



Proyecto Docente Grupo O, semestre de primavera, AA16/17

Profesorado, horarios, aulas, etc.

Profesor a cargo, **Mariano Vázquez Espí, profesor titular, dedicación completa (8+6)** (despacho en el pabellón nuevo, tercera planta, pasillo ESTE (izquierdo). *email: mariano.vazquez.espi AT upm.es*). Colaboradores en la sombra: Carlos Olmedo (invitado, doctor arquitecto), Carlos Méndez (DEFE-UPM, arquitecto).

Aula 0G8, JV 17:00–20:00. Tutelas y consultas: miércoles a cualquier hora, previa petición de cita. También pueden realizarse consultas a través del correo electrónico, aunque no se garantiza ningún plazo en la contestación.

La “definición” de la asignatura puede verse en las pp. 100-101 de la [MEMORIA DE VERIFICACIÓN DE GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA \(27-SEPTIEMBRE-2010\)](#)

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

En esta primera asignatura sobre las estructuras de los edificios se enseña:

- a identificar los problemas estructurales;
- a esquematizarlos y simplificarlos sin adulterarlos, es decir, buscar correspondencias apropiadas entre esquemas y realidad;
- los fundamentos de la mecánica de sólidos y la resistencia de materiales necesarios para buscar soluciones;
- el **vocabulario especial** de la disciplina: la jerga empleada;
- las reglas básicas para el cumplimiento de las condiciones de **Resistencia, Rigidez y Estabilidad** de los edificios, y su expresión geométrica, con especial atención a sus consecuencias en las decisiones de proyecto.
- algunas ideas básicas sobre el diseño de estructuras, es decir, sobre cómo obtener buenas (o malas) soluciones para problemas estructurales típicos

Aprender sólo aprende cada cual, por sí mismo. Enseñar es inútil si al otro lado no hay nadie que quiera aprender.

Estarán presentes en las explicaciones los siguientes temas:

- La incertidumbre inherente a cualquier situación real (geometría, acciones, características de los materiales, etc).
- La descripción de la realidad mediante modelos (falsos) que siempre tienen un limitado intervalo de utilidad (resultan en buenas aproximaciones, después de todo).
- El método matemático (aritmética, geometría, ...) como sistematización y codificación del razonamiento, que no debe excluir el sentido común. [“Las matemáticas son la codificación del sentido común.” (AROCA). “La aritmética es un conjunto de trucos para pensar con claridad... aunque desgraciadamente no es eso lo que enseñan en las escuelas.” (BATESON)]

El método

La capacidad de formular expectativas y obrar en función de ellas no sólo es necesaria para la supervivencia, sino que ordena considerablemente el proceso de aprendizaje. En consecuencia, se pondrá especial empeño en ilustrar experimentalmente los fenómenos que se intentan explicar, y las preguntas y misterios a los que conducen (si es que se reflexiona sobre ellos); se trata de crear un clima de expectativa, que haga posible que se encuentre en la exposición posterior solución a los problemas planteados, o mejores métodos para entenderlos.

ORGANIZACIÓN DE LA DOCENCIA

La asignatura es de 6ECTS, repartidos en unas 72 horas de actividades presenciales y unas 90 horas de actividad personal (no presencial). El curso tiene nominalmente 16 semanas. En lo que respecta a la actividad personal, lo recomendable es emplearla prioritariamente en las siguientes tareas: lectura previa de la documentación disponible **antes** de ir a clase; realización de ejercicios propuestos como “tarea para casa”; estudio *a posteriori* de los temas de cada semana—especialmente los ejercicios que no se supieron hacer en su momento;...

En las actividades presenciales que no suponen entrega de resultados, no se controla la asistencia.

Cada semana se trata un tema de forma unitaria (véase el programa). Una semana típica consta de:
 * **Ejercicio individual: test** sobre el tema de la semana anterior, jueves a las **5 en punto**, de una hora de duración aprox.

**** **Clase:** en la que se expondrá el modelo y los conceptos fundamentales de cada tema. Ocasionalmente se ilustrará el tema con experimentos en clase. Exploración del acuerdo del modelo teórico con los hechos experimentales y explotación práctica de consecuencias. Comienza el jueves **nunca antes de las 6 aprox** y se extiende hasta el viernes. Se intentará proporcionar por escrito los desarrollos analíticos y numéricos para evitar incorrectas transcripciones de la pizarra.

* **Propuesta de un ejercicio práctico** sobre el tema de la semana, a desarrollar y completar por el alumnado como actividad personal (se sugiere vivamente hacerlo de forma colectiva, en grupos pequeños). **Acaba a las 8** del viernes.

