N.9
Diciembre 2017

Cuadernos de diseño
Quaderns de disseny
Design notebook

Diseño
Disseny
Design

El Puente del Dragón en Alcalá de Guadaíra

en la obra pública

listos para
la revolución de
los recursos
suez
En 2050, en el mundo vivirán 9.000 millones de personas, la mayoría en grandes ciudades.
Este crecimiento de la población plantea dos grandes retos: el acceso al agua y la gestión eficiente
de los residuos. Por eso en SUEZ innovamos para crear soluciones hídricas alternativas y transformar
los residuos en nuevas fuentes de energía. Nuestro objetivo: garantizar a las generaciones futuras
el acceso a los recursos naturales.
www.suez.es

Cuadernos de diseño en la obra pública

Colaboradores de este número

José Luis Manzanares
Francisco Islas Vázquez del Mercado
Jorge Bernabeu
Francesc Ventura
Carlos Nardiz
Joaquin Català

Grupo asesor

Miguel Aguiló
Jorge Bernabeu
Joaquin Català
Santiago Hernández F.
Javier Manterola
José Luis Manzanares
Carlos Nardiz

Equipo de redacción

Modesto Batlle (coordinador)
Carles Labraña
Pere Macias
Juan Manuel Manrique

Secretaría de redacción

Susana Blasco
Tel. +34 93 414 37 47 - adop@ruitem.org

Editor

Cercle d'Infraestructures

Red Univ. Iberoamericana de Territorio y Movilidad (RUITEM)

Agrupación Diseño Obra Pública (ADOP)

Gerc-Bcn

Diseño y maquetación

Fabrizio Rodilossi
fabriziorodilossi@gmail.com

Está permitida la reproducción total o parcial siempre que se cite su procedencia y autor.

Edición de 1200 ejemplares
Depósito Legal: B-6.248-2009
ISSN: 2013-2603

Precio: 10 €

La revista no se hace responsable de las opiniones que corresponden únicamente a los autores.

EDITORIAL

¿Para cuándo la belleza?

Podrían pensar algunos qua hablar de belleza en la ingeniería puede parecer cursi o fuera de lugar. Cambiemos el termino belleza por el de estética, diseño, formalismo o el que más os guste.

¿Cuándo va a asumir la ingeniería que sus obras crean formas en el territorio, que lo mejoran o lo perjudican? ¿Que son millones sus espectadores que pueden quedar boquiabiertos o indignados por su presencia?

En este número son cuatro los profesores que ponen negro sobre blanco este espíritu y en anteriores números Manterola, Martínez Calzón y Aguiló entre otros lo reclaman también, pero su labor en general está limitada, a veces con suerte, al final o después de un proceso académico, ni al principio ni durante él.

¿Son conscientes los cuadros docentes de estas nuevas exigencias de la sociedad?

¿Son conscientes las grandes empresas y la administración del valor añadido que estos conceptos pueden aportar a sus obras a coste cero?

M.B.

En la editorial del anterior número hablábamos de "los olvidados". Lea con detenimiento el amigo lector el artículo de José Luis Manzanares "Los Ecos del Diseño" no consintamos que nos den lecciones desde fuera.

NUESTRA PORTADA
El puente del Dragón de José Luis Manzanares en Alcalá de Guadaíra

Este N.9 estará presente online en las siguientes universidades:
Universidad Anáhuac de México
Instituto Tecnológico de La Habana, Cuba
Facultad de Ingeniería de San Salvador, El Salvador
Universidad de la Costa de Barranquilla, Colombia
Universidad Nacional de la Habana, Cuba
Universidad Politécnica de Valencia, España
Universidad Ruiz de Montoya de Lima, Perú
Universidad Politécnica de Pernambuco, Brasil

Estos Cuadernos quieren ser una página en blanco para todos aquellos que tienen el deseo, y acaso también el deber, de opinar sobre algo tan esencial para el futuro de las infraestructuras y de sus profesionales como es el diseño y la estetica, que la sociedad le exige, en razón de que su actuación puede alterar en positivo o negativo la percepción que el usuario tiene de su territorio. Esperamos tus opiniones.

El puente del dragón en Alcalá de Guadaíra

El eco del diseño

José Luis Manzanares
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Catedrático de Estructuras E.T.S.A. de Sevilla. Escritor.

El diseño no es más que la manifestación del anhelo humano de comunicarse con sus semejantes a través de la imagen de la obra creada. El diseño, por tanto, implica lenguaje, expresión, afán por ser interpretado, impacto en la sensibilidad ajena… La forma, el color y la plástica articulan el discurso de un creador que busca transmitir a los demás sus sentimientos mediante la visión de su obra.

La capacidad de un autor para hacerse inteligible con el tipo de mensaje que pretende compartir, configura distintos tipos de diseño. Una vieja tesis sostiene que la diferencia entre una escultura y un objeto hermoso no es otra que la intención de su creador.

Un diseñador de objetos se limita a buscar el atractivo, la singularidad y la atracción de la atención ajena. El escultor, en cambio, pretende algo más que crear una figura bella, busca expresar sus sentimientos, mandar un mensaje, comunicarse con el espíritu del espectador. Un bello objeto satisface, una escultura encierra mensaje, propósito, conmueve, tiene alma.

Los arquitectos dan mucha importancia a la semántica de sus obras. Un diseño arquitectónico utiliza siempre un lenguaje, con sus claves y sus códigos, que transmite un discurso, normalmente solo al alcance de los iniciados, y con frecuencia ajeno al gran público. Se dice que el arquitecto diseña solo para ser interpretado por sus colegas, pero realmente crea para sí y busca la expresión que más le satisface personalmente. La opinión del usuario no cuenta. De ser así, el lenguaje arquitectónico tendría una gran componente de introversión. Es el propio autor el que se solaza con el mensaje que se manda así mismo a través de la semántica arquitectónica.

Los ingenieros que pretenden diseñar a través de la obra pública tienen también diferentes motivaciones con una cosa en común, cuidar del paisaje. La actuación antrópica de la ingeniería impacta en el entorno de forma notable por el tamaño y las proporciones de las obras propias del oficio de los encargados de facilitar el transporte, el abastecimiento o la edificación industrial. La mayor parte de los proyectistas buscan emplazar en el territorio bellos objetos, no tienen vocación escultural y, por tanto, están muy lejos de pretender transmitir sentimientos o mensajes.

Pero también existe una ingeniería con vocación escultórica. Aquella que busca desarrollar obras que transmitan algo más que armonía o espectacularidad.

Realizaciones que se identifican con la historia del lugar, la cultura local, el uso del entorno o el homenaje a figuras identificadas con el sitio donde se ubican.

En este caso es indudable que la imagen creada pretende emitir ideas, conceptos y sentimientos.

La gran pregunta es si existe respuesta al mensaje que lanza el autor a través de su obra y como se vincula esa contestación al éxito de la misma. Ante un mensaje tan sutil, como el que envía al entorno un creador con vocación escultórica, se obtiene siempre una respuesta difusa, difícil de interpretar, que juzga de forma intima su impacto estético.

Es el eco del diseño. La suma de sensaciones y sentimientos despertados en los espectadores que responden de esta manera a las intenciones del autor. El diseño nace con vocación de dialogo y por tanto también tiene aspiración de respuesta. El autor manda un mensaje singular, pero como va dirigido a la sociedad entera, la contestación siempre es múltiple y diversa. Es el eco de la voz solitaria devuelto por la inmensidad de la cordillera rocosa de la sociedad.

Los escultores reciben el eco a través de nuevos encargos. Aunque utilizan a los críticos de arte como portavoces de la opinión difusa, y se sienten satisfechos o zaheridos con sus críticas, el eco real es la demanda de nuevas obras por clientes enamorados de su creatividad.

Los arquitectos solo ponen oídos al eco procedente de sus colegas. No de todos, sino de los consagrados como sacerdotes de sus sectas. Porque en la Arquitectura existen clanes No es que cada uno interprete el lenguaje y lo aplauda o critique según le guste personalmente o no, sino que reacciona según esté alineado con una determinada corriente o un estilo predeterminado. Si el que lo juzga está identificado con esa tendencia de la Arquitectura, con esa moda, lo apoyará; pero si, por el contrario, pertenece al bando opuesto, lo vilipendiará.

La Arquitectura tiene mucho de religión. Y los alumnos de la Escuela, o sus profesores, deciden apuntarse un día a una determinada secta, a profesar una fe, que los va a distinguir radicalmente de los demás, y que los impulsará a seguir ciegamente a sus profetas.

Los modernos, en diferentes corrientes, rompen heterodoxamente con los clásicos, con los del lenguaje de siempre, y se sienten superiores porque forman parte de un clan de elegidos que pasa a ser el único dueño de la Arquitectura con mayúsculas. Por su parte, los clásicos desprecian la vanguardia… El eco del diseño en la Arquitectura se establece y se cierra en su propio recinto profesional y posteriormente es oportunamente filtrado a los medios de comunicación que sirven de altavoz del éxito o del fracaso ante la sociedad.

Los ingenieros diseñadores no tienen clientes que busquen su firma ni colegas alineados con las tendencias del arte. Los encargos de nuevas obras publicas andan muy lejos de los territorios del lenguaje del diseño mientras que la inquietud formal del gremio constituye la tercera derivada de la opinión corporativa. Por eso hay que buscar otras fuentes sonoras cuando se pretende detectar los ecos de los diseños ingenieriles.

"existe una ingeniería con vocación escultórica"

El autor de puentes con diseño busca anheladamente cualquier manifestación social que haga referencia a su obra. Lee prensa, busca en revistas y sueña con aparecer en algún libro. La mayor parte de las veces se tiene que conformar con opiniones sueltas de usuarios a los que interroga disimuladamente para percibir un eco que responda a su mensaje. Lo más frecuente es encontrarse con un muro de silencio ausente de la menor respuesta. Aunque siempre le queda el consuelo de percibir un brillo de admiración en los ojos de un niño sorprendido por la originalidad de la obra que contempla.

Ecos en mis proyectos

A título de ejemplo, voy a referirme a los ecos recibidos desde dos de mis puentes más queridos; el puente del dragón en Alcalá de Guadaira y el puente Abbás ibn Firnás en Córdoba. Ecos singulares y potentes que han reconfortado el alma de un autor que pretendió comunicar un mensaje a la sociedad a través de ellos y ha recibido respuestas inteligibles e inesperadas.

En 2001 se convocó un concurso restringido a seis proyectistas de puentes para diseñar uno sobre el Guadaira, integrado en el parque fluvial al pie del castillo almohade de Alcalá. Iba a ser una obra controvertida desde el punto de vista ambiental porque venía a romper un paisaje bucólico, de connotaciones históricas y muy vinculado a la imagen más auténtica de la villa sevillana.

Fui uno de los invitados y decidí apostar por una solución rompedora e insólita. No se trataba de proyectar un puente más, necesariamente vulgar por sus dimensiones reducidas y luces perfectamente salvables por vigas convencionales. Allí había que erigir un objeto de parque, lúdico, hermoso, que enriqueciera el entorno y se integrara con el paisaje. Además, y como función secundaria, podría servir como puente para cruzar el río.

Dibujé un dragón, lo revestí de azulejos al mejor estilo del parque Güell, escribí un cuento leyenda que vinculara al animal mitológico con Alcalá y lancé mi propuesta al concurso cruzando los dedos. Debo confesar que nadie de mi oficina, pero absolutamente nadie, creía en mi solución.

Un dragón en un parque, que también es puente

¿Qué pretendía con aquella escultura que rompía de forma original la tradición de los pontífices? Mi mensaje era múltiple. Por un lado, quería demostrar que una obra de ingeniería se puede integrar en cualquier paisaje sin romperlo, formando parte del mismo con vocación de enriquecerlo. Por otro, aportaba una obra con vocación de convertirse en joya del patrimonio cultural de la ciudad que lo iba a albergar. Los puentes urbanos se integran en el catálogo arquitectónico de las ciudades, influyen en su historia y participan de su vida social. Mi dragón lanzaba su rugido al aire para enamorar a los alcalareños, darles una seña adicional de identidad y constituirse en foco de atracción turística.

Gané el concurso de forma absolutamente original. El jurado dejó en cabeza a dos finalistas: mi dragón y un bello puente en arco de Marcos Pantaleón. No se atrevió a adoptar la decisión final que dejó en manos del alcalde de Alcalá.

El político, nunca mejor dicho, trasladó la decisión al pueblo y convocó un referéndum para que los ciudadanos eligieran la solución. La votación se desarrolló en la casa del pueblo tras sendos mítines que dimos Marcos y yo en defensa de nuestros proyectos.

El dragón obtuvo el noventa por ciento de los votos. Que yo sepa, es el primer puente democrático de la historia. Fue el primer eco que tuvo mi diseño. Y la verdad es que fue ensordecedor.

El 28 de marzo de 2007 se inauguró el puente con una gran fiesta a la que asistió el pueblo entero. Charangas, desfile con disfraces, cabalgata de cómicos y cientos de niños celebraron la incorporación del personaje al acervo popular. Desde ese día el puente del dragón pasó a ser una parte importante del patrimonio alcalareño.

No hay día en que no sea visitado por turistas, es permanente lugar de celebraciones en el parque, las fotografías de recién casados junto a la cabeza se han convertido en tradicionales y muchos eventos de la ciudad se celebran en torno al mismo. Incluso ha sido adoptado por los movimientos ecologistas, inicialmente hostiles a la ubicación de un puente, que ahora cuestionan cualquier nueva construcción que pueda impactar sobre su imagen.

