

EL GRIL ESTRUCTURAL

THE STRUCTURAL GRAIL

LUIS JAVIER SANZ BALDUZ. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Structural Research, S.L. Research & Concrete, S.A. ljsanz@strucre.com

RESUMEN: La tremenda evolución de los materiales y procedimientos constructivos ha motivado que el ámbito de la ingeniería de puentes asista a un cambio de la filosofía aplicada en el desarrollo de su actividad. La incursión de profesionales de disciplinas diferentes a la ingeniería y la introducción de nuevos conceptos, como la “objetualización”, conllevan un progresivo abandono del enfoque ascético habitual del diseño estructural de los puentes. De esta forma aparece una oferta, prácticamente infinita, de recursos formales susceptibles de ser aplicados arbitrariamente. La enorme libertad de elección implica la imperiosa necesidad de un profesional perfectamente consciente de las implicaciones de su trabajo desde perspectivas distintas al mero análisis estructural.

PALABRAS CLAVE: PUENTES, ESTÉTICA, FILOSOFÍA, OBJETUALIZACIÓN

ABSTRACT: The enormous development in construction materials and procedures has witnessed a change in philosophy in the area of bridge engineering. The incursion of professionals from different engineering backgrounds and the introduction of new concepts such as “objectualization”, has brought about the gradual abandoning of the standard aesthetical focus of structural design of bridges. There is now a practically unlimited scope of formal resources which may be arbitrarily applied to bridge design. This wide-ranging freedom of choice makes it imperative to rely on professionals who are perfectly aware of the implications of their work from other perspectives than that of mere structural analysis.

KEYWORDS: BRIDGES, AESTHETICAL, PHILOSOPHY, OBJECTUALIZATION

INTRODUCCIÓN

“Una de mis razones para escribir este libro radica en que creo que mucha gente está cansada de la deslumbrante oscuridad del parloteo puramente artístico, del malabarismo de tópicos y conceptos estéticos deshidratados, del escaparatismo pseudocientífico, de la búsqueda impertinente de síntomas clínicos, de la complicada medición de minucias y los epigramas graciosos”.

Rudolf Arnheim (*Arte y percepción visual*)

La búsqueda, de forma prácticamente mística, de ciertos valores atávicos (de ahí el título del artículo) comúnmente utilizados en el campo de la ingeniería estructural (concretamente en el entorno de la ingeniería de puentes), motiva que el autor se debata entre el más exacerbado nihilismo y el proselitismo febril respecto a las corrientes de pensamiento actuales. Conceptos sospechosamente absolutos como “verdad estructural”, “pureza de las formas”, “adecuación de la forma a la función”, “adecuación de la obra al entorno”... son continuamente mencionados en cualquier reflexión que aluda a la naturale-

za conceptual de los puentes. Su significado, sea único o múltiple, no se discute y además existe un peligroso valor añadido de calidad en función de quién lo utilice. Esta situación, unida al hecho de que el problema técnico de construcción de un puente ha desaparecido prácticamente por completo (para la mayoría de los casos ejecutados), configura una situación muy novedosa e interesante que motiva la necesidad de una profunda revisión de las líneas de pensamiento actualmente esbozadas.

Independientemente de todo lo comentado, el único argumento válido que permite comprender el significado concreto de estas líneas es confesar abiertamente que se pretende verbalizar un estado de ánimo, un sentimiento profundo que periódicamente emerge planteando las mismas cuestiones sin respuesta. Se trata, entonces, de un ejercicio de “mayéutica” personal, una necesidad de escribir como verbo intransitivo... No se quiera ver un carácter peyorativo en lo que a continuación sigue que, tan sólo pretende, reitero una vez más, aportar una simple y humilde reflexión. Seguramente la aportación de dicha reflexión será completamente nula pero, por lo menos, ejercerá un importante efecto tera-

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de junio de 2004.

Recibido: diciembre/2003. Aprobado: diciembre/2003



Fig. 1. Puente medieval en Besians (Huesca) sobre el río Ésera. El puente es algo más que un montón de piedras...

péutico sobre el autor que exorcizará tímidamente ciertos demonios personales.

SITUACION ACTUAL DE LA INGENIERÍA DE PUENTES

Como su propio nombre indica, el concepto “Ingeniería Estructural” alude a la rama de la ingeniería que se dedica al análisis y diseño de cualquier tipo de estructuras, que a su vez pueden ser definidas como cualquier disposición de materiales realizada para soportar cargas. El campo de actuación de la ingeniería estructural es tremendamente amplio e implica a multitud de disciplinas completamente inconexas: desde la medicina hasta cualquiera de las ramas de la ingeniería (naval, aeronáutica, civil, industrial...) pasando por la biología, química, geología, arqueología, etc. En el presente artículo se aludirá, exclusivamente, a una minúscula rama de la ingeniería estructural que se refiere al estudio de los puentes.

A lo largo de la historia la construcción de un puente ha supuesto la consecución de un arriesgado reto para el hombre. David Steinman lo explicaba de la siguiente manera:

“Porque un puente es algo más que una cosa de acero y piedra: es la concreción del esfuerzo de cabezas, corazones y manos humanas. Un puente es más que una suma de deformaciones y tensiones: es una expresión del impulso creador de los hombres –un desafío y una oportunidad para crear belleza–. Un puente es el símbolo del heroico esfuerzo de la humanidad hacia el dominio de las fuerzas de la naturaleza. Un puente es un monumento a la tenaz conquista del género humano”.

En esta apasionada visión de lo que supone construir un puente encontramos ya uno de los temas recurrentes aludidos en la introducción que no es otro que la creación de belleza.

