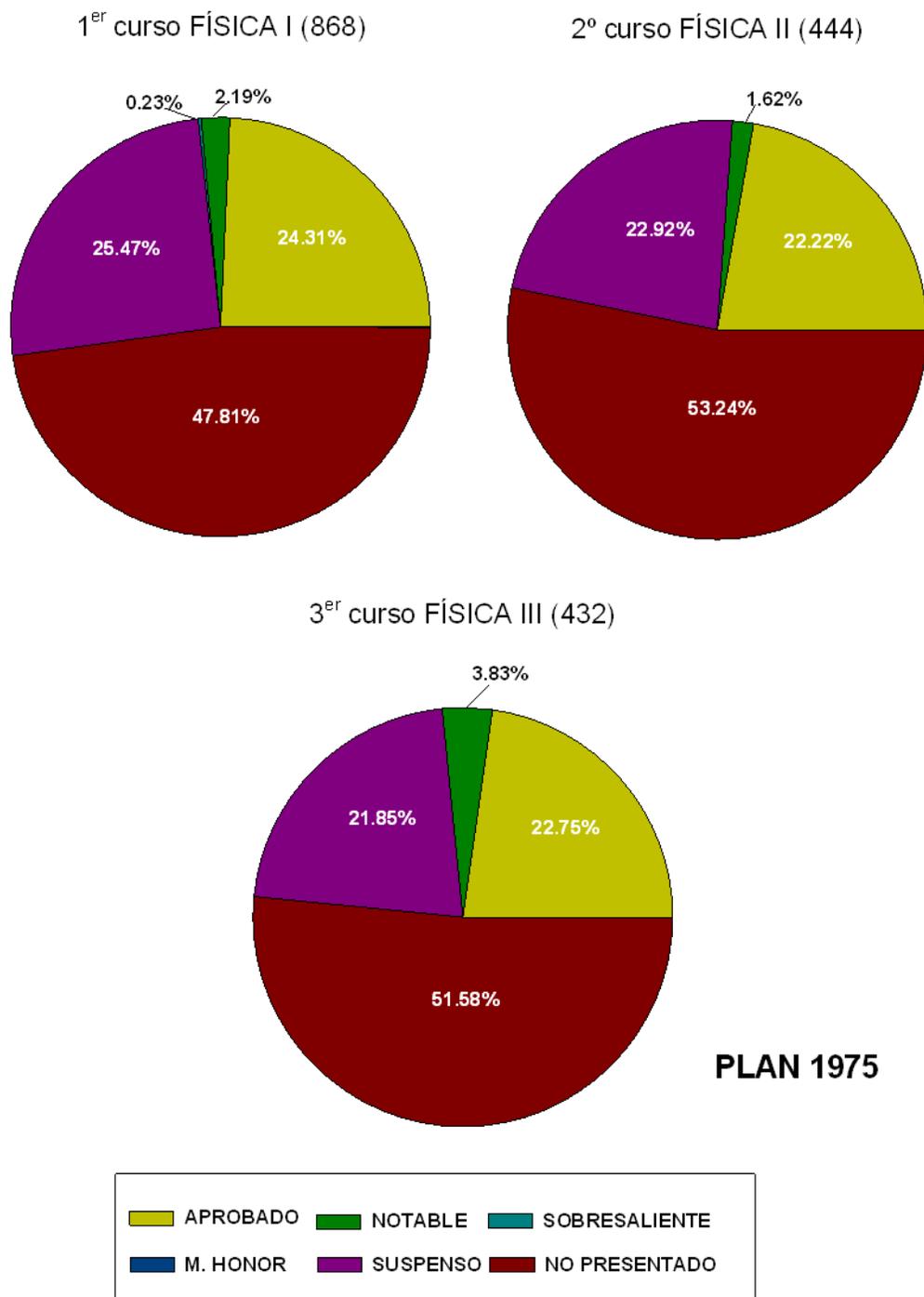


Figura 2. Datos de la distribución de calificaciones de las materias de Física I, Física II y Física III del plan de estudios de Arquitecto de 1975 de la ETSA de Sevilla, correspondientes al curso 1990-91. El número de matriculados aparece entre paréntesis al lado del nombre de la asignatura.

