

REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE SAN FERNANDO

RELACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA RESISTENTE Y LA FORMA

Notas en torno a la valoración estética de los puentes

DISCURSO DEL ACADÉMICO ELECTO

EXCMO. SR. D. JAVIER MANTEROLA ARMISÉN

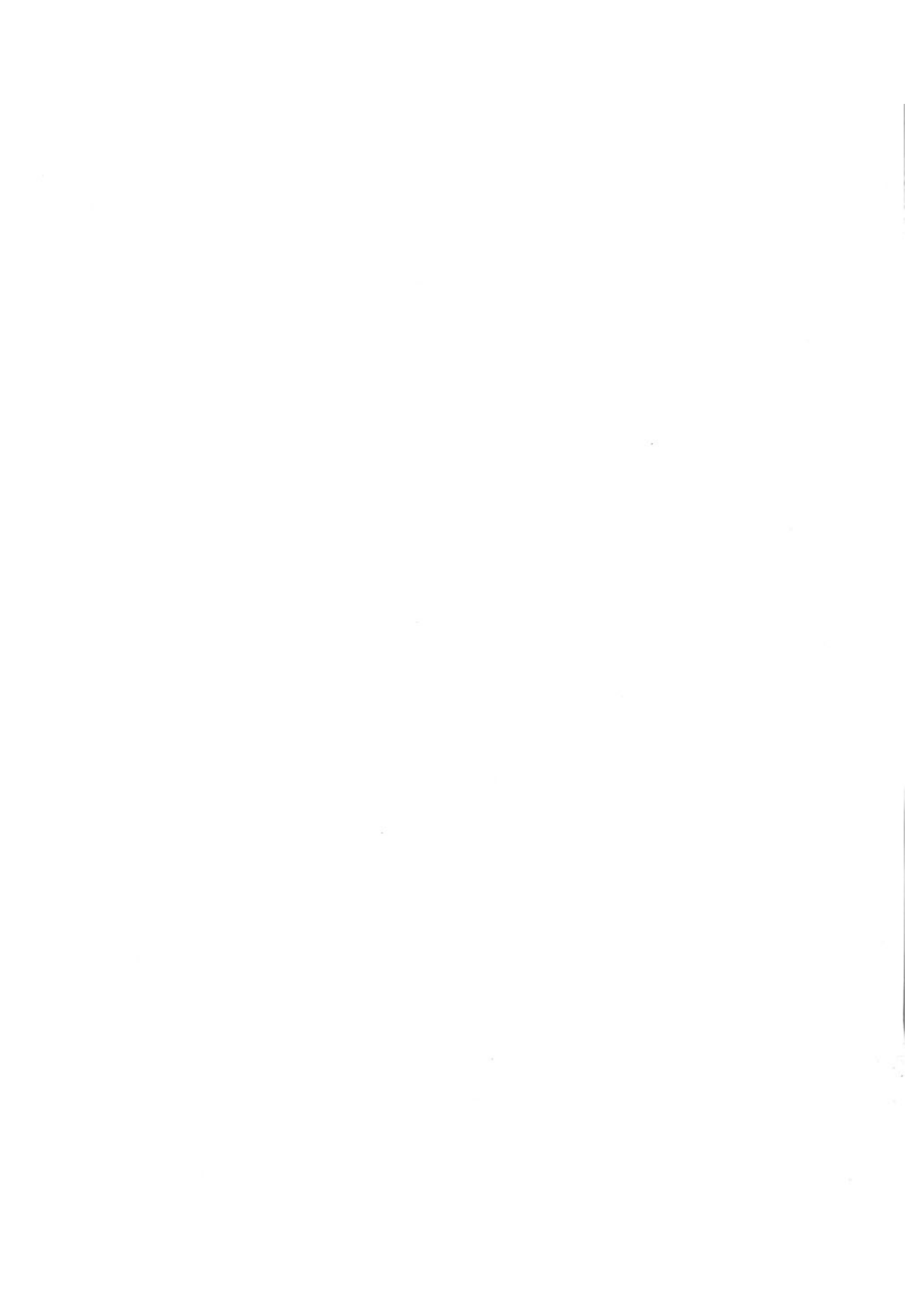
Leído en el acto de su recepción pública,
el día 17 de diciembre de 2006

Y CONTESTACIÓN DEL

EXCMO. SR. D. ANTONIO FERNÁNDEZ DE ALBA

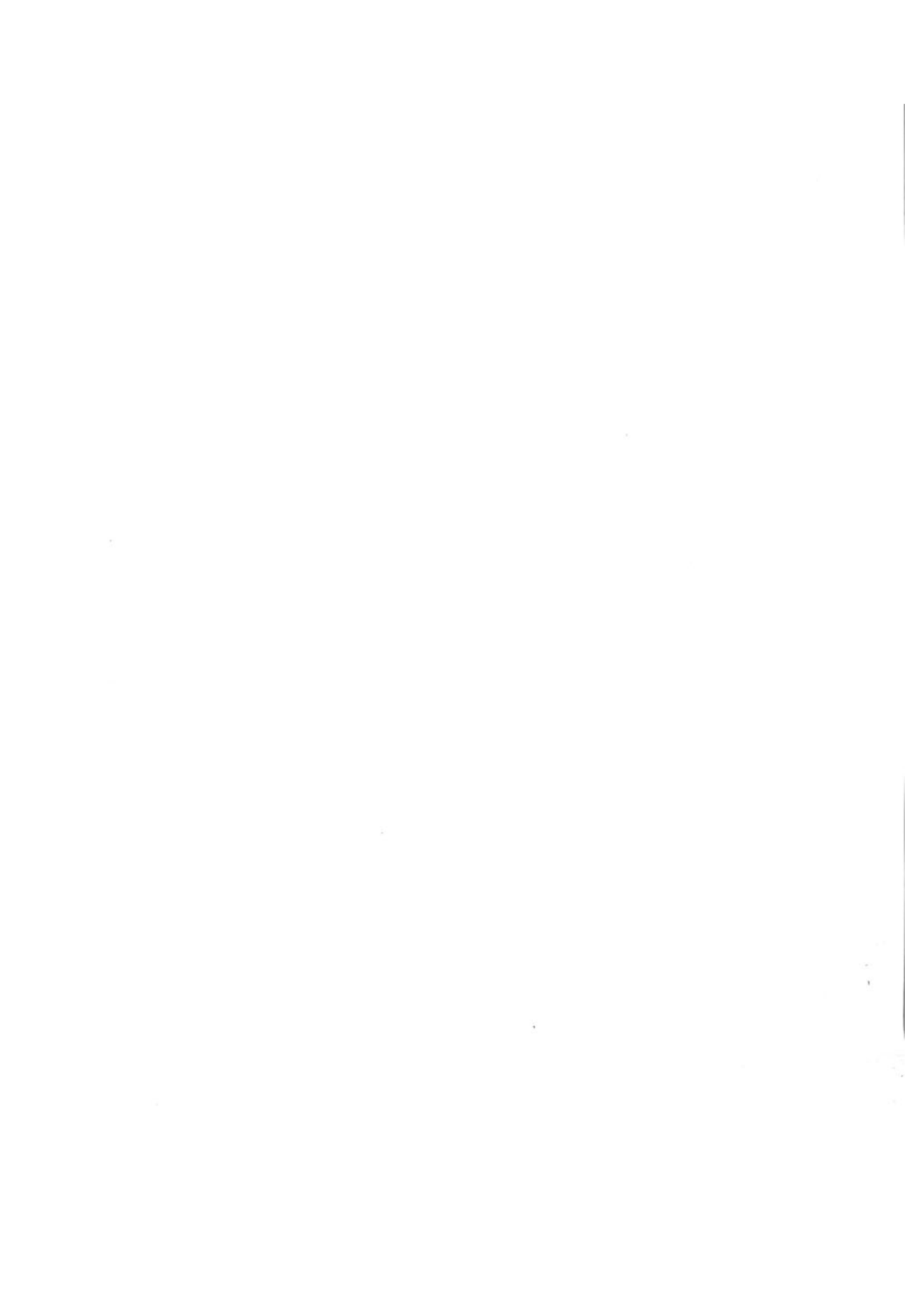


MADRID
MMVI



RELACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA RESISTENTE Y LA FORMA

Notas en torno a la valoración estética de los puentes



REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE SAN FERNANDO

RELACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA RESISTENTE Y LA FORMA

Notas en torno a la valoración estética de los puentes

DISCURSO DEL ACADÉMICO ELECTO
EXCMO. SR. D. JAVIER MANTEROLA ARMISÉN

Leído en el acto de su recepción pública,
el día 17 de diciembre de 2006

Y CONTESTACIÓN DEL
EXCMO. SR. D. ANTONIO FERNÁNDEZ DE ALBA



MADRID
MMVI

Realizó esta edición:
EDITORIAL BIBLIOTECA NUEVA, S. L.

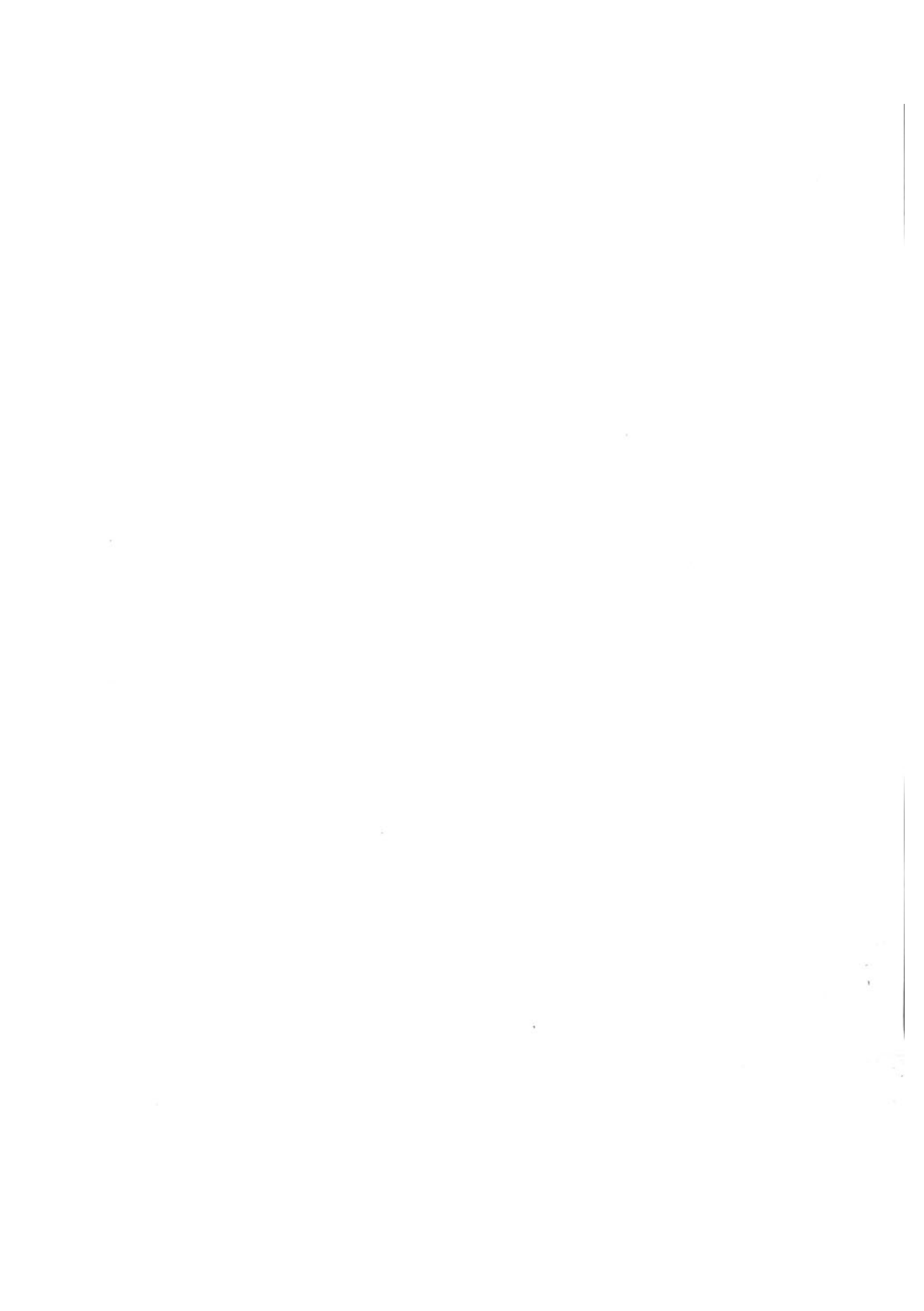
© Los autores, 2006

ISBN: 84-9742-614-2
Depósito Legal: M-47.934-2006

Impreso en Top Printer Plus, S. L.
Printed in Spain - Impreso en España

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sigs., Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos (www.cedro.org) vela por el respeto de los citados derechos.