Una actividad creativa realizada a partir de leyes físicas y de materiales concretos, a partir de geometrías simples y complicadas tecnologías. Por decirlo de alguna manera, los puentes representan la estética de las leyes físicas, el reflejo de la materialidad de las matemáticas. Precisamente por eso, por el hecho de tomar como punto de partida algo tan “trascendente” como la física y las matemáticas, podíamos pensar que se trata de una belleza objetiva puesto que sus fundamentos descansarían en la apacible frialdad de complicadas ecuaciones. Pero nada más alejado de la realidad; el tema de la estética de los puentes ha suscitado, y sigue originando, numerosas y arrebatadoras controversias puesto que parece que cada individuo percibe de manera diferente lo plasmado (los mecanismos perceptivos han sido profusamente analizados y es evidente que la interpretación depende de multitud de factores de todo tipo aunque existan leyes de agrupamiento de carácter general). De todas formas, y llegados a este punto, quizás deberíamos planteamos las siguientes cuestiones:

¿La finalidad estética de los puentes es una virtud exclusivamente pensada por y para los ingenieros o profesionales del mundo de la construcción o, por el contrario, es inteligible para el resto de miembros de la sociedad?

¿Existe algún tipo de invariante en la elección del diseño de un puente?

¿La sociedad, como entidad colectiva, tiene capacidad para discernir si el diseño de un puente es correcto?

¿Le importa algo a la sociedad el aspecto o la estética de un puente?

Poder responder unívocamente a estas preguntas, sin vaguedades ni conceptos desnaturalizados, permitiría abordar de una forma definitiva el problema estético relacionado con la ingeniería de puentes. Desgraciadamente es difícil que eso pueda suceder porque la reflexión global que conlleva intentar responder a las anteriores cuestiones, obliga a acudir a numerosas disciplinas en las que es harto complicado poder moverse con destreza. Nos referimos a perspectivas tan diferentes como la sociología, la psicología, la pedagogía, la filosofía, la física o las matemáticas.

Asumiendo, por tanto, nuestra completa incapacidad (al menos la del autor) para poder abordar el problema de forma global intentaremos recurrir a otra forma de aproximación mucho más básica y en la que únicamente se pretende, como se ha mencionado en la introducción, pensar en voz alta.

Intentar establecer un marco general de referencia para poder diseccionar correctamente el estado de la ingeniería de puentes escapa del alcance de este artículo y de las posibilidades del autor (una vez más...). Pero, pulsando el ambiente que se respira y que se transmite en los foros que agrupan a este colectivo de profesionales, podíamos decir que se trata de una actividad que se encuentra en un mo-



Fig. 2. Puente
en Orense.
¡¡Less is bore!!

mento, permítasenos la licencia, de neurótica búsqueda de identidad. El hecho es que, desde que la ingeniería civil se desgajó de la arquitectura (a mediados del siglo XVIII), ha existido un pequeño grupo de profesionales (denominémosles ingenieros de puentes) que ha deambulado en un terreno intermedio, equidistante entre la arquitectura, la escultura y la física. Sin embargo, y a pesar de las dificultades que conllevaba moverse en ese ámbito tan levemente delimitado, durante muchos años no surgieron problemáticas de especial trascendencia puesto que eran los propios ingenieros los únicos habitantes de este *limes fronterizo* (tomando prestado el concepto de Eugenio Trias). Si existía algún tipo de disfunción se debía a rivalidades entre los ocupantes del *limes*, pero nunca se cuestionó la idoneidad de la profesión para dedicarse a sus quehaceres heredados. Del mismo modo la sociedad percibía que estos profesionales eran los más adecuados, incluso los únicos, que podían dedicarse al diseño y ejecución de los puentes.

Todo este onírico panorama ha cambiado súbitamente cuando diversos técnicos o profesionales de otras disciplinas se han aventurado a introducirse en la cartujana atmósfera de la ingeniería de puentes: arquitectos, escultores, ¡¡publicistas!... El ingeniero se ha visto agraviado y atacado. En definitiva, han violado su intimidad.

La irrupción de la figura de Santiago Calatrava es particularmente paradigmática. Las soluciones de los puentes de Bach de Rodá, el Alamillo o la pasarela del campo de Volantín en Bilbao (por citar solamente algunas de sus realizaciones en España) han convulsionado las tranquilas aguas del estanque en que se encontraba la ingeniería estructural. Sus diseños han sido profusamente denostados en los medios ingenieriles puesto que sus formas no encajaban con lo que se supone la actividad del diseñador de puentes. Por citar algunos aspectos recurrentes:

- Formas no adecuadas al entorno y ausencia de escala.
- Exagerado coste.
- Mal funcionamiento estructural.

El hecho de que Calatrava sea arquitecto (da igual que también sea ingeniero civil, es indiferente que hubiera colaborado con uno de los estructuralistas más importantes de los últimos años, Christian Menn) ha influido negativamente en la visión que desde la ingeniería, en términos generales, se tiene de su obra. Es innegable que las estructuras de Calatrava no asumen una disposición estructural ortodoxa y que incluso, en ocasiones, llegan a ser completamente anti-

naturales (un puente atirantado sin cables traseros de riostra es difícilmente defendible). Por tanto no es, en absoluto, casualidad el desdén con que se nombra a Calatrava en cualquiera de los foros que agrupa a los ingenieros de puentes (publicaciones especializadas, cursos, congresos...). De todas formas, lo interesante (bajo la óptica del presente artículo, aunque las implicaciones son mucho más amplias) del “efecto Calatrava” ha sido el hecho de que se ha impelido a los ingenieros a ampliar su oferta de propuestas, a abandonar la relativa apatía creadora en la que se encontraban. Una apatía generada porque la soledad del *limes* anteriormente aludido no obligaba a nada más.

Como hemos mencionado la situación actual ha variado radicalmente. No es infrecuente encontrar el promotor de turno, sea privado o público, que quiere que “su puente” tenga cierto “aire calatrava”, es decir cierto aroma de unicidad, de hito arquitectónico e innovador (el “less is bore” de Venturi convertido en auténtico principio programático o, ¿deberíamos decir pornográfico?). La consecuencia de esta situación ha sido de carácter dual; por un lado se ha promovido la creación de estructuras completamente alejadas de la racionalidad (algunas de ellas, para qué vamos a negarlo, diseñadas por ingenieros de puentes) y, al menos, dudosas desde el punto de vista estrictamente estético. Por otro lado han aparecido verdaderas joyas de lo que más tarde denominaremos (de acuerdo a la literatura relacionada) “arte estructural”, puentes que reflejan la claridad de conceptos utilizados por el proyectista, que articulan el entorno en el que se encuentran, que deslumbran o que invitan al recogimiento... En cualquiera de los dos casos es evidente que la pretendida unicidad se ha conseguido, obviamente, pero a costa de sacrificar el enfoque ascético habitual.