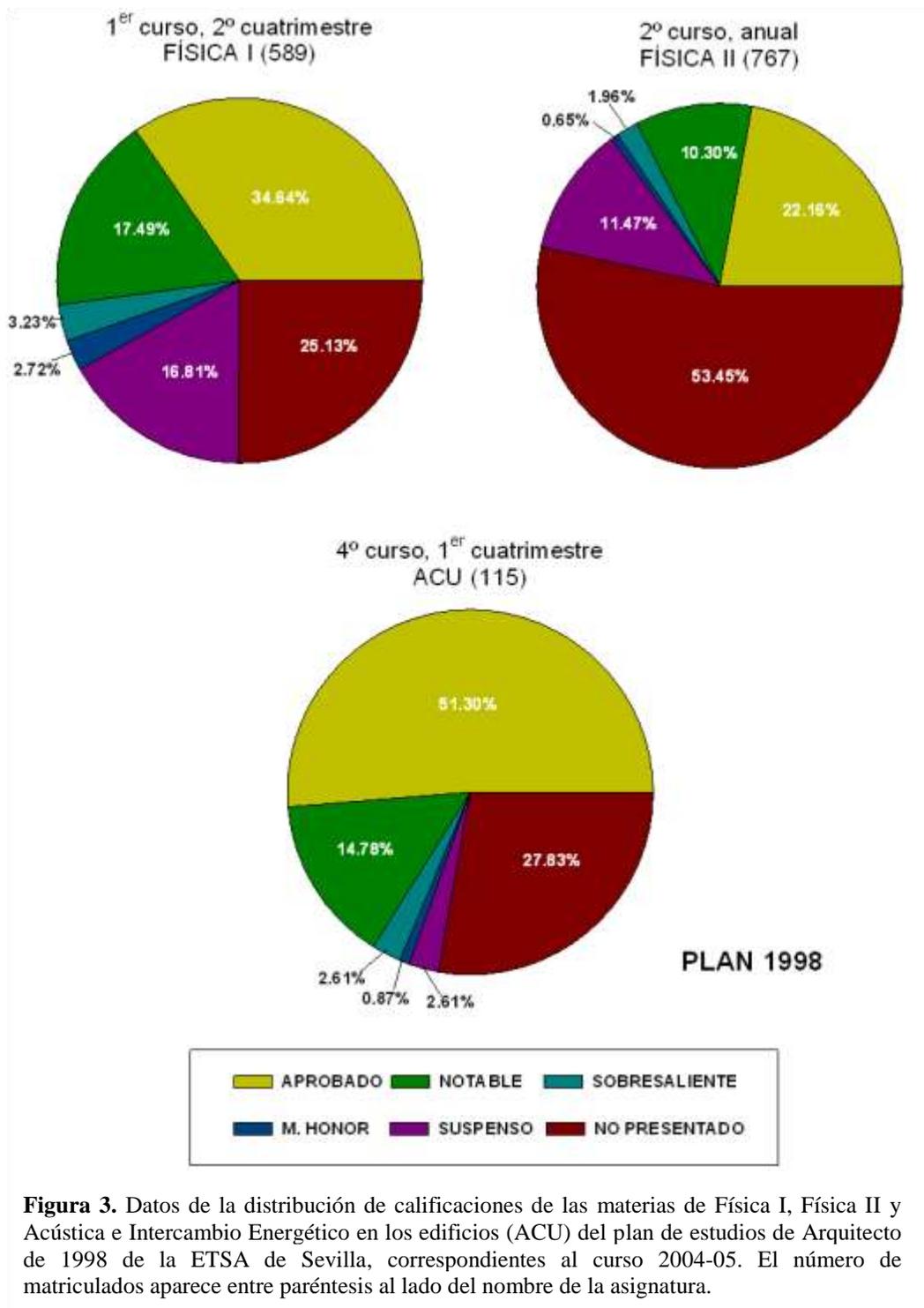


Figura 3. Datos de la distribución de calificaciones de las materias de Física I, Física II y Acústica e Intercambio Energético en los edificios (ACU) del plan de estudios de Arquitecto de 1998 de la ETSA de Sevilla, correspondientes al curso 2004-05. El número de matriculados aparece entre paréntesis al lado del nombre de la asignatura.

Como ya se ha comentado más arriba una de las características novedosas de este plan en lo que a la enseñanza de la física se refiere es la aparición de clases prácticas de laboratorio, donde el estudiante era responsable por parejas de conducir correctamente, y tomar los datos correspondientes a un experimento, así como contestar adecuadamente a una serie de preguntas que se solicitaban. La calificación de las prácticas, con método de evaluación continua constituía el 10% de la nota final.

