



TRES PONENCIAS PRESENTADAS EN EL CONGRESO DE  
ESTRUCTURAS Y PUENTES PRETENSADOS. LOGROÑO 1996.

# FUNCIONALIDAD ESTÉTICA Y COSTE DE LOS PUENTES

**Nota de la Redacción.** Una de las Mesas Redondas celebradas en el "Congreso de Estructuras y Puentes Pretensados" organizado por la "Asociación Técnica Española del Pretensado (ATEP)" - en su XV Asamblea Técnica Nacional - se titulaba "Funcionalidad, Estética y Coste de los Puentes". En dicha Mesa, participaron diez prestigiosos Ingenieros de Caminos C. y P., tres de los cuales presentaron para su debate las Ponencias que, por su interés, aquí publicamos.

**Note:** At the XV National Technical Meeting organized by the "Asociación Técnica Española del Pretensado (ATEP)" in the course of the Congress of Reinforce Concrete Structures and Bridges, on of the sessions was devoted to "Function, appearance and cost of bridges". Then well-known civil engineers took part in this discussion. We publish three of the communications.

## 1ª PONENCIA por José A. Fernández Ordóñez

*"El bien público ha sido nuestro objetivo. La justicia y la equidad han sido nuestra herramienta. Felices nosotros si al final de tan laboriosa jornada hemos podido hacer una obra útil a nuestro país".*  
Idefonso Cerdá (1861)

### RESUMEN

*En esta ponencia, el autor reflexiona sobre los problemas que, en los puentes futuros plantea la introducción unilateral de la estética al margen de una totalidad de concepción, y acerca de como, una vez superada la estética estrictamente funcional, se puede por el contrario, caer ahora en los diseños arbitrarios excesivamente costosos y, paradójicamente, feos. Al final, el autor analiza las fobias y los prejuicios históricos y estéticos más conocidos entre los ingenieros, como el mas reciente contra la prefabricación.*

### ABSTRACT

*The author considers problems that may arise from the introduction of the visual impact of a bridges as a separate element in its design, and how this may lead to arbitrary forms, unnecessarily costly and paradoxically ugly. He mentions some of the historical and aesthetic phobias and prejudices among engineers, such as the present on with regard to prefabrication.*

Se admiten  
comentarios a este  
artículo, que deberán  
ser remitidos a la  
Redacción de la ROP  
antes del 28 de  
febrero de 1997.

Recibido en ROP:  
noviembre de 1996

**E**n estos últimos años vengo observando un creciente interés entre los compañeros por las cuestiones estéticas de los puentes, lo que -como cualquier otra inquietud complementaria a lo estrictamente técnico- en principio es

bueno, tanto desde el punto de vista formativo, como desde el estrictamente profesional.

Sin embargo, no debemos olvidar que, en estas cuestiones estéticas, los ingenieros nos movemos siempre en un terreno movedizo, y que por

consiguiente es imprescindible debatir y aclarar las ideas en la medida de lo posible.

Hoy ya está superada aquella estética estrictamente funcional que lo cifraba todo únicamente en la utilidad. A este respecto vale la pena recordar las bien conocidas palabras de Carlos Fernández Casado, de que "existen cosas horribles de una enorme utilidad".

Pero curiosamente el problema que tenemos ahora en los puentes es justamente el contrario. Lo que ahora priva, lo que en estos tiempos tiene general aceptación es, paradójicamente *la exaltación de lo inútil*, es decir, en nombre de la estética!, la construcción de diseños arbitrarios y de tipologías excesivamente costosas que sólo buscan perpetuar la originalidad de sus proyectistas.

Existen tantos ejemplos recientes contruidos en España, que es innecesario citarlos. Unos, por lo demasiado conocidos. Otros, peores, para que no se conozcan, ya que su divulgación haría aún más daño. Se trata de una ingeniería que -como dijo el ilustrado Mayans- "únicamente haber llegado a ser rara pudo darle estimación".

Yendo por este camino sin retorno de las más absurdas ocurrencias, las consecuencias para los puentes futuros pueden ser nefastas desde todo punto de vista.

En efecto, en primer lugar, desde una perspectiva ética: por la ausencia de una moral pública que tolera esos desmanes; por la ausencia de una moral técnica que fuerza soluciones innecesarias, y por la ausencia de una moral pedagógica, dada la torcida influencia que estas obras ejercen en los estudiantes y en los jóvenes ingenieros.