Como se puede observar si se relee el párrafo anterior, el autor del artículo ha valorado ciertas estructuras a las que ha calificado, desde su punto de vista, como irracionales. La utilización de un calificativo así implica una parcialidad no pretendida porque se intentan comprender las posibilidades globales inherentes en la concepción de un puente. Entonces, intentemos recapitular:

¿Quién dicta lo que es racional o irracional en el diseño de un puente? ¿Un puente debe ser una expresión del equilibrio existente o podemos sacrificar ese aspecto frente a cualquier otra intención de diferente índole? ¿Qué está permitido y qué está prohibido?

Al hilo de esta situación se ha producido una tendencia completamente inesperada, aunque evidente desde una perspectiva más amplia (se pueden establecer paralelismos con las contradicciones entre la corriente política “comunitarista” actual y la aparición de localismos desatados). Los ingenieros de puentes (algunos) han revitalizado un complejo léxico propio (ya existente pero reservado únicamente a “ingeniería literaria”), en consonancia con el necesario proceso

de autoafirmación emergente, con el que se ha pretendido sistematizar un método crítico que sirviera de herramienta para analizar la corrección y adecuación de las soluciones propias y ajenas. La idea, en principio, es correcta. Pero si se articula un sistema de conceptos vacíos y de interpretación arbitraria se pervierte el método convirtiéndolo únicamente en un lenguaje carente de significado e intrínsecamente demagogo. Un lenguaje que únicamente esconde un preocupante vacío de contenidos.

Eugenio Trías, en su libro “*Lógica del Límite*”, realiza la siguiente reflexión:

“Lo curioso del simbolismo es la fuerza y riqueza emocional que ese nexo de convención y referente de significación produce, tanto más chocante y sorprendente en razón de la pobreza y hasta miseria de la traducción “en palabras” (siempre abstractas) de ese referente de significación. Aquí se halla el trágico *via crucis* de toda analítica musical, que, o bien, so pretexto de atenerse a la pura forma, se degrada en puro tecnicismo, o bien, caso de que se busque auxilio en los contenidos, se empobrece hasta la cursilería y el ridículo, o decae en paráfrasis pseudolíricas que acaban mistificando el propio universo de creación musical, alentando así o suscitando la música de programa con todos sus inconvenientes, sugiriéndose así una relación de *mimesis*, o de desdoblamiento forma/contenido, signifiante/significado, que es ajena a la naturaleza de la *forma simbólica*, ya que el nexo entre el objeto(musical) y el referente de significación es convencional y está abierto al principio de incertidumbre de la “interpretación” o de la “hermenéutica”. Pues el único modo de abordar formas simbólicas es la hermenéutica, sea en el modo de su ejecución, sea en el modo de su paráfrasis conceptual-lingüística (análisis musical).”

En este párrafo Trías alude a la imposibilidad de explicar unívocamente el acto creativo en la música, disciplina pareja a la arquitectura en lo que él denomina *artes fronterizas*.

¿No parece aplicable lo comentado al campo de la ingeniería de puentes?

En opinión del autor existen ciertas similitudes no desdeñables entre lo aludido por Trías y el léxico estructural anteriormente mencionado. La definición y posterior valoración del símbolo es un proceso particularmente complejo puesto que se debe acudir a disciplinas que normalmente pervierten la naturaleza de dicho símbolo.

¿No parece entonces complicado analizar un puente unívocamente?

Y siguiendo con las numerosas preguntas sin respuesta:

¿Es lícito, por ejemplo, criticar al Puente del Alamillo sin aludir a su pretendido carácter de hito arquitectónico?



Fig. 3. Pasarela peatonal en área de servicio de la autovía de Leizarán.
¿Arco, dintel continuo, pórtico...?
¿Importa?

¿Es menos puente aquel cuyo mecanismo estructural sea extremadamente artificioso o, simplemente, es una estructura inadecuada desde el punto de vista mecánico y resistente?

¿Es correcto, entonces, un puente urbano cuyo mecanismo estructural sea perfectamente visible y eficaz y que, sin embargo, carezca de la mínima escala exigible por la existencia de un entorno anterior y que debe ser respetado?

Alan Watts repetía que casi nunca hay correspondencia entre lo que sentimos y lo que creemos que sentimos, con lo que aludía a la dificultad intrínseca de verbalizar nuestro estado de ánimo. Si eso es así y, siguiendo a Trías, la hermenéutica es la única forma de abordar formas simbólicas, ¿debemos rendirnos a la circunstancia de la imposibilidad de analizar elementos como los puentes? No; o al menos, no desde la perspectiva de la ingeniería estructural. Es decir, debería renunciarse, al menos en primera aproximación, a interpretar holísticamente el acto creativo del diseño para centrarse en analizar aspectos compartimentados del mismo como adecuación de la forma al mecanismo resistente, rendimiento estructural de los elementos utilizados, evaluación de la vida útil de la estructura... Desde otras disciplinas podríamos es-

tar reflexionando acerca del impacto paisajístico, la integración en el entorno, el hecho estético como tal (sin mezclarlo con consideraciones ingenieriles), etc, etc. No cabe duda de que la adecuación de la solución dada por el proyectista (que recordemos que no tiene por qué ser única, es decir, no existe unicidad de solución) será tanto mejor cuanto más elevado sea el número de aproximaciones desde las cuales sea capaz de acercarse al acto creativo. Eso es evidente; pero no debe confundirse con la intención de la interpretación holística y unívoca del mismo, puesto que tal hecho es imposible en sí mismo.