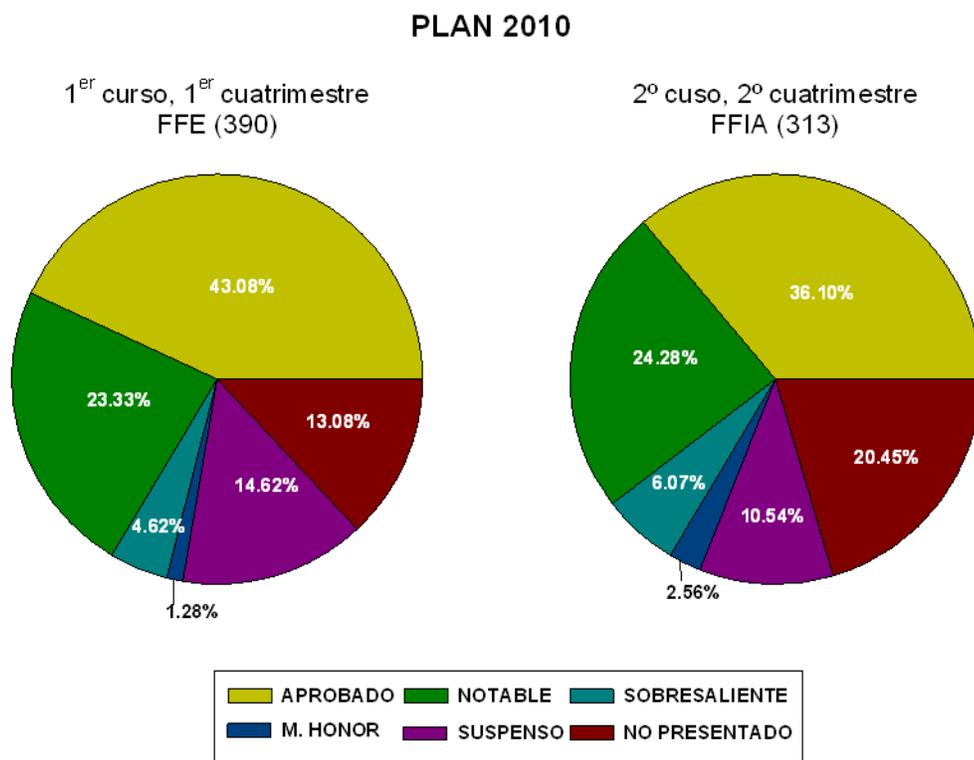


Figura 4. Datos de la distribución de calificaciones de las materias, Fundamentos Físicos de la Estructuras (FFE) y Fundamentos Físicos de las Instalaciones y el Acondicionamiento (FFIA), del plan de estudios de Grado de Arquitectura de 2010 en la ETSA de Sevilla, correspondientes al curso 2011-12. El número de matriculados aparece entre paréntesis al lado del nombre de la asignatura.

En la titulación de grado de Arquitecto correspondiente al plan 2010, los datos hasta la fecha en estos dos años de enseñanza reflejan que el primer curso presenta una tasa de abandono muy baja (~13%) y un tanto por ciento de superación o éxito bastante

altas. Cabe destacar aquí que el hecho de que FFE esté situada en el primer cuatrimestre, respecto a su correspondiente en el plan anterior que se situaba en el segundo, la beneficia notablemente. La tasa de abandono es algo mayor en la materia FFIA, pues al situarse en el segundo cuatrimestre se produce el abandono por parte del estudiante que ha suspendido en materias del primer cuatrimestre o incluso con alguna pendiente del curso anterior.

Como complemento al análisis realizado previamente se describen en las líneas siguientes los detalles organizativos de la docencia en los cuatro planes anteriores al de 2010, que pueden arrojar luz sobre los resultados expuestos. En los 4 planes de estudio precedentes del último las clases eran magistrales e impartidas sobre grupos muy numerosos (en torno a 90 alumnos). El estudiante adoptaba por tanto un papel pasivo, solo de audición, comprensión y escritura de notas. En las clases prácticas de problemas, también la actitud del estudiante era pasiva. La interacción con el profesor a través de preguntas o aclaraciones no era muy frecuente, por lo intimidado que se sentía el estudiante ante el gran aforo. La evaluación estaba basada en la superación de los exámenes parciales establecidos (tres o dos según los planes) eliminatorios, en los que la resolución correcta de los problemas propuestos tenía un gran peso en la calificación. Estos exámenes parciales eran comunes para todos los grupos y por tanto multitudinarios, se debían celebrar o fuera de la semana docente (sábados) o ya a partir del plan 1998 en las semanas después del cuatrimestre reservada a realización de exámenes y o entregas de trabajos arquitectónicos. La superación de los exámenes parciales otorgaba el aprobado por curso. Y solo a partir del plan 1998 como ya se ha comentado se especifican las competencias que se esperan adquieran los estudiantes cursando esta materia y los objetivos que se persiguen en la misma.