En segundo lugar, desde un punto de vista económico, -y sobre todo en estos tiempos de austeridad y rigor presupuestarios- por lo que estas soluciones suponen de gastos superfluos, en suma, de despilfarro de dinero público.

En tercer lugar, desde un punto de vista técnico, ya que se utiliza la "estética" como una coartada, como un *alibi*, es decir, como una estrategia de autodefensa para ocultar una técnica convencional que -por forzada que sea- aporta realmente muy pocas cosas nuevas.

Y en cuarto lugar, desde el propio punto de vista estético. En efecto, es necesario recordar que el puente es mucho más que un hecho estético. La decisión final de construir un puente u otro, una u otra tipología, la decisión de utilizar

**Lo que ahora  
priva, lo que  
en estos  
tiempos tiene  
general  
aceptación es,  
paradójicamente  
la exaltación  
de lo inútil**

unos u otros procedimientos, materiales o sistemas de construcción, no puede reducirse a la sola consideración de lo "estético". Sería tomar una decisión tan importante de un modo tan gratuito y frívolo como la elección de un canal de TV.

Puede asegurarse además que circunscribir solo a lo "estético" la elección de un puente u otro puente diferente es quitarle su verdadero valor conceptual, es una actitud que -paradójicamente- nada tiene que ver con la búsqueda de la belleza de los puentes.

Estimulada por alguna que otra Administración que justifica "estéticamente" sus decisiones aunque sin profundos y verdaderos fundamentos estéticos, el peligro actual es que la ingeniería de puentes, cada vez más ajena a toda disciplina racionalizadora y privada de un método de expresión adecuado, caiga poco a poco en lo misceláneo y en la exuberancia superficial, y por consiguiente -y paradójicamente- en *la fealdad*.

Ruskin señaló irónicamente que el presupuesto de una obra se divide en "gastos de construcción y gastos de afeamiento", y que todo lo que en una obra no se justifique como útil para la vida es feo, firmelo quien lo firme. Los puentes no deben ser nunca máscara o propaganda, desdeñando la belleza de lo elemental, de lo útil para la vida. Sería como aceptar que el mundo no quiere un sistema de formas honradas, como si la ingeniería civil sintiera vergüenza de sí misma. Hay que superar -y vuelvo a citar a Fdez. Casado- el viejo lugar común, heredado de la Revolución Industrial, que equipara lo útil con lo antiestético.

En este terreno de lo caprichoso es curioso observar cómo la incompetencia de los proyectistas, cuando adula las pasiones, puede encontrar siempre una incompetencia mayor que la apruebe. Sería triste que llegáramos a decir de nuestros puentes, lo que Lope de Vega de sus comedias:

*"Porque, como las paga el vulgo, es justo  
hablarle en necio para darle gusto"*

Tampoco, pues, es argumento apelar a que a la mayoría -en vez de unas obras sencillas, sobrias y discretas- le gustan las excentricidades. El enemigo más radical del arte actual es el "populismo estético", es decir, la estetización difusa de los modos de vida. Se está apelando a la "estética" como *testigo de la defensa* de unas deci-

siones, cuando en poco tiempo se va a convertir en un *testigo de cargo* que las pondrá en evidencia.

Otro argumento inconsistente que se utiliza para justificar las extravagancias es que estos puentes son vanguardistas, que son "modernos". Pero la idea misma de vanguardia toca su fin. Hoy es una noción completamente "dèpassée". No se puede justificar una extravagancia -que además es muy cara- simplemente porque es nueva. La novedad no es, en si misma, admirable. Por otra parte, la novedad ya no es provocadora y a nadie asusta ni conmueve por el hecho de ser nueva. Y si nadie se opone a la novedad, ¿por qué entonces reclamarla?. Además, esta ingeniería que presume de novedosa, apenas conoce su historia. Y la novedad no tiene sentido más que bajo la mirada del pasado, porque la memoria es inevitable.

La solución es evitar que la técnica y la imaginación se bloqueen mutuamente en lugar de ayudarse. Y el mayor enemigo de la imaginación son los apriorismos estéticos, los prejuicios. A este respecto, no puedo pasar por alto el último de los prejuicios históricos en España en el ámbito de los puentes: la fobia contra la prefabricación.