En definitiva, parece adecuado desterrar los eufemismos y asumir la parcialidad de las valoraciones personales de cada uno. Y ser consciente de la parcialidad personal no quiere decir nada más que asumir la capacidad intelectual propia, ni más ni menos. El conocimiento de los mecanismos estructurales no puede ni debe estar desvinculado del resto de las disciplinas ya sean técnicas o humanísticas. Es precisamente el enfoque multidisciplinar el que permitirá al profesional poseer un mejor y más abundante abanico de perspectivas, de posibilidades, de potencias, de capacidades... En consecuencia, de respuestas.

¿LA INGENIERÍA DE PUENTES ES UNA ACTIVIDAD ARTÍSTICA?

Thomas Mann, en su libro “La muerte en Venecia”, hace referencia al proceso creativo de su personaje, Gustav Aschenbach, en relación a la intensa devoción por el joven Tadzio:

“Es, sin duda, positivo que el mundo sólo conozca la obra bella y no sus orígenes ni las circunstancias que acompañaron su génesis, pues el conocimiento de las fuentes que inspiraron al artista lo confundiría e intimidaría, anulando así los efectos de la excelencia”.

Como se comentaba en el primer apartado, el mundo de la ingeniería estructural, en su proceso de autoafirmación profesional, está promoviendo actividades autocríticas desde muy diversos ámbitos. Es destacable, por su relación con el tema que nos ocupa, la aproximación a la génesis estructural desde la perspectiva artística en un momento en que la propia palabra arte, o más bien, el concepto que con dicho vocablo pretendemos definir, se encuentra en una situación de absoluta abstracción. El hecho de intentar analizar el proceso ingenieril desde un punto de vista artístico plantea la inevitable cuestión de su idoneidad:

¿La ingeniería de puentes es una actividad artística?

Según gran parte de la literatura actual relacionada no cabe ninguna duda de que debemos dar una respuesta afirmativa a la pregunta formulada. Dos de los títulos más llamativos son los libros “The Tower and the bridge. The New Art of Structural Engineering” de David P. Billington y “The Art of the Structural Engineer” de Bill Addis en los que se alude explícitamente a la equiparación de la ingeniería estructural a actividad artística. Cabe decir que gran parte de esa literatura, en la que los dos libros mencionados son simples ejemplos, está realizada por los propios creadores de puentes, o estructuras en sentido amplio, con lo cual debemos ser muy prudentes en la valoración de tales opiniones. Lo que sí es obvio es que todavía es escasa la aproximación al problema desde otros ámbitos profesionales que aportaría, sin duda, una visión menos vehemente que permitiera un análisis más exhaustivo de la situación global.

En todos los textos que se escriben como autoafirmación de la actividad creativa del ingeniero se hace especial hincapié en el momento de la concepción de la estructura, en la génesis, el instante en el que el profesional se encuentra a sí mismo como un gestor de factores, un demiurgo enfrentado a la necesidad de equilibrar conceptos para armonizar su propuesta. Estos factores o conceptos son de muy diversa índole pero Billington los concentra fundamentalmente en tres parejas de criterios:



Fig. 4. El grito de Edvard Munch continúa escuchándose 100 años después

- Esbeltez y Seguridad.
- Integración y Coste.
- Contraste y Afinidad.

La actividad artística, según Billington, recae precisamente en la correcta elección de mecanismos que conduzcan al equilibrio de todos los criterios antes aludidos.

Frank Newby, de forma menos racionalista y empírica, da su particular visión del tema (Traducción propia):

“Como la función de una estructura es comunicar cargas de forma segura al terreno, introduce el concepto de “rutas de rigidez” a lo largo de las cuales las cargas se comu-

nican en cantidades variables dependiendo de la rigidez relativa de cada una de estas rutas. Sugerí que los ingenieros o arquitectos conciben las estructuras en términos de deformación frente a tensión y que ellos son libres para situar estas rutas de rigidez en cualquier lugar del espacio; su localización y escala es un arte”

Observamos que en cada uno de los dos ejemplos mencionados, la circunstancia sobre la que recae la calificación de actividad artística es la decisión, la elección, el equilibrio de factores. Siguiendo este planteamiento, que parece acertado, es arte todo aquello que exige un compromiso de decisión de composición, de equilibrio de partes aisladas dentro de un conjunto. Repasemos disciplinas artísticas convencionales: música, pintura, escultura, literatura... Todas ellas parten de elementos objetivos: notas, colores, materiales, palabras... Pero el arte o, mejor dicho, el artista, es aquel que elige una disposición, es el creador de un lenguaje concreto que articula elementos diferentes dentro de un contexto determinado. Ese ordenamiento determinará, posteriormente, las sensaciones en el receptor de la obra artística: la vehemencia wagneriana (“El anillo del nibelungo”), el horror de Munch (“El grito”), la nostalgia épica de Lorrain (“Embarque en Ostia”)... Ese cúmulo de sensaciones, por tanto, deberá existir igualmente en la experiencia sensible de un puente, aunque no seamos capaces de describirlo, ni seguramente tampoco de conseguirlo de forma voluntaria.

Aceptamos, por tanto, que la ingeniería de puentes es efectivamente una actividad artística. Perfecto; pero no dramaticemos, no extraigamos lo comentado de su contexto. Todos, en nuestra vida diaria, nos encontramos continuamente frente a problemas similares a los que trata de resolver el artista, aunque evidentemente de forma más modesta. En la introducción de “La Historia del Arte”, de Ernest H. Gombrich se alude a esta cuestión:



Fig. 5. San Sebastián, el Kursaal y el puente del Kursaal.
¿Rima asonante?

“Quien quiera que haya tratado de componer un ramo de flores, mezclando y cambiando los colores, poniendo un poco aquí y quitando allí, ha experimentado esa extraña sensación de equilibrar formas y matices, sin ser capaz de decir exactamente qué clase de armonía es la que se ha propuesto conseguir. Hemos advertido: una mancha de rojo aquí lo altera todo; o este azul está muy bien, pero no va con los otros colores; y de pronto una rama de verdes hojas parece acertarlo todo. “No tocarlo más –decimos-, ahora está perfecto”. No todo el mundo, lo admito, pone tanto cuidado en arreglar flores, pero casi todo el mundo tiene algo que desea colocar con acierto. Puede tratarse de encontrar el cinturón acertado que haga juego con cierto vestido, o de cualquier otra cosa que en nuestra vida cotidiana nos salga al paso. Por trivial que pueda ser, en cada caso percibimos que un poco de más o un poco de menos rompe el equili-

brio, y que sólo hay una proporción en la que la cosa es como debe ser.”

