

NOTA EDITORIAL

LA serie Monografías comenzó su andadura en la primera etapa del actual Instituto Eduardo Torroja, antes de vincularse con el CSIC (años 1934-1936), como una colección de publicaciones periódicas denominada Monografías del Instituto de la Construcción, fruto, en numerosas ocasiones, de las lecciones impartidas en el Instituto Técnico de la Construcción y la Edificación, en sus carismáticos «Cursos y Conferencias». Se editaban dentro de la revista *Hormigón y Acero*, tenían carácter mensual y las dirigían los ingenieros de caminos Eduardo Torroja y Enrique García Reyes. Todavía a día de hoy algunas Monografías siguen siendo referencia como guías técnicas y base docente para temas de ingeniería estructural.

La serie, que a lo largo de su singladura ha publicado 424 números, la publica Editorial CSIC en la actualidad y se recoge en el Book Citation Index, de Clarivate Analytics. Su filosofía es mostrar los resultados de la investigación y recoger trabajos inéditos con una temática amplia que incluye, entre otros contenidos, los sistemas constructivos, la ingeniería, la habitabilidad y el medio ambiente, el patrimonio histórico o los materiales. La serie refleja su carácter multidisciplinar tanto en los contenidos como en la composición del comité editorial y el consejo de redacción, integrado por un conjunto heterogéneo de expertos en distintas áreas, tanto a nivel nacional como internacional.

En la nueva etapa de la colección que aquí se presenta, con un nuevo diseño tanto en las cubiertas como en los interiores, se busca ampliar el rango de acción mostrando las diferentes líneas de investigación que se realizan en el Instituto Eduardo Torroja y en otros centros, ya sean universidades u otras instituciones. Con este objetivo, el nuevo consejo asesor se compone de cerca de un veinticinco por ciento de miembros pertenecientes a universidades y centros de fuera de España, con lo que se pretende impulsar dicha diseminación. Esta amplitud de miras se fundamenta en el espíritu que inspira a este comité editorial de volver a conseguir que las Monografías sean esos documentos técnicos de referencia en la investigación y en la docencia de hoy día. Se quiere hacer realidad, en suma, que sean publicaciones multidisciplinarias al servicio de la comunidad científica y de la sociedad, como instrumento de transferencia de conocimiento apoyado en el lema del Instituto Eduardo Torroja: «Technicae Plures, Opera Unica».

ÁNGEL CASTILLO TALAVERA
Director de Monografías del IETcc

1. INTRODUCCIÓN. ALCANCE

1.1. Introducción

Los autores de estos capítulos, profesores del Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras en la Universidad Politécnica de Madrid, quieren expresar su agradecimiento al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja y a los editores de la publicación por la oportunidad de poder reflejar en estas páginas conceptos que, si no clásicos, aunque alguno sí, tienen muchas décadas de existencia.

Los autores desean, también, manifestar su satisfacción por participar en lo que, de alguna forma, y con toda humildad, sea una reedición de las Monografías n.º 71 y n.º 100 del Instituto Eduardo Torroja, cuyo autor, el profesor Eduardo Torroja Miret, que lo fue de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, fue también uno de los más ilustres ingenieros españoles de la primera mitad del siglo xx. Eduardo Torroja fue también responsable de las materias relacionadas con resistencia de materiales, cálculo de estructuras y ejecución de obras de hormigón armado y pretensado.

En los años sesenta y setenta del siglo pasado existían muy pocas publicaciones en español, aparte de las citadas Monografías 71 y 100 del Instituto Eduardo Torroja, sobre los conceptos más elementales y otros no tan simples en relación con las estructuras prismáticas planas. En la bibliografía se citan algunos textos entonces disponibles en el ámbito universitario, citas que no se extienden mucho más allá de textos clásicos a partir de la resistencia de materiales de Timoshenko y valiosos apuntes, aunque a menudo con erratas, editados por aventajados alumnos o ingenieros recién graduados de la Escuela de Caminos de Madrid. En años posteriores, en los que se fueron creando otras Escuelas de Ingenieros de Caminos y de otras ingenierías, el número de textos en lengua castellana fue creciendo y los alumnos pudieron beneficiarse de ello.

En los siguientes apartados de este capítulo se exponen los objetivos de esta publicación y el alcance de la misma, así como su contenido.

Carlos Zanuy desea expresar aquí su profunda y sincera admiración hacia Pablo de la Fuente, que falleció de forma inesperada poco después de que esta monografía fuera terminada. Las muchas horas dedicadas a esta obra fueron, sin saberlo, la última vez en que disfrutaba de una colaboración que había sido continuada desde el período de doctorado. Sirva esta monografía como homenaje y agradecimiento a Pablo de la Fuente.

1.2. Objetivos

El principal objetivo de esta publicación, como se ha comentado en el apartado anterior, es reeditar el contenido de las Monografías n.º 71 y n.º 100 del Instituto Eduardo Torroja, publicadas en los años sesenta y setenta del pasado siglo. Se pretende mostrar la visión que sobre las estructuras lineales planas tienen los autores, profesores de la Unidad Docente de Resistencia de Materiales de la Escuela de Caminos de Madrid.

