

Las maquetas son
“modelos vivos que inventan, resuelven,
facilitan la vida y el trabajo diario”

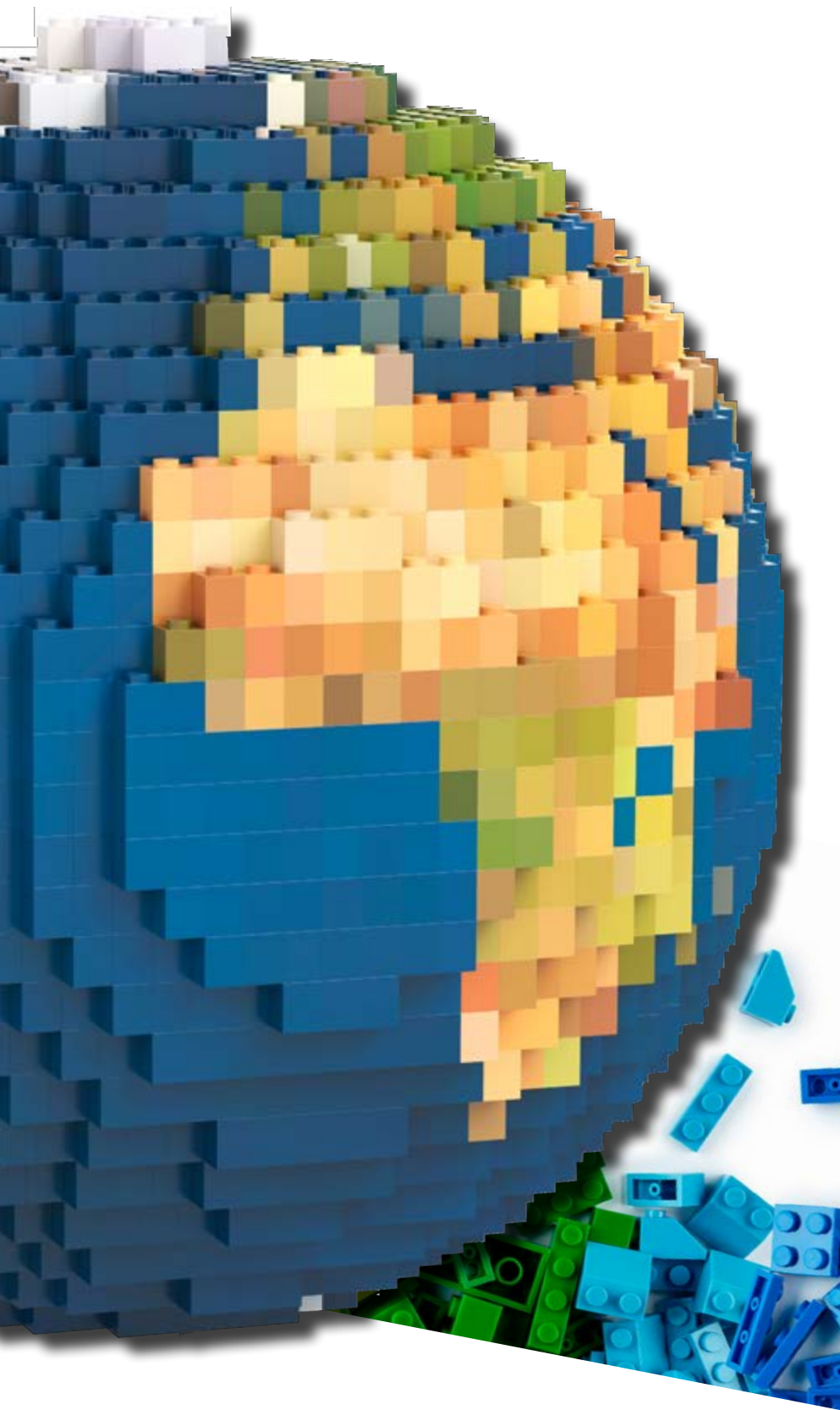
(Pedro Navascués)