A mediados del siglo pasado, la enemiga fue contra los puentes colgantes, luego el rechazo fue contra los puentes metálicos; más tarde, Ribera sufrió el acoso contra el hormigón armado y Freyssinet la oposición frente al pretensado. Todos ellos fueron prejuicios sin fundamento, que las propias obras terminaron desinflando y que hoy nos parecen ridículos.

Al contrario de lo que el tópico divulga hoy entre los ingenieros, la prefabricación es, en la construcción, un símbolo moral. De ahí su directa relación con la belleza. Porque, como dice Eugenio Trías, "la belleza o es símbolo moral o es pura ornamentación que sólo sirve de ornato y legitimación del poder". Y así lo entendieron no sólo los constructores clásicos, sino todos aquellos que impulsaron la construcción con una más profunda y lúcida utilización de los materiales y los procesos, no sólo por razones económicas, sino porque arrancaban desde un punto de partida cuya raíz es ética. Juan de Herrera en El Escorial, Eiffel en sus grandes estructuras metálicas, Telford con su obsesión por las grandes piezas -en contra de la opinión de sus contemporáneos-, o los puentes del Marne -donde Freyssinet

eleva la prefabricación al primer rango de las técnicas de construcción de puentes-, pueden ser ejemplos incontestables del contenido ético que la prefabricación expresa en épocas tan distantes y con diferentes materiales y maquinarias, pero con una condición común: la enorme potencia de sus formas simbólicas.

Se trata de una tradición de prefabricados entendida como un proceso ético, técnico y estético, y no como un problema de despiece y acumulación de masas, cuya piel luego se decora y se enmascara a la moda del momento. Por el contrario, esta manera de entender las estructuras prefabricadas permite proyectarlas y construir las como algo que encaje los embates del tiempo, es decir, la acción implacable de la *vibradora universal* que termina sin remedio con los añadidos cambiantes, dejando al descubierto lo verdadero.

Pero lo que no vale es utilizar la prefabricación de un modo espurio por razones torcicas, ajenas a su esencia. La prefabricación hay que introducirla desde el origen en el proyecto como un concepto básico riguroso, con un rigor sin concesiones, tanto en los aspectos de modulación como en los propios constructivos, de modo que proporcione un origen geométrico de gran claridad y belleza.

La prefabricación es un concepto rico y complejo que hay que entenderlo como los griegos clásicos, no sólo como un sistema constructivo de formas ya establecidas que son despiezadas por estrictas razones económicas, sino como un proceso profundo que, en sí mismo, define formas y límites.

En resumen creo que, en el proyecto de los puentes, tanto la razón como la imaginación requieren una cierta *totalidad de concepción*, y siento que lo más importante es la lección que esa totalidad nos da, y su relación con el propio ideal. Porque lo que requiere la totalidad teórica no éste o aquél sistema, sino algún sistema, y tengo la impresión que hoy está de moda una ingeniería de puentes que carece de esa visión de totalidad. Su fantasía es caprichosa y vacilante, a veces reforzada con una vehemencia heteróclita. Es una ingeniería de puentes que hay que relacionar con la crisis moral y la desintegración imaginativa actuales de la que ella es otro eco material. Debemos evitar el error de pasarla por alto por insignificante, como también la imbecilidad de aclamarla como gloriosa y exitosa. ●

**La solución  
es evitar que  
la técnica y  
la imaginación  
se bloqueen  
mutuamente  
en lugar  
de ayudarse**



## 2ª PONENCIA por Juan J. Arenas

### RESUMEN

*Desde 1992, el clima de concursos generado en España afecta directamente a los cánones de la ingeniería clásica, especialmente la de los puentes.*

*Así, aparecen muchas estructuras, pensadas para el espectáculo y el papel couché, alejadas del verdadero arte estructural existente en el pasado, donde existía un santo horror al despilfarro de recursos, procedente de una exigencia de mínimos.*

*Sería importante, pues, que los profesionales reflexionaran en la búsqueda de la frontera que separa la ingeniería verdadera de la ingeniería de apariencias, y que fueran capaces de insuflar y de sugerir a nuestros conciudadanos, y sobre todo a los que deciden, racionalidad y sentido común*

### ABSTRACT

*The recent prevalence in Spain of contests is having a direct effect on the canons of classical engineering, particularly in the matter of bridges. Many of the new structures are designed more for effect than for the structural soundness of the past when the demand for minimum resources went hand in hand with an abhorrence of waste.*

