

Teoría y práctica en la ingeniería civil: un perverso conflicto^(*)

Por JOSE LUIS GÓMEZ ORDOÑEZ

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Los conocimientos teóricos y la experiencia práctica deben configurar la formación del ingeniero, para conseguir un óptimo desarrollo profesional. Sin embargo, no resulta siempre fácil articular ambas facetas, sobre las cuales se reflexiona en el siguiente artículo.

En 1980, poco antes de iniciar mi experiencia docente en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, en una introducción a mi tesis doctoral, me preocupaba la disociación entre cálculo y construcción que se muestra en la ingeniería civil. El primer año de mi docencia en la Escuela de Barcelona estuvo muy marcado por la preparación de unas jornadas de reflexión sobre la Enseñanza de la Ingeniería; aún no han sido dadas a luz pero cabe remarcar su insistencia en esta cuestión. Permítaseme pues aducir de nuevo a este tópico de un momento en que tras una experiencia universitaria de 20 años, se observa la consolidación de una estructura universitaria nueva y se están confirmando las líneas pedagógicas de la enseñanza de la Ingeniería para los próximos 10 ó 20 años; sobre todo porque creo que la tarea docente, en aquello que tiene formativa, no puede ceder en su pretensión de mostrar integradas las diferentes facetas de disciplinas y oficios que los avances técnicos y a veces también las modas académicas se ocupan de disociar e individualizar; debe, no obstante, reconocerse que la institución universitaria en lo que concierne a nuestra ingeniería civil, es colaborante hoy de su visión fragmentaria, no tanto por el excesivo número de asignaturas que el crecido número de profesores sostiene y aspira a multiplicar en optativas y cursos de postgrado, cuando por la ausencia de referentes comunes o de asignaturas de síntesis que organicen y transformen la dispersión en conjunto, el amontonamiento en estructura.

Claro que ello tiene que ver con la posición emergente de un nuevo y masivo funcionamiento universitario y también con que la práctica profesional (en la que incluyo todas aquellas actividades técnicas relacionadas con el proyecto y la construcción de obras civiles) presenta hoy dimensiones administrativas y gerenciales dominantes sobre las propiamente técnicas que han sido internalizadas y diluidas dentro de las empresas constructoras.

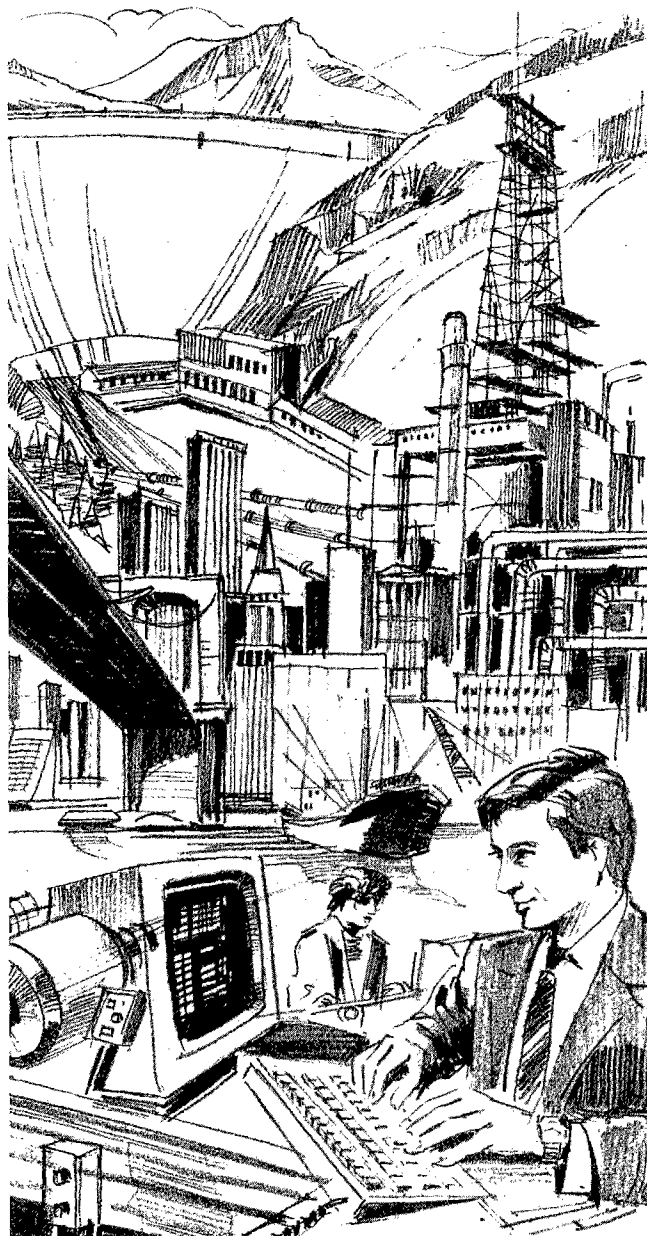
Pero aquí nos interesa echar una ojeada y razonar sobre nuestra oferta docente sobre la que tantas propuestas de cambio se ciernen sin un previo y consistente análisis. Y particularmente nos preocupa en este artículo un aspecto de esta oferta: el de la desmesura del cálculo. En nuestro oficio, efectivamente, y yo creo que, equívocadamente, la teoría viene representada por el cálculo; de aquí que nos preocupemos de este aspecto. Así, viendo hoy el carácter de nuestras publicaciones universitarias, nuestros cursos de doctorado, nuestras tesinas... resalta extraordinariamente, en una profesión como la nuestra, el peso que toman los nuevos métodos de cálculo numérico; la justa irrupción del ordenador como instrumento habitual de nuestros estudiantes y su pronta familiarización con el mismo son, sin duda, en sí mismos, signos muy positivos de salud de la enseñanza de nuestra ingeniería, y no obstante no puede juzgarse favorablemente la escasa atención prestada a la construcción y al proyecto; esta desigualdad se hace tan notoria que no es de extrañar que un alumno, ya al final de su carrera, llame proyecto de puente a un aspecto del cálculo de su tablero o tengan extraordina-