DISCURSO
DEL
EXCMO. SR. D. JAVIER MANTEROLA ARMISÉN



Señoras y Señores académicos:

QUIERO, en primer lugar, daros las gracias por el honor y la satisfacción que me habéis proporcionado al aceptarme entre vosotros y por permitirme ocupar un asiento en esta Real Academia, tan querida y respetada. Este hecho me estimula para cumplir con todos los quehaceres que me sean confiados y en los que espero no defraudar vuestra confianza. A vuestra disposición me pongo con mis luces y mi voluntad.

He tenido el honor de ser presentado en esta Academia por tres ilustres académicos, Excmos. Srs. D. Antonio Fernández de Alba, D. Joaquín Vaquero Turcios y D. Tomás Marco. Ellos han creído en mí y mis merecimientos, pero la verdad es que el hecho de que yo esté hoy ante ustedes se lo debo más a su generosidad que a su espíritu de justicia. Su apoyo da valor a mis méritos. Mi más sincero agradecimiento para todos ellos.

De este modo me uno así a los pocos ingenieros de caminos que han pertenecido o pertenecen a esta Real Academia, como le ocurre a mi compañero Ángel del Campo, todos ellos ilustres y relevantes personalidades que han rendido utilidad a esta Institución. Permítanme un recuerdo especial para el que fue mi querido profesor, don Carlos Fernández Casado, dotado de innumerables saberes en el campo de la ingeniería, la historia, la arqueología, la filosofía y demás ciencias. Un espíritu sosegado y penetrante.

Vengo a ocupar la plaza que ha dejado vacante el muy ilustre crítico de arte, historiador, catedrático, conferenciante y escritor Excmo. Sr. D. Julián Gállego Serrano. No lo conocí en persona y lo siento enormemente porque cualquier referencia que obtengo de sus

colegas y alumnos, de aquellos que escucharon sus conferencias y recibieron sus enseñanzas, no puede ser más entusiasta. Julián Gállego nació en Zaragoza el 7 de enero de 1919 y murió en Madrid el 20 de mayo de 2006. Licenciado en Derecho en Zaragoza, se desplazó a La Sorbona donde se doctoró en Historia del Arte bajo la tutela de Pierre Francastel, gran maestro de la sociología y filosofía del arte. En París fue ayudante de investigación en la Escuela de Altos Estudios donde se despertó su vocación por la docencia. En esta dirección su labor se desarrolló en Madrid, primero en la Universidad Autónoma y finalmente en la Universidad Complutense, como catedrático de Historia del Arte Moderno y Contemporáneo, disciplinas a las que aportó un enfoque especial.

Su admiración por Velázquez y Picasso lo convirtió en un verdadero experto en ambos pintores. En *De Velázquez a Picasso. Crónicas de París (1954-1973)* reunió todos los artículos que había escrito durante su época dorada de París y en sus numerosas visitas.

Sus críticas de arte las desarrolló en publicaciones como la *Revista de Occidente*, *Revista de las ideas estéticas*, *Goya*, *ABC* y otras muchas.

Su tesis doctoral dio lugar a un libro fundamental en la Historia del Arte, *Visión y símbolos en la pintura española del Siglo de Oro*. Pero el número de sus libros y publicaciones importantes es muy grande, tanto en lo que se refiere a la pintura como a la ficción en obras dramáticas y de narrativa. Entre las primeras, además de los libros ya citados, destaca *El cuadro dentro del cuadro*, medio por el que muchas veces la pintura se sirve de un cuadro interno para dar la clave del entendimiento del cuadro principal. De la misma manera, en *El pintor de artesano a artista* analiza el proceso que sigue la historia de los pintores hasta la consecución de la dignidad asociada a todo artista.

En cuanto a los segundos, en 1951 obtuvo el premio Amparo Baguer de teatro por su obra *Fedra*, y, en 1965, le concedieron el Leopoldo Alas de cuentos por *Apócrifos españoles*. Fue elegido miembro de esta Real Academia en 1987 y Patrono de Honor de la Fundación Amigos del Museo del Prado el 8 de abril de 2003.

Desde la distancia entre nuestras diferentes disciplinas profesionales tengo con Julián Gállego una afinidad fundamental: la pasión por nuestro trabajo. En su discurso de recepción en esta Real Aca-

demia expresaba: «Lo único que justifica relativamente mi presencia aquí es el apasionado amor que he tenido a las artes, desde mi infancia... pudiera yo deciros que soy aficionado a ver hasta los malos edificios, las malas esculturas, los malos cuadros... y que por malos que sean, siempre guardarán una chispita de aquel ánimo levantado y heroico que exige el cultivo de las artes.» Yo siempre he dicho: me gustan todos los puentes hasta los feos, los torpes y los malos. Es algo que me pertenece y a lo que pertenezco.

Me va a ser difícil estar a la altura de mi antecesor y no solo en lo que se refiere a su enorme cultura plástica sino también a lo que, sin duda, fue su mejor contribución a esta Academia: su presencia, sus consejos y sus criterios. Prometo que me esforzaré en reducir el vacío de tan importante pérdida.



Introducción

Es evidente que las construcciones de los ingenieros —puentes, presas, carreteras, etc.—, tienen una gran presencia en nuestra vida diaria. Para un ciudadano de a pie, el significado puede oscilar desde una simple impresión neutral, como algo que tiene que existir para que puedan realizarse intercambios físicos suficientemente rápidos y seguros, a una impresión favorable, cuando su presencia se convierte en asombro ante la dimensión, importancia y contundencia del puente o de la presa. Y difícilmente se sale de ese *estar asombrado*.

Pero pocas veces se establecen valoraciones de calidad estética. No nos detenemos a considerarlo como una obra de arte, aunque esto no solo le pasa a las obras de los ingenieros sino también a la mayoría de las obras de los arquitectos, siendo estas construcciones, por su historia, más propicias a ser consideradas dentro del mundo del arte.

En realidad, para empezar a ver algo como obra de arte tiene que ocurrir que ese objeto o esa construcción pertenezca de por sí, al mundo de las obras de arte y este mundo es el configurado por los conocimientos que sobre el arte y lo que es artístico se tenía tiempo atrás. Existen departamentos estancos que establecen qué es o no obra de arte. Significa eso también que la capacidad de ver, de distinguir, de obtener significados artísticos de cualquier objeto se hace más difícil si no se está en esos departamentos.

Actualmente, la estimación actual de lo que es o no arte se escapa totalmente de estos, así llamados, departamentos estancos. De-

finir como Beuys que toda persona es un artista y sus obras, por lo tanto, obras de arte, no sé si significa algo para mí. Una aproximación mejor es la ofrecida por Picasso: «No preguntéis a los críticos sobre qué es arte, mirad simplemente lo que hacen los artistas.» A mí me gusta más aquella otra que dice: «Cuando el mundo de los críticos y entendidos en general se manifiesta sobre una obra y la califica como arte, lo es.» Sé que esto no es una definición y además es muy inexacta y variable en el tiempo, pero también es la más flexible, la que mejor se adecua a lo que pasa con el arte hoy en día.

Además, creo que la consideración de algo como obra de arte está en su calidad de objeto concreto, al margen de pertenecer o no a una clasificación. La ingeniería civil produce obras aisladas, formidables, de un gran impacto y significado. El hecho de que alguna de ellas sea o no considerada como arte, no es demasiado importante para el desarrollo de la ingeniería en sí, pero es importante para el concepto mismo del entendimiento del arte. Hoy se debe aprender a ver la ingeniería, a pensarla en su totalidad.

I

CONSTRUCCIÓN DEL PENSAMIENTO DE LOS INGENIEROS

Con el fin de penetrar con un poco de precisión en el mundo de la estética que informa la ingeniería, me parece importante hablar de una serie de conceptos previos como la técnica, la ciencia y la historia de las formas construidas lo que facilitará mi tarea posterior.

Toda construcción humana necesita de una técnica que la soporte y con la cual se pueda llevar a cabo la intención del artífice. Esto es aplicable a la pintura, a la escultura, a la música, etc., y dentro de las construcciones que nos interesan, afecta, especialmente, a dos, la arquitectura y la ingeniería.

Pero la técnica no es algo que está ahí y que se utiliza. La técnica es también el resultado de nuestra propia intención final. Su invención es el resultado de sucesivos desequilibrios entre lo que sabemos y lo que pretendemos. El fin perseguido está en la esencia de nuestra técnica. La técnica de la pintura la inventan los pintores al pintar, como la de la escultura la crean los escultores al esculpir o la de la arquitectura los arquitectos al construir.

Así mismo, es equivocada la idea de que la tecnología es la aplicación de la ciencia a las cosas prácticas, cuando normalmente están tan íntimamente relacionadas ciencia y tecnología que casi siempre una da origen a la otra y viceversa.

Un ejemplo evidente, es la dovela de un arco de piedra. El prodigio de la dovela de piedra, es consustancial al arco. ¿Qué es antes el arco o la dovela? Porque un arco conseguido por erosión de determinadas rocas, no es un arco, tiene forma de arco y se comporta como arco, pero es otra cosa, una curiosidad. Un arco es algo construido, formado por dovelas manejables y ordenadas según un determinado criterio, orden que constituye la estructura del arco (véase figura 1).



Figura 1.—Arco de piedra
(Acueducto de Segovia)

Sobre la técnica se escribió mucho a principios del siglo pasado. José Ortega y Gasset y, sobre todo, Martin Heidegger escribieron siempre de una manera positiva y causal, de forma más radical y trascendente de lo aquí expuesto. La técnica no es el ser de las cosas pero está en el ser de las cosas. Ortega dijo: «El medio imita a su finalidad.» Hoy diría, y lo pienso desde hace mucho tiempo, aplicado a la ingeniería, que el proceso constructivo de un puente está en la esencia de lo que es ese puente.

Durante muchos siglos la arquitectura ha ido construyendo su propia técnica, una técnica precisa, y bastante operativa. Ahora ya se conoce suficientemente bien el alcance y la importancia de esta técnica y nos asombran las formidables construcciones obtenidas con conocimientos tan poco exactos.

Esta técnica nos sirve de intermediaria para la comprensión de cuál era su capacidad a la hora de construir los espacios. Los tipos de espacios conseguidos en la arquitectura clásica no pasaban de la bóveda, la cúpula o el techo plano de madera. No había otras invenciones. Con mucho ingenio conseguían espacios tan extraordinarios como el Panteón de Roma o San Pedro del Vaticano. Pero el método de prueba y error, el procedimiento que generaba la técnica y la invención en la construcción es lento. Es poco lo que cambia y poco lo que se añade.

Si miramos un mundo más próximo a mi trabajo como es el de los puentes, la estructura del puente romano de Alcántara se mantiene imperturbable a lo largo de unos 2.000 años. Los grandes constructores de puentes, generalmente se conocen por sus obras de arquitectura: Herrera, Ribera, los Gabriel, Mansard, etc. Desarrollan formalmente el puente romano acoplándolo, mediante el añadido de chaflanes, impostas y parapetos, a la época en que fueron construidos, ya sea un puente románico, gótico, renacentista, barroco o neoclásico. El puente siempre era el mismo, su estructura y configuración eran las mismas, y también siempre los problemas eran los mismos. Su incapacidad para vencer el problema de las avenidas de los ríos, la socavación del cauce, se interpretaban como maldición de los dioses de los ríos, a los que naturalmente se enfrentaban los dioses romanos o cristianos para vencerlos y cuando esto no podía ser se acudía al diablo, que solía ser más eficaz.

En ese saber y no saber se llega a finales del siglo xviii y principios del xix, cuando se produce un hecho prodigioso que va a cambiar la historia de la humanidad y de paso la de la construcción. La primera revolución industrial produce un enorme cataclismo en la manera clásica de pensar y de vivir. Respecto a lo que nos incumbe a los ingenieros, la revolución se produce en la construcción como consecuencia de la aplicación de la ciencia al mundo de lo construido.

Creo que, por primera vez, la historia de la construcción pasa por un trance semejante. El ingeniero al configurar las formas resistentes que necesita se encuentra sin historia. El mundo clásico, el configurado por los grandes constructores clásicos, casi no le sirve para nada. No tiene a donde mirar y desde donde evolucionar. Es un nuevo comienzo, empieza una historia nueva.

Gerard Vilar dice: «Lo nuevo solo es nuevo cuando se instala dentro del mundo de lo conocido», y este nuevo mundo formal y constructivo no tiene antecedentes, no pertenece a ningún mundo conocido, no es entendido, y por esta razón desaparece de la realidad.

¿Cómo empieza el ingeniero a configurar su mundo? En principio simplifica, analiza, sintetiza y separa lo que se entendía como indisoluble en el mundo clásico. ¿Qué es un muro en una iglesia? Para una concepción antigua el muro es una unidad en sí, que se manifiesta en que resiste y además aísla el interior del exterior, es lo que configura, da forma, textura, solemnidad o sentido al edificio y mu-

chas otras cosas más que se podrían predicar del muro y todas ellas como reflejo de su unidad conceptual. El muro es todo eso. Aristóteles, al analizarlo, no descompondría el muro, sino que a un conjunto le buscaba también una causa conjunta, pero el ingeniero se da cuenta de que con tanta unidad, con tantas manifestaciones del ser en sí del muro no se puede hacer nada. Y, como en todo movimiento realmente revolucionario, lo transforma todo. La historia de la humanidad está llena de estos momentos brillantes en que se rompe la complejidad. Y en esa transformación deja fuera, elimina infinidad de matices, sutilezas, esencias ocultas pero reales, disposiciones que a lo largo de tantos siglos han configurado los arquitectos.