*Engineers should reflect on the boundary between true engineering and the purely sensational, offering the public, and especially the adjudicators, rationality and common sense.*

Una vez más, se nos propone reflexionar en voz alta sobre la estética y la funcionalidad de los puentes. Y sobre el coste de cada puente, que no es otra cosa que el obligado corolario de la mayor o menor lógica y racionalidad que haya habido en su planteamiento. Cuestiones que desde hace años a mí me han preocupado y de las que en alguna medida me he ocupado. En 1990 publiqué en la Revista de Obras Públicas un artículo titulado "El sentido del diseño en la ingeniería", en el que defendía la necesidad de que las Obras Públicas, como elementos importantes del paisaje en que vivimos, sean bellas y dignificadoras. A fin de cuentas, la preocupación ecológica que hoy todos compartimos viene a traducirse también en una demanda de calidad estética, de buenos encajes de las obras, de adecuada proporciones en las mismas, de belleza en suma.

En ese escrito llegaba a decir que, cada vez más dentro de las funciones que se exigirán a una obra pública, estará la de herosear el entorno. Pero ya en esa época se intuía la movida que se nos venía encima con los puentes tomados como espectáculo y colores brillantes en papel couché. Por ello, recordaba que en el pasado reciente ha existido un verdadero arte estructural. El de Roe-

bling levantando Brooking, el de Brunel con el puente colgante de Clifton, el de Freyssinet con sus pórticos del Marne, el de Torroja con la cubierta del hipódromo de Madrid y la cúpula del Mercado de Algeciras. Por supuesto, el de Maillart con sus purísimos arcos laminares y su puente de Salgina volando sobre el aire. Y el de Nervi, convirtiendo a la ingeniería y a la prefabricación en un total de arte de lacería. Toda esta gente tenían en común varias cosas: Un enorme amor por lo que constituían, una búsqueda de la perfección en su trabajo, un rechazar de plano la denominación de "artistas", que, como ingenieros austeros les hubiera parecido un insulto. Y, al mismo tiempo, compartían un santo horror al despilfarro de recursos, a cualquier despilfarro.

Este arte estructural ha sido posible precisamente porque estaba basado en exigencias de mínimos: Mínimo consumo de materiales, de gasto en cimbras, de tiempos de ejecución, de costos. Exigencia de mínimos que en el pasado ha aguzado el ingenio y ha producido obras nuevas y extraordinarias, cada vez más depuradas, cada vez más respetuosas con la realidad física.

Pero imaginemos, como ejercicio mental, la situación contraria: la de una sociedad donde esos

mínimos dejan de constituir una condición básica para el éxito de una propuesta, en un concurso, por ejemplo. Donde se puede llegar a dar más importancia a diseños llamativos y sorprendentes que a soluciones depuradas y de total racionalidad. Supongamos además que esa sociedad dispone de materiales cada vez más resistentes, capaces de aceptar mayores esfuerzos. Imaginemos también que la ciencia del cálculo estructural, hace pocos años tan respetada por todos los ingenieros, se banaliza y ello gracias a la difusión de estupendos programas de ordenador, cuyo uso no exige demasiados conocimientos sobre el sentido profundo de lo que esos programas calculan. De modo que, al final, las estructuras más absurdas, de esas que no parecen tener vocación alguna de tenerse en pie, acaban incluso resistiendo.

Si no hay conciencia vigilante, el riesgo que tiene esa sociedad de llenarse de ejemplos de puentes barrocos y vacíos, de puentes tan llamativos como desconectados de toda la tradición y de obras que el paso de los años hará envejecer muy deprisa, el riesgo es, en mi opinión, alto. Y esa conciencia desaparece cuando las decisiones se toman por personas ajenas y alejadas de la ingeniería. Soliéndonos además quedar en tales casos los ingenieros bastante callados.

Pues bien, ese escenario de barroquismo y de ausencia de límites ya no nos es ajeno. Y no aparece sólo en ingeniería: Edificios absurdamente inclinados o de paredes retorcidas se nos presentan por la prensa como el no va más de la modernidad. Hablamos de la funcionalidad y la estética, pero habría que fijarse también en la ética, o en la falta de ética, de los despilfarros sociales que esas construcciones representan.