EVALUACIÓN DEL TRABAJO DEL ALUMNADO

Evaluación continua.

I Para obtener calificación por evaluación continua es imprescindible entregar **una ficha con foto reciente antes del 25 de febrero.**

II Si se desea usar “apuntes” durante la realización de test y exámenes parciales, es necesario presentar un **cuaderno personal** para su aceptación y marca por el profesorado, en cuya portada debe figurar una foto reciente que ocupe la mitad de su superficie, así como el nombre y número de expediente del alumno. El tipo de encuadernación debe elegirse de forma que **no puedan añadirse hojas** a lo largo del curso (si fuera necesario, se podrá presentar un segundo volumen, etc). En cuanto al tamaño, debe estar comprendido entre un A5 y un A4, tanto en lo que se refiere a su superficie como a sus longitudes. En el cuaderno, su propietario **escribirá a mano** cuanta información considere de utilidad. Al realizar individualmente un ejercicio (test o exámenes parciales), cada persona **podrá consultar su cuaderno personal**; el profesorado podrá revisarlo. Se sugiere portar el cuaderno al acudir a tutelas.

III Durante la realización de ejercicios puntuables podrá usarse *exclusivamente* calculadora, útiles de dibujo, cuaderno personal y documentación adicional que se reparta junto al enunciado.

IV Los ejercicios individuales propuestos no entregados (cualquiera que sea el motivo) cuentan como cero en los cómputos. No hay dispensa posible ni se recogerán justificantes, certificados, etc, con ese fin.

V Por evaluación continua sólo puede obtenerse una calificación entre 0 y 6,9; quienes deseen una calificación superior deberán presentarse al examen final de la asignatura (véase más abajo).

VI El aprobado por evaluación continua está sujeto a dos condiciones y dos reglas:

AP: que la media aritmética de las notas de los exámenes parciales sea igual o superior a 5,0.

AT: que la media aritmética de las notas de los tests sea igual o superior a 5,0.

Regla 1: Si sólo se cumple **AP** o **AT** pero no ambas, la nota de curso será 5,0

Regla 2: Si se cumple tanto **AP** como **AT**, la nota de curso será la mayor de las dos, re-normalizada de manera que la máxima nota del grupo por curso no supere 6,9.

Examen final: Si no hay nota de curso, o habiéndola es menor que 5,0, se aprueba si la **nota del examen final** es igual o superior a 5,0. Si existe nota de curso igual o superior a 5,0, la nota en actas se calculará como sigue:

Si la nota del examen final es menor o igual a 6,9, será la mayor entre la nota de curso y la del examen.

Si la nota del examen final es mayor que 6,9, será la mayor entre la nota de curso **sin re-normalizar** y la del examen.

Resultados de los últimos semestres impartidos por Vázquez									
Grupo	MC	TC	TAC	TAE	TA	EE	EA	PE	AT
AA13/14									
mañana	63	32 (51 %)	13	15	28 (88 %)	36	20 (56 %)	68	48 (71 %)
tarde	29	14 (48 %)	2	10	12 (86 %)	19	9 (47 %)	33	21 (64 %)
AA14/15									
mañana	65	29 (45 %)	19	7	26 (90 %)	17	3 (18 %)	46	29 (63 %)
tarde	59	16 (48 %)	10	4	14 (88 %)	15	3 (20 %)	31	17 (55 %)
AA15/16 (semestre anómalo porque Vázquez estuvo dos meses de baja)									
mañana	75	42 (56 %)	20	18	38 (81 %)	29	14 (48 %)	71	48 (68 %)
Leyenda. MC: matriculados por curso. TC: terminaron el curso. TAC: aprobaron por curso. TAE: terminaron el curso y aprobaron por examen final. TA: terminaron el curso y aprobaron. EE: evaluados sólo en exámenes finales. EA: aprobaron por examen sin evaluación por curso. PE: personas evaluadas. AT: aprobados entre todas las personas evaluadas.									

DOCUMENTACIÓN

Prácticas y tests para este semestre, así como otra documentación de la asignatura, se encuentran disponibles en <https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales>. El acceso a esta página está restringido a la comunidad de la UPM, por lo que hay que usar la cuenta de correo electrónico de la UPM y la contraseña correspondiente. En el curso *Moodle*, el profesorado publicará cuanta información resulte relevante para la docencia.