Inauguración popular de un puente

El puente del dragón reclamo turístico

Este eco popular satisface con mucho el ego del autor que siente haber acertado con su propósito y percibido el mensaje que pretendió enviar a la sociedad con la obra. Pero, por si fuera poco, dos nuevos ecos han venido a corroborar con creces esta percepción:

En el año 2013, la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre editó un nuevo sello, dentro de la colección Puentes de España, con la imagen del Puente del Dragón, lugar reservado para contadas obras hispanas, hecho que recogió Wikipedia que le ha dedicado una página entera a la obra.

Y el 19 de Julio de 2009, dos años después de la inauguración, comenzaron las obras de otro Puente del Dragón, en Da

El puente del dragón tiene sello

El segundo puente del dragón. Vietnam

Nang, Vietnam, sobre el río Han. Diseñado por la ingeniería estadounidense Louis Berger, donde trabaja en la actualidad Marcos Pantaleón, finalista del concurso del puente de Alcalá. Nuestro dragón de cerámica y fantasía había creado escuela. El empleo del puente figurativo para añadir un atractivo al paisaje no había caído en saco roto.

Sinceramente nunca pensé que una obra de ingeniería civil concebida con vocación escultórica pudiera tener semejante eco. Y lo atribuí a un hecho excepcional y afortunado. Pero mi sorpresa pasó a ser confirmación de las tesis que me han empujado a diseñar puentes épicos cuando recibí los ecos de otro de mis puentes, el de Abbás Ibn Firnás en Córdoba.

El 14 de enero de 2011 se inauguraba con vocación de rendir homenaje a una figura de la ciencia y la ingeniería, absolutamente desconocida en la ciudad donde vivió en el siglo IX, que fue un científico precursor del reloj mecánico, el planetario, la cristalografía, trajo el cero a Europa y estableció la primera teoría del vuelo. No solo razonó y desarrolló los conceptos que permitirían volar, sino que fue el primer hombre que se colocó unas alas, se lanzó desde la torre de la Rusafa, sobrevoló Córdoba y aterrizó sin matarse. La brusquedad del impacto lo hirió gravemente, pero sobrevivió. El mismo escribió que, obsesionado con las alas, había obviado la importancia que tiene la cola en el vuelo.

El puente de Abbás Ibn Firnás en Cordoba

Firnás es un héroe en el mundo islámico, y reconocido como científico en universidades americanas y rusas. Pero en España, Ronda, su cuna, y Córdoba su corte, nadie se acordaba de él. Mi puente,

Un puente que vuela

con el gesto leve de una figura abstracta formada por dos planos, y dos grandes arcos que hacen pensar en alas, pretendía estimular la fantasía del espectador recordando la osadía de quien pretendió surcar el espacio contando solo con el impulso de sus brazos.

¿Ha tenido eco mi diseño? Yo pienso que sí. Hoy, todo Córdoba sabe quién fue uno de sus grandes hijos. Junto al puente, un monumento recuerda la efeméride del primer vuelo del hombre,

Homenaje al precursor del vuelo humano

quinientos años antes de que Leonardo dibujase unas alas como las de nuestro bereber. Los niños cordobeses diseñan alas en concursos escolares en recuerdo de Firnás…

Pero con independencia de este eco, potente pero difuso, quiero citar otros dos mucho más concretos y potentes:

El 3 de setiembre de 2012, la televisión coreana SBSKOREA, me pidió una entrevista a pie de puente. Sorprendido e

intrigado asistí a la misma. Cuando me explicaron el motivo, me quedé atónito. Estaban de elecciones presidenciales en su país. El presidente del gobierno se presentaba a la reelección y había elegido la tolerancia como bandera de su discurso. La televisión había decidido destacar los hitos de enaltecimiento de esa virtud más excepcionales en el planeta. Y entre ellos habían seleccionado mi puente porque les parecía un gesto insólito que un país cristiano homenajeara a un científico musulmán en una época crispada por la violencia interreligiosa.

Entrevista televisión coreana

Debo confesar que me quedé boquiabierto. Mi mensaje había cruzado medio globo terráqueo. Me hicieron la entrevista, sacaron imágenes de la estructura, me fotografiaron junto a la efigie del científico y continuaron su periplo en pos de la tolerancia. Antes de irse les pregunté por el secreto del éxito económico de Corea. Su respuesta fue tajante: dormimos cinco horas al día, el resto trabajamos intensamente.

Pero el sabio cordobés me reservaba otra sorpresa aún más insólita. El 13 de enero de 2013 la firma automovilística Rolls Royce anunciaba la edición limitada de un nuevo modelo de su marca creado como homenaje al científico Abbás ibn Firnás. Las fotografías del anuncio mostraban todos los detalles del interior del nuevo modelo de lujo. Cuando lo vi, en Londres, me tuve que frotar los ojos porque creía ver visiones: el logotipo que se repetía por todos sus rincones era un esquema de mi puente.

De nuevo me sentí afortunado. Mi mensaje como diseñador me devolvía un eco incontestable y magnífico. Las estructuras épicas, con una vocación formal de explicitar un relato, una historia o una idea, constituyen una expresión

El Rolls Royce Firnás

El puente Firnás como logo del coche

del diseño que contacta con el pueblo, enriquece el paisaje y dignifican la obra pública.

Ambos puentes han recibido visitas de estudiantes de ingeniería atraídos por el concepto que los ha alumbrado, como la que realizó la universidad de Princeton el 30 de octubre de 2014.

Los ingenieros diseñadores no tenemos clientes que vengan a encargarnos puentes, tampoco contamos con corrientes de opinión entre nuestros colegas, pero poseemos el gran tesoro de la dimensión de nuestras obras que impactan inevitablemente en la sociedad para provocar ecos de dimensiones inimaginables.

También contamos con una revista, Cuadernos de diseño, que ha tomado la bandera de divulgar, y con ello aleccionar, las motivaciones y sueños de los ingenieros que pretenden dignificar el papel de la obra pública en el paisaje.

Gracias a ella y su fundador por la importante labor que hacen. ■

Alumnos de Princeton en Firnás

Alumnos de Princeton en el dragón

La belleza de la ingeniería

Francisco Islas Vázquez Del Mercado
Profesor de Proyectos de la Universidad de Anáhuac. Presidente de la Sociedad Mexicana de Ingenieros Administradores

Mucho se ha hablado sobre la aparición de la Ingeniería Civil y el desarrollo de la Arquitectura, si esta es un arte y si la Ingeniería es una ciencia o si las dos se complementan y entre ellas se descubre un mundo de maravillas que sorprenden al ser humano.

Haciendo un recorrido por la historia nos remontamos a varios siglos atrás y encontramos construcciones extraordinarias que han servido para diferentes fines desde los sociales hasta los religiosos y bélicos, pero en todos hay una combinación de Ingeniería con Arquitectura que, sin duda, tuvieron que interrelacionarse y combinar sus diferentes bondades para el éxito del uso y aprecio de las mismas.

Creo que es muy importante destacar, desde mi particular punto de vista, que la Ingeniería Civil no nació de la Ingeniería Militar como algunos lo han señalado en diversos medios ya que la Ingeniería Civil, necesariamente ha acompañado al hombre a lo largo de su historia tanto para tener la necesidad primaria de habitación, así como para librar claros, barrancas o ríos al pasar de civilizaciones llamadas nómadas hasta las mas conocidas sedentarias.

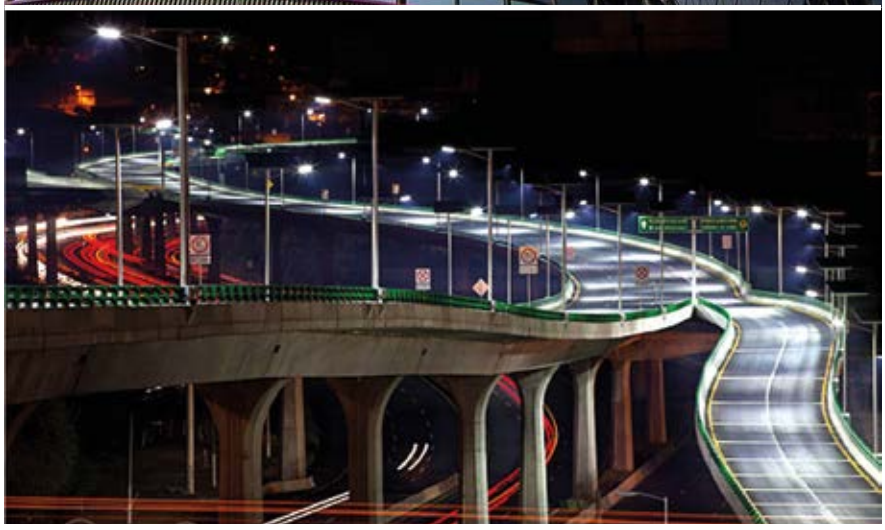
Podemos encontrar en todas las civilizaciones la necesidad de darse a conocer o la pretensión de perdurar en el tiempo y es por estas razones que valdría la pena reflexionar si el triángulo que manejamos en toda obra o proyecto consistente en el equilibrio de la calidad, el control del tiempo y el costo se cumple o, como se podría demostrar, siempre sobresale/destaca la calidad sobre los otros dos ya que los pocos o muchos años dedicados al desarrollo de determinado proyecto o construcción se ve minimizado por el tiempo absoluto en el que vivimos. Las grandes obras las podemos apreciar y muy pocos se preguntan si estuvieron dentro del costo previsto o dentro de los tiempos originalmente considerados.

Quiero volver al punto que es necesario acordar, el hecho de que la Ingeniería Civil es tan antigua como el hombre mismo y que, de esta, han surgido una serie de ramas, necesarias o no tanto, de la misma para satisfacer necesidades tangibles o intangibles del ser humano que pueden llegar a tener un peso importante en el desarrollo de las mismas y es por eso que nos confundimos al decir que la Ingeniería Civil se derivó de la Militar o que nació por la necesidad de estructurar la belleza de la arquitectura.

"Creatividad, ingenio y arte para desarrollar Belleza"

" El hombre es la medida de todas las cosas"… principio sofista que basa todo en el hombre y que al parecer es la base del relativismo pero al mismo tiempo establece el parámetro sobre el cual se construye cualquier idea, ciencia y arte. El hombre es el ejemplo mas claro y profundo de la perfección y belleza de la naturaleza y es aquí donde vemos la necesidad de que el propio hombre haga lo necesario para estar dentro de ese entorno que le pide su propia conciencia.

Creatividad, ingenio y arte son elementos fundamentales para poder desa-



rrollar Belleza en la Ingeniería ya que, debemos recordar que con la ingeniería el hombre satisface sus necesidades primarias y de habitabilidad pero a medida que se va incrementando la convivencia y sociabilidad aparecen otro tipo de requerimientos para destacar o distinguir las características propias de la persona humana y sus deseos de superación o bienestar individual o de familia.

20 mil o quizá 30 mil años nos separan de la aparición del hombre en la tierra y desde entonces ha tratado de realizar actividades que le brinden alimento y bienestar, tal como vivienda y vestido.

En algún momento se dio cuenta de cosas tan simples y a la vez tan grandiosas como que para salvar un claro o atravesar un río tenía que utilizar algo que estuviera a su alcance como el tronco de un árbol. La básica y hasta natural necesidad de almacenar agua para su uso propio y más adelante y de forma más razonada; para el cultivo de algún tipo de alimento lo lleva a grandes conclusiones y avances de la humanidad como la construcción de diques o presas de almacenamiento. Se dio cuenta que podía conducir el agua hasta el lugar donde la requería y comenzó a construir canales .

Todo esto que he mencionado en el párrafo anterior son los antecedentes muy sencillos, pero de gran importancia , que han permitido que el hombre siga pensando en aprovechar a la naturaleza para su beneficio. Continúa la historia y comienza a requerir que en sus intentos de construir obras de ingeniería, también tengan un toque de belleza y , en ocasiones, arte. Es cuando las ingenierías se empiezan a confundir con la intervención de la Arquitectura que, sin lugar a dudas, ofrece algunas ventajas de confort, belleza, aprovechamiento de espacios, etc.

Por otro lado y sin olvidar su importancia están los grupos de personas que , al no ver con profundidad , los beneficios de las diversas obras de ingeniería que se construyen en el mundo, demandan el regreso al pasado con el argumento de salvaguardar el equilibrio y la conservación de algunos elementos que se consideran necesarios para el desarrollo adecuado de la vida del planeta . Lo cierto es que también estos grupos de ambientalistas aprovechan y disfrutan de todos los beneficios que ofrecen las grandes autopistas, aeropuertos, presas, sistemas de riego, ferrocarriles, etc.

En el presente documento he intentado dar una visión muy condensada de la belleza de la Ingeniería y de lo que a su alrededor se mueve, espero que el lector tenga un punto de vista que le de brillo a su pensamiento. ■

Estructuras en esculturas, los sueños de la materia

Jorge Bernabeu
Dr. Ingeniero de Caminos, Profesor de Paisaje, Historia y Estética de la Ingeniería Civil en la Universidad Politécnica de Madrid y Director de Proyectos en Idom.