Quizás el hecho descrito explique la circunstancia de que todo el mundo tenga una opinión para este tipo de asuntos estéticos, porque todos somos un poco artistas y todos ejercemos como tales, aunque sea en pequeñas dosis.

Pasando por alto la última afirmación (unicidad de solución que el autor no suscribe) podemos observar que Gombrich describe con exactitud las sensaciones cotidianas que pasan por la cabeza de cualquier individuo. También son sentimientos que deambulan en la mente del ingeniero en el momento de decidir la forma de un puente. Es obvio que la elección de formas y de materiales en el campo de la ingeniería de puentes no es tan arbitraria como colocar una rosa o una hoja en un ramo... ¿O sí?

En un momento en que la construcción de un puente de medianas luces no induce ningún tipo de problema, ya sea de análisis o de construcción, ¿podemos hablar de completa, o al menos cierta, arbitrariedad de formas? Y admitiendo por un momento que sea así, ¿es lícita?

Javier Manterola lo comentaba en una entrevista publicada en El País el 28 de junio de 2003. El problema ingenieril en los puentes pequeños ha desaparecido (en primera aproximación). La estructura como tal se ha “objetualizado” (utilizando la terminología de Manterola), en otras palabras, se ha descontextualizado y se ha implementado en un proceso industrial de pedido, fabricación y montaje. Asumiendo la validez de la afirmación, el problema estético de este tipo de puentes no debería ser mayor que el que siente cualquier individuo cuando elige un sofá para el salón o un marco para el cuadro del dormitorio o incluso la flor a la que aludía anteriormente Gombrich. ¿Qué tipo de actividad artística se desarrolla entonces? Como el problema estructural está resuelto, la elección de la forma de un puente no tiene por qué ser muy diferente a la elección de un modelo de silla... Pero hay sillas y sillas y, por lo tanto, puentes y puentes. Esta circunstancia se comentará más ampliamente en el apartado relativo a las tendencias futuras.

Recordemos que hasta hace relativamente poco tiempo la luz del puente definía inequívocamente la tipología del puente a proyectar y, por tanto, de los materiales a emplear. Esta situación, en los rangos medios de luces, ha variado sustancialmente puesto que la paleta de posibilidades es tan amplia que permite la existencia de compromisos personales de los proyectistas; es decir se asumen decisiones basadas única y exclusivamente en los gustos, inclinaciones o disquisiciones morales del proyectista... ¿No podemos inferir que estamos hablando de cierta arbitrariedad? Obviamente la disponibilidad tipológica y la posibilidad de elección de materiales disminuye conforme se incrementa la longitud de la estructura. Manterola lo describe de la siguiente forma:

“Luces de 100, 150 ó 200 metros son hoy luces normales. En fin, a partir de 150 ya tiene alguna complicación más, pero imagínate 1.000 o 2.000 metros de luz. El problema resistente ya es tan importante que no puedes introducir formas, ni planteamiento estético, sino que su resolución es a base de ciencia pura y dura.”

El comentario es certero y notablemente evidente, pero no es menos cierto que incluso con condicionantes tan extremos como los aludidos tableros de 1.000 metros o 2.000 metros existe margen para decidir ciertos aspectos estéticos (aunque es obvio que la libertad disminuye con la luz).

No debe suponer ningún problema en nuestra profesión admitir que una gran cantidad de aspectos utilizados en el diseño de un puente son provocados por las inclinaciones personales del proyectista, es decir, no son reflejo de una re-

alidad inalterable ni responden de manera unívoca a una circunstancia en concreto. Reiteremos una vez más que los ingenieros de puentes tienen algo de artistas en el sentido de que deben decidir una composición de elementos que definirán un significado global. Es evidente que esos elementos poseen una naturaleza dual puesto que en primera instancia deben ser fiables, es decir, deben ser capaces de desempeñar la labor estructural para la que han sido diseñados, pero, por otra parte, reflejan cierta semántica de carácter simbólico que igualmente debe ser considerada y evaluada. De todas formas huyamos de la ampulosidad de la palabra Arte con mayúscula; tal Arte no existe (siguiendo el concepto de Gombrich) tan sólo los artistas y, como se ha comentado, todos somos algo artistas.

PEDAGOGÍA DE LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL

Hemos afirmado que la ingeniería de puentes es una actividad artística; también hemos comentado que ese tipo de aproximación al arte se da en multitud de ámbitos cotidianos, pero no por ello debemos despreciar esa faceta de la labor del ingeniero. También hemos comentado que es muy complicado, si no imposible, tratar de verbalizar el acto creativo (no sólo el propio sino también el ajeno). Igualmente se ha mencionado la extrema dificultad que supone la aproximación holística al hecho creativo inherente al diseño de puentes.

Es evidente que la formación del futuro profesional debe incluir conocimientos matemáticos, físicos, geométricos (el puente debe resistir las cargas que se van a aplicar), pero no es menos evidente, a tenor de todo lo que se ha comentado hasta ahora, que es preciso dotar al ingeniero de las herramientas que le permitan desarrollar mejor su labor. Si estamos de acuerdo en que el acto creativo es de naturaleza compleja, y no unívoca, parece conveniente prestar especial atención a aquellas materias que permitan una mayor capacidad a la hora de solucionar un problema. Y hablamos de capacidad con mayúsculas, capacidad como intento de aproximación global y no localista; independientemente de que posteriormente, a lo largo del proceso, se asuma la imposibilidad de una perspectiva tan amplia y se recurra a un enfoque más particularizado. El profesional debe ser capaz de vislumbrar la complejidad para poder reducirla a una situación asumible y adecuada para su capacidad. Y esa situación personal, si así se pretende, evolucionará con el tiempo.