Una vez en *Moodle*, y dependiendo del estado de la matrícula, pueden darse dos casos:

- **Estudiantes reconocidos por el servidor como matriculados oficialmente en la asignatura.** Es decir, la asignatura aparece en el menú “Mis cursos”. Deben elegir la asignatura “Estructuras 1 Grupos (J-L-N)” entre las que aparezcan.
- **Estudiantes sin matrícula oficial o no reconocidos como matriculados por la aplicación Moodle.** Desde la página de inicio, en la pestaña izquierda “Navegación” en el ítem “Cursos”, hay que localizar el curso *Moodle* “Estructuras 1 Grupos (J-L-N)” de “2º” del “Grado en fundamentos de la arquitectura” de la “E.T.S. DE ARQUITECTURA”. Una vez en la página de la asignatura, se han de matricular en el curso *Moodle*: en la opción “Matricularse como estudiante en el grupo O”, abajo de todo de la página, se ha de teclear la clave de acceso 0-S2-1617. Comprobación: el curso aparecerá ahora en el desplegable “Mis cursos”.

Ajustando el navegador para que recuerde claves de acceso, puede accederse directamente con

<http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=3757>.

Hay una colección de textos ya disponible (véase la Bibliografía), cuya lectura por parte del alumnado es *highly recommended* —si es que no debe considerarse obligatoria. Cubren holgadamente el temario. Además de la documentación general, el alumnado puede consultar:

- Carpeta Documentación del grupo 0 en la página *Moodle* de la asignatura:
<http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=3757>
- Material docente sobre mecánica de medios continuos y teoría de estructuras:
<http://habitat.aq.upm.es/gi/mve/mmcyte/>

En esta página, en el apartado **Estructuras 1**, se dispondrá de los guiones de las clases teóricas cuando existen en formato electrónico. También todo tipo de **ejercicios resueltos** y las direcciones de otras páginas de idéntico interés.

- Trabajos de investigación sobre teoría de diseño de estructuras:
<http://habitat.aq.upm.es/gi/mve/dt/>

PROGRAMA

1. 2,3-feb: **¿Que es estructura?** La estructura y el edificio. Problemas estructurales típicos: acciones mecánicas. Introducción de los requisitos estructurales fundamentales: resistencia, rigidez y estabilidad. Breve panorama histórico puramente descriptivo. Modelos y parámetros relevantes. Material, esquema, tamaño, proporción y grueso. Idealización de las estructuras.
2. 9,10-feb: **Sólido indeformable.** Fuerza y movimiento. Trabajo de una fuerza. Equilibrio dinámico. Equilibrio estático. Acciones y reacciones sobre sólidos. El carácter convencional del concepto de “sólido”, de “acción” y de “reacción”. Análisis de conjuntos de sólidos vinculados entre sí. Sustentación. Vínculos como modelo matemático en relación a las ecuaciones de equilibrio. Aparatos de apoyo como objetos reales. Modelado de aparatos de apoyo como vínculos. Rozamiento. Sustentación mínima y ecuaciones de equilibrio. Isostatismo e hiperestatismo. Modelado de las acciones. El equilibrio como limitación al movimiento. Formatos matemáticos: ecuaciones vectoriales y cartesianas. Equilibrio estable, con seguridad: acciones favorables y desfavorables.
3. 16,17-feb: **Estructuras funiculares.** Equilibrio de hilos. Fuerzas exteriores e interiores a la estructura: esfuerzo. Polígonos de fuerzas y funicular. Trazado de funiculares. Distancia polar y escalas de medida. Cargas puntuales y repartidas. Fuerzas paralelas y no-paralelas. El polígono funicular como estructura y como herramienta analítica. Estructuras funiculares y antifuniculares. Línea de presiones. Arcos y bóvedas. Pórticos simples.
4. 23,24-feb: **Diagramas de esfuerzos.** La estructura funicular como un modelo de las fuerzas interiores de cualquier estructura bajo el mismo conjunto de fuerzas exteriores. Resultantes *longitudinal*, *transversal* y *de momento*; esfuerzos *normal*, *cortante* y *flexor*. Carácter arbitrario de la línea de cierre. Líneas de cierre inclinadas y quebradas. Construcciones gráficas y cálculos analíticos. Equilibrio en vértices de una directriz poligonal.