Ya lo dice Humphrey Bogart, la codiciada estatuilla de El Halcón Maltés (John Huston, 1941) está fundida "del material del que están hechos los sueños". De esto va el artículo, de la aspiración de la escultura a trascender la materia. En particular, cuando juega con la fascinación del equilibrio imposible, cuando aumenta la dimensión y trabaja a gran escala, emplea materiales inusuales o busca desmaterializarse. Retomamos el artículo del número anterior de César Lanza, en el que plantea la "estructura como eje sintáctico sobre el cual se articula la disposición de la materia" [1]. Nos interesa la escultura que usa como estrategia el límite de lo inteligible como objeto físico, aquella que explora con la estructura su propia identidad. La escultura que plantea lo estructural como una búsqueda de posibilidades o como un cuestionamiento de los sentidos ha resultado especialmente fructífera en la historia, no sólo en lo artístico sino también en lo resistente. La inutilidad del arte planteando un problema difícil, cuando no imposible, excita la lógica resolutiva de la ciencia aplicada. Escultura para ingenieros estructurales, en definitiva. El recorrido que proponemos es necesariamente incompleto y quizás aparentemente inconexo, pero suficientemente sugerente para mostrar algunos resortes ocultos. No buscamos desvelar el truco, todo lo contrario, queremos manifestar el valor de la estructura en la ilusión del arte.

Apolo Belveder, copia romana de un original griego, 120. El brazo no sujeta la tela, es el manto el que sustenta el brazo.

La talla en mármol de la escultura clásica tiene una profunda carga poética en su proceso de desbaste, con puntero y cincel, para extraer del bloque la forma contenida. La escultura griega trabaja el mármol a una escala humana. La piedra, que soporta mal las tracciones, hace especialmente frágiles los elementos finos, cuerpos y brazos, por lo que muchas esculturas clásicas nos han llegado amputadas. En el equilibrio global de la talla resulta decisivo el centro de gravedad y la disposición de los apoyos, que se refuerzan en muchos casos con tocones, troncos, plintos o peanas.

Muy diferente, pero también enormemente sugerente en su proceso, es la técnica de moldeado de la escultura en bronce. El proceso se inicia con la elaboración por parte del artista de la forma, generalmente en barro o yeso. De este modelo se saca un molde en escayola a partir del cual se realiza un vaciado en cera, esto es, una reproducción hueca del mismo grosor que tendrá posteriormente el bronce de la escultura, para lo cual el interior de la cera ha de ser rellenado con picadizo. Sobre el molde de material refractario se vierte la colada o fundición de bronce. El bronce, una aleación de cobre y estaño, posee gran dureza y ductilidad.

La talla quita material para revelar la forma, mientras el moldeado añade materia para conformar la pieza que servirá de base para el posterior vaciado. Sustraer o añadir; quitar o poner. Los griegos terminaban las esculturas en mármol con policromía; el aspecto de las obras que conocemos es el resultado de la degradación de los pigmentos. En cambio, los romanos preferían la superficie del mármol sin pintar y encargaban copias en mármol de los originales griegos en bronce, como en el caso del **Apolo Belveder** de la figura.

El Renacimiento recupera la técnica de fundición a la cera perdida de los

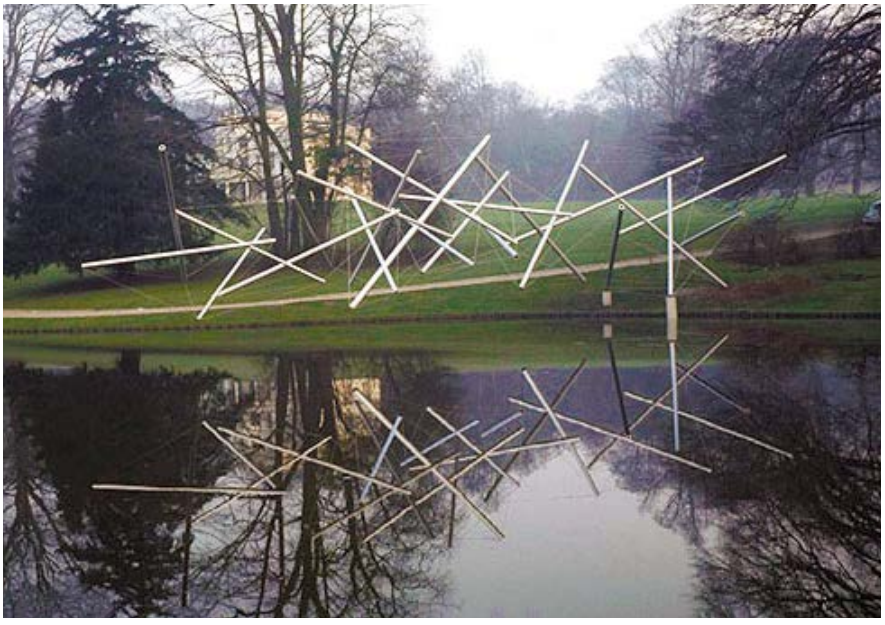
Pietro Tacca, Galileo Galilei, Estatua ecuestre de Felipe IV, 1640
Primer caballo en corveta de la historia de la escultura. La variación de espesores del bronce permite situar el centro de gravedad más próximo a las patas traseras.

bronces clásicos. Los artistas italianos y sobre todo los florentinos mantienen casi en exclusiva la técnica hasta bien entrado el siglo XVII. El retrato del rey a caballo era en la época un símbolo de representación del poder. En ese contexto, el Conde Duque de Olivares plantea a Felipe IV un monumento escultórico ecuestre y se lo encarga al mismo taller que realizó la estatua ecuestre de Felipe III, el del florentino de **Pietro Tacca**. Pero Olivares no quería copiar el monumento de su predecesor, con el caballo en posición de paseo, el nuevo conjunto debía ser diferente y superarle. Así pues, toma como modelo el retrato ecuestre de Felipe IV de Diego Velázquez de 1635 con el caballo en corveta, con las dos patas delanteras levantadas. Una figura inédita en la historia de la escultura de muy difícil resolución física. El biógrafo de Tacca señala cómo lo que parecía imposible fue resuelto con el asesoramiento de Galileo Galilei [2]. Interiormente el caballo lleva una barra de acero de sección cuadrada que recorre desde el pecho hasta la cola. La barra se divide en otras tres que bajan por la cola y por las patas. En la base del caballo se empotran en una plancha romboidal de hierro que se prolonga en dos barras longitudinales. De esta forma, mientras la barra de la cola trabaja a tracción, las de las patas lo hacen a compresión y las vigas del basamento recogen el momento flector impidiendo el vuelco del caballo. Adicionalmente, el espesor del bronce disminuye desde la cola y las patas, casi macizas, hasta la cabeza, con apenas dos milímetros de espesor. Se aproxima de esta forma el centro de gravedad al apoyo, disminuyendo el momento flector. La estatua preside hoy la plaza de Oriente de Madrid.

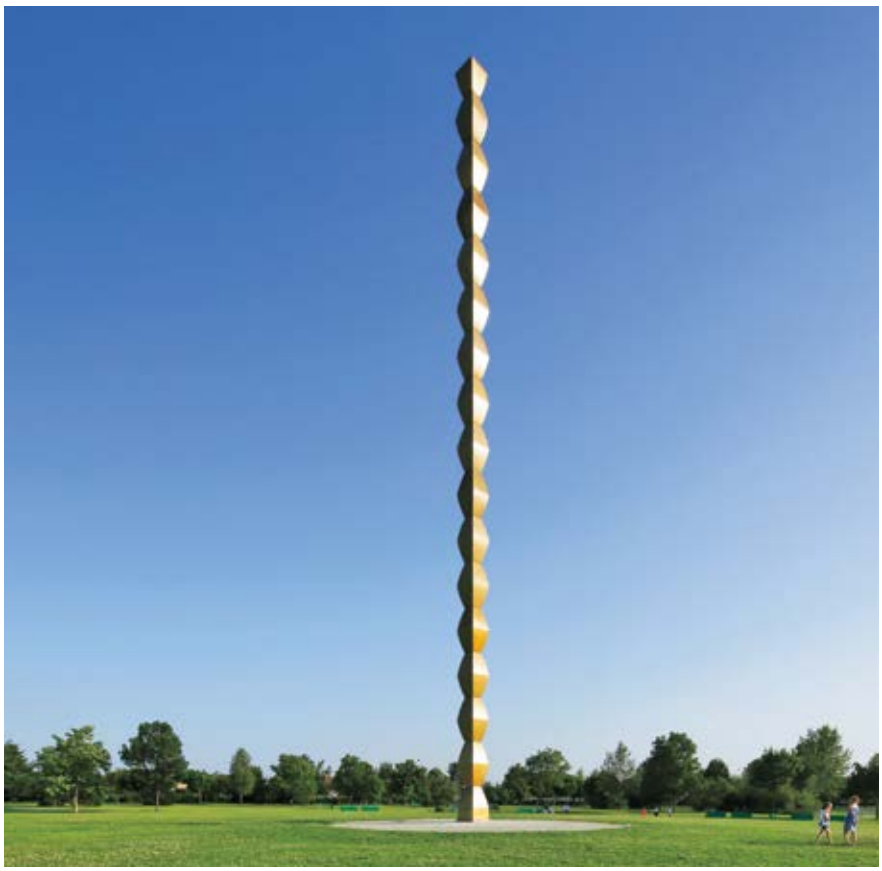
Alexander Calder, Arc of petals, 1941
Los móviles no apoyan en el suelo. Aúnan equilibrio y movimiento, ingeniería y abstracción lírica.

Un salto en el tiempo, en los materiales, en las intenciones; distintos significados a partir de pulsiones de búsqueda análogas. **Alexander Calder** empezó en los años 30 del siglo XX a construir juguetes de figuras circenses hechas con alambre que se transformaron en esculturas abstractas con elementos formales muy simples en equilibro dinámico inestable, susceptibles de movimiento con mínimas corrientes de aire. Los "móviles", *mobiles*, esculturas de alambre y láminas de metal, cuelgan suspendidas del techo, en vez de apoyadas en el suelo. Una revolución estética producto de un artista e ingeniero mecánico que introduce el movimiento y redefine el espacio a partir del equilibrio cinético de piezas que parecen flotar desprovistas de masa.

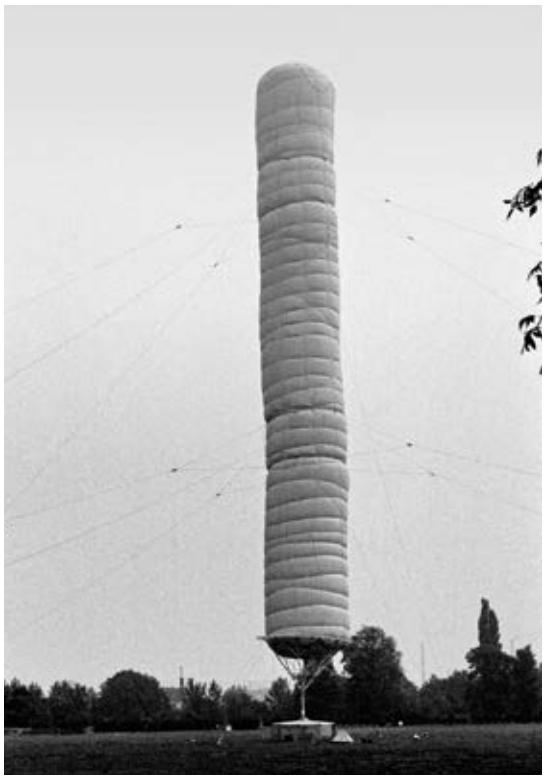
Inspirado por Calder, el joven artista **Keneth Snelson**, inició en 1948 un tipo de escultura nunca vista antes. De apariencia tan etérea como los móviles de Calder, mantenían la forma y la estabilidad sin continuidad aparente de elementos sustentantes. Las esculturas de Snelson son estructuras tridimensionales en equilibrio de barras en compresión suspendidas en el aire por cables en tracción casi invisibles. Al conocer Richard Buckminster Fuller las piezas de Snelson, se apropió del hallazgo y acuñó la denominación de *tensegrity*, acrónimo de "integración tensional", *tensional integrity*, en referencia a su propiedad de integrar la tensión de la estructura dotándola de estabilidad. En el lado europeo, el arquitecto francés David Georges Emmerich reivindica por su parte la invención de sus "unidades estructurales auto-tensadas", *autotendents*, que son también arte-



Kenneth Snelson, Easy-K, 1970. Las etéreas estructuras tensegrity son, como decía Buckminster Fuller, "islas de compresión en un océano de tracción".



Constantin Brancusi, Endless column, 1938. La repetición de una misma forma abstracta enfatiza la potencial expansión vertical sin fin.



Christo, 5,600 Cubicmeter Package, 1968. Empaquetar ese volumen de aire no resulta fácil; aunque temporal, permanece como idea poética.

factos en equilibro tensional de elementos comprimidos discontinuos y cables traccionados [3]. Resulta, en todo caso, especialmente significativo que el hallazgo de una solución estructural inédita y fascinante se produzca gracias a una búsqueda escultórica.

La "columna sin fin" de **Brancusi** es una de las piezas escultóricas que mejor simboliza la aspiración de elevarse. A partir de 1918 Brancusi realizó muchas versiones de columna sin fin. Consiste en la repetición de un módulo formado por pirámides truncadas unidas simétricamente por la base. La repetición de una misma forma abstracta enfatiza la potencial expansión vertical sin fin. La forma remite al pedestal que tradicionalmente soporta la escultura, que se toma como elemento escultural en sí mismo. Sencillez y modularidad como principios fundacionales de la moderna abstracción escultórica. Casi todas las columnas sin fin de Brancusi están talladas en madera de roble. La de mayor dimensión y un referente de instalación escultórica en el territorio es la columna sin fin construida en 1937 en la ciudad rumana de Tirgu Jiu. Colaboró con Brancusi el ingeniero rumano Stefan Georgescu-Gorjan. Un modelo en madera sirvió de molde para los módulos de hierro fundido, mientras que la estructura resistente es un pilar interior de acero empotrado en una zapata de hormigón [4]. Más que por sus 30 m de altura, la pieza destaca por su fascinante esbeltez.