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de diciembre de 1987.

ria dificultad para croquizar con dimensiones apropiadas una sección de cualquier elemento construido sea una calle o un dique.

Ahora bien, tras preocuparse por esta cuestión, antes de alarmarse prematuramente se debería inquirir sobre si es, en verdad, un fenómeno nuevo; y esta pregunta pone ante nosotros otros momentos estelares de la ingeniería que no han sido, sino todo lo contrario, expresiones de horas bajas. Sin remontarse como siempre a Leonardo o Palladio, constructores innovadores y científicos, una historia que algunos quisiéramos menos lejana, nos muestra en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, el episodio, en los años 10 de este siglo XX, de un profesor, **simultáneamente**, de Hormigón Armado y Puertos, Juan Manuel de Zafra, que es significativamente el introductor en España (aunque haya sido su discípulo E. Torroja el que la prestigia y difunde) de la teoría elástica en su libro «Cálculo de Estructuras» publicado en 1915. Con él entra en nuestro saber técnico la elaboración teórica, en el campo de las estructuras, de la 2.^a mitad del siglo XIX que discurre a través de Navier, Menabrea y Castigliano, Saint Venant y Möhr (Zivilingenieur, 1882) Müller-Breslau..., todos ellos expertos matemáticos. En la difusión de este saber teórico sobre el hormigón armado de los ingenieros constructores desempeñan un lugar destacadísimo. Recordemos el espléndido libro de E. Mörsch, profesor de Zurich, (Teoría y práctica del hormigón armado) traducido al francés en 1909 y en versión castellana tardía, ya en los 50, para entender como el hormigón armado se enseña mostrando como se construyen las cimentaciones, los muros, los silos, los diques, los puentes, las bóvedas... Enseñar hormigón armado es enseñar a construir, es mostrar el amplio catálogo de problemas y soluciones de la ingeniería civil. Así que el que Zafra sea profesor simultáneamente de Hormigón Armado y Puertos no extraña en demasía.

El hormigón armado y la mecánica elástica, saber práctico y saber teórico, son saberes hermanados; tal será el título de libro de Alfonso Peña Boeuf (*); se ha de notar que tanto éste como E. Torroja son hombres constructores de excepcional categoría. Son ingenieros que saben recoger también la gran tradición construc-



tiva de un E. Ribera, profesor y constructor de puentes, tan gran innovador como apasionado defensor de la experiencia, (sabiamente sintetizada para él en ingenieros como Sejourné al que tanto evoca en las sencillas fórmulas de dimensionado de sus obras de fábrica) y notablemente crítico de la capacidad constructiva de

(*) Mucho más tarde, la vuelta de Peña a la Escuela tras formar parte del primer gobierno de Franco, conlleva disociación de cátedras y hormigón y cálculo de estructuras empezarán a distanciarse. Mi generación en la Escuela de Madrid, en los 65 se encuentra ya con un Hormigón «lectura» de Norma Europea, tras el reciente impacto de la teoría plástica de Massonnet.

los matemáticos; hagamos notar ésta crítica porque no debe ocultarse este antagonismo sobre constructores y matemáticos sembrado por la teoría (en este caso de la elasticidad) que sólo los ingenieros más capaces logran conciliar.

Hay otro campo extraordinariamente importante en la moderna ingeniería y en el que también podemos exhibir una aún más entrañable presencia de la Escuela de Madrid; es la mecánica del suelo a la que Jiménez Salas ha contribuido tanto, poniendo gran énfasis en la insolubilidad de su carácter científico y su objetivo constructivo.