Maquetas tridimensionales



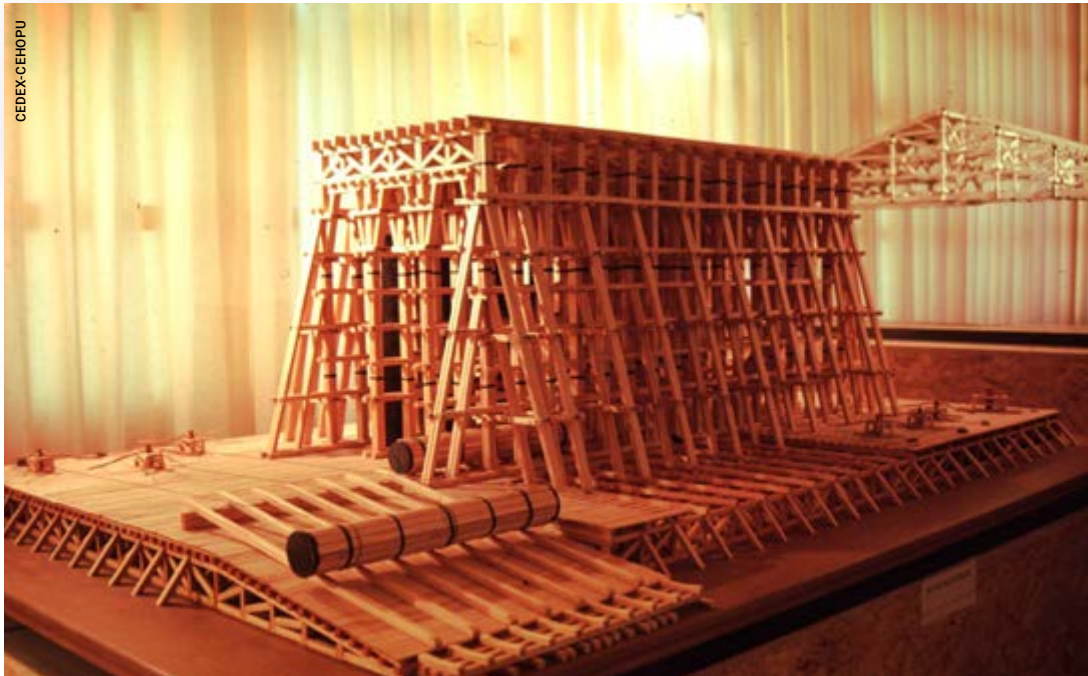
o el mundo a escala reducida

- Texto: Concha Aguilera Fernández,
Centro de Publicaciones



La palabra maqueta,

según el diccionario de la lengua, proviene del término italiano *macchietta*, o modelo a escala reducida de una construcción, entre otras acepciones. En realidad, son una adaptación tridimensional de los objetos, edificios, incluso paisajes, a escala humana. La maqueta es una reproducción, en general de tamaño reducido, de algo real o ficticio, aunque también pueden existir modelos en tamaño grande de algún objeto muy pequeño y hasta microscópico. Su uso es variado ya que se pueden utilizar como herramientas auxiliares en los ámbitos de la ingeniería y la arquitectura, pero también pueden ser, por ejemplo, un buen material didáctico para la enseñanza. Los posibles tipos de maquetas son también muy variados, de hecho, se usan en aeromodelismo para diseñar, construir y hacer volar aviones a escala; se utilizan en los ámbitos ferroviario, naval y del automóvil; también han tenido y tienen su importancia en el ámbito militar o simplemente en la reproducción de objetos. Otro tipo de maquetas son las maquetas virtuales, ya generalizadas con el uso de ordenadores, y las maquetas que no solamente representan un objeto, sino que además representan diversos eventos o hechos históricos, son conocidas como dioramas. Pero en este artículo vamos a hablar, sobre todo, de la utilización de las maquetas tridimensionales en ingeniería, que es el ámbito que nos ocupa. Todas las maquetas tienen una escala, que es la relación del tamaño final respecto al original, es decir, se reducen o amplían un número "x" de veces respecto a su tamaño



Maqueta del andamio ideado por Betancourt durante la construcción de la catedral de San Isaac en San Petersburgo. 1818. (Medidas: 55 x 185 x 114 cm).

real. La escala tiene mucho que ver con el concepto griego de *symetria* que se refiere a la relación de proporción que existe de las partes con el todo y de las partes entre sí.

