

Nuevas tecnologías de la comunicación multimedia aplicadas al puente de la Constitución de Cádiz



José María Luzón Nogué
Académico Delegado del Museo - RABASF



Juan Víctor Mejías Calero
Desarrollador web (jvcreacion.com)



Néstor F. Marqués González
Laboratorio de Humanidades Digitales - RABASF



José Luis Gómez Merino
Director de Arte de Balawat.com

Resumen

Las grandes obras públicas tienen una importante función social y por tanto deben ser comunicadas a los ciudadanos. El Laboratorio de Humanidades Digitales de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando ha utilizado las últimas herramientas tecnológicas para establecer cómo debe expresarse la Ingeniería en los nuevos medios de expresión gráfica.

El objeto de estudio ha sido el Puente de la Constitución en Cádiz, cuyo diseño es obra del equipo de Ingenieros Carlos Fernández Casado S.L.

Palabras clave

Puente atirantado, Cádiz, RABASF, CFCSL, Nuevas tecnologías, Comunicación

Abstract

Large public works have an important social function and should, subsequently, be communicated to the general public. The Digital Humanities Library at the Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (Royal Academy of Fine Arts) has employed the latest technological tools to establish how engineering should be expressed in new forms of graphic media.

The object of the study was the Constitution Bridge in Cadiz, designed by Ingenieros Carlos Fernández Casado S.L.

Keywords

Cable-stayed bridge, Cadiz, RABASF, CFCSL, New technologies, Communication

La Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (RABASF) tiene por objeto “fomentar la creatividad artística, así como el estudio, difusión y protección de las artes y del patrimonio cultural, muy particularmente de la pintura, la escultura, la arquitectura, la música y las nuevas artes de la imagen”. Por supuesto que este enunciado clásico asume la ingeniería como partícipe de ese patrimonio visual, como atestiguan los ingenieros académicos que ha habido en esta institución a lo largo de su historia reciente.

Es costumbre que los académicos donen o presenten una obra al Museo y en este caso Javier Manterola ha querido hacerlo con el Puente de la Constitución de 1812 en Cádiz. El nuevo puente, como es sabido, es una magna obra de ingeniería que, por consignar un solo dato, tiene una luz de 540 metros en su tramo atirantado.

El Laboratorio de Humanidades Digitales es el departamento de la RABASF que se encarga de aplicar las últimas



Fig. 1. El puente de Cádiz. Fotografía, Carlos Manterola



Fig. 2. Instalación del interactivo en el Museo de la Academia. La sala alberga obras de artistas del siglo XX en formatos clásicos. Nadie duda ya de que las nuevas tecnologías están transformando la forma de presentar las obras de arte en nuestros museos

tendencias en tecnología, herramientas de comunicación, y diseño al campo de las humanidades dentro del quehacer de la institución. Por ello, la Academia propuso que fuera este laboratorio el que pusiera en su museo las bases del lenguaje de la ingeniería contemporánea, haciéndola accesible a los habituales visitantes de este tipo de instituciones. Así, un equipo que había trabajado en otros proyectos de patrimonio arqueológico, arquitectónico y museográfico, acometió la tarea de experimentar la incorporación de las nuevas tecnologías en el museo, utilizando como objeto una obra de ingeniería del siglo XXI.

La Academia, en su función de reguladora de lenguajes gráficos, tiene como objetivo encontrar estándares que puedan ser aplicados como modelos en un mundo de tecnologías que avanzan de forma vertiginosa. No hay duda de que estas tecnologías están modificando en poco tiempo la tramitación de nuestras vidas, pero también sabemos que la humanidad sigue siendo la misma en sus deseos y afanes. Es en este terreno móvil donde la Academia debe jugar su papel de estudiosa de la Historia de nuestra civilización y de buscar una forma sólida de ilustrarla, registrarla y difundirla.