También es a partir del plan de 1998 donde los grupos teóricos se subdividen en tres (de aproximadamente 30-40 alumnos) para la realización de problemas de forma más reducida tipo taller, y se introducen las clases de laboratorio en grupos de 20/24 alumnos según la materia. El cuaderno de trabajo del laboratorio se cumplimenta en

las horas de laboratorio, y se califica con evaluación continua, y disponiendo de unos fundamentos de los experimentos a realizar que el estudiante debía preparar con antelación [6].

La organización docente ha cambiado radicalmente en el plan vigente de 2010, varias son las razones de este cambio, señalando aquí las más relevantes:

1º Las materias tienen todas una carga lectiva de 6 ECTS en el semestre, por lo que todas las materias deben aportar una carga de trabajo no presencial equivalente, en beneficio para la física, lo que no había sucedido en los anteriores planes de estudio.

2º Un reducido número de estudiantes por grupo a cargo del profesor (25-30 estudiantes) lo que permite introducir de una forma natural una relación más directa profesor-alumno solicitando su participación activa y posibilitando métodos innovativos de evaluación continua [7].

3º La racionalización de la carga presencial semanal llevada por los créditos ECTS ha permitido al estudiante de este plan (20 horas semanales a razón de cuatro diarias) dejar tiempo para el trabajo personal, lo cual es crucial en el aprendizaje de esta disciplina y supone un gran método de aprendizaje activo al verse obligado el estudiante a emitir juicios y tomar decisiones [8].

Se puede también añadir en este análisis que en el plan de estudios en marcha los contenidos de las diversas materias se han ceñido a la disponibilidad temporal y capacidad de lo que un estudiante medio puede abarcar y aprender en un curso académico, de aquí por tanto la mayor tasa de éxito, (compárese por ejemplo en este contexto, el Anexo que muestra los programas de una asignatura equivalente en dos planes distintos). Estos resultados y conclusiones que se han mostrado en relación a la física en arquitectura podrían ser extrapolables a todas las disciplinas de la titulación, lo que podría ser tema de profundización futura y de análisis y en especial cuando hayan egresado las primeras promociones del grado 2010. Para concluir señalar que en estos dos años ha habido reuniones continuas de las comisiones de calidad del

centro y de seguimiento del plan de estudios para detectar anomalías, incidencias o desequilibrios no previstos y tratar de corregirlos.

Conclusión

Las materias de Física constituyen en la titulación de arquitecto una asignatura básica e instrumental para la aplicación y comprensión de otras disciplinas más específicas como el estudio de las estructuras, las cimentaciones, las técnicas constructivas y los servicios e instalaciones del edificio y su normativa. Los contenidos y los métodos docentes relativos a las asignaturas de esta disciplina han sufrido una evolución, como también la propia titulación de arquitecto, a lo largo de las cinco décadas de la historia de esta escuela. Desde unas asignaturas de contenidos muy generales y amplios abarcando todos los campos de la física, a ya en el último cuarto de siglo pasado configurarlas como materias más enfocadas al arquitecto. Asimismo la incorporación en los últimos planes de estudio de clases de laboratorios, ha dado resultados muy satisfactorios por parte de estudiantes y profesores. Desde una perspectiva de la organización docente, se suprimieron los cursos selectivos de los planes primeros, imponiéndose solo en los últimos planes algunas restricciones en la matriculación simultánea de varios cursos. La transparencia y visibilidad relativa a los programas, organización docente y criterios de evaluación, también han experimentado un cambio radical a lo largo de los diferentes planes de estudio.