Los verdaderos actos de creación, aquellos que transforman la realidad, siempre son violentos y desconsiderados. No matizan, no justifican ni se sienten en la obligación de dar explicaciones. Simplemente desprecian la realidad de lo anterior y los sustituyen por lo nuevo. La realidad constructiva anterior estaba atada de pies y manos. Con el método de prueba y error como acceso a las respuestas, no se podía hacer nada.

El ingeniero va construyendo su mundo, su universo formal. Es un proceso acelerado y progresivo. Se plantea cualquier forma resistente, una viga, algo tan nuevo y tan viejo como una viga, se analiza y se penetra en su interior. Con la viga de madera se puede saltar de un lado a otro en función de su tamaño pero se desconoce el porqué. La invención de la doble T metálica es lenta y costosa, la máxima inercia con el mínimo material. El nudo, allí donde reposa la esencia de lo construido, se va perfilando poco a poco, tiene que inventarse el roblón, la platabanda, el tornillo, la soldadura para poder dar continuidad a vigas manejables y hacerlas así mayores. Entonces, aparece la gran invención de todo el siglo en este campo, la viga en celosía, invención de tanta o mayor trascendencia que el de la dovela de piedra para con el arco.

El cálculo va creando una nueva seguridad necesaria para lo nuevo, los resultados de la aproximación, que a fin de cuentas son todos los modelos matemáticos, empiezan a ser fiables. Antes, probar la seguridad de la construcción era difícil, solo se pensaba que no se iba a caer. Todo el proceso de la técnica es el paso de dudar si se va a caer, a estar absolutamente seguro de que no se cae. Y esto es fundamental para avanzar. De esta nueva manera de pensar salen

los puentes, las estaciones de ferrocarril, los grandes almacenes, los rascacielos, etc.

Los ingenieros, por primera vez en la historia, no eligen el material de sus obras de entre los que encuentran en la naturaleza sino que los diseñan, los inventan, los crean, y les confieren unas determinadas características mecánicas con el fin de que satisfagan unos fines específicos. Se encuentran, además, con que lo creado tiene una vida propia, diferente, no controlada. Recuerdo aquellos años, en que por primera vez entraba personalmente en el entendimiento total o mejor aún, en la pretensión de entendimiento total del material. Recuerdo no comprender, cuando leía a Ruskin o a Violet-Le Duc, por qué acentuaban en su definición de los materiales, conceptos como el de verdad y honradez.

Otro de los conceptos que se remarcaban entonces era el de estructura. Al material resistente se le debe dar un orden, una distribución, unas conexiones, unos enlaces que produzcan una respuesta controlada y eficaz ante las cargas y además que en este orden ya esté la manera en que debe ser construido. La estructura es el contenido, lo que da sentido a lo construido (véase figura 2). Y en su busca, el ingeniero organiza su quehacer estableciendo casi una metafísica como soporte del trabajo ingenieril.

Para los ingenieros la austeridad de las formas, la economía de medios, el «menos es más» configuraba una ética a la que atenerse. Nuestros diseños, nuestros buenos diseños, argumentábamos, no eran el resultado de una interpretación formal del hecho resistente sino que debían ser el descubrimiento de su esencia. En el fondo, lo resistente tenía la exigencia de ser desvelado formalmente. No era algo interpretable, sino algo por descubrir, que estaba ahí y que deberíamos tener el talento de traducir en formas. Lo resistente, lo constructivo, tienen un ser en sí y hacia él deberíamos encaminar nuestra sensibilidad, nuestra constancia, nuestro rigor y nuestro talento. Toda una religión.

Había una razón para este proceder. La ingeniería se enfrentaba cada vez a problemas más difíciles. Si se había conseguido saltar 100 m de una a otra orilla de un río, ahora debíamos dar otro paso para conseguir saltar 1.000 m. Nuestras posibilidades siempre eran inferiores a nuestras necesidades y en esa incapacidad todo se tiende a *trascendentalizar*.

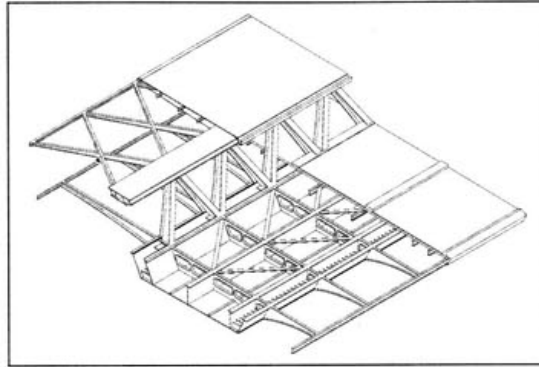


Figura 2.—Puente de Euskalduna (Bilbao, J. Manterola)

Pero, ¿qué pasa con el arte y la visión artística? Cuántas veces en boca de los propios ingenieros se ha expresado, con gran pesar, el desprecio que entre sus colegas siempre se tuvo por el arte en el proceso de construcción de su universo formal. Se les achacaba una falta de sensibilidad a la hora de enfrentar su trabajo. Se afirmaba que en el siglo XIX «pocos ingenieros hicieron caso al problema estético del diseño de puentes», se lamentaba la oportunidad perdida de lograr un planteamiento artístico y, finalmente, se consideraba que los ingenieros del siglo XIX habían despreciado el diseño creativo de las estructuras, la búsqueda de la perfección formal y estética de éstas, así como su adecuación al paisaje. No puedo estar más en desacuerdo con esas manifestaciones.

Para las nuevas formas que el ingeniero ha inventado, creado y configurado no hay estética donde mirar, no existen, ni pueden existir referencias. Las estéticas nunca son previas, son el resultado, con el tiempo, de ver, de comparar, de entender, de calificar, de comprender lo construido. Es como si a los impresionistas se les echase en cara que no hubiesen tenido en cuenta a Ingres o Gericault, o a Kandinsky que no siguiese a los impresionistas. Lo nuevo, lo verdaderamente creativo, lo que va a cambiar y configurar el mundo de las ideas del futuro, de las construcciones del futuro, del hombre del futuro y de lo que yo aquí proclamo como la nueva estética de lo constructivo, debe proceder como hizo la ingeniería a lo largo de los siglos XIX y XX, no mirar atrás. Solo le queda como guía, como diría Martin Heidegger, «la rectitud en el concebir».

Pero, paradójicamente, en esa rectitud en el concebir siguen estando presentes conceptos tan clásicos, tan poco frecuentes en el arte actual, como son si las proporciones entre las partes de un puente son adecuadas, si existe ritmo en su constitución, o, implica uno u otro significado. También están presentes todos aquellos otros conceptos derivados de que tratamos con obras enormes, donde la presencia de lo constructivo, en el diseño de la forma, es fundamental. Es la guía para establecer como son y deben ser las distintas configuraciones formales cuando se ponen en contacto e interactúan entre ellas. La traducción en formas de esta interconexión, de un nudo bien diseñado, por ejemplo, nos explica qué es lo que ocurre en esa interconexión (véase figura 3).

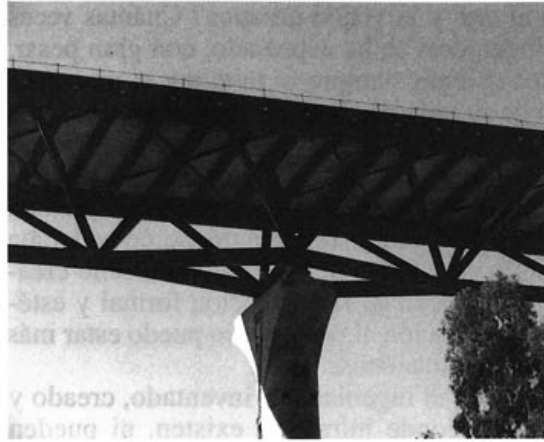


Figura 3.—Puede de García Sola (Badajoz, J. Manteola)

Como diseñador de puentes, estos conceptos y otros muchos tienen para mí, al concebir mi trabajo o mirar el de los demás, una gran importancia.

Desde este estado de cosas, el ingeniero se manifiesta en tres direcciones. Primera, ofrecer las distintas posibilidades descubiertas por él para poder configurar espacios nunca imaginados, ofrecimiento que será aceptado o rechazado según la idiosincrasia de las distintas épocas. También se presenta con un papel menos creativo, como es la mera resolución de todos y cada uno de los problemas técnicos que se presentan al arquitecto al construir.

La segunda manifestación de su quehacer y más importante está en seguir creando su propio mundo, el mundo de los puentes, de las presas, de las carreteras, de los puertos, etc. La aparición de esta nueva realidad, que tiene poco que ver con la de la arquitectura, se ha revelado hasta ahora por la contundencia de su realidad física, por su escala, y se sigue presentando ahora con la producción de una nueva realidad constructiva, resistente y estética.

Finalmente, con la tercera manifestación se vislumbra el futuro, lo que puede ocurrir con la construcción, con el nuevo entendimiento de la realidad constructiva.

II

LAS TRES MANIFESTACIONES DE LO INGENIERIL

Relación arquitecto-ingeniero

Al desarrollar ahora la primera de las manifestaciones que hemos citado, cómo es, cómo va a ser y será la relación de la ingeniería con la arquitectura, nos encontramos con un problema difícil e interesante. Conforme más veo, leo, y pienso en la arquitectura, observo lo alejada que está de la ingeniería y cada vez el distanciamiento es más evidente, casi hasta decir que disciplinas que parecían hermanas son cada vez más diferentes.

Esto no ha sido siempre así. La arquitectura tiene y necesita de una gran tecnología ya que trata con problemas difíciles. La piel del edificio, lo que separa, aísla, y protege el interior, se está volviendo un problema muy complejo en la actualidad y si se quiere saber cómo funciona la piel y cómo va a ser, hay que acudir a las revistas de ingeniería, no a las de arquitectura. La función del edificio tampoco es algo simple, aquello en que se concretan las necesidades de una casa de vecinos o de un museo, ¿hasta qué punto es algo objetivo? La concreción de la función se mezcla con la del espacio y entonces las cosas se hacen más complejas y ésta es una complejidad querida por el arquitecto, punto de apoyo en su pensar. Pero esta complejidad es vulnerable pues, sin duda, se pueden objetivar muchas de las variables que ahora gustan que sean aleatorias. ¿Se destruirán estas y otras complejidades para dar lugar a una arquitectura nueva?

Antes existía colaboración entre ingenieros y arquitectos. Pero hoy en día las cosas han cambiado. En mi opinión, la arquitectura pasa por un exacerbado formalismo y esteticismo. Y en esta situación es difícil la colaboración. El papel del ingeniero se ha reducido a resolver todos los problemas técnicos con que se encuentra.

Y aquí empiezan a aparecer las dudas y las preguntas. La arquitectura puede desprenderse de todo lo técnico y, en esa circunstancia, ¿podrá encontrar en sí misma el camino en que pensar? El formalismo desnudo que no responde a problemas de intención, ¿tiene sentido?

¿Qué ocurre cuando hablamos de los grandes espacios, cada vez más necesarios, en los que el conocimiento de lo que le pasa a la estructura resistente es necesario? Hay soluciones siempre, lo malo es que siempre existen soluciones, pero creo que sería bueno pensar qué es cubrir, soportar, cerrar desde los nuevos planteamientos técnicos. No es suficiente disponer de soluciones ya contrastadas, hay que pensar en el espacio, en el nuevo espacio, a que se puede llegar con la nueva tecnología (véase figura 4). Y es obligación del arquitecto participar, si no quiere llegar a lo sucedido en las estaciones de ferrocarril en el siglo XIX: disponer una fachada clásica y que el ingeniero le ponga la nueva cubierta inteligente de fibra de carbono.



Figura 4.—Estadio Olímpico (Múnich, J. Schlaich)

Siempre he pensado en el espacio como resultado de un proceso. Primero fue la cueva, luego, la falsa cúpula del Tesoro de Atreo en Micenas y, después, el Panteón de Roma. Muchos cientos de años distancian uno y otro, pero dentro de un proceso técnico, hecho por técnicos, es decir, personas con una fuerte especialización. Porque el concepto que se tiene de espacio es una consecuencia de ver espacios, no al revés. Sabemos lo que es un espacio cupular de ver cúpulas. Es el resultado de una sucesión de invenciones formidables. La ló-

gica y facilidad del avance en voladizo en el Tesoro de Atreo o el giro, mucho más sofisticado y menos evidente que experimenta la dovela al acoplarse a la curva antifunicular para el Panteón de Roma. A partir de entonces empieza la arquitectura y en ella podíamos seguir, con este mismo ejemplo, con el paso de la cúpula de Santa Sofía de Constantinopla a la de Santa Maria dei Fiori de Florencia o a la de San Pedro del Vaticano, o San Pablo en Londres, hasta llegar a Sainte-Geneviève, el Panteón de París, de Soufflot. Esta evolución tiene dos lecturas. Una la arquitectónica, sobre la que no voy a entrar y otra la ingenieril en la que podemos concluir que entre el Panteón de Roma y el de París, separados 1.600 años, no ha pasado nada y debía haber pasado algo, pues el concepto de cúpula que se tenía participaba de varios defectos intrínsecos por ignorancia resistente.