Por supuesto que nada ni nadie puede definir con precisión cuál es la frontera que separa a la ingeniería verdadera de la ingeniería de apariencias y, por decirlo de algún modo, de decorado y cartón piedra. Lo que, aun consciente de la imposibilidad de establecer límites claros, me atrevo a llamar "verdadera ingeniería", busca con absoluto entusiasmo la belleza, las proporciones, el orden, los ritmos limpios. Pero en un clima de máximo respeto por la economía y la autenticidad de la estructura.

Encontrar el límite de lo que es "verdadera ingeniería" resulta en el fondo una apreciación

**Cada vez más,  
dentro de las  
funciones que se  
exigirán a una obra  
pública, estará la  
de hermosear  
el entorno**

que tiene todo que ver con el clima cultural y con los valores morales de una sociedad. Si esa sociedad estuviera pidiendo básicamente pan y toros, sería muy difícil contrarrestar la ola de barroquismo. Pero lo importante, al menos, sería que los profesionales reflexionáramos sobre ello y que, a través de cauces colectivos de los que disponemos abundantemente, fuéramos capaces de insuflar, de sugerir a nuestros conciudadanos y sobre todo a los que deciden racionalidad y sentido común.

Hay incluso un punto de esencial importancia para nosotros. Que nace del hecho de que numerosas ciudades españolas asomadas a un río importante disponen en él de algún puente histórico, romano o medieval muchas veces. Puentes que componen un patrimonio histórico y cultural del que cualquier nación se sentiría especialmente orgullosa y que cuidaría en consecuencia. Pues bien, no creo que sea exagerado decir que con el clima de concursos que desde el 92 se ha generado en España se está corriendo un serio peligro de que esas obras, únicas e irrepetibles, queden deterioradas de modo irreversible por la presencia de su vecindad de nuevos puentes, que son desde luego espectaculares, pero que con su potencia y dimensiones pueden estar manifestando un desprecio absoluto por el valor de esas piedras venerables.

Con todo, y yéndonos al lado positivo, desde el año 90 en que yo escribí ese artículo hasta hoy, me parece que el tono medio de la ingeniería civil en España ha dado un enorme paso adelante. Y de ello hay que ser conscientes y estar orgullosos. El cuidado del entorno y los detalles de los proyectos de carreteras que vemos construirse, a veces modélico, nada tiene que ver con el pasado reciente (reciente pero que nos llega a parecer lejanísimo en el tiempo, tal es el cambio y la mejora producida).

Sin duda, es mucho lo que hemos mejorado en campos esenciales. Pero, al tiempo, hay que mirar con verdadera prevención a la plaga del barroquismo. Con ella triunfante, es difícil que Brunel, Roebling, Maillart, Torroja y Nervi hubieran encontrado el eco que en su época lograron. Y que hubieran contribuido al arte de construir como lo hicieron. Porque, en el fondo, lo que el barroquismo pone en cuestión, y con el pretexto de la búsqueda de belleza acaba negando, es la existencia misma del arte estructural. ●

**La verdadera  
ingeniería busca  
la belleza, las  
proporciones,  
el orden, los ritmos  
limpios. Pero  
en un clima de  
máximo respeto  
por la economía  
y la autenticidad  
de la estructura**



## 3ª PONENCIA por Leonardo Fernández Troyano

### RESUMEN

*Tras destacar lo que es la función del puente, variable a lo largo de la Historia (las exigencias del río son las mismas, pero no así las del camino), el autor señala la importancia que siempre han tenido estas estructuras, parte principalísima de las ciudades.*

*Se destaca el carácter cultural de su proyecto y construcción citando a cuatro de los más importantes ingenieros (Perronet, Telford, Maillart y Freyssinet) que dedicaron su actividad en los tres últimos siglos a este tipo de estructuras*

*Finalmente, señala la condición básica de buscar un coste mínimo del puente siempre que cumpla los fines sociales para los que se construye: si no cumple su función, no es un puente; si ejerce una alteración en el paisaje, ésta debe ser positiva.*

### ABSTRACT

*The author considers the function of bridges as this has varied over the centuries. The requirements of over roadways. Bridges have always been important fundamental elements in towns. Their design and construction have been expressions of the culture of the times as is evident in the work of such great engineers as Perronet, Telford, Maillart and Freyssinet. Finally the author insists on the importance of achieving the minimum cost of a bridge consistent with the social function for which it is built. If it does not fulfil this function, it is not a bridge; if it has an impact on the environment, this must be a good one.*

**E**n esta mesa redonda se plantean tres temas básicos de lo que es un puente, en ellos está su razón de ser; por ello me parece importante apelar de origen a la convergencia de todos los que intervienen en su proceso de realización. No creemos que las personas reunidas en esta mesa, con una misma profesión, deban tener planteamientos diferentes de lo que debe ser un puente, por pertenecer a la administración, ser proyectista o ser constructor. Habrá opiniones y criterios diferentes como se verá en la mesa redonda, pero no creo que esto se deba a la diferente actividad de cada uno. Entre todos debemos conseguir hacer los puentes lo mejor posible en todos los aspectos planteados, y en eso creo que estaremos todos de acuerdo.