El profesor Jiménez Salas continuará así la lección de sus maestros: don José Entrecanales, sucesor de J. E. Ribera como profesor de Cimentaciones y Obras de Fábrica, constructor que muestra ya la emergencia de la geotecnia en la consideración destacada de los problemas de las cimentaciones. El profesor K. Von Terzaghi no ha cesado de reclamar la exclusiva legitimización de la teoría, en ingeniería, por sus motivaciones constructivas. Léase la introducción a su libro (versión de los años 40) titulado «Theory...» o el artículo «Soil Mechanics. A new chapter in engineering science» en el libro de la institución de Ingenieros Civiles, «A century of soil mechanics». Ideas casi idénticamente expresadas a las de Ribera en su Tratado de Puentes resaltando la insustituibilidad de la experiencia (Freyssinet añadirá la intuición constructiva) y el saber práctico sin los cuales la teoría puede conducir a grandes desastres; la cadena Coulomb (1780), Rankine (1856), Bousinesq (1887)... no pierde nunca de vista en sus idealizaciones teóricas el problema objeto de su razonar: la estabilidad de los muros, la materialidad constructiva.

Aún una tercera observación: en otro campo y en un reciente libro de Per Bruun, un maestro actual de la ingeniería portuaria, encontramos también unas referencias a este conflicto que sirven aquí para introducir a nuestros grandes ingenieros portuarios. Figuran en el prólogo escrito por el profesor Losada y arrojan luz sobre el largo camino empírico recorrido en el perfeccionamiento de la teoría que describe las fuerzas del oleaje y la resistencia de los diques, camino en el que las primeras etapas han sido recorridas por los ingenieros españoles. E. de

Castro y R. Iribarren. Sin duda que también estos pioneros de la nueva ciencia portuaria que buscaban afanosamente el mejor K_D no eran exclusivamente hombres de laboratorio. En las materias del dominio hidráulico ha de recordarse en este artículo cómo el magisterio clásico de los ingenieros González Quijano y Gómez Navarro hace imposible que el dominio teórico en esta disciplina, cuya representatividad debe adjudicarse al profesor Becerril («Hidrodinámica», introductor del Rouse), resulte divorciado del peso del saber práctico, del saber constructivo de las obras hidráulicas.

Bien, he aquí, pues, noticias procedentes de campos hoy diferentes de la ingeniería civil, el de las estructuras, el de la geotécnica, el portuario, el hidráulico, representantes de los departamentos docentes con más peso en la formación de nuestros ingenieros. ¿Se podría argüir que la postura de síntesis, de equilibrio teórico-práctico, de sabiduría científica y constructiva, de los antiguos maestros Torroja, Entrecanales e Iribarren es cosa del pasado, por reciente que sea? Sin duda que los nombres de Fernández Casado, Jiménez Salas, F. del Pozo y otros junto con el trabajo de profesores y profesionales más jóvenes desmienten esta hipótesis.

Lo que me interesaría contribuir a aclarar, —requiriendo la respuesta a estos interrogantes que planteo, de los ingenieros capacitados para hacerlo— es la peculiaridad de la teoría actual: me atrevería a sugerir la hipótesis de que estando instalados, sin duda, en un camino de progreso científico-técnico en lo que concierne a nuestra ingeniería civil, no es progresivo nuestro sistema docente de este oficio en los años escolares. Lo creo así basándome en que cuando, acertadamente, nuestra formación matemática hasta los 60 ó 70 se enlazaba en el campo experimental con modelos conceptuales generalistas (estoy pensando por ejemplo en la ecuación de Laplace y las funciones armónicas que daban solución conceptual a problemas de flujos y tensiones) aplicables a diversos campos como la hidráulica, la termodinámica, la geotécnica, el cálculo estructural, la actual formación en el campo del cálculo numérico, en cambio corre el riesgo de entrenar para resolver problemas, «sin teoría», problemas singulares, con



soluciones no generalizables. Insisto que se entienda que hablo en la esfera educativa y metodológica: me preocupa la paradoja de que un mayor rigor y exactitud en el ensayo experimental de problemas y una mayor capacidad de darles solución haya «relajado» —por emplear la misma palabra que emplean los discursos iterativos— la disciplina y el vigor deductivo que prestaban los modelos científicos clásicos; viene a cuento recordar que las leyes físicas, los modelos conceptuales no son buenos o malos tanto por su exactitud predictiva o reproductiva del mundo real como por su capacidad de generar conocimiento articulándose a otros avances del pensamiento humano y generando sistemas de leyes más complejos. Mi preocupación está del lado de la de los pedagogos que creen pero desconfían enormemente del ordenador. Como el ocio y la televisión, hemos de estar más capacitados para ponerlo en marcha y pararlo estrictamente cuando pueda potenciar nuestra capacidad de razonar sobre nuestro oficio; pero no le dejemos entrópicamente adueñarse de un campo intelectual y técnico en el que si nos descuidamos estará inventado problemas falsos y educando esquizofrénicamente a nuestros jóvenes ingenieros.