En toda construcción en altura resultan decisivos las solicitaciones de viento. La estructura neumática de aire empaquetado realizado por **Christo** en 1968 alzaba los 85 m de altura (Fig. 6). La estructura fue ideada, como en otras muchas instalaciones temporales de Christo, por el ingeniero del MIT Dimiter Zagoroff. Se trataba de una membrana de polietileno reforzado rellena de aire y helio. Para evitar el vuelco horizontal se dispusieron tirantes exteriores, la componente vertical de los cables así como el empuje del viento sobre el globo, se equilibraban mediante la presión interior. La pieza, realizada con motivo de la Documenta IV de Kassel resultó efímera en su existencia pero permanece como memoria y documento de fuerte intensidad lírica. Una escultura que es más concepto que objeto, pero que precisa para ello convertirse en realidad construida, aunque sea de forma temporal.

Si hay un material que representa a la vez lo moderno y lo masivo es el hormigón. Estructural, y formáceo, una de las primeras aplicaciones como materia escultórica la realiza **Eduardo Chillida** por sugerencia del ingeniero José Antonio Fernández Ordóñez. El puente de Juan Bravo sobre la Castellana, de Fernández Ordóñez, Julio Martínez Calzón y Alberto Corral, de 1970 y su museo de escultura al aire libre, son en el origen del encargo. La escultura, *Lugar de Encuentros III*, en continuidad con la serie del autor del mismo nombre, planteaba no solo el empleo del hormigón si no el cuelgue de la escultura del puente, levitando a 70 cm sobre el suelo, como

Eduardo Chillida, José Antonio Fernández Ordóñez, Lugar de Encuentros III, (Sirena varada), 1972. El empleo del hormigón como materia escultórica y el desafío a la gravedad, colgando su gran masa del puente, son dos hitos de la escultura. A ello se añade su valor simbólico de libertad, tras permanecer cinco años descolgada; los motivos políticos se enmascararon como reticencias técnicas de seguridad.

Menashe Kadishman, Suspended, 1977. Otro imposible como el caballo de Felipe IV: el equilibrio del obelisco roto reunidos en dos prismas.

desafío a la gravedad. La pieza de hormigón armado precisó la realización de un encofrado de madera sobre el que se vertía y vibraba el hormigón hasta su desencofrado tras el fraguado. Esta primera aplicación evidenció la necesidad de una mayor dimensión y encuentros geométricos más suaves para evitar la aparición de coqueras. Las siguientes esculturas de hormigón de Chillida tendrán cada vez mayor escala. Pero, además del hormigón, resulta decisivo que la pieza esté suspendida. Durante más de cinco años la escultura no se colgó del puente. El Ayuntamiento de Madrid, en particular durante la etapa del alcalde Arias Navarro, alegaba razones de seguridad debido al peso de la escultura, en contra de los exhaustivos informes estructurales de los ingenieros autores del puente que evidenciaban la capacidad de las pilas y la seguridad del cuelgue [5]. Las razones políticas, contrarias al pensamiento y nacionalidad vasca de Chillida, pesaban más que los 6150 kg de la obra. En este tiempo, la prensa bautizó a la escultura como *Sirena Varada*, nombre por el que todavía hoy se le conoce.

En *Broken Obelisk*, el escultor **Barnett Neuman** subvierte las figuras simbólicas de la pirámide y el obelisco mediante la ilusión del equilibrio inestable de un obelisco roto e invertido sobre el vértice superior de la pirámide. Lo que parece la convergencia de aristas en un punto infinitesimal es en realidad una pequeña sección maciza de acero con capacidad suficiente para asumir las tensiones debido a la carga vertical y al momento flector producido por las acciones horizontales de viento [4]. La misma estrategia que usa Kadashian en *Suspended* que, además de la pequeña sección de acero en la arista, utiliza recursos análogos al caballo de Felipe IV.

Barnett Newman, Broken Obelisk, 1963 La ilusión de un equilibrio inestable en el punto infinitesimal de encuentro entre vértices.

La escultura pop de **Claes Oldembourg** cambia la escala de objetos cotidianos y los sitúa en contextos urbanos. Provocación e ironía que juega a menudo con estructuras y equilibrios incomprensibles. En contraste, las intervenciones en entornos rurales del británico **Andy Goldsworthy**, son obras pequeñas y efímeras realizadas con elementos del lugar y mínimos medios. Sensibilidad y respeto ambiental que emplea las manos y los recursos naturales. Las obras de las figuras plantean dos interpretaciones escultóricas del arco: como parte de un objeto descontextualizado y gigante o como construcción con pequeñas dovelas de piedra y sin otra cimbra que las propias manos.

Claes Oldenbourg, Spoonbridge and Cherry, 1988. Aumento de escala de objetos cotidianos, estética pop y materiales pintados de colores brillantes.

En esculturas de gran escala es frecuente disponer una estructura interna que soporta la piel escultórica. Un ejemplo paradigmático es la estatua de la Libertad. La solución de Eiffel planteaba una estructura principal interior en forma de potente torre de hierro, a semejanza de las pilas de sus viaductos, y una estructura secundaria que se adaptaba a las superficies exteriores y sustentaba las piezas de fundición de cobre. Piel y estructura son elementos desconectados que siguen lógicas diferentes.

Frank Gehry ensayó en su escultura del pez para Barcelona de 1992, con la colaboración de SOM, la oficina norteamerica de rascacielos *Skidmore, Owens &*

Andy Goldsworthy, Slate Arch, 1982. Pequeña escala, mínimos medios, construido con las manos con piedras del sitio.

Merril, el proceso de definición paramétrica de la piel, primer paso para aproximarse a la identificación de una forma arbitraria y su piel estructural. A partir del volumen libremente moldeado por el arquitecto, se realizó un escaneado tridimensional de la superficie exterior para, mediante el uso de programas de diseño aeroespacial, definir cada uno de los perfiles metálicos que mallan su geometría, una cuadrícula obtenida mediante intersección del modelo paramétrico de la superficie esculpida con planos horizontales y verticales. La escultura abrió el camino del proyecto más relevante de Gehry, el Museo Guggenheim de Bilbao, concebido nuevamente como un conjunto escultórico en el que las fachadas se definen mediante una piel estructural tridimensional, en la que forma y estructura coinciden. La forma moldeada define la geometría estructural que soporta las superficies de fachada.

Frank Gehry, SOM, Pez de Barcelona, 1992. Primer ensayo de resolución paramétrica de la superficie de una forma escultórica. Siguiente paso será el museo Guggenheim Bilbao.

Como instalación permanente en la sala más grande del museo Guggenheim de Bilbao, se ubican las ocho grandes piezas de **Richard Serra** que configuran *La materia del tiempo*. Serra caracteriza por su intensa relación con el acero, en particular con aceros laminados autopatinables tipo corten. Su producción escultórica ha evolucionado junto con las capacidades de manipulación y de doblado en taller de chapas de gran espesor. Así, de sus realizaciones con chapa plana de los 70 pasa en los 80 a elementos cilíndricos, para abordar posteriormente plegados cónicos inclinados en los que la propia geometría de la chapa asegura su estabilidad apoyada en el suelo.

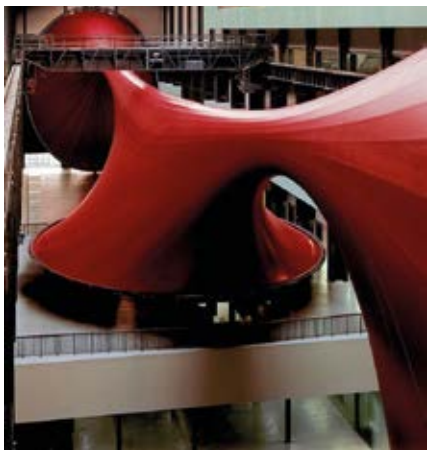
En la instalación de Bilbao está presente todo su vocabulario topológico, con superficies curvas de secciones de toros y esferas, espirales y elipses. La rotundidad de las masas, todas ellas chapas de acero corten de 50 mm de espesor y unos 4 m de altura, acentúa el peso y la naturaleza de la materia, a la vez que sus inclinaciones otorgan un carácter ingrávido a su presencia imponente. Se puede contemplar la instalación desde lo alto, pero el conjunto escultórico está concebido para ser recorrido, explorado y penetrado en una experiencia perceptiva y estética en la que necesariamente interviene el tiempo que, junto con la materia, da título a la obra [6].

Queremos incluir también alguna reflexión sobre la escultura de **Santiago Calatrava**. La crítica de arquitectura e ingeniería señala siempre la inspiración escultórica de sus obras. Es cierto que sus realizaciones de puentes y edificios parten de esculturas y dibujos, habitualmente de inspiración orgánica en los que se repiten ojos, animales, torsos, en equilibrios estructurales inestables: inclinaciones, torsiones, voladizos, balanzas, contrapesos. Más aún, sus piezas escultóricas y acuarelas son también elementos decisivos en su estrategia de convencimiento y seducción al cliente. Se repite recurrentemente en su trayectoria una primera exposición de sus esculturas en las ciudades que poco después apuestan por encargarle una obra pública o un edificio icónicos [7]. La traslación de una forma escultórica de pequeña escala a un puente o a una torre de gran escala está en el origen de los principales defectos que se achacan a sus realizaciones: carencias funcionales, desconexión con el lugar, ineficiencia estructural, complejidad constructiva y elevados costes. Pero si nos atenemos exclusivamente a su producción escultórica, es de destacar la poca relevancia que tiene en el ámbito del arte contemporáneo. Sus puentes y edificios son iconos reconocibles del mundo global, con más fortuna mediática que crítica, pero constituyen sin duda hitos en la historia reciente de la construcción y exponentes simbólicos de su momento. Sus esculturas, sin embargo, aunque elementos decisivos de su proceso creativo, son totalmente prescindibles en el campo de la escultura contemporánea.

Richard Serra, The Matter of Time, 1994-2005. Chapas de acero corten de 50 mm de espesor dobladas con geometrías curvas e inclinadas que adquieren sentido en su recorrido espacial.

Santiago Calatrava, Turning Torso (escultura), 50 cm, 1999; Turning Torso (edificio), Malmö, 190m, 2005. Calatrava no tiene ninguna trascendencia como escultor, pero como ingeniero y arquitecto sus obras son iconos del mundo global.

En propuestas escultóricas actuales, sigue vigente el uso de la estructura como recurso determinante en la esencia conceptual de la obra. Tal es el caso de la instalación de **Anish Kapoor** en la sala de turbinas de la Tate Modern de Londres. La búsqueda del autor por unificar objeto y espacio se materializa en una membrana continua de PVC monocromo de color rojo. Una superficie tensionada anclada en cada extremo en dos potentes anillos metálicos de 30 m de diámetro que se conectan al edificio existente, encargado de arriostrar el conjunto. En el centro, suspendido horizontalmente, se sitúa un tercer anillo metálico del mismo diámetro. En el proceso creativo Kapoor colaboró con el ingeniero estructural Cecil Baldmond que contó a su vez con el Departamento de Geometría Avanzada (AGU) de ARUP en el proceso iterativo de obtención de la forma traccionada de la superficie. La intervención, denominada *Marsyas* como alegoría a la sangre y a la piel del sátiro que desafió a Apolo, produce una alteración lógica de dos geometrías estructurales clásicas, el arco y la catenaria, tradicionalmente contrapuestas pero que en este caso coexisten como formas en la misma membrana resistente.



Anish Kapoor, Cecil Baldmond, Marsyas, 2003. Una membrana de PVC roja y tres tubos rígidos de acero definen una superficie en tensión concebida mediante técnicas digitales de form-finding.

La cascada artificial de **Olafurr Eliasson** en Versalles en 2016 retoma su instalación previa de Nueva York con mayor acierto. Su búsqueda de percepción, movimiento y experiencia de lo natural se concreta en una estructura clásica, perfectamente legible, que oculta justamente su evidencia en el punto de vista frontal. Una síntesis idónea de las ideas esenciales planteadas: la apropiación de la escultura de la ilusión estructural como motivo artístico.

La cita inicial de Bogart no aparece en el original de Dashiell Hammet, el actor la tomó de *La tempestad* (William Shakespeare, 1611). Sirvan sus versos para recordar el sueño de la escultura de trascender la materia:

"Ahora, nuestro juego ha terminado. Estos actores, como les dije, eran sólo espíritus y se han fundido en el aire, en la levedad del aire; y, al igual que la ilusoria visión que representaban, las torres que coronan las nubes, los lujosos palacios, los solemnes templos, el gran globo mismo, sí, con todo lo que contiene, se disolverán y, como estos desvanecidos pasajes sin cuerpo, no dejarán rastro. Estamos hechos de la misma materia de los sueños y nuestra breve vida cierra su círculo con otro sueño." ■

Olafur Eliasson, Waterfall, Versailles, 2016 De frente una cascada que emerge del aire, por detrás el artificio estructural que lo permite.

Referencia bibliográfica:
[1] Lanza, César (2016). "La escultura de Sir Anthony Caro, ingeniero". Cuadernos de diseño en la obra pública, núm. 8: Cercla d'Infraestructures, Barcelona.
[2] Matilla, José Manuel (1997). El caballo de bronce: la estatua ecuestre de Felipe IV, arte y técnica al servicio de la monarquía: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Calcografía Nacional, Madrid.
[3] García Barreno, Pedro (2009). "Tensegridad. Arquitectura, arte y biología". Arquitectura Viva, núm. 125: Madrid, p. 19-31.
[4] Schodek, Daniel L. (1993). Structure in Sculpture: The MIT Press, Cambridge, Masachusetts.
[5] Collell Mundet, Guillem (2005). Relación entre la obra de José Antonio Fernández Ordóñez y de Eduardo Chillida Juantegui. Tesina: Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports, Universitat Politécnica de Catalunya.
[6] Serra, Richard (2005). The matter of time. Guggenheim Museum Bilbao: Steild, Germany.
[7] Moix, Llàtzer. (2016). Queríamos un Calatrava. Viajes arquitectónicos por la seducción y el repudio: Anagrama, Barcelona.
[8] Bernabeu, Alejandro (2007). Estrategias de diseño estructural en la arquitectura contemporánea. Tesis doctoral: Universidad Politécnica de Madrid.