El uso de las maquetas a lo largo de la Historia

La necesidad del ser humano de experimentar con objetos a su alcance ha hecho que hayamos podido encontrar pequeñas maquetas con usos variables que nos ayudan a comprender el momento en cuestión. Así, ya en la antigua Mesopotamia se han encontrado algunas maquetas de terracota o arcilla en diferentes regiones con tipologías distintas, por lo que se piensa que debían reproducir de forma simplificada los principales caracteres arquitectónicos de la zona. Los restos encontrados en realidad son escasos, debido probablemente a la construcción con materiales de frágil supervivencia. El pueblo egipcio, por su parte, contó con representaciones tridimensionales de carácter religioso que, en muchas ocasiones, contenían en su interior objetos que simulaban la figura humana. Dentro de la pirámide de Keops aparecieron también una serie de modelos a la misma escala que reproducen las secciones y demás



Maqueta de una grúa movida con rueda de pisar de la época romana. Medidas: 250 x 150 cm. Escala: 1:5.

componentes de la citada construcción. Los ajuares funerarios fueron, en general, un almacén a pequeña escala, de la vida cotidiana de los egipcios.

En Grecia la técnica se perfeccionó y se mostró por primera vez el término maqueta en sentido más o menos moderno, ya que aparecieron las maquetas de trabajo a las que se llamó "maquetas de discusión", que,

por poner un ejemplo, fueron una herramienta imprescindible para la realización de decorados teatrales. Los griegos inventaron el término *paradeigma*, ejemplo o ejemplar, que se utilizaba para la aprobación del proyecto y como ayuda en la construcción, ya que con el modelo se estudiaban las soluciones constructivas del edificio. En la época romana, en principio, los modelos tenían una función distinta de lo constructivo. Lo que sí introdujeron fueron nuevos materiales más duraderos, como el mármol o la piedra, y las maquetas estaban hechas a escala. En ocasiones se utilizaban para que sirvieran de orientación al constructor, y para la concepción y desarrollo de edificaciones arquitectónicas como acueductos, teatros, templos, etc.

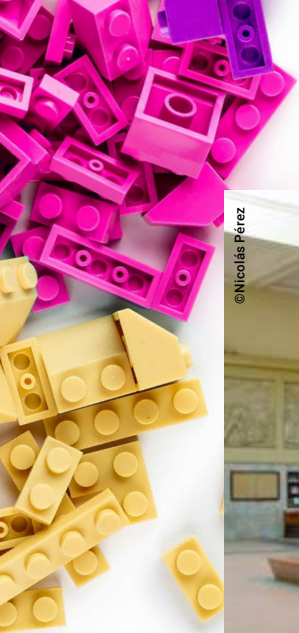
El uso de la maqueta como herramienta integrada en el proyecto se generalizó en torno a 1300 d.C. en la construcción de las grandes catedrales. Las maquetas eran miniaturas del futuro edificio en las que el arquitecto podía visualizar un proyecto antes de la construcción y además, se le dio un uso didáctico para el aprendizaje del oficio. Avanzada la Edad Media la maqueta se empezó a convertir en un símbolo característico del constructor que

demostraba la autoría de la obra y le convertía en creador. También los caballeros, reyes y príncipes las utilizaban para diseñar las herramientas de guerra y ver su efectividad. Hubo que esperar hasta el siglo XVI para que las maquetas a escala tuviesen un uso generalizado, sobre todo en arquitectura. Se utilizaban para visualizar el futuro edificio y permitían al constructor crear nuevos diseños y técnicas. El descubrimiento de la perspectiva hizo que, en apariencia, estos modelos quedaran relegados, pero lo cierto es que no todos tenían los conocimientos necesarios para utilizar la nueva técnica, por lo que siguieron siendo imprescindibles. En este momento, también, las guerras motivaron su utilización para probar la capacidad mecánica de las máquinas y para ver los distintos mecanismos que facilitaban las labores de construcción.

En el siglo XVII aumentaron los modelos conmemorativos de carácter efímero, y en el XVIII el perfeccionamiento de las técnicas gráficas, que incluían la perspectiva, relegó a los modelos tridimensionales, mucho más costosos y que había que almacenar. No obstante, ya en el siglo XIX, las maquetas cam-

Maqueta del viaducto de Madrid a Pontevedra en Redondela para el servicio del ferrocarril Orense-Vigo. 1871-1872.