Los métodos de evaluación en esta materia han experimentado así mismo cambios sustanciales y en particular los resultados de la evaluación, como se ha evidenciado en los gráficos correspondientes a las actas de calificaciones. En concreto, en el plan de estudios vigente integrado en el EEES, la situación respecto a los anteriores ha cambiado drásticamente. Son varias las razones que se pueden esgrimir en pro de este cambio, la primera se sitúa en la simetría de créditos establecidas para todas las

materias en los semestres, pues permite equiparar la carga de trabajo no presencial de todas las materias y situar a las asignaturas de Física en igualdad frente a las otras materias más arquitectónicas, hecho éste, que no ha ocurrido en ningún plan anterior. En segundo lugar, la creación de grupos muy reducidos (25-30 estudiantes) para la impartición de la misma ha permitido implantar sistemas más innovadores basados en técnicas de aprendizaje activo y criterios de evaluación basados en la evaluación continua, que han concluido en un mayor éxito de superación de la materias que en planes de estudio pasados. Y por último, pero no por eso menos importante, la línea de racionalización impuesta por el sistema de créditos ECTS en cuanto al trabajo presencial y no presencial del estudiante, en este caso 20 horas semanales presenciales organizadas en el centro a razón de 4 horas diarias, ha posibilitado dejar tiempo para el trabajo personal, que es sin lugar a dudas en esta disciplina uno de los métodos más eficiente de aprendizaje activo.

Agradecimientos

La autora del trabajo desea mostrar su más sincero agradecimiento a la jefa de secretaria de la ETS de Arquitectura de Sevilla, D^a Adelaida Gómez-Millán Pérez, por las facilidades ofrecidas para la realización de este trabajo. También desea manifestar aquí, su admiración y reconocimiento al fallecido catedrático de física D. Pablo Hervás Burgos, con el que solo pudo compartir unos escasos años de docencia, por imprimir en esta carrera una gran vocación técnica.

Bibliografía

- [1] <http://www.etsa.us.es/estudios> (visitada última vez 10/09/2013).
- [2] <http://www.aq.upm.es/historiaetsam/ETSAM/Planes%20estudio/Plan1957.html> (visitada última vez 05/09/2013).
- [3] P. Hervás-Burgos. “Física I para arquitectos, Física II (para Instalaciones) dos tomos, Física III (Tensores, y Mecánica de medios continuos y Elasticidad)”, ETS Arquitectura de Sevilla 1975.
- [4] T. Zamarreño, J. Algaba, S. Girón, J. Martel, G. Manjón. “Física para Instalaciones y Acondicionamiento en Arquitectura”. Edita: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, 2004. Páginas 1-239. ISBN: 84-609-1493-3
- [5] S. Girón, T. Zamarreño, F. Nieves, J. Martel, G. Manjón, R. Garcia-Tenorio. “Fundamentos Físicos de las Instalaciones y el Acondicionamiento. Contenidos de la asignatura virtual del año 2012-13”. Secretariado de Recursos audiovisuales y nuevas tecnologías 5695-2013.
- [6] T. Zamarreño, S. Girón. “El laboratorio de Acústica e Intercambio energético en los edificios”. Edita: ETSA Universidad de Sevilla 2004. Páginas 1-110. ISBN: 84-609-1711-8
- [7] M. Brauer. “Enseñar en la universidad, consejos prácticos, destrezas y métodos pedagógicos”. Ed. Pirámide, Madrid 2013.
- [8] D. Allen, K Tanner. “Infusing active learning into the large-enrollment biology class: Seven strategies, from simple to complex”. Cell Biology Education, 4, 262-268 (2005).

ANEXO 1 Programas de dos asignaturas equivalentes, Física I del plan 1975 y FFE del plan 2010.

<p>FISICA I Plan 1975</p> <p>Magnitudes Físicas. Vector. Equipotencia. Suma. Producto por un número real. Espacio vectorial. Vector unitario. Representación de un vector. Cosenos directores.</p> <p>Álgebra Vectorial. Producto escalar. Producto vectorial. Producto mixto. Doble producto vectorial. Producto escalar de dos productos vectoriales. Ecuación de la recta. Ecuación del plano.</p> <p>Vectores deslizantes. Momento de un vector respecto a un punto. Momento de un vector respecto a un eje. Sistemas de vectores. Teorema de Varignon. Invariantes de un sistema de vectores. Eje central. Distribución del momento.</p> <p>Par de vectores. Centros de vectores paralelos. Sistemas de vectores equivalentes. Reducción de sistemas. Reducción Canónica. Reducción de un sistema de invariante escalar nulo.</p>	<p>Nociones de estática gráfica. Polígonos funiculares y de Varignon. Propiedades. Recta de Culmann. Trazado de polígonos funiculares que pasan por uno, dos y tres puntos. Métodos gráficos para determinación de momentos estáticos, centros de masa y momentos de inercia.</p> <p>Estática analítica. Desplazamiento virtual. Principio de los trabajos virtuales. Teorema de Torricelli. Método de los multiplicadores de Lagrange.</p> <p>Ecuaciones de equilibrio en coordenadas libres. Cálculo de reacciones. Aplicaciones. Estabilidad en el equilibrio. Teorema de Lejeune-Dirichlet. Clases de equilibrio. Aplicaciones.</p> <p>Rozamiento. Rozamiento por deslizamiento. Leyes de Coulomb. Cono de rozamiento. Estudio del vuelco. Aplicaciones. Resistencia a la rodadura.</p> <p>Vigas isostáticas. Fuerzas aplicadas. Acciones sobre una</p>
---	---