Obsolescencia y readaptación conceptual de los proyectos e infraestructuras de movilidad

Francesc Ventura i Teixidor
Arquitecto

Segunda parte

Esta revista se publica en las universidades Iberoamericanas como resultas del convenio de la Agrupación Diseño Obra Pública (ADOP) editora de la misma i la Red Universitaria Iberoamericana de Tecnología y Movilidad (RUITEM) y aunque es básicamente un medio de comunicación de los aspectos estéticos y formales de las infraestructuras no puede desconectarse de otros aspectos, que aunque más tecnológicos, son la base de las mismas. Por esto adjuntamos la segunda parte del artículo del prof. Francesc Ventura, la primera se publicó en el Nº8, consecuencia de su relación con las universidades de Lisboa, Perú, Colombia y Brasil.

Me permito, en esta segunda parte, plantear algunas sugerencias, que ayuden a estimular el debate.

Los problemas de congestión y de disfunciones en la Movilidad de un ámbito territorial deberían encararse, inicialmente, desde una perspectiva sociológica y urbanística. Analizando las causas que provocan el "mal funcionamiento" de las interrelaciones entre ciudadanos y/o empresas de ese ámbito y entre ellos y los de los territorios a los que sirve y de los que se sirve.

Actuaciones de reorganización de la gestión de las actividades pueden ayudar a que los flujos se redireccionen o se distribuyan según franjas horarias u otras periodicidades, de manera que las infraestructuras mantengan en cada momento capacidad de servicio y se disminuya el rango del riesgo de saturación y congestión. Horarios escolares, comerciales, de la oferta de ocio, segmentación de los periodos vacacionales, ordenación de la carga y descarga y de la distribución urbana de mercancías, políticas de apar-

camiento, gestión de flotas para los servicios de transporte, individual y colectivo, acostumbran a resultar medidas que pueden ofrecer alternativas eficientes, a costes marginales, comparados con los de reforma y ampliación de las redes viarias o de transporte.

La modernización de las tecnologías al servicio de la gestión eficiente de los canales de paso y zonas de control de los flujos de transporte puede aportar mayor conocimiento en tiempo real y ayudar a implementar, también con mayor celeridad, medidas de redistribución de esos flujos o de optimización de flotas. Además, el tratamiento masivo de la información recogida permite establecer prognosis aquilatadas acerca de alternativas futuras de planificación y programación de infraestructuras y servicios.

Los peajes no deberían ser sólo mecanismos de pago, también puntos de evaluación del funcionamiento de la red y de transmisión de datos, útiles para el Sistema de Movilidad, e incluso para otras políticas, como por ejemplo la lucha contra la contaminación atmosférica. Los sistemas de pago del transporte público pueden integrarse en el conjunto de las políticas de soporte de carácter social, y establecer automáticamente selecciones de precios por usuario, en función de sus características personales, familiares, del desplazamiento, etc. Con ello podrían aplicarse automáticamente políticas equidistributivas y, a la vez, estimular o reducir el uso del transporte colectivo, en determinadas franjas horarias. La mejora de la trazabilidad de los objetos a desplazar permitiría organizar la logística con criterios dinámicos, con lo que los tiempos de recorrido de las mercancías serian parte de la cadena y del coste de su libramiento, y el usuario final acabaría "reconociendo" a un único proveedor del servicio de recogida y/o entrega, con

"Hemos de ser capaces de imaginar 'los futuros' ahora"

independencia de los integrantes de las cadenas modales que hubieran intervenido en el proceso.

Los modelos de gestión y de operación y el control público del Sistema de Movilidad han de supeditarse a la consecución de los objetivos acordados con la Comunidad acerca de la racionalidad, eficacia y eficiencia de los servicios prestados. Muchas decisiones (de las que se toman y de las que no se toman) están viciadas por una excesiva carga ideológica.

Que un servicio se preste a la Comunidad no quiere decir que deba ser operado por funcionarios públicos. Tampoco es garantía de eficacia el que el control de la empresa operadora esté sustentado en un Consejo de Administración integrado, en todo o en parte, por responsables políticos. Los modelos de operación de servicios de transporte o de explotación de infraestructuras dedicadas a la movilidad que integran componentes de gestión privada no tienen porque resultar ni más costosos ni menos eficientes, ni ser menos "sociales" que los estrictamente públicos. También debe reconocerse que, hoy en día, la prestación de cualquiera de estos servicios es, como mínimo, mixta, pues las mismas empresas públicas han contractualizado y externalizado buena parte de los cometidos que en ellas se desempeñan: mantenimientos, limpieza, seguridad, servicios de comunicaciones, energía, etc. Por tanto, es muy necesario revisar cada estructura administrativa y de gestión, porque también con su mejora es posible superar ineficiencias, reducir costes, e incrementar la calidad del servicio.

Se llega entonces a otro de los grandes campos de potencial mejora; el de los marcos jurídicos y normativos y de los ámbitos competenciales. La legislación y reglamentación existentes en nuestro País es fruto de la suma de decisiones de Parlamentos y Gobiernos diversos, en el tiempo y en el espacio. Normalmente, además las tablas de vigencias de las Normas hacen aun más complejo el entramado. Nadie se atreve a derogar y uno de los latiguillos comunes que aparece en muchos de los textos es el "sin perjuicio de…". Se requiere una gran valentía política e institucional para ser capaces de "recomponer" este marco poliédrico y complejo. Pero posiblemente las economías que se generarían y las mejoras organizativas que podríamos introducir, a medio plazo, aportarían mejores resultados que muchas decisiones de nueva inversión o de mayor control burocrático sobre las actividades privadas.

¿Cómo es posible predicar una planificación integral de las infraestructuras de transporte en un entorno administrativo que conserva estructuras obsoletas, no adaptadas a las nuevas

realidades político-institucionales? ¿A quienes deben rendir cuentas los administrados y a quienes exigírselas, cuando existe duplicidad de Autoridades para un mismo entorno territorial o competencial? ¿Cómo se garantiza la independencia e imparcialidad de la Administración cuando es a la vez regulador, controlador y operador de una parte del Sistema? ¿Qué criterios de financiación ecuánimes puede aplicar aquel responsable político que al tiempo de financiar el déficit estructural de un servicio público es responsable de las cuentas propias de algunas de las empresas que intervienen en esa gestión? Es muy difícil conseguir la eficiencia para el conjunto del Sistema de Movilidad con este armazón burocrático.

Y ¿Que tienen que ver todos estos conceptos con el diseño y la obsolescencia de las infraestructuras de comunicaciones y transportes? ¡Muchísimo!

No es posible concebir un buen proyecto que resuelva problemas reales de la ciudadanía, nuestro objetivo final (debemos recordarlo siempre), sin que "alguien", responsable, tenga una visión integral y completa de las políticas que pueden influir en el problema y en la solución, hoy y en el futuro. Deontológicamente, a veces deberíamos rehusar encargos o negarnos a participar en licitaciones, sólo por la debilidad (institucional, financiera, de conocimiento de la realidad) de quien promueve esa iniciativa. Necesitamos Instituciones fuertes, bien organizadas, y muy eficientes, para poder llegar a disponer de buenas infraestructuras que estén bien gestionadas.

Necesitamos organizarnos colectivamente para saber decidir cuando es necesario cambiar actitudes, maneras de hacer, y cuando es imprescindible invertir en la transformación del territorio, para hacer más racional su funcionamiento en beneficio de la Comunidad.

Necesitamos conocer lo que tenemos y de qué manera lo usamos, para poder decidir cómo mejorar las prestaciones de nuestra red, de nuestro sistema, al menor coste posible. Que inversiones en tecnología o gestión pueden ofrecer soluciones que incrementen la capacidad de los canales de paso, sin tener que realizar inversiones más cuantiosas (en términos económicos, pero también medioambientales y de sostenibilidad global).

Hemos de ser capaces de imaginar "los futuros" ahora, para que los activos de que ya disponemos o aquellos que vayamos incorporando a nuestro patrimonio común no queden obsoletos, a veces antes de entrar en servicio. Y también hemos de ser capaces de incorporar una visión amplia a los sistemas en los que intervenimos para no provocar con nuestras actuaciones el deterioro, el envejecimiento, la inutilidad de otras infraestructuras ya existentes. Usualmente muchos de estos condicionantes no son puestos en valor por nuestra labor de concepción de los proyectos. No figuran en el pliego del encargo; no se le pide al prescriptor que tenga esta visión a ojo de pájaro. En cambio otras veces nos quejamos, cuando resultamos afectados por iniciativas que no han tenido en cuenta nuestras "preexistencias" (como afecta la nueva vía a la demanda potencial que daba confortabilidad a nuestra concesión).

¿Cuál es el buen diseño? ¿El que resuelve constructivamente, tecnológicamente, financieramente, el "encargo", en términos de suficiencia, en relación a nuestras expectativas y conocimiento? ¿O el que resulta de nuestro interés por "conocer" la globalidad de la situación e intentar resolver el "problema", no cumplir el "encargo"?.

No todos podemos ni debemos ser "Leonardo", pero seguramente entre todos conseguiríamos "fabricar" unos entornos más adecuados a las necesidades, presentes y futuras, de nuestros conciudadanos, si, ante la tarea de dar cumplimiento a una petición de diseño, de un proyecto, de una obra, de unas instalaciones, de un modelo de servicio, de unos equipos, de una estructura organizativa, fuéramos capaces de incorporar algunos (ojalá la mayoría) de estos criterios de análisis y conceptualización. ■

Información

Foro Internacional del Agua
RUITEM-ACUACAR

Los pasados 21-22 de noviembre tuvo lugar en Cartagena de Indias, Colombia bajo el patrocinio de Aguas de Cartagena (filial de AGBAR-SUEZ) y la gestión de RUITEM el Foro Internacional del Agua con las experiencias de Colombia, Cuba, El Salvador, España, México y Perú donde se trataron los siguientes temas mediante mesas redondas y debates:

1. **Planificación**
2. **Economía**
3. **Gestión de los servicios**
4. **Hidrología**
5. **Abastecimiento**
6. **Medio Ambiente**

El contenido de las ponencias está disponible en la web de RUITEM (www.ruitem.org) en el apartado de eventos.

Proximo Foro Internacional RUITEM en Lisboa

Los días 11-12 de junio bajo el lema "Políticas Públicas e Iniciativa Privada"

1. **Políticas Públicas, PPP**
2. **Territorio y Desarrollo: transporte y rehabilitación**
3. **Servicios generales**
4. **Planificación y Turismo sostenible**

Información e inscripción previa: ruitem@ruitem.org

Información

Agrupación ADOP

La Agrupación Diseño Obra Pública (ADOP) ha establecido un acuerdo con esta revista, como editora y colaboradora de la misma.
Los objetivos de ADOP, que cuenta en este momento con 41 miembros, están reflejados en su carta fundacional.

ACTA DE CONSTITUCION
DE LA AGRUPACIÓN DISEÑO OBRA PÚBLICA (ADOP)

Los abajo firmantes, acuerdan constituir la Agrupación Diseño Obra Pública, con los siguientes objectivos:

- Poner de manifiesto la importancia que el diseño, las formas y la estética tienen en el desarrollo de las obras públicas o infraestructuras, como macro-mobiliario del espacio físico en que se implantan.
- Considerar la estética y los aspectos formales de las obras públicas como una funcionalidad más a tener en cuenta y a valorar, en su proyecto y construcción, en razón de la percepción visual que el ciudadano tiene de ellas.
- Generar debate, información y formación sobre la estética de las obras públicas con el objetivo de que actúen como impactos positivos, y no negativos en el territorio, desde la perspectiva de la sociedad que los contempla, usuario del mismo.
- Motivar e implicar a los profesionales de las obras públicas en los aspectos estéticos y formales de las mismas.

Ningún compromiso liga a los miembros de ADOP más allá de su preocupación por los aspectos estéticos y formales de las infraestructuras.
Para participación: adop@ruitem.org

Cuadernos en Iberoamerica

Al fin de expandir esta publicación en el ámbito iberoamericano, se ha llegado a un acuerdo con la Red Iberoamericana de Territorio y Movilidad (RUITEM) para incluir todos los números de la revista en el apartado Biblioteca de su web (www.ruitem.org/biblioteca).

La transparencia geométrica de la estructura

Carlos Nárdiz
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Profesor de Ordenación del Territorio y Urbanismo y de Paisaje de la Ingenieria en la Universidad de La Coruña.

Cubierta, pilares y cierre en el Pabellón de Barcelona. Foto C. N.

El Mies van der Rohe (1886-1969), aunque nunca recibió el título de arquitecto, es posiblemente el proyectista que a pesar de rechazar los problemas de la forma (solo problemas de construcción) más ha influido en las formas arquitectónicas modernas, sobre todo en los edificios de altura. Su apuesta por el acero y el cristal (después de una primera etapa por el ladrillo) para revelar su esqueleto estructural a través de la transparencia geométrica de sus edificios, y su búsqueda del "menos es más", le permitió definir un estilo arquitectónico, en el que se ha venido reconociendo la arquitectura moderna a partir de mediados del siglo XX.