El concepto de espacio cupular permanece y hasta la deconstrucción era difícil pensar el espacio fuera del conseguido, desde tiempo inmemorial, por la cúpula, el cilindro o el techo plano, horizontal o inclinado, a los cuales se les puede añadir toda la decoración árabe o barroca que se quiera, pero de ahí no se salía.

Me contaron, con información de primera mano, que cuando don Secundino Zuazo hizo el Frontón Recoletos, se quejaba de los líos en que le metían estos ingenieros jóvenes con las novedades que introducían en la cubierta. El ingeniero joven que la diseñó era Eduardo Torroja. Carlos Fernández Casado ayudó a construirla y la estructura de esa cubierta constituía, a mi entender, uno de los logros más importantes de la construcción del siglo xx (véase figura 5).



Figura 5.—Frontón Recoletos (Madrid, E. Torroja)

Técnicamente el Frontón Recoletos era una lámina cilíndrica de gran tamaño 55 x 33 m y de solo 8 cm de espesor. Formada por dos ondas cilíndricas de 24 y 9 m que se cortaban en una línea. Esta cubierta produjo tal sensación que condujo a Torroja a la fama mundial. Resolvió un problema tecnológico muy sofisticado y difícil y nunca resuelto hasta entonces de esa manera.

Junto a esto se encontró con que el misterio invadía la construcción. Uno está habituado a estar bajo una bóveda cilíndrica en las iglesias románicas, bóvedas de 8 ó 10 m de luz que descansan sobre pilares o sólidos muros de piedra. En este caso, la bóveda cilíndrica tiene 24 m de anchura y además no se sujeta en ningún muro de piedra sino que rebota en un segundo salto, apoyándose en el aire, en una segunda bóveda de 9 m de anchura también cilíndrica.

Un espacio nuevo aparecía, nunca visto, nunca buscado. Si Torroja buscó este espacio o lo encontró, no lo sabemos. Si llegó a darse cuenta de lo que había encontrado tampoco lo sabemos. La destrucción de esta bóveda durante la Guerra Civil hizo imposible que yo la viese. En mis años de estudiante fui con recogimiento al Recoletos, pero vi otra cosa poco emocionante: el carenado de una estructura metálica, poco interesante, que aún recordaba lo anterior y que ahora ya ni siquiera se ve porque la han demolido.

El Recoletos es importante por la sofisticación resistente implícita en las estructuras laminares, aquellas cuya forma se configura para resistir, con espesores mínimos de pocos centímetros. Resulta de una identidad tal entre forma y estructura que uno descubre qué es resistir viendo solo una forma.

Esta invención, la lámina del Recoletos, se convierte en creación, y en creación artística de primera calidad a la que podría aplicarse lo que decía Heidegger sobre el contenido de lo artístico, «como desocultación de la verdad en la obra». Pocas cosas hacen tan precisa esa definición.

Pero aún hay que hacerse otra pregunta, ¿esta emoción estética tan evidente en mí y en otros cuantos amigos, era objetivable para los demás? Para los no entendidos, lo que veían, era arte, misterio, emoción o algo que pasaba desapercibido por lo natural de la solución, por la justeza con que se acoplaba a la definición del Frontón que había hecho Secundino Zuazo.

Ahora está pasando otra cosa con la arquitectura que además de

contar con muchos partidarios, también encontramos muchos enemigos entre arquitectos, ingenieros y entendidos. Me refiero a la deconstrucción. La deconstrucción ha roto esta confortable situación del espacio conocido. Se ha manifestado formal, espacial y estructuralmente sin las limitaciones que la construcción clásica había impuesto. ¿Por qué un muro no puede ser alabeado en lugar de vertical? Técnicamente no hay problema, no tenemos más que introducir rigidez a flexión en los elementos verticales y horizontales que lo constituyen. La forma puede cambiar y se deja a la voluntad del arquitecto, la posibilidad de romper la verticalidad sin un coste excesivo. Y, ¿qué pasa? Pues que todo el espacio cambia. El muro puede plegarse, alabearse, ser suelo y techo o evolucionar de suelo a techo. Entonces el espacio conocido, el del plano horizontal o inclinado, el abovedado o el cupular, deja de tener la condición de lo necesario. La tecnología no crea la deconstrucción, lo único que introduce son las posibilidades que la hacen posible, que se pueden usar o no (véase figura 6).

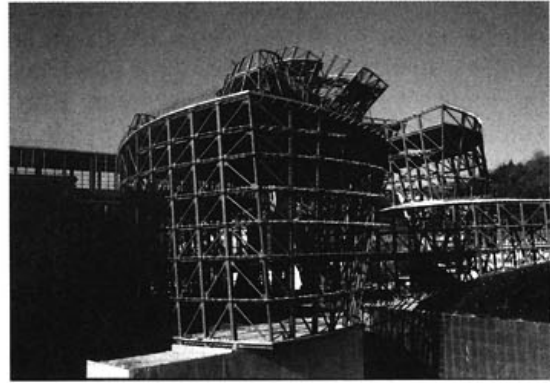


Figura 6.—Estructura metálica del Museo Guggenheim (Bilbao, F. Gehry)

Más aún, nuevas e interesantes configuraciones resistentes nos asaltan, diferentes problemas formales se presentan a los arquitectos. No solo encontramos la sala polivalente en Lille de Rem Koolhaas, la formidable obra de Steven Hall, o muchos otros trabajos de Toyo Ito, Miralles, etc., sino que también aparecen estructuras nuevas como la Casa de Música de Oporto de Rem Koolhaas, o el Edificio Prada en Tokio, de Herzog y De Meuron, las nuevas configuraciones de las cúpulas de Toyo Ito, o el interesante trabajo resis-

tente con papel de Shigeru Ban, la Terminal de Yokohama de Zaera o las propuestas de Zaha Hadid para la Olimpiada de Londres.

Aquí se presenta un problema conceptual interesante. ¿Se puede pensar en espacios nuevos despreciando la estructura que lo configura? Cuando Gehry concibió el espacio interior del Guggenheim, ¿pensaba en la estructura que lo iba a configurar? ¿Diseñó únicamente como un escultor sabiendo que existe una tecnología que podría materializar este espacio? Sé que entre las soluciones que se barajaron estaba la de las laminas de hormigón, capaces de acoplarse a cualquier superficie, pero inteligentemente cambiaron por una celosía metálica de una capa, compuesta por triángulos que pueden acoplarse a cualquier superficie plana o alabeada resistiendo tanto en su plano como fuera del plano si además se introduce rigidez a flexión en sus barras. Creo que esta solución es de un ingeniero indio de gran valía, pero de lo que sí estoy seguro es de que Gehry sabría cómo hacerlo. No hay más que seguir su obra. Todas estas enormes y complejas superficies alabeadas las resuelve siempre de una manera elemental: dispone, generalmente, una familia de vigas paralelas, rectas o curvas, que se acoplan a la superficie alabeada, las cuales a su vez son sostenidas por otras dos vigas mayores dispuestas transversalmente a las anteriores. Esta estructura completa, la sujeta y dispone a conveniencia, apoyada en una celosía simple.

La celosía plana o espacial, el triángulo o el tetraedro pueden acoplarse a cualquier forma y resistir bajo cualquier tipo de soporte, desarrollando los dos mecanismos resistentes que siempre han sido, la resistencia por forma y la resistencia a flexión. Y esto fue la solución para todos los problemas técnicos de la deconstrucción.

Ahí se han lanzado todos, celosía metálica plana o espacial, la utilizan como estructura resistente tanto Libeskind, como Zaha Hadid, o Gehry, etc. Y cuando van a suelos planos o inclinados de construcción fácil, resuelven el problema con el hormigón macizo en losa con pilas verticales o inclinadas. En todos los casos el espacio está pensado con la posibilidad de que siempre se puede realizar.

El ingeniero no solo ha inventado, pensado, desarrollado y entendido la celosía espacial sino que la ha ofrecido. Las estructuras colgadas, atirantadas, las *tensegrity*, son también posibilidades desarrolladas y ofrecidas. Vivimos en un momento en el que las concepciones formales priman en el mundo de la arquitectura, sobre las

cuestiones conceptuales y estructurales. Tenemos un presente en que es difícil avanzar con la rapidez que se produjo en el siglo XIX y primera mitad del siglo XX. Pero llegará un momento en que también se podrá pensar en arquitectura desde las enormes posibilidades espaciales que ofrece la ingeniería actual.

Pero también hay una cosa evidente, la enorme capacidad de ver de los arquitectos. Siempre se han movido muy bien, en la época moderna, en ese saber y no saber, distinguir, usar, cambiar, evolucionar con autoridad y maestría.

El mundo y la estética del ingeniero

Si pasamos ahora a la segunda manifestación del trabajo de los ingenieros, la más importante y significativa para nosotros, la que consiste en configurar nuestro propio mundo, constructivo, resistente y estético, toda la novedad y originalidad de nuestras propuestas parten de un problema de escala. El tamaño de un puente, de una presa o de una carretera tiene su medida en el territorio no en el hombre. Y yo quiero esbozar ahora un espacio desde donde pensar la relación entre la ingeniería y el arte.

Supongamos la construcción adintelada, imaginemos un puente recto que cruza un valle a 100 m de altura y con vanos de 100 m de luz, un dintel recto, de canto constante, esbelto, saltando entre pilas verticales. Por su gran dimensión y tamaño, se impone a lo natural.

Toda la construcción adintelada de la antigüedad es el resultado de un gran despropósito, de un error de concepción. Y el despropósito está en la tecnología. Es un disparate utilizar la piedra para resolver un dintel. La transposición de la madera a la piedra, según la tradición del origen de la arquitectura griega, no es adecuada. El mismo capitel, igual que sea dórico, jónico o corintio, es otro sinsentido. En la madera no, porque la flexibilidad del capitel de madera permite extender el efecto de la concentración de cargas en los bordes de las vigas que descansan en él, pero la piedra no puede hacer eso y por esta razón y para que no se rompan, el arquitrabe de un frontón tiene luces muy pequeñas, es muy grueso o nunca se apoya en el borde, como debiera, sino que lo hace en una pequeña protuberancia superior y centrada, es decir, el capitel no se utiliza,

no es la manifestación de la pila cuando va a recibir una carga puntual, no es un reflejo del concepto de apoyar, como fue en su origen de madera, solo es un adorno.

En el mismo dintel, el concepto de esbeltez cambia si consideramos la arquitectura o la ingeniería. Y es que, no siempre, pero generalmente el dintel en arquitectura está debajo de algo sólido, su función es sostener una pared y dejar paso a una puerta o a una ventana. Para la concentración de esfuerzos en los extremos de la viga, aparece el marco de la puerta y hay que ver el juego formal que se le ha sacado a este pequeño problema técnico. Esta relación entre lo que sostiene y lo que es sostenido es fundamental para encontrar el sentido de un dintel en arquitectura (véase figura 7).

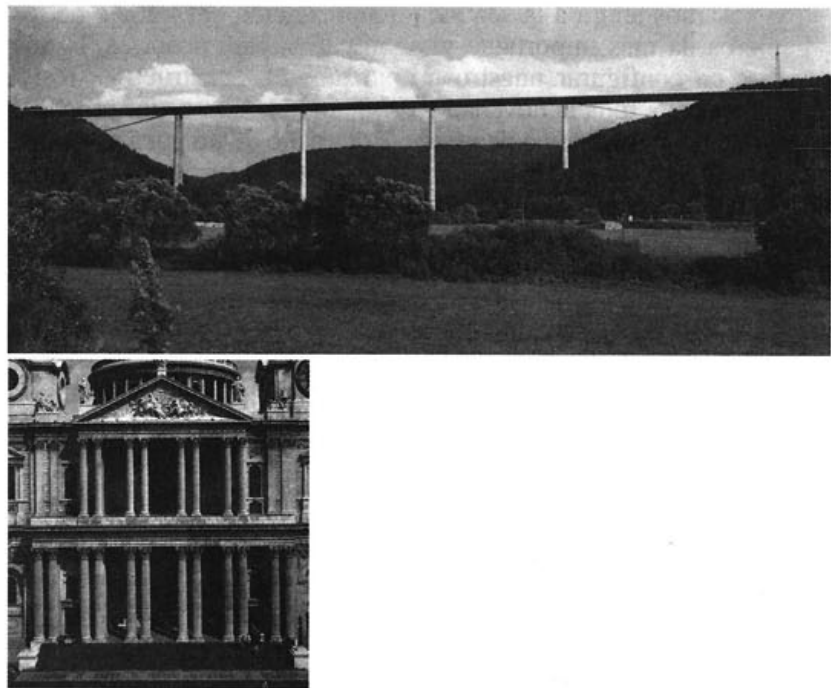


Figura 7.—Puente alto continuo (Alemania, F. Leonhart) y Catedral de San Pablo (Londres, C. Wren)

Pero en un puente el problema es radicalmente distinto. En un puente el dintel siempre está exento y libre. Se soporta sobre todo a sí mismo. Un dintel de 100 m de luz destina más del 90 por 100 de su capacidad resistente a sostenerse a sí mismo y lo poco que le sobra sirve para soportar el tráfico. Entonces las cosas cambian, ¿qué semejanza existe entre el problema de la relación de vacío a lleno, del canto a la luz, cuando un dintel está exento y con una escala a nivel territorial, con el dintel de un edificio? ¿Qué relación tiene esto con el problema infinitamente abordado por los tratadistas históricos de la arquitectura cuando se plantean estos mismos problemas en la fachada neoclásica de un edificio representativo? Ninguna. La relación, en ingeniería, entre lo que sostiene y lo sostenido desaparece porque lo que sostiene es, a la vez, lo sostenido.