Juan José Arenas comenta en una entrevista publicada en Bridge design and engineering:

“El diseño de puentes es una cuestión de cargas y de la transferencia de dichas cargas, por lo que el proceso debe estar dirigido por el flujo de esfuerzos. Pero resol-

ver el flujo de esfuerzos no es suficiente[...]. El ingeniero debe ser capaz de diseñar una solución que sea perfecta estructuralmente y en términos de durabilidad, seguridad, estética, su adecuación en el entorno y mucho más.”

¿En las escuelas actuales se prepara al alumno para aproximarse a esta forma de acto creativo?

¿El profesional, una vez superado su proceso de educación en la Universidad, es consciente de que el proceso de aprendizaje no ha acabado?

¿Y que ese aprendizaje supera los límites técnicos y alude a la capacidad personal de aprehender las diferentes circunstancias que nos rodean?

Se plantean muchas preguntas y pocas respuestas fiables. Pero una cosa es evidente: el problema es extremadamente complejo y exige aproximaciones diversas y complementarias. El especialista en puentes no puede ni debe centrarse exclusivamente en los cálculos, hay algo más. La conciencia de la existencia de ese algo más se adquirirá en la Escuela o fuera de ella, pero debe vislumbrarse. Que el puente resista es condición necesaria pero no suficiente. Es evidente que en las escuelas actuales no hay cabida para incluir cursos de filosofía, de arte, de psicología... pero, ¿no se podría mostrar el camino? Un profesor no sólo debe ser un personaje que enseñe cómo desempeñar una disciplina y posteriormente valorar la comprensión de lo que ha transmitido; además debe ser un sujeto que muestre posibilidades, que plantee diversidad de direcciones, que enseñe alternativas... Posteriormente cada individuo deberá decidir qué camino recorrer, pero debe saber que hay múltiples preguntas e infinitas respuestas. Los principios dogmáticos deben ser desterrados y debemos conseguir que nuestra capacidad de aprendizaje sea una aliada y no una siniestra enemiga. De cualquier otra forma volveremos a incurrir en los mismos aforismos heréticos aludidos anteriormente, demagogia barata que no implica nada más que una preocupante carencia de contenidos a todos los niveles.

En este artículo se está intentando mostrar la posibilidad de aproximarse al mundo de la ingeniería de puentes desde diversas perspectivas. Textos de diferentes personas, en principio inconexas entre sí, como Rudolf Arnheim, Ernest Gombrich o Eugenio Trias han sido extraídos de su contexto original para aportar algunas reflexiones acerca de la ingeniería estructural. Estas diatribas podrán ser más o menos útiles pero sirven para intentar abstraerse de la cotidianeidad y enfocar el problema desde diferentes situaciones. Como se ha dicho repetidas veces, esta multiplicidad de enfoques redundará en un mayor equilibrio en el momento del desarrollo del acto creativo. Pero contextualicemos de nuevo, ese acto creativo nada tiene de extraordinario ni de mágico. Todo lo contrario, debe partir de la humildad y del respeto al entorno y a la sociedad en la que vivimos. No somos perso-

najes tocados por una varita mágica ni miembros de ninguna secta secreta. Somos simplemente profesionales, técnicos, personas que deben intentar realizar su labor lo mejor posible (como cualquier otro profesional) y es evidente que esa labor será mejor cuanto mayor sea la información de la que dispongamos (de cualquier naturaleza). Olvidémonos de una vez de la mística corporativista y pseudocientífica que no sólo no aporta nada sino que desorienta y pervierte a los nuevos profesionales.

¿Verdad estructural, pureza de las formas...?

¿Qué significan? ¿A qué aluden?

Puede ser que sean conceptos que corroteen en el mundo inteligible de las ideas platónicas... Si es así, reconocamos de una vez que nuestras almas serán eternamente incapaces de recorrer el camino adecuado o quizás asumamos la posibilidad de que la caverna permanezca siempre tan oscura que ni siquiera alcancemos a ver la sombra de la verdad...

En fin, seamos capaces de asumir nuestro papel. Evidentemente tratemos de defenderlo pero sin incurrir en planteamientos perversos y autoproteccionistas. Seamos capaces, igualmente, de transmitir el conocimiento acumulado, del que somos meros transmisores (nada más y nada menos), a las generaciones venideras puesto que no somos alfa ni omega de ningún plan divino.

Estamos hablando, al fin y al cabo, de educación integral con mayúsculas, de los famosos enfoques multidisciplinarios... Pero los auténticos. Los que permiten que podamos plantear diversas soluciones a un mismo problema con el mero cambio de perspectiva. Estamos divagando acerca de la importancia de las humanidades, del compromiso social, de la necesidad de dar respuestas a las preguntas que nos formulen en el mundo en el que, por fortuna o por desgracia, nos ha tocado vivir. De esta forma el concepto del retroprogresismo, acuñado por Salvador Pániker, es perfectamente aplicable a nuestro planteamiento. Progresar desde el conocimiento histórico (no solamente de la técnica) se antoja fundamental para poder evolucionar con sentido crítico. Efectivamente Oresünd sería imposible sin Tacoma; Tacoma no hubiera existido sin el puente colgante del Niágara de Roebling... Pero Roebling no hubiera sido el mismo sin Hegel, y Hegel... ¿Cual hubiera sido el punto de partida de Hegel sin Platón y Descartes? Todo está interconectado y las relaciones podrían seguir eternamente, entonces... ¿No deberíamos autoconscienciarnos de las implicaciones que conlleva y aplicarlos de la mejor manera que sepamos a la pequeña y humilde existencia de cada uno de nosotros?

Alrededor de 1930, uno de los grandes pedagogos artísticos (denominémosles así), Laszlo Moholy-Nagy, que tuvo enorme influencia a través de sus enseñanzas en la Bauhaus, ya se expresaba en los siguientes términos:

“El hombre se ha atrofiado... El hombre sectorial debe volver a erigirse en hombre central, que crece

Fig. 6. Puente
del Tercer
Cinturón de
Zaragoza sobre
la A-2
Diseño y
Proyecto:
Research &
Concrete, S.A. –
Sers, S.A.
Ejecución:
Ronda
Hispanidad UTE
(FCC – ACS) -
Alvisa.