El lenguaje formal y constructivo de la arquitectura de Mies, apoyado en las edificación industrial y en las construcciones de la ingeniería, aunque participaba de los lenguajes del Movimiento Moderno (la planta libre y la fachada libre), y se relacionaba con el diseño industrial y las vanguardias artísticas, tenía en el concepto de estructura (con el modelo de los rascacielos de Chicago), uno de los elementos fundamentales de la claridad de sus edificios y de su capacidad para crear espacios arquitectónicos reconocibles por el orden geométrico y constructivo. Para Mies la estructura no era solo el esqueleto resistente que transmite las cargas, si no que lo relacionaba con el propio orden de los edificios.

A través de las relaciones entre la estructura y el cerramiento en los edificios bajos y altos de cristal y acero (aunque también proyectó edificios altos en hormigón) y, sobre todo, a través de sus detalles constructivos (Dios está en los detalles, decía), con los que trataba de mostrar la "verdad constructiva", hay que entender las obras de Mies van de Rohe. Desde sus primeras viviendas (primero en ladrillo o en hormigón armado), hasta sus viviendas y edificios de baja altura en cristal y acero (pabellón de Barcelona, casa Tugendhat, casa Farnswarth, el Crown Hall en el ITT de Chicago, la Nueva Galería Nacional de Berlín, etc.) y acero, y sus edificios de altura en hormigón armado (como los Promontory Apartaments, y los Commonwealh Promanade en Chicago), o en estructura

metálica(aunque revestida de hormigón contra el fuego) de sus torres de apartamentos y oficinas de los años 50 y 60 (860-880 de Lake Shore Drive en Chicago, el edificio Seagram de Nueva York o el Federal Centre y el IBM Building en Chicago), fue capaz de crear un modelo de torre, aunque todavía apoyado en la estructura aporticada reticular, antes de que SOM, con los ingenieros Myron Goldmith (que había trabajado también para Mies) y Fazluz R. Kahn, modificaran el sistema estructural de las torres, con el tubo perimetral.

El concepto de estructura en Mies van der Rohe

Mies van der Rohe, ha sido calificado como "maestro de la estructura", por la forma que traslada la estructura de sus edificios al exterior, diferenciándola de la piel. Sin embargo, su concepto de estructura no era solo el resistente, y sus edificios no supondrán ninguna aportación desde el punto de vista resistente, aunque contó con la colaboración de ingenieros como Frank J. Kornacker y Myron Goldsmith, que resolvieron los problemas resistentes de los edificios a partir de los años 40 y 50.

Con motivo de su proyecto de rascacielos para la estación Friedrichstrasse en Berlín, Mies escribió en 1922 que "los rascacielos revelan su atrevido esqueleto estructural. Solo entonces impresiona su gigantesca trama de acero. Cuando se colocan las paredes exteriores, el sistema estructural, que es la base de todo diseño artístico, queda oculto tras un caos de formas triviales y sin sentido.... Podemos ver más claramente los nuevos principios estructurales si usamos cristal en lugar de paredes exteriores, lo que ya es fácil hoy en día en un edificio con esqueleto, cuyas paredes exteriores no soportan cargas. El uso del cristal impone nuevas soluciones".

Vemos aquí en estas palabras, dos de los elementos que van a caracterizar la arquitectura de Mies, y es la visibilidad de la estructura del edificio en la forma (es decir en la composición de la fachada del edificio), y la independencia del soporte estructural de las paredes, tanto interiores como exteriores. Las estructuras de los edificios de Mies van der Rohe son aporticadas, tanto en hormigón como en acero, sin ninguna concesión a los elementos curvos, pero con ellas es capaz de crear espacios reconocibles por el orden geométrico y constructivo de las mismos, con un gran cuidado por los detalles. Busca la claridad estructural de las construcciones tradicionales.

"es la visibilidad de la estructura del edificio en la forma"

La transparencia que permite el cristal de la estructura, aunque es un concepto que admite distintas aproximaciones, por las propiedades del cristal para transmitir la luz y la posibilidad de ver a través de él, se refiere también a la percepción simultánea de distintas localizaciones espaciales, como nos enseñaron a ver las pinturas cubistas, y esto está presente en los edificios de Mies Van der Rohe, en que la estructura interior no vista se manifiesta a través de los perfiles metálicos de la fachada que sostienen el cierre de cristal, en las distintas situaciones de proyecto en sus edificios. Además, sus edificios son transparentes respecto a la organización, es decir respecto a las fases en las que están construidos, como expresión de la síntesis que buscaba entre forma y construcción.

Vemos, por tanto, en esta aproximación entre la arquitectura y la ingeniería, que caracteriza la obra de Mies van der Rohe, otras aproximaciones a través de la transparencia geométrica de la estructura, especialmente a partir de la etapa americana de los años 40, en donde la búsqueda de la ligereza, y del "menos es más", es consustancial con su arquitectura.

En el concepto de "Estructura", como dice Peter Carter (2005), Mies veía un concepto universal, capaz de abrazar las distintas necesidades funcionales de nuestro tiempo. Mies pensaba que las exigencias funcionales pueden cambiar con el tiempo, mientras que la forma, una vez establecida, se presta difícilmente a las modificaciones. Es por lo que escogía un sistema constructivo adaptado a un amplio programa de necesidades que consideraba en su conjunto, más que en los detalles, convencido de que el principio de flexibilidad era un principio moderno, no fijando en sus edificios nada más que lo esencial y ofreciendo así una flexibilidad y una libertad en la planta tanto en los primeros años del edificio como en el futuro.

En los edificios de Mies aparece destacada la claridad de la estructura. Para Mies los productores de acero y los constructores deben tener en cuenta el nuevo papel del acero en la arquitectura. Esta revelación del acero, un producto de fábrica, como un elemento arqui-

El Relience Building en Chicago (1895), de D. H. Bunham y J. W. Root

Entrada al Crown Hall en el ITT de Chicago. Foto C. N.

tectónico, es una de las contribuciones mayores de Mies a la historia de la construcción moderna. Su manera de trabajar se distinguía por la comprensión que tenía de la naturaleza de los materiales que utilizaba. Aunque desde el punto de vista estructural sus proyectos no significasen ninguna aportación, si lo eran por la forma que utilizaba los materiales. Como dice Fritz Neumeyer "Mies trabajó incansablemente en la poetización de la estructura de acero, que determinó decisivamente la vida cotidiana en el siglo XX, y no en las posibilidades de aplicación técnico/constructivas".

La imagen de los edificios de Mies van der Rohe, excepto en las primeras viviendas unifamiliares que utilizaba el ladrillo (siguiendo el ejemplo de su admirado Berlage), y el edificio Promontory (1949), construido en hormigón armado, por las carencias entonces del acero, es la del acero y vidrio de sus fachadas, e incluso cerramientos interiores. La estructura resistente en acero y el vidrio continuo de sus fachadas, que transparenta la estructura resistente, será la consecuencia de su búsqueda desde los proyectos de rascacielos de oficinas de los años 20, en los que Mies, a través del perímetro curvo de las plantas, pretendía resolver el triple problema de la iluminación suficiente para el interior, la imagen del edificio desde la calle y el juego de reflejos que buscaba en la imagen exterior del edificio.

En los últimos edificios de Mies, desde el Crown Hall de IIT (1952) hasta la Galería Nacional de Berlín (1967), hay un esfuerzo por prescindir de pilares y tabiques interiores, trasladando los elementos resistentes a la fachada que sostiene la cubierta, haciendo desaparecer la estructura como soporte para convertirla en la piel del edificio.

El triunfo de la arquitectura de acero y cristal, lo conseguirá Mies en América durante el periodo 1949-58, con el apoyo del promotor inmobiliario Herbert Greenwald. Después de una primera colaboración, que se tradujo en el edificio de apartamentos Promontory proyectado en acero y cristal, y construido en hormigón y ladrillo (terminado en 1949), la oportunidad le vendrá a Mies con las dos torres de pisos en 860-880 Lake Shore Drive en Chicago, terminadas en 1951, a las que adosó perfiles de doble T en los montantes que sostenían la fachada con un objetivo estético (para reforzar la imagen del entramado interior) y no estructural. A estas torres de apartamentos le seguirán otros edificios de apartamentos y oficinas, como el edificio Seagram en Nueva York, que transformó la imagen de la ciudad americana, por el número de imitadores que le surgieron. Como dice Franz Shulza, "el más impersonal de los arquitectos, dejó una gran herencia en la imagen de las ciudades americanas, que se empezó a trasladar en esos años 60, como en la Defensa en París, a otros países europeos".

El orden geométrico y constructivo de las estructuras .

La aproximación de Mies van der Rohe al término "Estructura", como antes comentábamos, no se reducía al planteamiento resistente. Entendía las estructuras no solamente desde el conocimiento del comportamiento resistente de los materiales y sus formas constructivas, sino también desde su capacidad para crear espacios arquitectónicos, reconocibles por el orden geométrico y constructivo de las estructuras, con la búsqueda del mismo lenguaje arquitectónico para una iglesia que para una fábrica.

En la aproximación de la arquitectura y la ingeniería a las estructuras, como se dice en la definición de este término que se hace en el catálogo sobre "L'art de L'ingéneur" (1997), se reúnen a la vez la forma geométrica, la materia y el artefacto. La forma, es decir, el orden estruc-

tural, se manifiesta en el espacio por la geometría, aunque a veces sea difícil de separar el esqueleto del cerramiento. La materia está sometida a las leyes físicas que la rigen. El artefacto, como estructura artificial, es el resultado del montaje por componentes. El concepto de estructura permite una aproximación física (como un conjunto de materiales capaces de resistir unas cargas), en la que el estudio de las estructuras sería una prolongación del estudio de los materiales. Una aproximación especulativa, es la que siguiendo a Viollet-le-Duc, la estructura sería un organismo caracterizado menos por la resistencia, y más por el entendimiento conjunto de conceptos dinámicos como el equilibrio (coincidencia de fuerzas contrarias que anulan mutuamente sus efectos), sistémicos (que implica que los elementos que componen la estructura estén ordenados según un sistema que obedece a reglas de composición), topológicos (que tienen que ver con la articulación y la jerarquía de sus elementos), o simplemente de orden geométrico, de tal manera que para que se puedan neutralizar las fuerzas contrarias que se canalizan a través de los materiales, las estructuras debe tener una geometría precisa, cuyas desviaciones pueden producir inestabilidad.

Nueva Galería Nacional en Berlín. Foto C. N.

La tercera aproximación es la naturalista, como hacía D'Arcy Thompson en su libro "Sobre el crecimiento y la forma" (1ª ed. 1917), y que va a influir en estructuralistas como Robert Le Ricolais, con sus estudios sobre los sistemas tridimensionales, y en arquitectos como Frei Otto, en los que se utilizan los estudios de los seres vivos como modelos geométricos para imitar. El propio Mies van der Rohe recomendaba a los alumnos la lectura de este libro de D'Arcy Thomson.

Un punto de partida fundamental -dicen Sandaker, Eggen y Cruvellier (2011)-, es que las estructuras en arquitectura son concebidas y percibidas de una forma diferente a las estructuras en otros contextos, como por ejemplo en el de la ingeniería. Entender las estructuras en un sentido amplio, como parte del contexto arquitectónico, significa ver sus formas en el espacio definidas por los elementos, o la forma que modelan la penetración y cualidad de la luz, como reflejan hoy numero-

"Promontory Apartments" en Chicago. Foto C. N.

"860-880 de Lake Shore Drive" en Chicago. Foto C. N.

sas funciones que se pueden asignar a las mismas. La estructura, de esta manera, puede servir a múltiples funciones, al mismo tiempo que transmiten las cargas, y debe tenerse siempre esto presente, no solo para comprender el desarrollo de las formas estructurales, sino también para tener un conocimiento crítico del papel de las estructuras dentro del contexto arquitectónico.

La función, sin embargo, de transportar las cargas, como consecuencia de la variedad de formas que se pueden presentar hoy en la arquitectura, nos lleva a una variedad de sistemas estructurales, cuya compresión, como dice Heino Engel, tiene una gran importancia para el arquitecto: "las estructuras definen las construcciones de forma fundamental: su generación, su ser, su efecto. Por ello, el desarrollo de un concepto estructural es una parte imprescindible del proyecto arquitectónico. De ahí que la diferencia habitual entre diseño de estructuras y diseño arquitectónico, no tiene justificación y está en contradicción con el ser y la idea de la arquitectura". Para Engel el proceso que define como "Flujo de Fuerzas", que comprende la recepción de cargas, el flujo de cargas y la trasmisión de cargas, es la idea básica para el diseño de estructuras.

Sin embargo, para Mies van der Rohe, la estructura, como antes comentábamos, no era solo el sistema que transmite las cargas. Cuando a Mies se le preguntaba por el papel que tenía la estructura, contestaba que creía que una estructura clara era de gran ayuda para la arquitectura: "Para mí la estructura es como la lógica, es la mejor manera de hacer y expresar las cosas". O como dice Fritz Neumeyer, para Mies la estructura representaba aquello que se extendía a lo largo de todas las épocas, lo eterno de la arquitectura. Era la "base objetiva" para cualquier evolución y surgimiento de formas constructivas y no solo determinaba la forma sino que era -tal como lo expresaba Mies- "la propia forma".

Las estructuras que Mies utilizaba eran las reticulares, o aporticadas, porque creía que eran las más razonables, prácticas y económicas. Creía que las estructuras plásticas (o fluidas), como las cáscaras, tenían un uso muy limitado.