La visión que se presenta no puede ser muy distinta de la ofrecida por diversos autores y textos desde que Galileo, en el siglo xvii, estudiase la viga empotrada, si bien con resultados no muy concluyentes. Los siglos xvii y xviii, en los que se introduce el cálculo infinitesimal (Newton y Leibniz) y diversas teorías, fueron fundamentales para establecer la base de la resistencia de materiales. Es obligado citar a Hooke, que en 1676 enunció la *ley de comportamiento*, hoy también referida como ecuación constitutiva, que lleva su nombre. En el siglo xviii Euler estudió el pandeo de vigas. En ese mismo siglo Coulomb introdujo el concepto de tensión y trabajó en problemas de flexión de vigas.

La teoría de la elasticidad lineal se desarrolla en el siglo xix, en el que destacan por sus aportaciones a la resistencia de materiales Lamé, Navier, Mohr y Castigliano. En el siglo xix el acero es el protagonista como material de construcción, siglo en el que cabe destacar la figura de Eiffel como autor de numerosas construcciones. A principios del siglo xx, el hormigón armado sustituye en muchas construcciones al acero. El hormigón pretensado se introduce en la mitad de ese siglo.

1.3. Alcance

La resistencia de materiales se limita, en prácticamente todas las publicaciones, al estudio de elementos (piezas) prismáticos, adoptando un conjunto de hipótesis, lo que permite establecer los conceptos de esfuerzos como suma de tensiones aplicadas en áreas y momentos de las fuerzas resultantes (tensiones aplicadas en áreas) respecto de puntos. El estudio de estados tensionales es más propio del ámbito de la elasticidad o de la elastoplasticidad. En la resistencia de materiales se trabaja con esfuerzos, aunque también con tensiones.

En la publicación se aborda la presentación y estudio del comportamiento de elementos lineales de directriz plana, siendo este plano de simetría de la sección, con cargas contenidas en ese plano, en la hipótesis de comportamiento elástico y lineal del material.

Se prescinde, por tanto, de las vigas cuya directriz es una curva alabeada, así como de situaciones de flexión o compresión compuesta esviada, si bien el análisis de estas situaciones no requiere conocimientos más allá que la aplicación del principio de superposición en el campo de la elasticidad lineal y admitir una distribución lineal de tensiones, incluso considerando ejes que no sean ejes principales de inercia de la sección. Tampoco se aborda el estudio de la torsión ni situaciones de pandeo.

1.4. Contenido

En el apartado anterior se ha establecido el alcance de las páginas de esta monografía, limitándolo al de vigas planas con el plano de simetría (plano de la viga) y cargas contenidas en ese plano.

En el siguiente capítulo se establecen los conceptos de viga, rebanada, sección y fibra, y se exponen las hipótesis fundamentales en el campo de la elasticidad lineal. A continuación se presentan las ecuaciones de la resistencia de materiales, de equi-

librio, cinemáticas y constitutivas (leyes de comportamiento). En los cuatro capítulos siguientes se desarrollan estas ecuaciones después de introducir el concepto de estructura isostática e hiperestática. Se definen los conceptos de esfuerzos y tensión en piezas prismáticas planas con plano medio de simetría y cargas en ese plano. En estas piezas se introduce el concepto de las deformaciones que se van a considerar. Se presenta la ley de Hooke y se incide en el principio de superposición. Se exponen las relaciones entre tensiones y esfuerzos en una sección, analizando las situaciones correspondientes a secciones no homogéneas y deformaciones impuestas.

En el capítulo 7 se justifican las ecuaciones de Bresse y se tratan las simplificaciones más usuales en cuanto a las deformaciones por esfuerzo axial y cortante (vigas de Euler y Timoshenko).

En el capítulo 8 se plantea el problema resistente y la forma de abordar el análisis de estructuras isostáticas e hiperestáticas. Para las estructuras hiperestáticas se presentan los métodos fundamentales de análisis, habitualmente llamados *de cálculo*, el método de rigidez y el método de flexibilidad y se desarrolla este último.

El capítulo 9 se dedica al análisis de vigas hiperestáticas.

El capítulo 10 trata las estructuras porticadas y se exponen las simplificaciones habituales.

En el capítulo 11 se presentan los arcos, presentando especial interés al arco como antifunicular de carga.

El tema 12 se dedica a los métodos energéticos. Se expone el principio de los trabajos virtuales y el teorema de reciprocidad. No se contemplan otros teoremas energéticos, que se consideran fuera del alcance de esta monografía. Los citados teoremas se presentan como de gran utilidad en el siguiente capítulo.

Finalmente, en el capítulo 13 se presenta el concepto de línea de influencia en vigas. Se tratan, fundamentalmente, las líneas de influencia de esfuerzos y reacciones.