También nos parece importante decir que no son separables los tres aspectos del puente que se plantean en esta mesa, aunque sí admiten análisis diferentes; ahora bien, hay que tener siempre en cuenta que están íntimamente relacionados.

### 1.-FUNCIÓN DEL PUENTE

Para hablar de la funcionalidad del puente nos parece necesario conocer primero su función; ésta consiste básicamente en dar paso a un mismo punto geográfico a dos corrientes en distintos niveles; las corrientes que con mayor frecuencia se han interferido, ha sido el camino y el río; el puente es por tanto parte del camino y debe su origen al río. En el momento actual quizá es más frecuente que las dos corrientes sean caminos.

La funcionalidad del puente ha variado a lo largo de la Historia; las exigencias del río son las mismas desde el origen de los puentes hasta nuestros días porque la naturaleza no ha sufrido transformaciones significativas en los dos mil años de la historia del puente; las avenidas son del mismo orden de magnitud. Las exigencias del camino en cambio han variado radicalmente; desde los caminos de a pie hasta las autopistas para grandes velocidades hay una diferencia abismal.

Por ello, en principio, el problema fundamental del camino era cruzar los ríos porque la falta de conocimientos técnicos planteaba serias dificultades para hacer un puente. Se puede decir que el puente definía el camino. Este planteamiento se ha ido invirtiendo a lo largo de la Historia hasta llegar al polo opuesto del origen. El puente se define a partir de las condiciones geométricas de la carretera; se puede decir que en general la carretera tiene prioridad sobre el río al hacer un puente. Ahora bien, como en todo problema de nuestra ingeniería, la escala es fundamental y por ello los grandes ríos seguirán imponiendo su ley a la hora de cruzarlos.

Vemos pues que la función del puente es simple, debe resolver adecuadamente el paso de las dos corrientes. El río debe tener suficiente capacidad de desagüe y el camino se debe materializar como lo haya definido su trazado. Pero ello no quiere decir que el puente sea siempre un elemento simple; generalmente sus dificultades no vienen de su función sino de su estructura resistente.

## II.-VALORES EXPRESIVOS DEL PUENTE

Más que hablar de estética prefiero hablar de las posibilidades expresivas que puede tener un puente y de la importancia que se ha dado a estos valores a lo largo de la Historia.

Para Andrea Palladio el puente era una parte de la arquitectura que pertenece al ornamento de la ciudad y la provincia. Miguel Angel planteó que "un puente debería ser pensado y construido igual que una catedral, con la misma atención y con los mismos materiales".

En los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas, anónimo español del siglo XVI, se dice que: "La puente es una parte y muy principalísima de cualquier ciudad o villa en el hazer de las puentes conviene tener grandísimo miramiento en elegir el lugar donde se ha de hacer la puente".

Los grandes ingenieros del siglo XIX y principios del XX son muy conscientes de este valor expresivo del puente y conciben su proyecto y construcción como un hecho cultural que comprende todas las dimensiones de un proceso creativo.

Vamos a citar cuatro de los más representativos:

▼ JEAN RODOLPHE PERRONET, el gran innovador de los puentes de piedra es un buen

**La preocupación de los ingenieros por los valores formales de sus puentes ha sido una constante a lo largo de la Historia**

ejemplo de la preocupación estética de los ingenieros del siglo XVIII; cuida los puentes hasta sus últimos detalles y muchas de sus innovaciones están más motivadas por razones formales que por lograr un avance tecnológico.