Además el puente se caracteriza por una dimensión geométrica específica. Es una obra lineal, su relación longitud-anchura suele ser tan grande que el carácter de linealidad se impone sobre el de obra superficial que en realidad es. Ahora bien, una línea puede ser recta, o curva en el espacio, curva definida por las exigencias que impone el móvil y el trazado. Todo puente curvo, casi por definición, tiene, salvo algunos casos, un plus de belleza añadida, la correspondiente a la mayor complejidad de lo curvo sobre lo recto, a la mejor definición que sobre el espacio determina lo curvo. La presencia de una gran viga curva en el espacio es algo emocionante y exclusivamente ingenieril.

La misma diferencia la encontramos con los arcos. Los romanos mantienen la construcción adintelada en la fachada del edificio pero la sustituyen por el arco, la bóveda o la cúpula para configurar el espacio interior.

El arco de piedra resuelve definitivamente el espacio de la arquitectura clásica. El arco, de una manera más poderosa que el dintel, cumple el mismo papel, sirve para perforar el muro y se manifiesta como lo que le pasa al muro cuando quiere ser traspasado con una gran abertura. Me siguen llenando de asombro y entusiasmo esas estructuras de iglesias en las cuales dos enormes muros verticales, que enmarcan la nave central y estructuran la iglesia, son perforados por arcos para unir entre sí las tres naves y dar luz interior. Penetrar para unir es un concepto querido por mí.

Otro planteamiento de la cubrición en las iglesias, mucho más sofisticado estructuralmente, se realiza cuando la cubierta se com-

plica al nervarla y el soporte se hace individual. El muro es sustituido por la columna, la bóveda se nerva o pliega. Pues bien en los dos ejemplos citados la relación resistente entre el arco, sustentante y la cubierta o muro sostenido, es esencial y propio solo de la arquitectura y no de la ingeniería. En arquitectura existe una interdependencia por la cual lo sustentante necesita resistentemente de lo sostenido y viceversa. Una complejidad que unos conocimientos, generalmente limitados, han utilizado bastante bien.

En ingeniería, el arco moderno, como pasaba con el dintel, se hace exento. No existe ninguna plementería añadida que rigidice su respuesta ante cargas alternadas, que confunda el trabajo del arco y no lo distinga del conjunto ni de su dependencia respectiva. A los primeros puentes metálicos arco del siglo XIX les cuesta algo desprenderse del tímpano rígido, asociado de siempre al puente de piedra. Un arco de piedra conceptualmente está unido a su tímpano. Un arco de un puente actual está libre y debe conferírsele las condiciones que le hagan apto para resistir las cargas no funiculares. Su

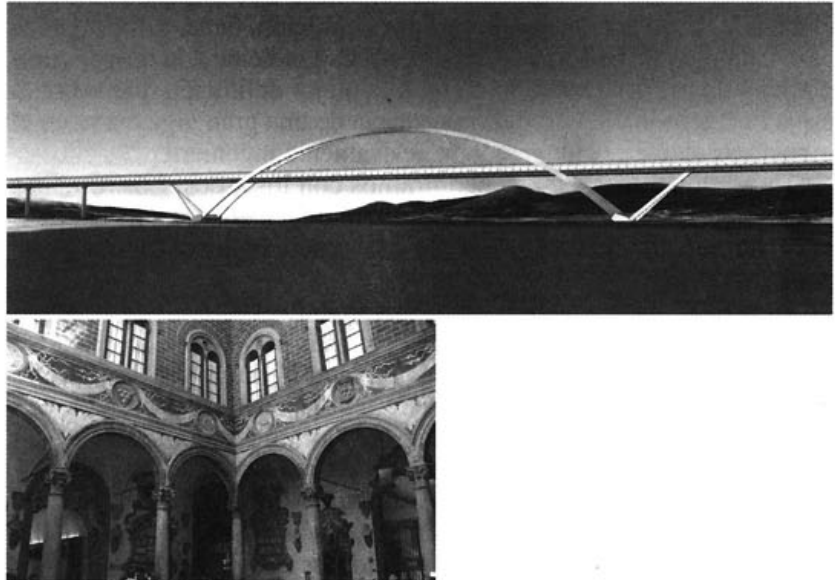


Figura 8.—Propuesta de puente arco (J. Manterola) y Palazzo Medici-Riccardi (Florencia, Michelozzo di Bartolommeo)

relación con el dintel ya sea con cables (arco superior), como con pilares (arco inferior), es mucho más sofisticada y compleja, un tejido artificial que está en nuestras manos para otorgarle propiedades resistentes, planas o espaciales y visuales.

El cambio de escala, de geometría y de la naturaleza del problema separa de tal manera la esencia de un arco de iglesia de la de un gran arco de puente, que parece que estuviésemos hablando de cosas distintas, como en realidad lo son (véase figura 8).

Pero junto al dintel y al arco, la ingeniería, para resolver los problemas que se le plantean, ha generado formas resistentes tan especiales como la de los puentes atirantados (véase figura 9) o colgados, las grandes celosías modernas de tubos en los que se circula sobre o a través de ellos, etc. La escala del problema sigue aumentando, el puente sobre el estrecho de Akashi, en Japón, tiene 2.000 m de luz y el del estrecho de Mesina, 3.000 m de luz, como si tuviese una pila en el estadio Bernabéu y otra, en la plaza de Colón. Esta es la envergadura de lo ingenieril y lo que determina un cambio de naturaleza en lo construido.



Figura 9.—Pasarela Manzanares (Madrid, J. Manterola)

Otro aspecto en el cual la obra de ingeniería se manifiesta de una manera exclusiva es la de su relación con el terreno y el paisaje. Se podría decir que el suelo tiene sus propias características resistentes que el puente o la presa las necesitan, de ahí viene la primera relación de dependencia, puente y terreno se interaccionan en el resistir. Pero esto no es todo. La forma, la geometría del terreno sugiere determinadas configuraciones del puente. El formidable valle abrupto, con paredes casi verticales, sugieren el puente arco de Salgina Tobel (Suiza) de Maillart y aún se podría ir más allá diciendo que si el valle tiene paredes casi verticales se debe a que la roca es resistente y por eso es capaz de recibir las acciones de un puente arco (véase figura 10).



Figura 10.—Puente arco de Salgina Tobel (Suiza, R. Maillart)

Terreno y puente se interaccionan en su forma y la experiencia de ver puentes encajados en terrenos va configurando la manera en que se deben relacionar y de paso se crea la disciplina de lo que está bien o mal. No existe una relación biunívoca, puente-terreno y la interpretación que del paisaje hace el puente, aunque es inevitable, es muy difícil y hermosísima cuando se realiza bien.

Encajar es distinto que colocar. Se encaja un puente, se encaja algo cuando el terreno lo sujeta. Los problemas de contacto, de transición suelo-estructura son objeto de invención. Todo el mundo de los estribos de los puentes, generalmente tratados con descuido, es extraordinariamente atractivo.

Donde se acentúa el problema del encaje es en el caso de las presas, que solo pueden colocarse allí donde la naturaleza del terreno sea capaz de resistir la concentración de fuerzas que la presa va a producir. La misma forma de la presa es una respuesta a la forma de las laderas, con los arcos que la constituyen y cuyo entronque en el terreno tiene que ser definitivamente adecuado, si no queremos reventar la ladera. De eso estamos hablando cuando hablamos de ingeniería: desarrollar y conducir fuerzas similares a las de la naturaleza y, por tanto, controlar la interacción entre ambas. Ya se ha roto más de una presa por una insuficiente resistencia de la ladera y ha provocado catástrofes apocalípticas. Una presa es una obra asombrosa, el artista Christo la descubre y se acerca a lo ingenieril con su presa de tela, su Valley Curtain (Colorado) (véase figura 11).

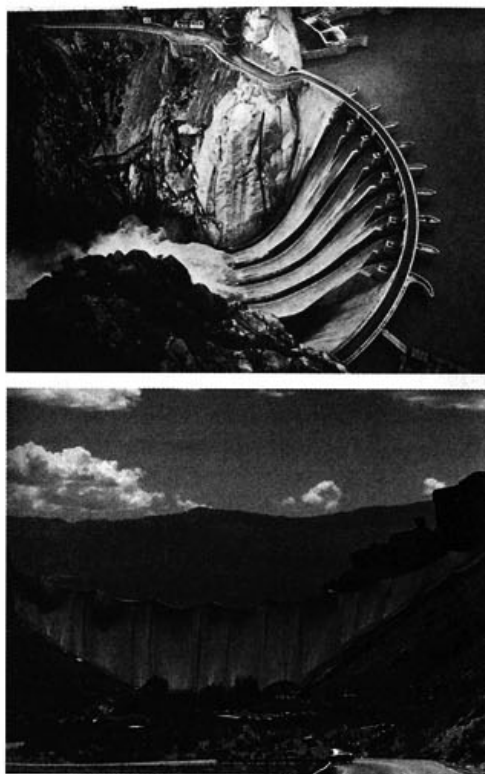


Figura 11.—Presa de Aldeadávila (Salamanca) y Presa del Valley Curtain (Colorado, Christo)

Donde existe con claridad, pero de otra manera, la relación entre la obra y el terreno es en las carreteras o las líneas de ferrocarril. La cinta, que es una carretera, tiene unas características geométricas que están determinadas por la velocidad del vehículo que la utiliza, radios de curvatura, peraltes, pendientes son las características geométricas en que se resuelve el móvil. Pero el acoplamiento entre esa cinta y el terreno natural no es tan fácil. Si el terreno es poco accidentado y resistente, la cinta que es la carretera se acopla fácilmente, si por el contrario el terreno es accidentado la coincidencia es difícil. Entonces es un arte encajar la carretera en el lugar sin producir grandes heridas en las laderas. Cuando uno se encuentra con una carretera bien encajada, sobre todo si es una topografía difícil, la carretera se convierte en una obra de *land art* que con su geometría traduce la morfología del suelo y nos descubre las características del lugar donde se asienta (véase figura 12).



Figura 12.—Carretera zigzagueante, la Gran Muralla china y Running Fence (California, Christo)

Esta característica de la carretera ya estaba explicitada por una obra fundamental, la más formidable y completa que conozco, la Gran Muralla china. La impresión estética que produce te golpea con una fuerza enorme. De nuevo, Christo se acerca al mismo problema cuando crea Running Fence (California), una cortina de 6 m de alto y casi 40 km de largo, para traducir lo mismo, la huella de una línea indefinida en el paisaje y de paso también el paisaje en una de sus características esenciales.

La carretera se ciñe a la ladera, utiliza un puente cuando es necesario y mientras va desarrollándose, hace sentir al viajero el movimiento suave y ondulado del recorrido. El conductor entiende el suelo, y lo siente en la aceleración que le imprime al vehículo. Además descubre el paisaje que va apareciendo ante sus ojos de una manera especial, dirigido, condicionado por el trazado, que es lo que configura el itinerario de su visión. Esta visión puede ser diseñada estética y paisajísticamente.

Con un edificio la relación de la obra con la naturaleza es menos exigente, pues el edificio es más pequeño y su valor de relación se parece más al de la escultura que al de la ingeniería civil. Está bien lo que hacían los jardineros ingleses y alemanes barrocos, es decir, diseñaban el terreno, lo cambiaban y ordenaban para que encajase bien con el edificio. Remodelar el terreno ha sido habitual en todo el siglo XVIII. El terreno en lo pequeño, en lo visible desde un paseo romántico, se cambia con facilidad, se le fabrica un río para colocar encima un pequeño puente romántico y una ruina de un monasterio si fuese necesario.

El formidable encaje del Crematorio del Cementerio de Estocolmo de Asplund es totalmente artificial y hermosísimo. En cambio, en ingeniería el problema no se puede resolver igual. Es cierto que también se ha fabricado un río para algún puente pero esto es algo extraordinario y no se ha realizado con toda la contundencia que el puente necesitaba porque la actuación era excesiva. Es necesario remodelar todo un entorno importante y no un problema local como el citado del Crematorio de Estocolmo.