5. 2,3-mar: **Estructuras “trianguladas” (I)**. Estructuras trianguladas: el modelo de barras unidas mediante articulaciones. Equilibrio global e isostatismo externo, condiciones sobre la sustentación. Equilibrio en cortes e isostatismo interno, condiciones sobre el número de barras y su conectividad. Análisis y diseño: Arco triangulado, cercha, vigas de celosía. Tipos de sustentación. Estabilidad. Dimensionado a tracción. Sobredimensionado de los elementos comprimidos: aproximación experimental a la estabilidad de piezas comprimidas: ensayo de compresión, esbeltez mecánica, coeficiente de pandeo. Dimensionado estricto. Cantidad de estructura: esquema y diagrama de Maxwell (figuras recíprocas).
6. 9,10-mar: **Sólido deformable (I): modelo elastoplástico perfecto**. Definición convencional de estructura. Partes deformables (cables, barras,...) e indeformables (acciones, sustentación,...) del modelo de un sistema estructural completo. Propiedades intrínsecas de los materiales: ensayo de tracción y alargamiento: definición de tensión y deformación. Ley de Hooke. Ley elastoplástica. Límite elástico. Punto de rotura. Energía de deformación. Mínima energía potencial y trabajos virtuales. Equilibrio y Compatibilidad. Geometría del equilibrio y de la compatibilidad. Resolución gráfica del problema del equilibrio y la compatibilidad.
7. 16,17-mar: **Sólido deformable (II): método universal**. Método universal de análisis en el periodo elástico/proporcional. Ecuaciones de equilibrio y compatibilidad. Cálculo de la situación de rotura: método universal. Ductilidad de la estructura. Isostatismo e hiperestatismo. El punto de vista isostático como herramienta de diseño.
8. 23,24-mar (primer parcial, 24 de mar): **Sólido deformable (III): ejemplos**.
9. 30,31-mar: **Estructuras “trianguladas” (II)**. Deformación de barras. Desplazamientos de nudos. Flecha de la estructura y requisito de rigidez. Cálculo de flechas: métodos gráficos (dibujo de deformadas); métodos numéricos, trabajos virtuales: estructura patrón y estructura real. Reglas de diseño: esbeltez geométrica límite para dimensionado estricto de tipos comunes.
10. 6,7-abr (Semana de “viajes”—sin entrega ni evaluaciones): **Sólido deformable: estabilidad, arriostramiento**. Estabilidad de estructuras traccionadas y comprimidas. Análisis de la inestabilidad. Rigidez crítica. Análisis de la inestabilidad con imperfecciones iniciales. Arriostramiento mínimo para el equilibrio estable.
11. 20,21-abr: **Flexión: la “viga” de Navier**. Vigas de sección conexas y constante. Hipótesis de Navier sobre la deformación plana de las secciones: deformación longitudinal media y curvatura. Equilibrio de tensiones normales: ecuaciones generales de la flexión compuesta en un plano. Flexión simple. Capacidad resistente a momento: módulo resistente. Condiciones de sustentación. Rótulas plásticas.
12. 27,28-abr: **Flexión simple: capacidad resistente a esfuerzo cortante**. Ecuaciones de equilibrio diferencial. Distribución de tensiones tangenciales. Capacidad resistente a esfuerzo cortante: área eficaz a rasante. Límites del modelo de deformación plana: principio de Saint Venant.
13. 4,5-may: **Flexión: rigidez de vigas**. Deformación local: curvatura y distorsión. Rigidez de secciones y piezas, inercia de la sección. Cálculo de flechas. Cálculo de movimiento genéricos: giros. Condiciones de rigidez en voladizos. Regla de diseño: esbeltez límite.
14. 11,12-may: **Flexión: compuesta y pandeo de barras comprimidas**. Tracción compuesta. Compresión compuesta. Tensión media y máxima. Pandeo de barras. Inestabilidad de barras perfectas comprimidas (Euler). Teoría de la ampliación de las imperfecciones iniciales. Barras reales. Coeficiente de pandeo. Resolución práctica de barras comprimidas reales. Comprobación y diseño.
15. 18,19-may (segundo parcial, 19 de mayo): **¿Cómo idear una estructura?** Repertorio de estrategias de diseño.

Convenciones

La aceleración de la gravedad, g , debe tomarse como 10 m/s^2

α	A	alfa	η	H	eta	ν	N	nu	τ	T	tau
β	B	beta	θ, ϑ	Θ	teta, zeta	ξ	Ξ	xi	v	Υ	upsilon
γ	Γ	gamma	ι	I	iota	o	O	omicrón	ϕ, φ	Φ	fi
δ	Δ	delta	κ	K	kappa	π, ϖ	Π	pi	χ	X	chi, ji
ϵ, ε	E	epsilon	λ	Λ	lambda	ρ, ϱ	P	ro, rho	ψ	Ψ	psi
ζ	Z	zeta, tseta	μ	M	mu, mi	σ, ς	Σ	sigma	ω	Ω	omega