▼ THOMAS TELFORD, cuya aportación al desarrollo de los puentes metálicos ha sido una de las más decisivas de la historia de los puentes, refleja en toda su obra y en sus memorias, una preocupación constante por los valores estéticos de sus obras, lo que dió lugar a puentes tan bien resueltos como la serie iniciada con el puente de Bonar, y continuada con el de Craigelachie y varios más, a pesar de tratarse de los primeros pasos de una técnica nueva. TELFORD es un buen ejemplo de los ingenieros ingleses del siglo XIX, cuyas obras fueron decisivas en el espectacular desarrollo que tuvieron los puentes en ese siglo.

▼ ROBERT MAILLART, uno de los iniciadores del hormigón armado, creó uno de los conjuntos de puentes más expresivos y sugerentes de toda la historia. Sus obras y sus escritos reflejan su clara visión de los problemas formales y tecnológicos que se planteaban en el nuevo material, el hormigón armado. Sus críticas a las estructuras de HENNEBIQUE por su mimetismo con las de madera, y sus planteamientos de cómo debían ser las estructuras de hormigón, son un buen ejemplo de su cultura y su capacidad para analizar la ingeniería en todas sus dimensiones, especialmente sus valores expresivos.

▼ EUGENE FREYSSINET, otro de los grandes ingenieros de la Historia, innovador en el hormigón armado y creador del hormigón pretensado, fue además un gran constructor de puentes. En todos sus escritos refleja una preocupación por los valores estéticos de sus obras de las que en general se muestra muy satisfecho. Si bien su mayor significación histórica radica en sus innovaciones técnicas, el puente de Plougastel con tres arcos de 186 metros de luz, los hangares del aeropuerto de Orly, y muchas de sus realizaciones, son obras maestras de la ingeniería de todos los tiempos.

Igual que los anteriores se pueden citar muchos otros ingenieros con preocupaciones análogas, Eiffel, Roebling, Amman, etc, que también han hecho historia de los puentes. Con este repa-

so histórico queremos resaltar que la preocupación de los ingenieros por los valores formales de sus puentes ha sido una constante a lo largo de la Historia; no es un planteamiento nuevo, aunque quizás en este momento pueda haberse generalizado más.

En el puente llega la capacidad creativa del hombre a sus máximas dimensiones. Los dos kilómetros del vano central del puente Akashi-Kaykio son dimensiones geográficas; se pueden considerar fuera de la escala humana.

El puente ha tenido siempre, tiene y tendrá valores expresivos que deberán potenciarse, cuidando todos sus aspectos, desde su planeamiento hasta su construcción pasando por el proyecto.

### III.- COSTO DEL PUENTE

Un planteamiento básico de la actividad del ingeniero es la búsqueda de mínimos; una frase de mi padre, Carlos Fernández Casado, me parece muy ilustrativa en este sentido: "Que se arranque lo menos posible de material a la mina, que la menor cantidad de piedra y arena se desvíen de su proceso evolutivo, que se consuma el mínimo de combustible en los transportes y se introduzcan las menos ideas nuevas en el paisaje".

Esto nos lleva a una condición básica: el ingeniero debe buscar un coste mínimo de sus puen-

**"Que se arranque lo menos posible de material a la mina, que la menor cantidad de piedra y arena se desvíen de su proceso evolutivo, que se consuma el mínimo de combustible en los transportes y se introduzcan las menos ideas nuevas en el paisaje"**

**Carlos Fernández Casado**

tes, siempre que cumplan el fin social para el que se han construido. El problema se plantea a la hora de definir este fin social.

En el primer lugar deberá cumplir la función que hemos visto al estudiar su funcionalidad; si no cumple su función, no es un puente.

Pero además de funcionar, es necesario tener en cuenta que el puente es un objeto que se introduce en el paisaje y por tanto lo altera. Debemos buscar que esta alteración sea positiva o al menos, que sea lo menos negativa posible. La frase de Malaux: "está bien conservar los lugares, pero es mejor todavía crearlos" es muy cierta en muchas actuaciones de la ingeniería. Es clásico utilizar el puente como elemento de referencia o fijación del paisaje; se busca en definitiva la humanización de la naturaleza.

Definir cual es la demanda de la sociedad respecto de todos estos problemas es lo que debemos conseguir entre todos los que nos dedicamos a hacer puentes y una vez definido, se deberá buscar el puente de costo mínimo.

Ahora bien, en esta definición nos encontramos con un problema de equilibrio como la mayoría de los que nos plantea nuestra ingeniería; no se puede generalizar y resolver mediante reglas. Esta dificultad es en mi opinión una de las razones que hacen grande la profesión de ingeniero. ●