La relación de la escultura con el terreno también es diferente y también depende del tamaño de la escultura en su relación con el paisaje. Si son pequeñas, y me refiero a aquellas que tienen una dimensión suficiente de algunos metros, el problema de colocación, de encuentro con un paseante supone alteraciones locales pequeñas y necesarias algunas veces. Recuerdo parques como el Crolle-Muller en Holanda o el Parque de Escultura de York, en los que cada escultura se instala adecuadamente. En otros casos, el sitio y la escultura están muy bien relacionados, como sería la escultura de Chillida en Gijón, frente al mar o el formidable Stone Enge de Inglaterra, más de 2.000 años antes.

Sin embargo, a veces, la intención del escultor es convertir en una unidad la escultura y el suelo sobre el que se asienta. De la

misma manera que hemos visto en la carretera, la escultura, perdido su carácter de monumento, abandonada la estatuaria, crea geometrías complejas que nos descubren las características del terreno donde se asientan. Recuerdo la instalación «Shift» de R. Serra en Canadá, una serie de chapas verticales, triangulares al modificar su forma con el terreno. Cuanta relación he encontrado entre la instalación de la ingeniería en el terreno y la labor de los escultores del *land art*.

Junto a esos problemas específicos, que hacen exclusiva la manera de pensar las obras públicas, estas también participan de un planteamiento conceptual más común con el trabajo de arquitectos, escultores y artistas en general. Como ejemplo de esto último, vienen a mi memoria los puentes de altura estricta de don Carlos Fernández Casado. Dichos puentes son el resultado de un conjunto de opciones personales sobre los problemas geométricos de relación canto-luz, del hueco formado por pilas, tablero y suelo. Un problema de esbeltez necesario para minimizar el coste de los materiales y los accesos. Se trata de un problema de contención sobre la formalización visual. Es la versión de austeridad de un hombre medurado que vivía en épocas austeras. Es una manifestación del racionalismo que empezaba a fraguarse en las vanguardias artísticas de la época. Estos puentes son obras excelentes en las que se conjuga con una gran perfección, el concepto de lo resistente, lo formal y lo económico del puente. Además introduce en el paisaje geometrías simples como es la de estos puentes que tranquiliza, ordena y asienta unas geometrías naturales no tan sosegadas y más torturadas de lo que parece.

Esta es una manifestación clara de ese trascender la elemental función del puente, de permitir el paso de uno a otro lado. El caso típico es el de una glorieta circular colocada sobre una autopista. Existe una solución elemental para su realización, dos puentes curvos encima de la carretera y cubrir con terraplenes el resto del recinto. Pero las cosas cambian cuando se ha de resolver no solo el pasar sino también el recinto espacial y circular que determinan. Y esto ya es simplemente una opción artística, la configuración de un espacio a dos niveles que constituye un ámbito donde se entra. Se siente que al circular por la carretera uno se introduce en un espacio especial (véase figura 13).



Figura 13.—Carretera de Zizur (Pamplona, J. Mannerola)

Toda la ingeniería que no está fuertemente condicionada por su tamaño, aquella en que todas sus variables no están ni pueden estar optimizadas, empiezan a plantearse en su trabajo problemas complementarios necesarios y no objetivables. La dimensión artística se añade, como algo que se debe agregar.

Nosotros sabemos más que el ingeniero romano que construyó el puente en Suiza o que el ingeniero chino que construyó el puente sobre el Cinturón de Jade en los jardines del palacio de verano del emperador chino, y también más que el ingeniero japonés que en el siglo xvii construyó el puente de Kantai-ky (véase figura 14). Podemos explicar bien su manera de resistir, donde la concepción de estos ingenieros era acertada o errónea, pero por muy explicada que sea su estructura resistente o su forma, no somos capaces de definir la totalidad del puente, las formidables curvas de las rasantes, poco funcionales pero extraordinariamente bellas, nos llenan de asombro y nos dicen cómo también pueden ser los puentes. Nos amplían nuestra visión sin dejar de estar inscritos en ese sustrato conceptual de lo resistente que hemos definido.

Un puente es mucho más que unas fórmulas matemáticas. Dar forma a una manera de insistir no explica la totalidad de las formas que presentan. Los puentes, como cualquier manifestación humana, incluidas las consideradas artísticas, crean su propia estética. Vivimos entre puentes, entre configuraciones que a lo largo del tiempo han ido produciendo las aportaciones creativas de uno y otro

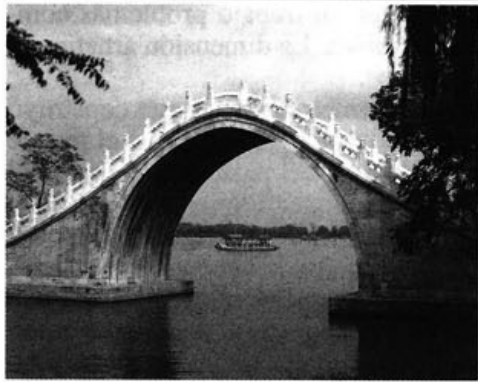


Figura 14.—Tres puentes: Puen-
te romano (Suiza), Puente sobre
el Cinturón de Jade (China) y
Puente de Kantai-Ky (Japón)

ingeniero. Vivimos en un mundo real, no ideal, un mundo que interpreta otros mundos y el resultado de este proceder es la historia de los puentes. Los puentes tienen historia y son el resultado de ella, la única definición acertada de su esencia.

El futuro de la construcción

Si vemos ahora, para finalizar, la que está siendo la última manifestación de la ingeniería, como es su progreso científico y técnico podemos hacer las siguientes consideraciones:

El mundo del progreso científico en la construcción se está moviendo, otra vez, en varias direcciones. En primer lugar, en el estudio y desarrollo de nuevos materiales de construcción, materiales compuestos de fibras de vidrio, fibras de carbono o aramidadas, dentro de determinadas matrices de resinas, de propiedades y pesos que no se podían concebir hasta ahora. Mucho más ligeros, más resistentes, ajenos a la corrosión, etc. Ya se están realizando pequeñas estructuras con ellos pero aún presentan problemas en sus uniones, todavía no se saben unir con la facilidad requerida, lo cual no es poco porque tampoco podemos olvidar que el concepto mismo de construcción se asocia, se funde, con el de unión entre partes.

Aún hay muchas más novedades. Se está dando un paso más en materiales mucho más sofisticados, materiales que cambian su condición de rigidez y flexibilidad en función de los requerimientos exteriores. Si un músculo humano se hace rígido o blando según exigen nuestras necesidades, así van a poder ser los materiales modernos, capaces de adaptarse a las condiciones variables a que van a estar sometidos, materiales que pueden autorregenerarse —una grieta puede detectarse por la información de un ordenador (esto ya se está haciendo, estableciendo una serie de circuitos internos a través de fibras de carbono que se interrumpen cuando aparece una grieta)—, y se está detrás de que ese material pueda cerrar sus propias heridas, sus propias grietas.

Pero no todo acaba aquí. Se está trabajando y ya existen algunas realizaciones, en las llamadas estructuras inteligentes. Hasta ahora a las estructuras se les confería unas condiciones de resistencia y

unas inercias capaces de enfrentarse con las sollicitaciones variables a que se sometían. El pretensado fue una manera de adelantarse a acciones que se le iban a presentar a una estructura, pero aún dentro de respuestas fijas. Las estructuras inteligentes responden de una manera variable, según sea la sollicitación que reciben, con lo cual se reduce extraordinariamente la necesidad de inercia, auténtico depósito de reservas resistentes, que dan peso y masa a la construcción. Pero este peso y esta masa de las estructuras experimentará una reducción enorme, ya que las estructuras inteligentes pueden cambiar su estado tensional según este se va produciendo. Las posibilidades que se pueden obtener para construir con este sistema son inimaginables.

Todo esto va a producir un cambio en la historia de la construcción tan importante como el que se produjo a principios del siglo XIX, con la introducción de la ciencia en la construcción. Lo que veremos, en lo que nos instalaremos, como viviremos y pensaremos, empieza a vislumbrarse en un horizonte aún opaco, sumergido en una niebla cada vez más tenue.

III

He intentado, con este discurso, crear el espacio desde el que pensar la estética de la ingeniería. Pasar de aquí a definir el misterio que siempre ha acompañado a las grandes obras de arte, a descubrirlo en tal o cual obra, supone un camino largo de aprendizaje del espectador atento y siempre será algo personal.

Pero tengo una duda, una duda que ya debería haber despejado, ahora, que con el beneplácito de ustedes, voy a entrar en esta institución del arte.

Pienso en un puente, el mejor puente posible para la mejor teoría posible sobre lo que debe ser la estética de los puentes, el que mas incógnitas desvela, el que mayor significado contiene, el que más emoción produce y el que más misterio encierra. Y este puente perfecto, ¿cómo se compara en importancia, si la importancia se mide en vibraciones personales, con lo que va a ser el puente inteligente, hecho con materiales inteligentes, generador de nuevos mundos, nuevas ideas, nuevas ilusiones, etc.?

Yo amo los puentes, los busco, voy a verlos a los pasajes más recónditos, y siempre con la pasión del principiante. Entiendo de puentes, entiendo mucho de puentes y desde ese entender y sentir, sé que la vibración que me va a producir ese puente futuro es 10.000 veces mayor, que el mejor de los puentes actuales, el mejor de los puentes que yo pudiese diseñar y construir.

Esto me lleva a pensar, ¿qué pasó en la mente de los impresionistas cuando rompen con Ingres o David? ¿Qué aconteció en Kandinsky cuando empieza la abstracción? ¿Qué ocurrió con Duchamp? ¿Qué sucedió con tantos que esperan y creen en el cambio? Es el problema de la discontinuidad, de lo que debe empezar.

¿Este es un problema que tiene que ver con el arte? ¿Qué contestaron nuestros mayores al respecto? Lo que hicieron nuestros mayores es no hacerse estas preguntas imposibles.