Así, la extraordinaria fertilidad y difusión del método de los elementos finitos entre los años 55 y 75 en USA justifica la atención prestada al mismo en España desde el final de este período y la ingeniería civil actual y futura habrá de agradecer el esfuerzo colonizador y difusor de los ingenieros Samartín, Oñate, Oliver... (la reciente revista Internacional editada desde la Escuela de Barcelona registra notablemente este impulso y avala a los promotores y excusa de no ser más extensivo en el reconocimiento) que convertirá el cálculo de las estructuras más complejas en algo familiar a nuestros estudiantes.

Pero es momento de hacer feed-back. Si el MEF se escapa de la viga, de la barra, para ir al ala delta y después se abstrae y generaliza, discretizando todo tipo de material, sea hormigón, agua o tierra, la herramienta ha de volver, para nuestro interés, a su sitio: al sitio instrumental que le corresponde como al ordenador, dejando que la organización de la disciplina y el oficio de la ingeniería civil lo ocupe la experiencia, culta y responsable, el saber práctico-teórico. Sobre todo en nuestras facultades de ingeniería donde se moldean pedagógicamente actitudes, métodos, éticas de nuestros estudiantes. Otra cosa son los postgrados y los reciclajes, pero la carrera ha de asentar el espíritu científico sobre la tradición del oficio, sobre la historia de la profesión. Que no quiere decir que se pase la responsabilidad al investigador, erudito del pasado de la ingeniería, sino al contrario, al técnico que conoce la actualidad y hacia donde va el futuro.

Cabe por tanto concluir que el brillante empuje de la ingeniería científica en nuestro país no es bueno si no va acompañado en su mismo espinazo del nervio constructor; a veces esta reclamación del oficio ha sido pervertida corporativamente y confundida con la profesión identificándose el perfil de ésta con el biográfico de sus miembros destacados ocurriendo que, si los esforzados éxitos profesionales de estos miembros han tenido lugar en el campo político, empresarial, administrativo..., es decir, al margen del oficio de ingeniero, en estos casos, con razón, se ha podido alegar desde las Academias que no se valora su incorporación. Pero este no es el caso de tantos excelentes ingenieros que hoy trabajan en las empresas constructoras o

en la Administración Pública, cada vez menos participativos en el esfuerzo de formación de nuestros jóvenes estudiantes. De hecho hoy, es normal oír hablar, en nuestras escuelas de ingenieros, del fenómeno constructivo como mero producto, se dice, de una práctica rutinaria que el estudiante incorporará desde su sólida armadura intelectual adquirida en las disciplinas teóricas. Así, estas disciplinas que enseñan el cálculo en sus versiones más modernas se presentan para el estudiante (que acude a la Escuela con una imagen, quizás no exacta, pero sí muy firme de qué es un viaducto o un puerto) como algo bien etéreo; tal es la excelsitud con que se muestran respecto a las, mucho más difíciles en realidad, revisiones de la práctica profesional.

No quisiera sugerir de ninguna manera soluciones fáciles a este grave problema; cabe entender que se sitúa por encima de personas y situaciones concretas y, aunque en este artículo se ha diferenciado del que en otros momentos recientes de la historia de la ingeniería han planteado los avances científicos, tampoco se ha de olvidar que también en aquellos momentos han sido los espíritus más singulares quienes han hecho la síntesis entre lo teórico y lo práctico. O

la extraordinariamente avanzada división del trabajo de los países tecnológicamente más avanzados. Desde luego cabe confiar en que nuestras filas sigan incubando algunos de los mejores y quizás no sea ilusorio albergar esperanzas de alcanzar en tecnología a las locomotoras del desarrollo. Pero también resulta obligado alertar sobre el esfuerzo colectivo que requieren ambas cosas. En la Academia este esfuerzo habría de venir permanentemente a divorciar lo nuevo de lo ya inventado, a considerar la invención como algo no relacionado con lo preexistente, a negar lazos de conexión entre teoría y práctica, inseparablemente ligadas en cada actitud técnica, en la que no cabe otra teoría que no sea teoría de la práctica.

J. L. Gómez Ordóñez

El autor, ICCP, es profesor de Urbanismo en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, miembro del Laboratorio de Urbanismo y profesor de Urbanismo hasta el año pasado de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Fue premio nacional de Urbanismo en 1981 y ha terminado una participación destacada en la nueva y fecunda experiencia urbanística española.