© Nicolás Pérez



Maqueta de una máquina de vapor de tipo Watt, construida por D. Napier and Son (Londres) en 1859.

biaron su objetivo ganando valor ornamental, aunque no perdieron su valor estratégico; un buen ejemplo fue el uso que les dio Napoleón, quien las utilizó para recrear los escenarios de guerra en tableros con relieves donde colocaba soldados de plomo o barcos para ver el avance del enemigo en la batalla. En el siglo XX el uso de maquetas cambió por completo su función, para pasar a ser una suerte de “obra de arte” de carácter didáctico o tener fines propagandísticos y de estrategia. Para



CEDEX-CEHOPU

Maqueta de una bomba de Ctesibio, instrumento de la época romana que se utilizaba en trabajos de minería. (Medidas: 103 x 100 x 30 cm).

empezar, se dio un cambio radical a los materiales, por ejemplo, se introdujo el uso del cristal, y fueron modelos simbólicos de las distintas corrientes estéticas e ideológicas de cada momento. Los totalitarismos utilizaron las maquetas para reafirmar el poder autoritario del Estado, a través de grandes maquetas del planeamiento urbano, es decir, la maqueta de la ciudad se convirtió en protagonista de la planificación estratégica.

Ingeniería en miniatura

El uso de maquetas en el ámbito de la ingeniería no es tan generalizado como en el de la arquitectura, pero sí tiene ejemplares valiosos desde el punto de vista histórico y un uso actual a través de la experimentación, sobre todo en el campo de la ingeniería hidráulica, con modelos reducidos.

El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro

Con el fin de acotar el ámbito de estudio, nos centraremos en España y, en particular, en el siglo XVIII, momento en el que Agustín de Betancourt, creador de la Escuela de Caminos y motor de la ingeniería moderna en nuestro país, creó el Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro. Surgido como propuesta de Fernán Núñez, embajador de España en Francia, al conde de Floridablanca, entonces secretario de Estado de Carlos III, se trataba de reproducir, en maqueta o plano, cuantas máquinas fuesen posible y que estuvieran relacionadas con las obras públicas. Los



CEDEX-CEHOPU

Modelo de ensayo de la presa de Quesada (Granada) del ingeniero Carlos Fernández Casado. Escala: 1:50. Archivo Carlos Fernández Casado.

alumnos que trabajaban en París en la École des Ponts et Chaussées a las órdenes de Betancourt se pusieron a continuación manos a la obra. El resultado fue el primer museo español dedicado a la ingeniería, una colección de 270 maquetas, 359 planos y 99 memorias que se instalaron en los salones del palacio del Buen Retiro.

En 1794 López de Peñalver, ingeniero compañero de Betancourt, editó dos obras relacionadas con el Real Gabinete, el *Catálogo del Real Gabinete de Máquinas* y la *Descripción de las máquinas de más general utilidad que hay en el Real Gabinete*. En la primera parte del Catálogo se relacionan algunos de los modelos siguientes: "1. Montea; 2. Máquinas para clavar y arrancar estacas; 3. Máquinas para serrar estacas debaxo (*sic*) del agua; 4. Máquinas para sacar la arena de los ríos; 5. Máquinas para levantar pesos; 6. Andamios y varios métodos de enlazar las maderas para puentes, molinos y otras máquinas; 7. Puentes y cimbrías; 8. Esclusas para los canales, ríos y puertos de mar; 9. Bombas y máquinas para elevar el agua; 10. Máquinas relativas a la conducción de las aguas; 11. Carros que usan en Francia para trasladar toda especie de mercancías, piedras, maderas, etc. y máquinas para pesarlas; 12. Armaduras y modos de enlazar las maderas para cubrir los edificios; 13. Máquinas para dibujar, niveles y otros instrumentos; 14. Varias máquinas relativas a diferentes artes y manufacturas". Según se indica en el libro, las máquinas se reprodujeron con sumo cuidado y tuvieron como inspiración originales que habían funcionado en París, Marsella, El Havre, Rouen, Orleans, Neuilly, Ostende, etc.