Fig. 7. E-28 del
Cuarto
Cinturón de
Zaragoza
sobre la N-232
Diseño y
Proyecto:
Research &
Concrete, S.A. –
Intecsa-Inarsa,
S.A.
Ejecución:
Ronda Sur UTE
(Sacyr – Necso)
- Alvisa.





Fig 8. Puente de acceso a Parc Sagunt sobre la A-7.
Diseño y Proyecto:
Research & Concrete, S.A.-IV Ingenieros Consultores, S.A.

orgánicamente en la sociedad: fuerte, abierto, feliz, como era en su niñez. Sin esta seguridad orgánica, las diferenciaciones crecientes del estudio especializado son... una simple adquisición cuantitativa, sin que con ello aumente la intensidad de la vida ni se amplíe el entorno vital... El futuro necesita del hombre total.”

En un momento en que la plena autoconciencia del hombre se revela fundamental para mantener el equilibrio en la sociedad actual... ¿Los ingenieros estructurales pueden permitirse el lujo de ser una excepción?

TENDENCIAS FUTURAS

Comentábamos anteriormente que el problema ingenieril de los puentes se ha objetualizado. El avance de la técnica y el desarrollo de los materiales han resuelto numerosos problemas y han permitido que el diseño y la construcción de un puente pase a formar parte de un proceso industrial. Argumentábamos igualmente que el problema que se suscita entonces no es mayor que el que se le presenta a un individuo cuando debe elegir una silla para su salón o su terraza. Es simplemente una cuestión de gustos, de disponibilidad econó-

mica y de ética aplicada (aspecto fundamental cuando se trata de dinero público). Estaremos de acuerdo en que el sillón Barcelona (diseñado por Mies van der Rohe para el pabellón alemán en la exposición universal de Barcelona de 1929), el sillón de tubos de acero Wassily, de Marcel Breuer, y una simple banqueta sirven para sentarse, pero las connotaciones de uno y otro son completamente diferentes, así como su precio. Y eso a pesar de que todos son productos completamente industrializables (los sillones Barcelona y Wassily pueden comprarse por catálogo en cualquier tienda de muebles). Con esta circunstancia queremos aludir al hecho de que, aunque el problema estructural de un puente de pequeña luz esté resuelto según los métodos tradicionales, es posible afrontar la perspectiva creadora en una estructura de estas características si las condiciones de contorno varían.

Como ejemplo expongamos el caso de un par de tableros con una luz en el entorno de los 30-50 metros. Lo lógico y normal es afrontar la solución del problema mediante vigas prefabricadas estándar de tipo doble T o artesa, una esbeltez del tablero en el entorno de $L/18$ y resuelto el problema. Pero los condicionantes pueden ser tan diversos e importantes que se lleguen soluciones tan rebuscadas y particulares como las incluidas en las figuras 6 y 7. Siguen siendo puentes completamente prefabricados (pilas incluidas), siguen siendo



Fig. 9. Puente sobre el Ebro
Diseño: Research & Concrete, S.A. – Intecsa-Inarsa.

productos industriales, pero las soluciones son diferentes a las convencionales porque las restricciones así lo exigían.

Este ejemplo ilustra perfectamente la previsión de tendencias futuras en la ingeniería de puentes. Como dice Javier Manterola, y como comparte el autor, el hecho constructivo de los puentes de pequeñas luces está ampliamente superado y forma parte de la ya comentada “objetualización”, que podrá ser más o menos refinada en función de los condicionantes existentes. Estas luces actualmente se encuentran en los 10-60 metros pero no es descabellado pensar que en pocos años la industrialización comentada pueda alcanzar los 100-150 metros (dos ejemplos son los puentes completamente prefabricados de las figuras 8 y 9, de 95 metros y 400 metros respectivamente entre estribos). Y eso no supondrá ningún menoscabo para las posibilidades creativas, simplemente se impondrán otra serie de condicionantes. El enfoque retroprogresista de la situación nos conducirá inevitablemente a John Ruskin y al movimiento “Arts & Crafts” (incluso se puede establecer cierto paralelismo con la actualidad), pero luego será necesario revisar a Adolf Loos, la experiencia de la colonia de artistas de Darmstadt (con Joseph Maria Olbrich y Peter Behrens como principales exponentes), la perspectiva de la Bauhaus y, en definitiva, la modernidad. Será curioso entonces visitar a Walter Gropius, que no contemplaba la industrialización como una enemiga sino como una variación de las restricciones, y a la Bauhaus (como en Rusia el Wchutemas-Wchutein), que surgió precisamente con el propósito de dotar al individuo de las herramientas necesarias para moverse con destreza en un nuevo contexto social emergente. Precisamente, en relación a la Bauhaus,

no podemos hablar de experimento fallido, más bien todo lo contrario. Una escuela de artes aplicadas cuya filosofía emanaba desde la asunción de un principio de igualdad social aplicable en su totalidad a la sociedad actual.

Como ya se ha comentado, en cuanto nos alejamos de las luces consideradas medias o pequeñas, la manida objetualización se desvanece y el problema estructural comienza a ser absolutamente preponderante en el diseño, tanto que es muy complicado, por no decir imposible, asumir arbitrariedades estéticas que no respondan a necesidades resistentes. También es cierto que este tipo de estructuras, las consideradas de grandes luces, corresponden a una proporción muy pequeña de los puentes que se proyectan y ejecutan. La consecuencia es que un ochenta o noventa por ciento de los trabajos de un ingeniero de puentes están circunscritos a estas estructuras-objeto o, al menos, susceptibles de ser objetualizadas.