<p>Centro de masas. Propiedades del centro de masas. Centro de masas de cuerpos continuos. Teoremas de Pappus-Guldin. Cálculos del centro de masas de figuras simples. Centros de masa de figuras compuestas. Aplicaciones.</p> <p>Momentos y productos de inercia. Teoremas. Teoremas de Steiner. Momentos y productos de inercia de figuras planas. Aplicaciones. Momento de inercia respecto a una recta cualquiera. Rotación de ejes. Ejes principales. Momentos principales. Elipse de inercia. Elipse de radios de inercia. Aplicación del círculo de Möhr a la determinación de los momentos de inercia. Cambio de ejes en el tensor de inercia. Momento de inercia y direcciones principales de inercia. Núcleo central.</p> <p>Cinemática. Cinemática del punto. Velocidad, Aceleración- Radio de curvatura. Movimientos elementales. Movimiento central. Teoremas. Aplicaciones.</p>	<p>sección. Esfuerzos cortantes y momentos flectores. Diagramas. Aplicaciones.</p> <p>Relación entre el momento flector y el esfuerzo cortante. Estudio particular de los distintos tipos de vigas bajo distintas hipótesis de cargas. Vigas con articulación flotante. Viga sometida a cargas oblicuas. Pórticos isostáticos. Vigas curvas. Trazado de diagramas de momentos flectores y esfuerzos cortantes. Aplicaciones.</p> <p>Estructuras articuladas isostáticas. Estructuras planas: Método de las secciones. Método de Culmann. Método de los momentos. Método de los nudos. Diagrama de Cremona. Método de los trabajos virtuales.</p> <p>Estática del hilo. Ecuaciones de equilibrio. Ecuaciones intrínsecas Hilo sometido a fuerzas centrales. Caso de fuerzas conservativas. Catenaria. Expresión de la catenaria conociendo la flecha y la luz. Puente colgante. Catenaria de igual resistencia. Hilo sometido a fuerzas de naturaleza discreta.</p>
--	--

<p>Cinemática del solido regido. Condición cinemática de rigidez. Movimiento de translación. Movimiento alrededor de un eje. Teorema fundamental Composición de rotaciones. Par de rotaciones. Composición de traslaciones y rotaciones. Movimiento helicoidal tangente. Axoides. Aceleración en el sólido rígido. Aplicaciones.</p> <p>Estática. Concepto de enlace. Clasificación. Grados de libertad de un sistema. Principio de liberación .Estatica del punto. Equilibrio de un punto sobre una superficie. Equilibrio de un punto sobre una curva. Aplicaciones.</p> <p>Estática del solido rígido y libre. Equilibrio del sólido vinculado. Estudio de vínculos externos. Apoyo móvil sobre un plano. Apoyo móvil sobre un eje. Rótula esférica. Cojinetes. Bisagra. Empotramiento. Biela. Fuerzas aplicadas a un sólido. Aplicaciones.</p> <p>Estática del solido rígido en el plano. Enlaces externos en los sistemas planos. Fuerzas aplicadas al solido</p>	<p>Equilibrio de un hilo sobre una superficie. Aplicaciones.</p> <p>Dinámica Principio. Teorema de la cantidad de movimiento. Energía cinética de un solido rígido. Expresión del trabajo. Aplicaciones.</p> <p>Teorema de la energía cinética Teorema del momento cinético. Teorema de conservación. Expresión general del momento cinético. Aceleraciones radiales y tangenciales. Formulas de Binet. Aplicaciones.</p> <p>Pequeñas oscilaciones en los sistemas con un grado de libertad. Método de Rayleigh. Oscilaciones amortiguadas.</p> <p>Oscilaciones forzadas Absorción de la energía por un oscilador. Aislamiento de vibraciones. Sistema con n grados de libertad. Estabilidad según Liapunov. Estabilidad en el espacio de las fases.</p> <p>Dinámica impulsiva Dinámica impulsiva del punto. Choque de partículas. Cinemática impulsiva del solido rígido. Teoremas. Percusiones sobre un eje. Ecuación</p>
---	---