La historia de este museo singular está llena de avatares. Al inicio de la Guerra de la Independencia, el material se trasladó a la Academia de Bellas Artes para volver después al Buen Retiro y en 1814 trasladarse al Palacio de Buenavista. Al año siguiente volvió a viajar hasta la sede de la Real Sociedad Matritense de Amigos del País y finalmente Fernando VII las ubicó en el Real Conservatorio de Artes. Más tarde la colección sufrió una múltiple división: una parte quedó en el Museo de las Máquinas de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos, y otra, en el Real



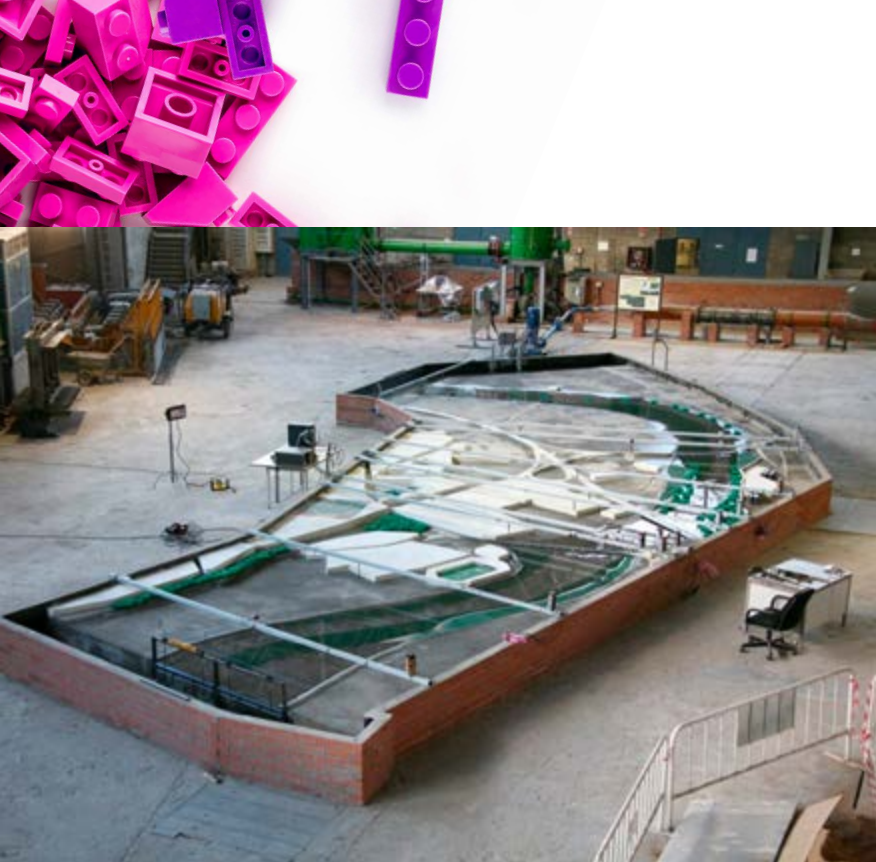
Maqueta de la infraestructura de cubierta del frontón Recoletos. Archivo Torroja. CEHOPU-CEDEX. Signatura. I-ETM-125-02_05

Conservatorio de Artes, de donde fue al Real Instituto Industrial. En la actualidad, el Real Gabinete se encuentra disperso en museos y colecciones privadas de dentro y fuera de España.

El museo de la Escuela de Caminos

No podemos dejar de citar aquí, por otra parte, la importancia que las maquetas o modelos tuvieron en las exposiciones universales, en pleno auge a partir de la segunda mitad del siglo XIX, en las que todos los países mostraban al mundo, entre otras cosas a través de estos modelos, los grandes avances de la ciencia y la técnica. Las maquetas expuestas en las distintas exposiciones fueron fuente de inspiración de los ingenieros españoles de la época, como por ejemplo Lucio del Valle, que intervino en varias ocasiones, junto con Ramón Echevarría y Andrés Mendizábal, inspirándose en la École Nationale des Pons et Chaussées francesa para organizar en la Escuela de Caminos de Madrid, una colección de modelos y maquetas a semejanza de la proyectada en la escuela francesa, y con un fin, además de estético, netamente didáctico.