"es una parte imprescindible del proyecto arquitectónico"

Cuando se le preguntaba por la influencia de De Stijl y Theo van Doesburg, decía que Van Doesburg, al igual que Mondrian, se movieron en el campo de la pintura, y no en el de la arquitectura, por tanto, no tuvieron influencia en su arquitectura, aunque parece clara esta influencia. Sí reconocía la influencia de las construcciones de la ingeniería.

En las estructuras metálicas, a diferencia de las estructuras de hormigón (aunque también existe una lógica constructiva derivada de la colocación sucesiva de los encofrados), los elementos (o componentes) metálicos son aportados por la industria Mies era un defensor de la construcción industrial como recogía su texto de 1924, por considerar que reducía el trabajo en obra al montaje, y los costes de construcción.

Como antecedente de los proyectos de rascacielos o edificaciones en altura de Mies van der Rohe de los años 20, se ha citado, aparte de sus propias palabras, que antes comentábamos, las imágenes de los rascacielos construidos a partir de finales del XIX, en Chicago y en Nueva York. Mies ve en el entramado de hierro de estos rascacielos, con soportes y vigas metálicas formadas por perfiles laminados, el orden geométrico y constructivo de las estructuras metálicas.

En Chicago la rigidez del nudo de las estructuras metálicas, no fue considerada, sustituyendo ya desde los años 90 la rigidización exterior que ejercía la fábrica por arriostramientos metálicos entre pilares, que se utilizarán por ejemplo en la construcción en Nueva York del Woolworth Building (1919) y del Empire State Building (1931) (12). El paso siguiente fue trasladar al núcleo interior de comunicación (en el que se alojaban los ascensores, inventados a mediados del XIX) la función de rigidizar la estructura frente al viento, con lo que se podía llegar a alturas próximas a las cuarenta plantas. En realidad, a partir de las veinte plantas, la construcción en altura tenía el problema estructural de los esfuerzos horizontales que dominaban a los verticales.

La influencia que en Mies van der Rohe tuvieron los edificios de Chicago como el Relience Building (1890-1995) de D. H. Burnham y J. W. Root, o M. Auditorium Building (1889) de E. Sullivan y F. Ll. Wright, será destacada por uno de los primeros biógrafos de Mies van der Rohe, su compañero desde los Bauhaus (y que emigró a América con él a finales de los años 30), Ludwing Hilberseimer, que en un libro escrito en 1956 compara en dos páginas enteras la fachada de los almacenes Carson con el edificio de apartamentos de Lake Shore Drive de Mies.

LA ESTRUCTURA Y EL CERRAMIENTO EN LOS EDIFICIOS ALTOS DE CRISTAL Y ACERO.

Los edificios de Mies van der Rohe, proyectados en Chicago a partir de finales de los años 40, empezarán a plantear problemas estructurales por su altura, aunque se mantendrán todavía, como en el caso de los Promontory Apartments (1949), construidos en hormigón armado, y los Lake Shore Drive Apartaments 860-890, con estructura metálica, en el límite de las soluciones aporticadas.

"las estructuras para crear espacios arquitectónicos"

Como dice Heino Engel los rascacielos no son una simple suma de sistemas de una planta, y su comportamiento estructural tampoco puede explicarse como un gran voladizo colocado en vertical. Son sistemas homogéneos con problemas específicos y soluciones particulares. Dada su extensión en altura y, por ello, su gran exposición a cargas horizontales, la rigidización lateral es un elemento esencial al proyectar sistemas de estructuras verticales. Una posible clasificación de los rascacielos desde el punto de vista estructural, es según el sistema de concentración de cargas en las plantas. Así, en el sistema reticular, los puntos de concentración de cargas se distribuye en el perímetro del edificio. En el sistema nuclear, la concentración de cargas se realiza en el núcleo central, apareciendo los pisos colgados de éste.

La rigidización del sistema estructural frente a las acciones horizontales en las estructuras reticulares altas (por encima de las veinte plantas), es una de las primeras tareas del proyectista. La relación entonces entre arquitectura y conocimientos científicos o técnicos, como dicen Ábalos y Herreros, se agudiza en el rascacielos al introducir parcialmente la construcción en el territorio de la inge-

Fachada de los almacenes Carson, Price, Scott (1899) en Chicago de L. H. Sullivan y D. H. Bunham.

El Edificio Seagram en Nueva York. Foto C. N.

niería civil, difuminando la barrera entre la tarea del arquitecto y la del ingeniero. Será solo de la mano de éstos como de hecho se revisará el comportamiento mecánico del rascacielos, sometidos a la acción simultánea de la gravedad, el viento y los movimientos sísmicos, esto es, como un problema mecánico de naturaleza tridimensional.

Se debe inicialmente al ingeniero y arquitecto Myron Goldsmith (1918-1996), que trabajó en colaboración permanente con Fazlur Rahman Khan en el IIT a partir de los años 50, y después en SOM, y que colaboró en los proyectos en los primeros rascacielos de Mies van der Rohe, una teoría sobre los edificios en altura, y la influencia de la escala en la concepción estructural, que desarrolló en su tesis "The Tall Building", habiéndose considerado como el fundador de una tecnología teórica, estética y estructural de los proyectos a gran escala (16). A ellos, y a Bruce Graham, hay que atribuirles las dos torres del John Hancock Center (1969), de 100 plantas, y la Torre Sears (1974) en Chicago, de 110 plantas, integrados en SOM, que completarán la búsqueda de la altura, a partir de las torres de apartamentos de Mies de finales de los 40.

Goldsmith, se dará cuenta (con el símil del tubo al poder actuar contra el viento en cualquier dirección), que si la estructura resistente se traslada a la periferia del edificio (a modo de ménsula hueca empotrada en el suelo), formada por pisos y soportes perimetrales conectados entre sí, puede destinarse el interior de la construcción metálica a resistir solamente las cargas de gravedad de los pisos, trasladando incluso a los soportes perimetrales parte de las cargas de gravedad.

Las torres que Mies Van der Rohe proyectó en Chicago "Promontory Apartaments" (1946-49), "860-880 Lake Shore Drive Apartaments" (1945-1951), tienen respectivamente 22 y 29 plantas. En los edificios altos posteriores de Mies: "Federal Center" en Chicago (1959-1963), de 42 pisos, el "IBM Building" (1973), también en Chicago, de 52 pisos, el edificio Seagram (1954-58) en Nueva York, 39 pisos, y el "Toronto-Dominion Center" (1963-1969), de 56 pisos, el más alto, fueron necesarios arriostramientos y núcleos interiores para enfrentarse con los esfuerzos horizontales. Mies van der Rohe, a diferencia de lo que ocurrirá con SOM, rechazaba la visibilidad de los arriostramientos contra los esfuerzos laterales en la fachada de los edificios altos (lo que no ocurría en los bajos, como en su proyecto del Convention Hall de 1953), ocultándose en los muros de los núcleos de servicios. Van a ser estos arriostramientos laterales en la fachada, a partir de John Hancock Center, los que van a determinar las nuevas formas resistentes en las que reconocen los sistemas estructurales de los edificios altos hoy, con el precedente temprano de la torre Shuhov (1890-1919), en Rusia.

La arquitectura moderna, a partir de Mies, se reconocerá también en el edificio acristalado (de hormigón o acero), en el que el ambiente interior, proyectado como un plano horizontal contínuo, se mantendrá mediante el aire acondicionado, y en el que la iluminación fluorescente (en el caso de los edificios de oficinas) dará profundidad a los espacios interiores. La integración de las instalaciones (o conductos) para la toma del aire exterior, como para la ventilación natural, la calefacción, iluminación, el agua, se convertirá como mostraba Reyner Banham en un problema arquitectónico. ■

El Cuestionario

Esta revista quiere estar abierta a todas las opiniones, por ello hemos introducido esta nueva sección denominada "El Cuestionario" donde sometemos a nuestros colaboradores a las siguientes preguntas:

1. Una actuación personal de la que se sienta satisfecho
2. Una actuación ajena positiva
3. Una actuación ajena negativa
4. Diseño y estética ¿Por qué?

JOAQUIN CATALA
DR. INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS - CATEDRÁTICO DE PROYECCTOS DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

A solicitud de los editores de esta revista el autor plantea, a la vista de una serie de obras de Ingeniería Civil o de Arquitectura, elegidas por él mismo, sus opiniones desde el punto de vista estético, acerca del diseño de las mismas.

Se nos solicita que hablemos de una obra del autor, de una obra de otro autor… que en nuestra opinión sea "positiva", y otra… en que dicha opinión sea "negativa".

De nuevo nos apoyamos, como ya hicimos en el anterior nº 2 de la revista, en el concepto de "Nueva Poliorcética", basado a su vez en el de "Poliorcética", entendiendo esta última como el estudio del "ataque y defensa de fortalezas" (torres de asalto, minas y contraminas, catapultas, etc.), y el primero, la "nueva Poliorcética", como un término más amplio que abarcaría el ataque a cualquier bien social, especialmente los patrimoniales y dentro de estos los arquitectónicos, y su correspondiente defensa.

UNA OBRA DEL AUTOR: LOS DISEÑOS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS BALUARTES DE SAN FERNANDO Y DE SAN JOSÉ EN BOCACHICA, EN LA ENTRADA DE LA BAHÍA DE CARTAGENA DE INDIAS, EN COLOMBIA.

El problema nace de la necesidad de hacer compatibles dos aspectos: por una parte que el Puerto de Cartagena no perdiese competitividad a causa de la ampliación del Canal de Panamá y de su consecuencia más importante que es el aumento del tamaño de los buques y de su calado, lo cual hacía necesario dragar a mayor profundidad el Canal de Bocachica de acceso de los buques a la Bahía de Cartagena y a su puerto; por otra, la necesidad de que dichos dragados no afectasen a las cercanas fortalezas del Baluarte de San Pedro y de la Batería de San José, dos bienes patrimoniales que

Gráfico de la Bahía de Cartagena de Indias (Colombia)

Planta antigua de Bocachica con la visión del único canal de acceso a la Bahía de Cartagena

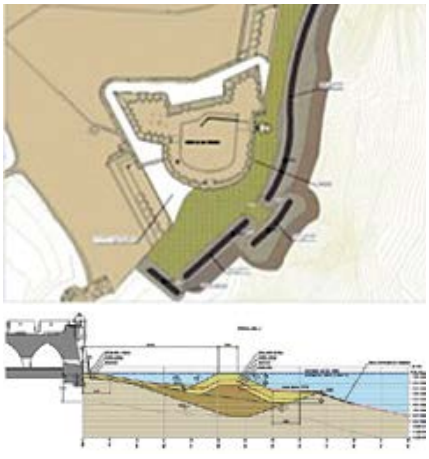
Vista de San Fernando desde el exterior de la bahía

Vista de San José desde San Fernando

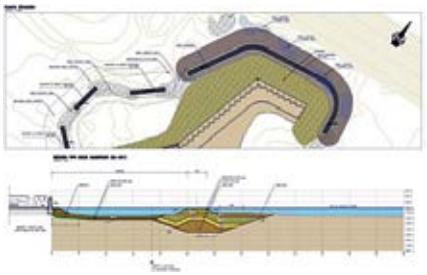
cerraban estratégicamente la entrada de la bahía.

La solución, diseñada por un equipo amplio y pluridisciplinar con especialistas de la Universidad Politécnica de Valencia y dirigido por el profesor Pedro Calderón García y por quien esto suscribe, pasó por tres aspectos fundamentales:

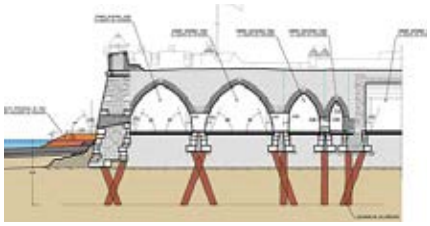
• La protección, con diques sumergidos de escollera, de ambas fortalezas.



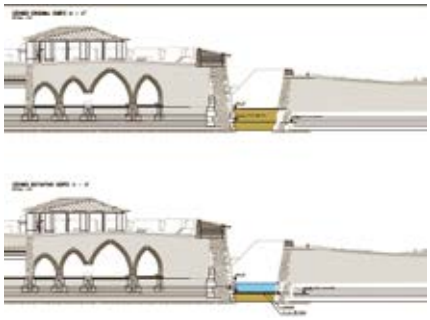
Planta y sección tipo de protección marítima de San Fernando



Planta y sección tipo de la protección marítima de San José



Recalces previstos en San Fernando



Rehabilitación del Foso de San Fernando

• La previsión del recalce de ambas a causa de problemas detectados de posible fluidificación de las arenas de cimentación ante un hipotético sismo.
• La limpieza y adecuación del Foso que rodea el Castillo de San Fernando.

Aspectos a resaltar desde su punto de vista "estético", entendido este concepto en su sentido más amplio:

1º.- Su diseño, en sí mismo: obra "invisible" para no dañar la percepción del mar y de las fortalezas en su conjunto; obra económica, en el sentido de haber llegado a la solución óptima en cuanto a la compatibilidad del diseño técnico y de sus costes; y obra eficaz y eficiente, tras su simulación en modelos informáticos de última generación en lo relativo al ataque de las fortalezas por los oleajes, mareas, corrientes, estelas de los buques, etc.

2º.- En lo relativo a su posible consideración desde el punto de vista de la "Nueva Poliorcética": es un ejemplo claro, y desgraciadamente raro, de poliorcética positiva, en el sentido de que las propias instituciones responsables (Ministerio de Cultura, con su Dirección General de Patrimonio, el Ministerio de Transportes, a través de la corporación INVIAS, la entidad coordinadora y financiadora, la Financiera de Desarrollo Nacional, así como otras entidades, como la Sociedad Portuaria del Puerto de Cartagena, todas ellas se pusieron de acuerdo y se coordinaron ante la premisa de que "tan importante era y es para Colombia y Cartagena la competitividad del Puerto de Cartagena, como la preservación de sus bienes patrimoniales". Es un ejemplo de defensa del Patrimonio desde otras instituciones que no son sus garantes (adjuntamos algunos de sus logotipos).