Muchas gracias

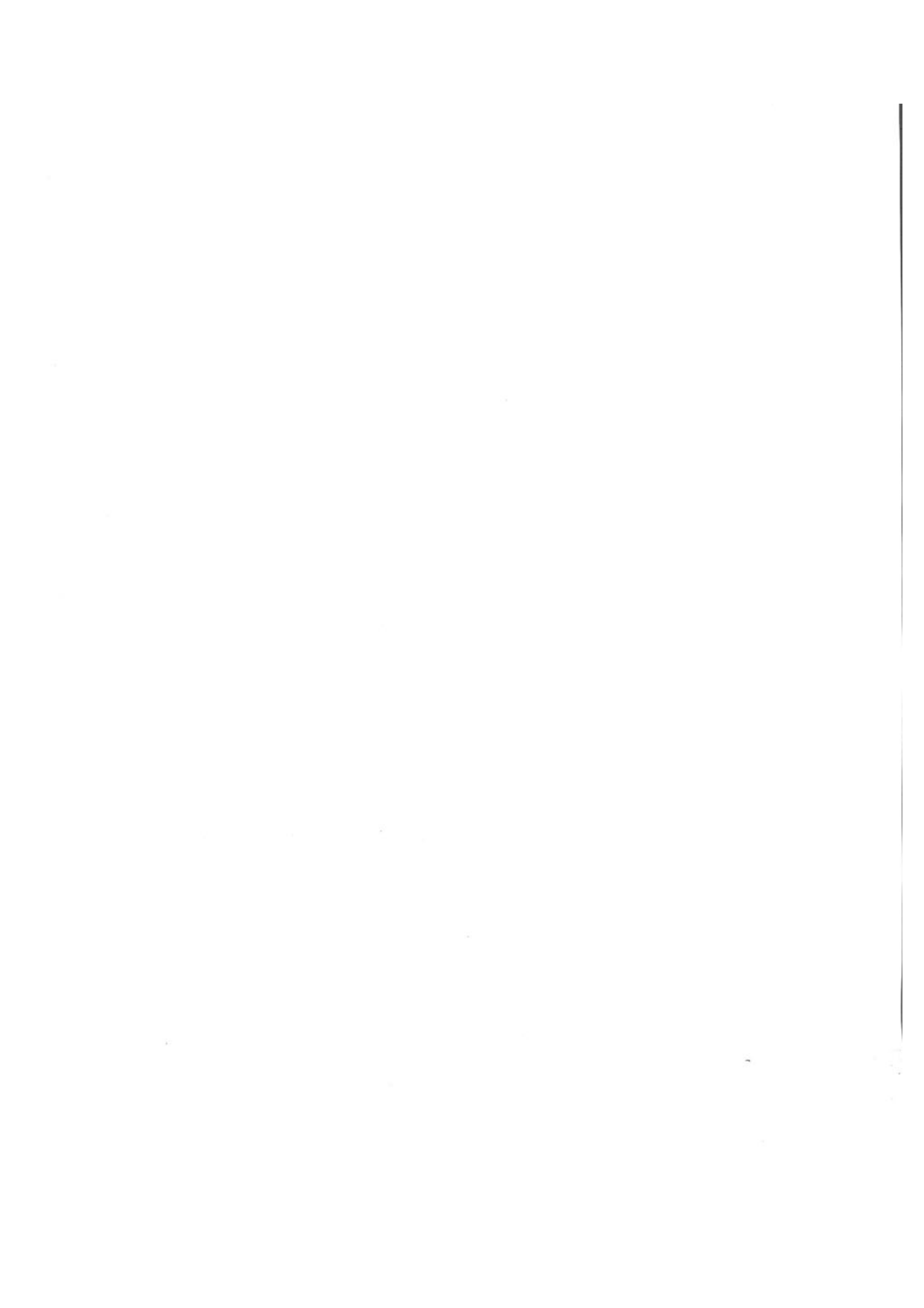


Figuras

- Figura 1.—Arco de piedra (Acueducto de Segovia)
- Figura 2.—Puente de Euskalduna (Bilbao, J. Manterola)
- Figura 3.—Puente de García Sola (Badajoz, J. Manterola)
- Figura 4.—Estadio Olímpico (Múnich, J. Schlaich)
- Figura 5.—Frontón Recoletos (Madrid, E. Torroja)
- Figura 6.—Estructura metálica del Museo Guggenheim (Bilbao, F. Gehry)
- Figura 7.—Puente alto continuo (Alemania, F. Leonhart) y Catedral de San Pablo (Londres, C. Wren)
- Figura 8.—Propuesta de puente arco (J. Manterola) y el Palazzo Medici-Riccardi (Florencia, Michelozzo di Bartolommeo)
- Figura 9.—Pasarela Manzanares (Madrid, J. Manterola)
- Figura 10.—Puente arco de Salgina Tobel (Suiza, R. Maillart)
- Figura 11.—Presa de Aldeadávila (Salamanca) y Presa del Valley Curtain (Colorado, Christo)
- Figura 12.—Carretera zigzagueante, la Gran Muralla china y Running Fence (California, Christo)
- Figura 13.—Carretera de Zizur (Pamplona, J. Manterola)
- Figura 14.—Tres puentes: Puente romano (Suiza), Puente sobre el Cinturón de Jade (China) y Puente de Kantai-Ky (Japón)



CONTESTACIÓN
DEL
EXCMO. SR. D. ANTONIO FERNÁNDEZ DE ALBA



Señoras y Señores académicos:

LA Academia de Bellas Artes de San Fernando me encomienda para esta ceremonia de ingreso del nuevo académico, el profesor e ingeniero Javier Manterola Armisen, dar en su nombre la bienvenida de nuestra Corporación y contestar a su discurso de ingreso.

Junto al sentimiento de pérdida que representa la partida del ilustre y recordado académico Excmo. Sr. D. Julián Gállego, de recuerdo y memoria aquí renovados, se une la alegría que trae consigo compartir con un viejo y admirado amigo los afanes e inquietudes que llevan implícitos los saberes y disciplinas, en un lugar como nuestra Academia, de «las artes de la ingeniería».

El trabajo del ingeniero es una mezcla de lógica y de belleza, estas dos palabras definen al artificio construido como un objeto de contrastes y de síntesis entre razón y sentimiento, integral tan próxima a los cometidos de la arquitectura.

Cuando los académicos, Tomás Marco, Joaquín Vaquero Turcios y quien les dirige la palabra, propusimos su nombre para el ingreso en la Academia, entendíamos que era necesario incorporar a las tareas académicas un creador, configurador sin duda, de los nuevos e innovadores paisajes de la naturaleza tecno-científica que acontece sobre los iniciales años del siglo XXI.

Nada más indicado que la experiencia de un ingeniero-constructor como Javier Manterola, que acota en su propia biografía los fundamentos de un saber selectivo y refinado, contempla en sus proyectos por igual, los parámetros de lo útil, necesario y bello del artificio que se va a construir, y comparte estos conocimientos con un

sistema profesional de vida docente, circunstancias que enriquecen su campo intelectual que le permite ordenar un territorio de sabiduría idóneo en los quehaceres del trabajo de la Academia, pese a las diversas armonías y diferentes racionalidades que nos proponen hoy la ciencia y la cultura contemporáneas.

Bajo estas premisas, el ingeniero y profesor Javier Manterola Armisén, con una rica, apretada y destacada biografía académica y profesional, ingresa hoy en esta Academia de San Fernando.

Javier Manterola Armisén nació el 17 de junio de 1936 en Pamplona, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Escuela de Madrid, graduado en 1962, ejerce la enseñanza como catedrático en la cátedra que en su día ocupara don Carlos Fernández Casado, de feliz recuerdo en esta Academia a la que perteneció, enseña en la Cátedra de Puentes y dirige el Estudio de Ingeniería Carlos Fernández Casado S. L. en colaboración con el ingeniero Leonardo Fernández Troyano.

Quiero recordar brevemente su labor académica e investigadora, reflejada en más de 30 publicaciones en revistas y libros de ámbito internacional. Así mismo, tres monografías significativas recogen el itinerario profesional y biográfico de su quehacer intelectual de ingeniero-constructor.

La experiencia profesional que desarrolla como ingeniero es reconocida y valorada internacionalmente. Su obra ha tenido, y tiene en la actualidad, un indudable valor pedagógico, que comparte en sus clases y seminarios de la Escuela de Madrid, así como en los distintos foros internacionales en los que es requerido.

En la década de los años 1960-1970, ha mostrado en sus proyectos y obras de manera significativa, las posibilidades de las losas de hormigón pretensado, aligeradas o no. Son múltiples los pasos interurbanos y urbanos construidos en este período, entre otros: el Elevado de Cuatro Caminos (Madrid, 1969) —hoy destruido—, el Puente de los Franceses (Madrid, 1988), el Puente de Rubí (Barcelona, 1990), el Puente de Padova (Lisboa, 2002), la Pasarela sobre el río Manzanares (Madrid) —hoy destruida—, etc.

En la relación con los materiales y sus formas en el proyecto de la ingeniería, integra y supera con trabajos singulares la vieja polémica, entre estructuras de hormigón y metálicas; podemos destacar edificios señalados en la reciente arquitectura madrileña, obras que

marcan la lógica de la razón estructural y su relación con los materiales: Torre de hormigón en la autopista de Barajas (Madrid, 1967), el Edificio BBVA en el paseo de la Castellana del arquitecto Francisco Javier Sáenz de Oiza (Madrid, 1972), o las Torres colgadas de la plaza de Colón del arquitecto Antonio Lamela (Madrid, 1973).

En cuanto a la evolución y el uso de los tipos estructurales, su obra recorre una proliferación de modelos que van desde el diseño del arco de tablero a la celosía metálica, todos ellos de gran belleza y optimización estética y funcional, destacando, entre otros, el Puente sobre el río Escudo (Autopista del Cantábrico, 1999), el Puente del Centenario (Montserrat, 2002) y el Puente sobre el río Ebro en la Línea de Alta Velocidad (L. A. V.) (Zaragoza, 2000).

Su encuentro con el mundo del arte responde a una constante búsqueda de la razón constructiva de las estructuras, largo camino que recorre el proyecto del arquitecto e ingeniero desde el «racionalismo especulativo» de la Ilustración al «racionalismo técnico» del siglo xx. No existe razón lógica, señala en sus escritos Javier Manterola, para disociar el territorio del arte como algo diferenciado del mundo de la ciencia.

Sus biógrafos más interesados, entre ellos, el profesor Miguel Aguiló (2004) ordena su largo recorrido profesional diferenciando cuatro etapas:

- a)* Edificios y primeros puentes con vigas.
- b)* Incorporación del tirante e inicio del pórtico.
- c)* Recuperación del arco y la celosía.
- d)* Dominio tipológico y enriquecimiento formal.

El ingeniero Javier Rui-Wamba mostrará excelentes proyectos y obras, con ejemplos tan elocuentes como los ya reseñados: el Puente de Torre Baró (Barcelona, 2006), la Pasarela de La Paz sobre la M-30 (Madrid), el Puente sobre el embalse de Barrios de Luna (León, 1983), el Puente del Vergel (Pamplona), el Puente de los Franceses (Madrid), el Puente Euskalduna (Bilbao), etc.

Mario Onzain en una biografía novelada, nos hará partícipes del dilatado camino hacia las estructuras de los puentes y las vicisitudes de la ingeniería construida.

Ha recibido recurrentes y merecidos premios, así como distinciones, medallas y otros honores a lo largo de su trayectoria profesional, por acotar algunos galardones de este acontecer social señalaré: Premio de la Comunidad Europea de Construcciones Metálicas (1975), Premio Nacional de Ingeniería (2001), Premio Príncipe de Viana (Pamplona, 2005), etc.

En el discurso que acabamos de escuchar, Manterola nos muestra desde el lenguaje del arte de la técnica, la conciencia de la verdad poética de la materia, acontecimiento que resalta en toda su trayectoria profesional, y de manera muy elocuente en el proyecto de construcción del puente y su relación con la componente estética. Intuye, en la confusa evolución de la ideología de la ingeniería convencional, el sentido que la imaginación tiene en el proceso del diseño tecnológico, advirtiendo que no existe enunciado lógico para marginar en el proyecto de la ingeniería su carga simbólica y, así, sus trabajos hacen elocuente una decidida poética de la acción constructiva, como ya he señalado, que integra materia, técnica y función, acercándose al aserto de Mies van der Rohe: «jamás existe un problema de forma solo tenemos problemas de construcción»; pese a este pragmatismo edificador, Javier Manterola no puede eludir el fondo neoplatónico que alimenta el pensamiento del arquitecto y del ingeniero después del Renacimiento.

El proyecto de la ingeniería responde, al contemplar sus puentes, a una coherencia manifiesta entre la lógica del cálculo, la naturaleza de la materia (hormigones, aceros...) y la metáfora estructural que manifiestan sus obras. El puente en la tarea del proyecto del ingeniero, nos viene a decir en el relato de su discurso, es un todo. Es, a la vez, arquetipo y modelo estandarizado, es un objeto que asegura la relación directa y cotidiana entre la persona y el mundo natural que complementa, es un artificio que se apoya en las leyes de la armonía, tan próximas al discurso de su proceder constructivo.

Javier Manterola reclama desde sus palabras iniciales, que con tanta tensión dialéctica como duda metódica aquí hemos escuchado, los valores de una estética, acotada al puente, estética que permita desarrollar una conciencia crítica para poder definir los límites del espacio y las formas de la ingeniería, frente a estos mercados acelerados del «artificio megamonumental». Una estética crítica, capaz de enfrentarse al mundo opulento de las ingenierías de la desmesu-

ra o de la trivialización del objeto banal, que ya se consolidan como obra pública en los paisajes de nuestras geografías metropolitanas.

El universo formal que desarrolla el proyecto del ingeniero al romper con los «arcaicos» métodos de prueba y error, le permite, mediante la «hipótesis optimista» del cálculo, avanzar en modelos matemáticos de gran fiabilidad. «Todo proceso de la técnica», precisa Manterola, es «el paso de dudar si una obra se va a caer, a estar absolutamente seguro de que no se cae».

Retórica sincopada, pero de una lógica constructiva sin reticencias que nos recuerda al ingeniero de 1920, en las fases de la industrialización de la construcción que requería unos profesionales de dura y profunda formación; economía estructural, conocimiento de matemáticas, física y resistencia de materiales, conocimientos que los arquitectos de entonces desconocían con frecuencia y el ingeniero aparecía como el «gran héroe de la construcción». Sus obras formalizaban un universo espacial requerido por la revolución industrial y enriquecido por las valencias estéticas del hierro y el hormigón armado, valencias aliadas para «comprender el objeto construido».

La obra de ingeniería que surge del proceso constructivo es, sin duda, para el ingeniero J. Manterola, un lenguaje y ese lenguaje debe comunicarse con formas inteligibles, integradas en la cadencia simbólica que ha de construir el nuevo paisaje tecnológico.

Hemos podido escuchar que al ingeniero Javier Manterola no le agrada «adjudicar a la materia conceptos técnicamente sin sentido como el de honradez y verdad», y proclama como diferencial conceptual para la nueva estética de lo constructivo, «la rectitud en el concebir», según expresión del filósofo Martin Heidegger.

Nuestra época se aleja de aquellos proyectos de la ingeniería que personalidades tan insignes, como Eugen Freysinet, abandonaban la doctrina de excluir toda intención artística en el proceso constructivo del proyecto del ingeniero; pese a tan discutida aseveración, no podremos negar que muchas de las conquistas de la espacialidad moderna en la arquitectura e ingeniería, después de la revolución industrial, se deben al desarrollo del pensamiento de la razón instrumental en íntima fusión con la estética que se manifiesta por medio de la inteligencia técnica. Sus conquistas son más que evidentes en el binomio ingeniería-arte. El ingeniero, como el

arquitecto y el artista por aquellos años como en nuestros días, quiere ser libre de sus compromisos éticos con la forma y, desea abolir todo obstáculo entre el proyecto y la idea, entre la idea y el usuario. Esta ruptura acumula violencia en la propia obra y en el entorno donde se edifica.