<p>plano. Teorema de las tres fuerzas. Aplicaciones.</p> <p>Estática de sistemas de sólidos.</p> <p>Estabilidad de los sistemas de sólidos. Determinación practica de los grados de libertad. Clasificación de las estructuras. Sistemas pseudoisostáticos. Aplicaciones.</p>	<p>principal de las percusiones. Teorema de Carnot. Aplicaciones.</p>
<p>FFE Plan 2010</p> <p>Tema 1.- ÁLGEBRA VECTORIAL Y VECTORES DESLIZANTES.</p> <p>Vectores. Operaciones con vectores: Suma de vectores, Producto de un escalar por un vector, Producto escalar de dos vectores, Componentes cartesianas. Descomposición de un vector. Momento de un vector respecto a un punto. Momento de un vector respecto a un eje. Sistemas de vectores: Resultante y momento resultante. Sistemas de vectores equivalentes. Par de vectores. Reducción de sistemas de vectores.</p>	<p>Tema 5.- ESTRUCTURAS ARTICULADAS Y VIGAS.</p> <p>Fuerzas internas en una superficie interna de un sólido: fuerzas cortantes, fuerza normal, momento flector y momento torsor. Fuerzas internas en las barras de una estructura: tracciones y compresiones. Método de los nudos para el cálculo de tensiones en una estructura articulada isostática plana. Simplificación a un problema plano: la viga recta. Criterio de signos para fuerza axial, fuerza cortante y momento flector. Relación entre fuerza cortante y momento flector. Determinación de leyes y representación de diagramas de</p>

<p>Tema 2.- LEYES DE LA MECÁNICA. Magnitudes de la Mecánica: Fuerzas. Adición de fuerzas: ley del paralelogramo. Leyes de Newton. Ley de la gravitación universal. Equilibrio de una partícula libre. Equilibrio de una partícula ligada. Equilibrio de un sistema de partículas: El sólido rígido libre. Vínculos y fuerzas de reacción vincular. Equilibrio en el sólido rígido vinculado.</p> <p>Tema 3.- SISTEMAS DE FUERZAS DISTRIBUIDAS. Fuerzas distribuidas en un volumen. Fuerzas distribuidas en una superficie. Fuerzas distribuidas en una línea. Reducción de un sistema de fuerzas distribuidas. El peso de los cuerpos. Centro de masas. La fuerza hidrostática. Momento de inercia de una superficie.</p> <p>Tema 4.- PROPIEDADES DE SUPERFICIES PLANAS. Centro de masas de superficies planas. Propiedades de simetría.</p>	<p>fuerza axial, fuerza cortante y momento flector en vigas planas.</p> <p>Tema 6.- EQUILIBRIO DE CABLES. Tensión en un cable. Cables sometidos a cargas puntuales: polígono funicular. Cables sometidos a cargas transmitidas por tirantes verticales: hilo parabólico. Cables sometidos a su propio peso: catenaria.</p> <p>Tema 7.- ROZAMIENTO SECO. Fuerzas de rozamiento. Leyes del rozamiento seco. Coeficiente y ángulo de rozamiento. Deslizamiento y vuelco inminentes con rozamiento.</p> <p>PRÁCTICAS DE LABORATORIO Análisis de una estructura articulada. Catenaria y polígono funicular. Flexión de una ménsula. Distribución de tensiones en una zapata</p>
---	---

<p>Teoremas de Pappus-Guldin. Determinación de centroides por integración. Centroides de figuras complejas. Fuerzas distribuidas en vigas. Momentos y productos de inercia de superficies planas. Cálculo de momentos de inercia y productos de inercia de figuras simples. Momento de inercia polar. Radio de giro. Teoremas de Steiner. Determinación de momentos de inercia y productos de inercia de figuras compuestas. Momentos de inercia y productos de inercia respecto de ejes rotados. Momentos y ejes principales de inercia.</p>	
---	--