Ejemplos de actuación "positiva"

a) Edificio Jorge Hoyos de la Pontificia Universidad Javeriana, en Bogotá, diseñado por el arquitecto Felipe Uribe y el Taller de diseño UDB. Datos y aportaciones:

- Alberga la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Pontificia Universidad Javeriana, con unos 11.000 metros cuadrados construidos.
- Su coste: unos 65.000 millones de pesos colombianos (unos 20 millones de euros).
- Parece estar flotando: los alumnos la han bautizado como "el Arca de Noé".
- Integrado tanto con el entorno interior de la universidad como con el exterior, la carrera 7ª, vía fundamental de Bogotá. El diseño de su fachada, de su forma y materiales, tanto de la parte oriental, interior al campus universitario, como de la occidental, lindante con la carrera 7ª, obedece a criterios de paliación de la contaminación acústica, entre otros.
- Su diseño bioclimático, aprovechando las corrientes predominantes de aire que, desde los cerros orientales de Bogotá, llegan a la ciudad y que circulan a través de un sistema de rejillas en suelo y techo, logra que el aire fresco penetre en el edificio, reduciendo el uso de aire acondicionado y ventilación y el consumo energético.
- Incluye un "jardín vertical" con una cascada de agua para el enfriamiento del sistema de ventilación del auditorio y de la planta baja.
- Cuenta con tecnología led y T5 para reducir sus consumos eléctricos.
- Contiene terrazas verdes que ayudan a controlar la temperatura de la cubierta y que es un espacio de descanso para sus usuarios.
- ¿Son suficientes datos para avalar su "estética", más allá de sus formas, dimensiones, color, etc.? Creemos que no hay duda alguna.

Edificio Jorge Hoyos, Pontificia Universidad Javeriana: vista desde la carrera 7ª hacia el norte

b) La restauración del antiguo Teatro Heredia, de Cartagena de Indias (Colombia)
Trabajo excepcional por su concepción general y de detalle desarrollado por un magnífico equipo de restauradores colombianos bajo la dirección del Maestro, del Profesor y Restaurador el arquitecto Alberto Samudio.

Vistas del interior del Teatro Heredia

Fachada del hasta hace poco denominado Teatro Heredia

Sólo añadir que las fotografías nunca podrán hacer justicia a la belleza del edificio, de su restauración, de sus dimensiones y formas, de sus detalles amorosa y primorosamente logrados. Les invitamos a visitarlo, es la única forma de corroborar nuestras palabras.

Ejemplos de actuaciones "negativas"
a) La Serrezuela, de Cartagena de Indias (Colombia):
Un antes:
Antigua plaza de toros de Cartagena, bien cultural, de estructura de madera. Era de propiedad privada. Sus dueños la dejaron "morir", lentamente, hasta que se cayó "de vieja y por falta de fuerzas", sin que nadie hiciese nada por evitarlo (ya la mencionamos como caso claro de "Nueva Poliorcética" negativa en el nº 2 de esta revista).
Y un después:
La "Serrezuela", después: un solar (predio) sobre el que se levanta un centro comercial… ¡adivinen con qué forma¡… sí, de plaza de toros.
Pasen y vean…
No dudamos del valor arquitectónico de los nuevos edificios, no es ese el tema.
Pero, ya ven, la solución ha sido "restituir" los valores históricos de un edificio bien patrimonial simulando su aspecto para, quizás, "mantener vivo su recuerdo"… "tras asesinarlo o dejarlo morir"… o casi.
¡Ah¡ por supuesto, ya imaginan cómo se denomina el nuevo centro comercial ya en construcción… ¡lo adivinaron… la Serrezuela, vaya ingenio¡

La serrezuela, antes

Vistas previas del nuevo edificio de la Serrezuela (Cartagena de Indias (Colombia)

¿Dónde podemos apreciar la estética en este caso, en la belleza del nuevo edificio, en su parecido con lo antiguo? Quizá en la "belleza del olvido".
Produce tristeza. Y no sé cuan compatible sea esa sensación con la belleza, con la estética.

b) El Teatro Apolo: de Carcaixent (Valencia):
Como tantos otros edificios, de Carcaixent, de Valencia, de España, del mundo, demolidos por la acción especuladora de los promotores inmobiliarios.
El nuevo edificio, eso sí… se denomina "Edificio Apolo" ¡faltaría más¡
¿Cuántas acciones similares han permitido la demolición de tantos y tantos bienes patrimoniales?
Sólo vean las fotos adjuntas y piensen conmigo, de niño, yendo al teatro, al cine, en dicho edificio, volviendo la vista atrás y viendo sus airosos y casi imposibles palcos. Las sensaciones que producían en un niño se truncaron un buen día al verlo demolido.

c) La Ciudad Informal:
Es una personal y necesaria última mención a un caso, extremadamente generalizado en el mundo, acerca de la estética de las construcciones.
Nos referimos a la eufemísticamente denominada "Ciudad Informal", entendida como la ciudad que, a la sombra de la formal, de la que cumple con los cánones urbanísticos (al menos aparentemente), crece en los barrios normalmente marginales y marginados de grandes y no tan grandes ciudades a causa de la pobreza de las personas y familias que, huyendo de ella y de su entorno, acuden

Fachada del Teatro Apolo de Carcaixent (Foto Benavent Mompó)

Vista interiores del Teatro Apolo de Carcaixent (Foto Benavent Mompó)

a las ciudades en busca de más y mejores oportunidades; o quizás huyendo, en otros casos de la violencia o la guerra.
Miren la muestra de las fotos adjuntas de Chiclayo (Perú) y de Cartagena de Indias (Colombia) . ¿Se puede hablar de estética en ellas, en sus contenidos, en lo que en ellas se intuye de la realidad de unas vidas?
¿No se puede hablar de falta de estética cuando los técnicos, arquitectos e ingenieros, apenas entramos en la Ciudad Informal? Los políticos, ya se sabe, sí lo hacen, no mucho, cada pocos años y para…
¿Se puede por tanto hablar de estética cuando unos y otros, técnicos, políticos, etc., apenas consideran la existencia de estas ciudades informales dentro de sus

ciudades formales, su problemática, no la asumen y a duras penas tratan de actuar sobre ella?

Conclusiones a modo de coda

Piense el lector en los ejemplos aportados. Trate, si así lo cree conveniente, de aportar casos por él conocidos.

Recapacite sobre la estética y la belleza de nuestras obras, pero hágalo con mente abierta, no sólo considerando, que también, las formas, dimensiones, color, etc., como únicos parámetros.

Piense, por similitud con el concepto de estética, de belleza, aplicada a un ser humano, en la comúnmente aceptada dicotomía entre belleza interior y exterior. Belleza interior relativa a factores psicológicos como la elegancia, el encanto, la gracia, la personalidad, la simpatía que se es capaz de transmitir, la integridad y tantos otros valores; unida a la belleza exterior, es decir, el aspecto físico, la juventud, la salud, la simetría, la sensualidad transmitida, etc.

"la estética se supone es un parámetro fundamental"

Trate ahora de trasladarlo a la percepción de cualquier obra humana, en nuestro caso obras civiles o de edificación, intente hacerlo para los casos antedichos, e intente aplicar algunos de los parámetros mencionados, si bien asumiendo que se deben extrapolar estas variables desde el ser humano a una de sus obras. Por ejemplo, la juventud puede no ser tan motivo de estética como lo es su antigüedad, su historia; la simpatía o la gracia se transmitirán a partir de las sensaciones que dichas obras produzcan en nosotros; la salud tendrá que ver con el estado estructural o de los acabados de la construcción, incluso con las posibilidades de actuación y de mejora en ella; etc. Pero a esos factores añádale otros especiales, como el entorno social en el que aparece o se desarrolla; su historia, su pasado, el valor también sentimental de las construcciones y el efecto de su desaparición, incluso el hecho de la desidia en su gestión que pudo desembocar en su desaparición; etc.

Y reflexionemos un poco sobre el hecho de que en otras artes, Pintura, Escultura, Literatura, Cine… se da por hecho que se busca la belleza, que la estética se supone es, al crear obras artísticas, un parámetro fundamental, el primero. ¿Por qué en Arquitectura parece no ser siempre así (no siempre, insisto)? ¿Y quizás menos aún en la Ingeniería Civil? ■

Chiclayo (Perú)

Ciénaga de la Virgen, Cartagena de Indias

"Cada cosa tiene su belleza, pero no todos pueden verla."
Confucio

11ª edició - 2018

Màster

Gestió de les infraestructures

MÀSTER	**GESTIÓ DE LES INFRAESTRUCTURES** **Del 08-01-2018 al 25-01-2019**	
POSTGRAUS	**Gestió d'Empreses d'Obra Pública** **25 ETCS** **Del 08-01-2018 al 11-04-2018**	**Gestió Privada d'Infraestructures** **25 ETCS** **Del 16-04-2018 al 11-07-2018**
SEMINARIS	**SEMINARIO INTERNACIONAL DE POLITICAS URBANAS** (École des Ponts París Tech, Universidad Internacional Ménendez Pelayo, Colegio de Ingenieros de Caminos)	**SEMINARIO INTERNACIONAL SERVICIOS URBANOS Y REGULACIÓN** (Universidad del Pacifico de Lima)

Titulació
Títol de Màster expedit per Universitat Politècnica de Catalunya integrat a l'EEES

Crèdits
60 ECTS

Horaris
Classes: Dll. Dm. Dc.
de 18:00 a 21:30h
del 08/01/2018 al 11/07/2018
Visites a empreses:
A concretar fora de l'horari lectiu
Treball Final de Màster (TFM): Del 11/07/2018 al 21/12/2018
Presentació TFM:
Del 21/01/2019 al 25/01/2019

Lloc de realització
Escola de Camins, Canals i Ports de Barcelona.
C/ Jordi Girona, 1-3
Campus Nord, edifici B1
Aula 212, segona planta
08034 Barcelona

Requisits d'accés
- Titulació universitària oficial
- Títol propi d'Universitat equivalent a un grau, diplomatura o llicenciatura
- Professionals del sector de les infraestructures

Preu màster
Màster: 6.500 €

Preu per mòduls
Postgrau GEOP: 3.400 €
Postgrau GINF: 3.400 €
TFM: 1.083 €

Finançament opcional:
Banco Caminos

Director
Carles Labraña
(+34) 93 401 70 95
carles.labrana@upc.edu

Tècnica de gestió
Mònica Fernández
(+34) 93 401 58 08
master@masterginf.com

Fundació Cercle d'Infraestructures

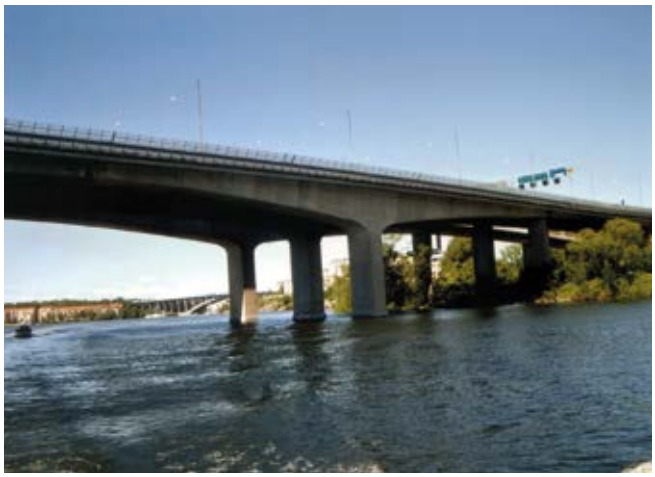
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental

Ejemplos modelos y antimodelos

Esta sección no pretende juzgar y mucho menos dogmatizar. Su objetivo sólo es la reflexión. Que el lector realice el apasionante juego de analizar y opinar sobre lo que ve, o, si ha lugar, comparar los homólogos. Unos ejemplos serán positivos, otros negativos y otros ni una cosa ni la otra. El lector decidirá. (M.B.)

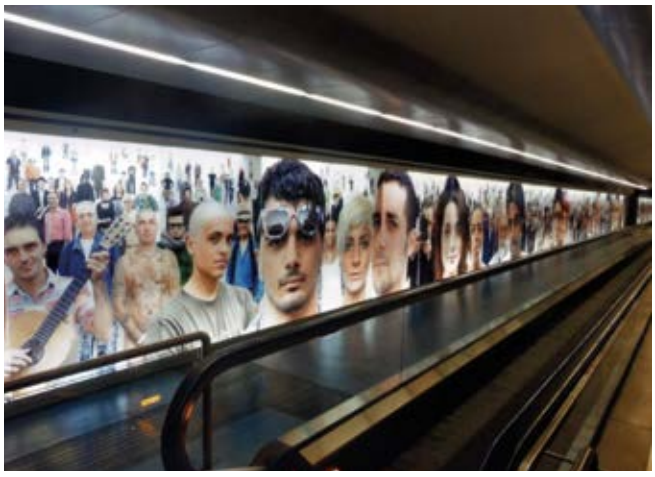
Una parada de bus en Florianapolis (Brasil): La frialdad.

Una parada de bus en Béjar (España): la creatividad



Estocolmo: la simplicidad y elegancia

Estocolmo: la antítesis



El metro de Nápoles: la capacidad del grafismo

El metro de Estocolmo: la integración en su realidad