Manterola plantea en su discurso que la originalidad y novedad del proyecto del ingeniero, entre otros avatares, parten de un problema de escala, «el tamaño de un puente, una presa o una carretera tienen su medida en el territorio no en el hombre». Será la respuesta a estos problemas de escala los que han permitido la conquista de la diafanidad espacial y la incorporación de la transparencia. Estos logros, a veces, los disfrutaban los arquitectos tan solidarios en poder expresar la caligrafía de sus fachadas en la levedad del muro. No podríamos olvidar en estos éxitos de la ingeniería, la sustitución del soporte por la membrana ligera y, sobre todo, la conquista de la luz, que me atrevería a señalar como la vocación primaria del ingeniero, ya sea enlazar los cerros testigos de un valle mediante el tablero de un puente o cubrir la semiesfera en arcilla del Panteón romano.

De este modo, se aúnan escala, materia y forma, trinidad en los saberes del ingeniero-constructor que integran las razones técnicas y compositivas, de manera que cuando lo pensado en el proyecto, «con la rectitud en el concebir» heideggeriano que antes he señalado, deviene en forma, su construcción, su edificación transfiere al artefacto la categoría de símbolo. Así lo entendían los constructores romanos, como Cayo Julio Lacer quien observando el singular puente edificado en la acodalada geografía de Alcántara —*al cantara*, ‘el puente’, lo he reseñado en ocasión reciente—, mandó grabar una enigmática leyenda que dice así: *Ars ubi materia vincitur ipsa sua*, que la fina sensibilidad filológica de mi buen amigo el filósofo Emilio Lledó traduce en bella sentencia: «El arte, donde la materia es vencida por sí misma»¹. Hermosa profesión la de estos pontífices, hacedores de puentes, donde la materia con la que construyen

¹ Referencia al discurso de ingreso de Antonio Fernández de Alba en la Real Academia Española, *Palabras sobre la ciudad que nace*, ed. RAE, Madrid, Biblioteca Nueva, 2005.

sus obras, no solo trasciende su propia naturaleza, sino que a través del ingenio, se transforma en arte. La obra construida origina, sin duda, la propia dimensión estética.

Soy consciente de la dificultad de esa «niebla disipada» que otea el pensamiento positivo de Manterola frente a la obra pública de la ingeniería, y es de agradecer, máxime hoy que la deriva metropolitana se encuentra atareada en transformar el poder, en espectáculo; la energía social, en cultura simulada y la materia, en mercancía.

La cortesía académica en esta ceremonia aconseja la brevedad concisa en el diálogo de bienvenida, pero no quisiera terminar mis palabras sin acentuar en la personalidad del nuevo académico, su rotundo sentimiento, sentimiento apasionado en la construcción de las estructuras inteligentes del futuro, de lo que podríamos denominar el nuevo paisaje de la geografía técnica, complementaria de la primera naturaleza, estructuras inteligentes del futuro desde los saberes, en parte aún ocultos, de la nueva construcción tecnocientífica, confort técnico y acústico, control de soleamiento, diseño de nuevas energías. En definitiva, es la nueva cultura del proyecto, apartados más complejos que la resistencia y estabilidad de los materiales, pero al fin usos y funciones de nuestro tiempo.

El proyecto de la ingeniería quiero entenderlo, en el relato que aquí hemos oído, superador de aquella vieja dicotomía que establece para la arquitectura y la ingeniería dos lógicas de proyectar opuestas, asignando al arquitecto formalizar un objeto terminado y visible que edifica la apariencia y, al ingeniero, atareado en fabricar un modelo abstracto que solo se ocupa de su proceso constructivo. No se trata, nos viene a decir Javier Manterola, de que una nueva sensibilidad transforme la «función técnica» de la ingeniería en «fruición estética», precisamente ahora, que las conquistas sobre la primera naturaleza, abunda en obras, donde la expresividad de sus formas apenas tiene relación entre el porqué de su existencia y el cometido de su ser. No deberíamos olvidar que en las almenas de Babel, aún hay confusión de lenguas y que tal confusión apenas permite poder percibir la perversión de la forma que avala una estética mitificadora de la belleza-obscena.

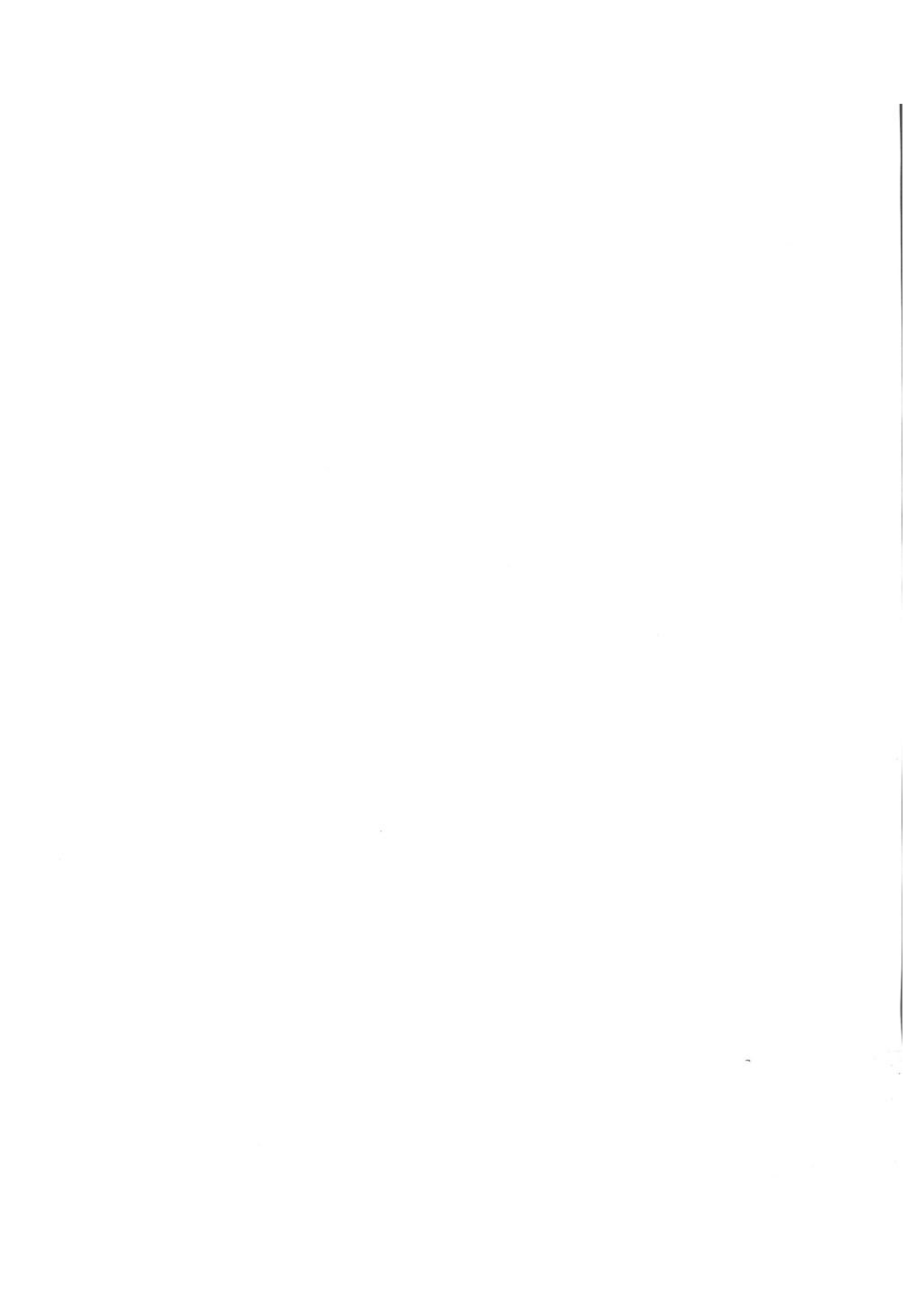
«La vida», nos recuerda María Zambrano, «se busca en el presente, se despierta sucesivamente para buscar presentes, donde

encontrarse y producir una forma... frente a ella la materia es como el pasado...»

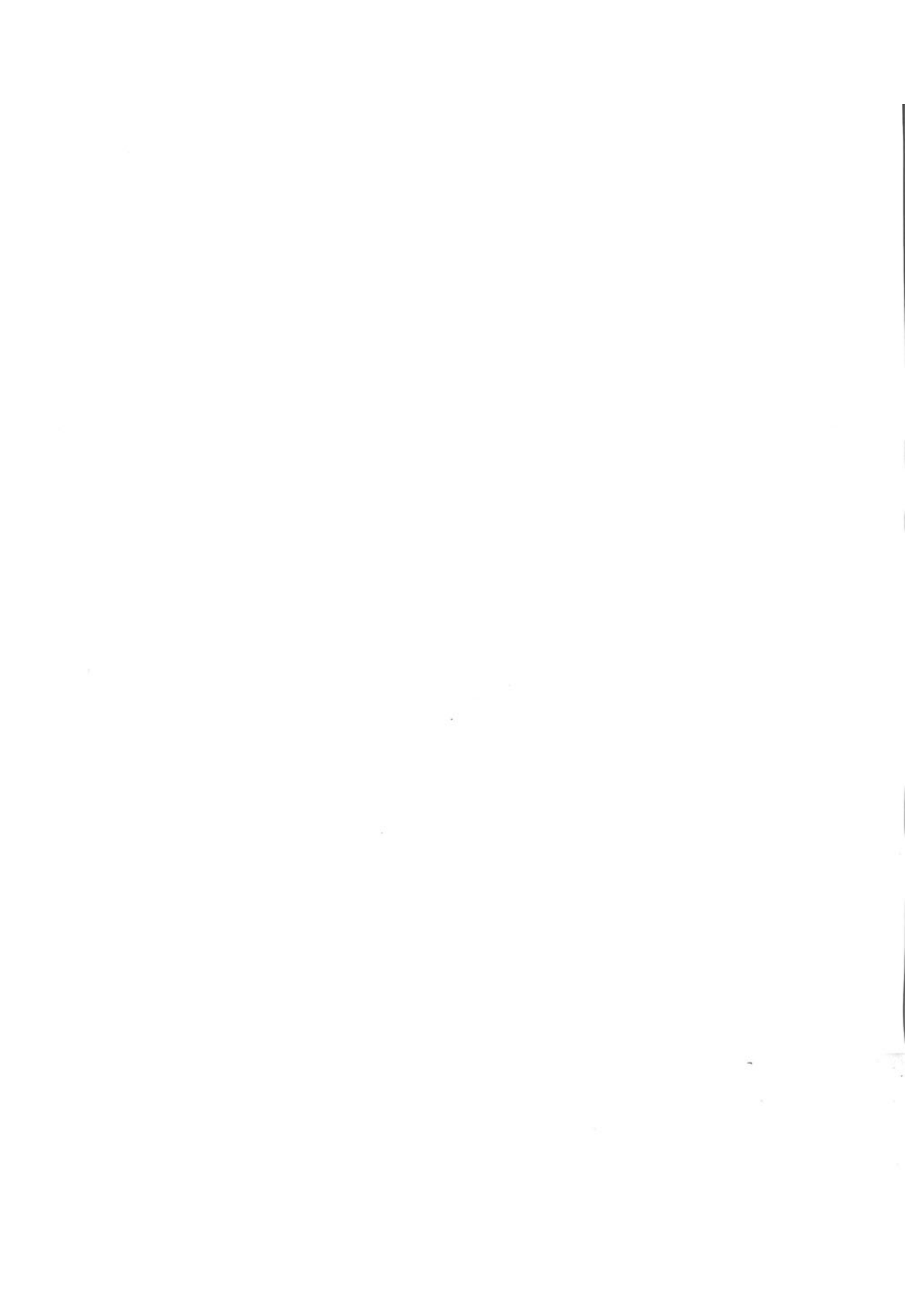
Querido Javier, en nombre de nuestra Real Academia de Bellas Artes y en el mío propio, larga vida académica.

¡Bienvenido, felizmente venido!

ÍNDICE



<i>Relación entre la estructura resistente y la forma. Notas en torno a la valoración estética de los puentes, discurso del académico electo EXCMO. SR. D. JAVIER MANTEROLA ARMISÉN</i>	7
Introducción	13
I. Construcción del pensamiento de los ingenieros	15
II. Las tres manifestaciones de lo ingenieril	23
Relación arquitecto-ingeniero	23
El mundo y la estética del ingeniero	29
El futuro de la construcción	41
III.	43
Figuras	45
<i>Contestación, EXCMO. SR. D. ANTONIO FERNÁNDEZ DE ALBA</i>	47



LA EDICIÓN DE ESTE VOLUMEN HA SIDO
REALIZADA POR EDITORIAL BIBLIOTECA NUEVA
—AL CUIDADO DE ANTONIO ROCHE—
COMO HOMENAJE AL ACADÉMICO
DON JAVIER MANTEROLA ARMISÉN.
SE TERMINÓ DE IMPRIMIR
EL DÍA 6 DE DICIEMBRE DE 2006
FESTIVIDAD DEL DÍA DE LA CONSTITUCIÓN