Las consecuencias de todo lo comentado conducirán inevitablemente al “supermercado” de los puentes en el que la elección del tipo y características de una estructura (recordemos que estamos hablando de las luces pequeñas y medianas) no será muy diferente de la situación ante la que nos encontramos cuando vamos a la charcutería y que depende única y exclusivamente de los gustos personales del comprador... Existe el queso de leche de oveja, de leche de vaca, de leche de cabra; y cada uno de ellos curado, semi-curado, fresco; y con precios relativos a su calidad... Existe el puente metálico, mixto, hormigón; y cada uno de ellos ejecutado in-situ, prefabricado en obra, prefabricado en planta; y con precios completamente dispares de acuerdo a las características requeridas...

Como el problema estructural está superado y la disponibilidad es completa, la elección se realizará sin imposibilidades tipológicas o de materiales. Imagino que varios compañeros de profesión se rasgarán las vestiduras al leer semejante paralelismo, pero sinceramente pienso que la situación no sólo va a ser ésta sino que además debe ser así. Digámoslo de esta forma; la pérdida de romanticismo trasnochado en el proceso de elección de tipologías no debe ser paralela a la ausencia de coherencia a la hora de decidir dichas tipologías. Todas ellas tienen cabida en la multiplicidad de casuísticas posibles, simplemente es necesario abordar la problemática desde una perspectiva global y no pervertir la toma de decisiones con aspectos peregrinos y completamente arbitrarios. Es más, un gestor de fondos públicos (como son los técnicos con poder de decisión en los casos comentados) no debe permitirse licencias de ese tipo por la naturaleza de su cargo, y el técnico responsable del diseño debe asumir su papel sin incurrir en veleidades que conllevarán gastos completamente innecesarios. ¡¡Atención!! No nos equivoquemos. La diversidad de casuísticas es prácticamente ilimitada. El enfoque y el tratamiento de un puente urbano sobre un río no debe ser el mismo que el de un paso inferior bajo una carretera local, obviamente; por lo tanto la decisión debe venir relacionada con la función y finalidad. Parece que volvemos de nuevo a una situación sin salida; definir las características asociadas a un puente en particular es complicado y mucho más estimar las necesidades económicamente asumibles y aquellas que no lo son. Es evidente, por tanto, que se revela necesario adoptar una postura de carácter general (por lo menos de los técnicos intervinientes) para este tipo de objetos. Elementos, que como se ha dicho antes, quedan muy alejados de los principios meramente técnicos primordiales y son muy susceptibles a utilizaciones demagógicas y parciales.

La objetualización en sí misma, no es negativa, es simplemente situarse en un plano diferente, nada más; asumir determinadas restricciones, establecer una serie de criterios distintos a los habituales (hasta hace poco años) en el momento de la concepción y obtener conclusiones diferentes. A partir de ahí se abre un amplio horizonte donde poder desarrollar un trabajo que todavía está pendiente de ser realizado, y es aquel que sea capaz de combinar los procedimien-

tos industriales (inherentes en la sociedad actual) con resultados admisibles desde cualquier punto de vista. La construcción de puentes no va a ser ajena a esta disyuntiva que se repite en multitud de disciplinas. Es decisión de los técnicos, particularizando en los ingenieros estructurales, asumir este reto y dotarse de las herramientas necesarias para poder generar una sistemática adecuada que permita abordar de manera definitiva esta situación.

EPÍLOGO

“En la actualidad, nos enfrentamos con lo que puede llamarse un “pluralismo” de caracteres manifiestos. Todas las posibilidades existenciales experimentadas en el curso de la historia están ahora a nuestra disposición, pero estamos ciegos y no las vemos, u optamos por un reducido conjunto de significados, en la creencia de haber descubierto la “verdad” absoluta. La seguridad existencial depende, por cierto, de una elección de valores; pero dicha elección debería hacerse sobre la base de una auténtica comprensión y con respeto hacia las opciones ajenas.”

Christian Norberg-Schulz (Arquitectura Occidental)

Seguramente cuando Louis Sullivan utilizaba la ya célebre frase “form follows function” no llegó nunca a imaginar que en un campo como la ingeniería estructural, y más concretamente en la ingeniería de puentes, se iba a llegar a una situación en que la elección de la forma conllevara una alta proporción de arbitrariedad. No es una situación perversa en sí misma sino simplemente diferente y novedosa. Asumirla conllevará que los diferentes profesionales que intervienen en el proceso de elección de tipologías sean completamente conscientes de las posibilidades creativas; unas posibilidades completamente ligadas con el modo de construcción y unas posibilidades que repercutirán en la sociedad desde infinidad de ángulos diferentes. Asumir esta nueva situación exige igualmente una mayor capacidad intelectual (con mayúsculas y sin demagogia barata) de todos aquellos que queramos aportar nuestra colaboración o dedicación a esta profesión. Es nuestra decisión abordar el problema o simplemente soslayarlo. ■

REFERENCIAS

- | | | |
|--|---|---|
| <p>–ADDIS, BILL: <i>The Art of the Structural Engineer</i>. Artemis London Limited, 1994.</p> <p>–ARNHEIM, RUDOLF: <i>Arte y Percepción Visual</i>. Alianza Editorial, 1989.</p> <p>–BILLINGTON, DAVID P.: <i>The tower and the bridge. The new art of structural engineering</i>. Princeton University Press, 1983.</p> | <p>–GOMBRICH, ERNEST H.: <i>La historia del arte</i>. Editorial Debate, 1997.</p> <p>–NORBERG-SCHULZ, CHRISTIAN: <i>Arquitectura Occidental</i>. Editorial Gustavo Gili, 1999.</p> <p>–PANIKER, SALVADOR: <i>Filosofía y Mística. Una lectura de los griegos</i>. Editorial Kairós, 1992.</p> <p>–STEINMAN, DAVID B. Y WATSON, SARA RUTH: <i>Puentes y sus constructores</i>. Colegio</p> | <p>de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001.</p> <p>–TRIAS, EUGENIO: <i>Lógica del límite</i>. Circulo de Lectores, 2003.</p> <p>–VENTURI, ROBERT: <i>Complejidad y Contradicción en la Arquitectura</i>. Editorial Gustavo Gili, 1999.</p> <p>–WICK, RAINER: <i>La pedagogía de la Bauhaus</i>. Alianza Editorial, 1998</p> |
|--|---|---|