El contenido de esta colección se alimentó, por un lado, con modelos del Real Gabinete de Máquinas cuando éste se desmembró y, por otro, con las maquetas exhibidas en las distintas exposiciones universales. Organizado en torno a cuatro salas, contaba con piezas de todas las ramas de la ingeniería, como faros, esclusas, andamios o "máquinas



Modelo físico a escala reducida del río Guadalquivir a su paso por Andújar.

de hincar pilotes”. Había una sala dedicada a temas ferroviarios, como un puente de hierro, modelos de bombas, traviesas, plataformas o grúas. Siendo director de la Escuela el propio Lucio del Valle se dio un impulso al museo al incorporar los modelos presentados en la Exposición Universal de 1867, entre otros, “tres modelos del depósito de Campo de Guardias en el acueducto del Lozoya”, ubicados en la tercera sala dedicada sobre todo, a temas hidráulicos. En la cuarta sala, sin un orden concreto, se acumulaban puen-

Maqueta del puente La Reina sobre el río Arga en Navarra. 1050. (Medidas: 17 x 48,7 x 145,2 cm).

tes de fábrica, hierro y madera, un grupo de esclusas, grúas y cimbras, además de faros, modelos de armaduras o cabrestantes. En la actualidad quedan algunos restos en la Escuela de Caminos ubicada en la Ciudad Universitaria, pero después de los numerosos traslados de la sede y el avance del siglo XX que dejó obsoleto este método de enseñanza, han quedado como un residuo marginal, solo de interés histórico para bibliotecarios y archiveros.

Los museos militares también albergan gran cantidad de maquetas, en su mayoría procedentes del siglo XIX para uso de los cadetes de las academias militares. Se trata de representaciones a escala de batallas, edificios y obras de ingeniería creadas con un fin meramente didáctico. Destacan las maquetas de fortificaciones costeras abaluartadas españolas y americanas, en las que se percibe la importancia del estudio geográfico para conseguir la efectividad defensiva.

Modelos físicos a escala reducida

Estas maquetas antiguas, que tuvieron su impagable utilidad en un determinado momento, en la actualidad no han muerto del todo. En el ámbito de la ingeniería se siguen utilizando lo que se denominan modelos reducidos, en general con fines experimentales, ya que son todavía necesarios para el cálculo y sirven para explicar el fenómeno físico que se presenta en la realidad. Los modelos físicos reducidos





son, sobre todo, una herramienta muy útil en el campo de la hidráulica fluvial y una técnica para resolver problemas de ingeniería hidráulica en general. La réplica reducida es lo que se conoce como modelo, frente a la realidad que se llama prototipo. Los modelos físicos y los simuladores de maniobras en tiempo real son útiles con los que se comprueba y optimiza lo previamente diseñado y su necesidad viene determinada por la imposibilidad de dar respuesta a los múltiples problemas de la ingeniería. Por ejemplo, la simulación de maniobra de buques entraña inevitables simplificaciones de la realidad y un análisis centrado solo en los aspectos más importantes, dichas simplificaciones permiten analizar procesos de difícil apreciación en la realidad.

En conclusión, son una herramienta para validar el diseño y probar diferentes alternativas con el fin de mejorarlo. Y aunque son relativamente caros, en comparación con el coste total de la obra, suelen representar un porcentaje ínfimo. Se utilizan con frecuencia para el estudio de represas, puentes, esclusas, puertos, aeronaves en túneles de viento, etc., requiriéndose muchas veces para obras complejas la construcción de más de un modelo.

En el año 2017 la Fundación Juanelo Turriano organizó una exposición sobre "Maquetas y modelos históricos. Ingeniería y construcción" que, además de un gran atractivo desde el punto de vista estético, aporta



Modelo físico de una presa a escala reducida.

numerosa información sobre los modelos en el ámbito de la ingeniería; se puede visualizar en el catálogo correspondiente editado para la ocasión. Por otra parte, el CEDEX cuenta en su página web con un interesante museo virtual de todas las maquetas que se han ido confeccionando para las distintas exposiciones que han tenido lugar a lo largo del tiempo, desde 1983, fecha de su creación, hasta la actualidad. Se puede consultar en la página web: [MUSEO VIRTUAL CEDEX. Colección de maquetas](#) ■