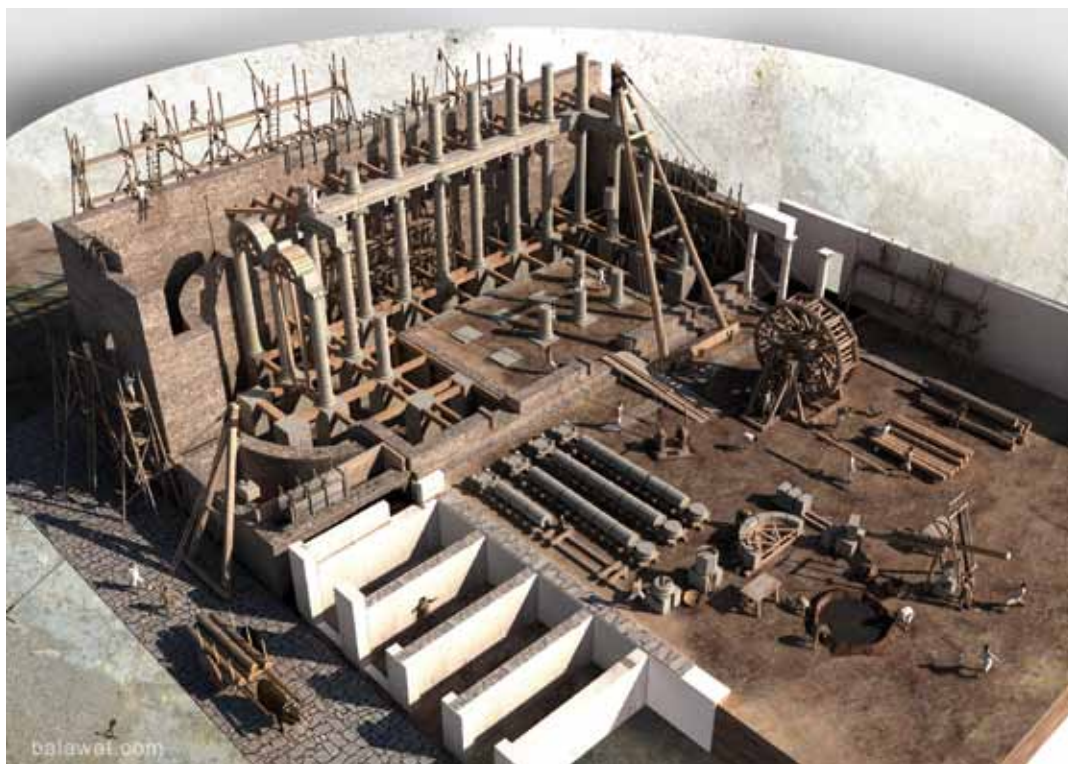


Fig. 3.
Reconstrucciones
virtuales y Arqueología.
Procedimientos
constructivos de
la basílica romana
de Contributa Iulia
(Badajoz)

Infografía y comunicación gráficas aplicados a la ingeniería

Está comprobado que los modelos 3D son muy útiles para la comprensión de una obra de ingeniería, tanto en su apariencia física como en la función de sus elementos integrantes. Históricamente, los ingenieros producían sus ideas acompañadas de dibujos explicativos, muchos de los cuales han terminado en museos como el de la propia Real Academia de Bellas Artes.

En nuestro tiempo la herramienta utilizada es la infografía, que en sentido amplio consiste en lo que su nombre indica: información gráfica. Mientras que en siglos precedentes las obras de ingeniería se realizaban mediante un diálogo directo entre el poder y los técnicos, en el mundo de las redes sociales en el que nos desenvolvemos el usuario demanda también formar parte de la conversación. Por fortuna, disponemos de herramientas diversas para crear la información que el usuario final precisa, gracias a las nuevas tecnologías, accesibles de forma abierta y global.

El equipo firmante de este proyecto es experto en la aplicación de las nuevas herramientas de la tecnología al

servicio de la comunicación del patrimonio arqueológico, donde habitualmente la arquitectura que se trata de reconstruir y diseñar ha desaparecido en gran parte. El papel jugado en este campo es el de explicar en parte lo que no existe. Con el trabajo del Puente de Cádiz, el reto era aplicar estas técnicas a proyectos contemporáneos, al tiempo que se hacía utilizando los recursos de la imagen 3D en una obra de grandes dimensiones. En principio, no debería haber mucha diferencia entre el patrimonio del pasado y el patrimonio del futuro que es el que se está construyendo ahora. Uno y otro necesitan ser comunicados a la sociedad para ser entendidos y valorados.

Para la realización de las imágenes virtuales del Puente de Cádiz hemos partido de los planos de Autocad proporcionados por el equipo del estudio CFCSL (Carlos Fernández Casado Sociedad Limitada). Estos planos contienen la información y las medidas precisas para la fabricación de las piezas, pero al mismo tiempo dejan un calculado margen de actuación manual para corregir los desajustes inherentes a la naturaleza flexible del puente. En una construcción de estas dimensiones los desajustes fueron mayores de dos metros en algunos momentos del proceso, por ejem-

plo en los extremos del tablero del tramo atirantado. Esto forma parte evidentemente de los cálculos preliminares. La forma de lograr el ajuste final consiste en el tesado de los tirantes. Esta combinación de tecnología, diseño e intervención humana entra directamente en el mundo de la belleza artística y eso hay que reflejarlo gráficamente.

¿Cómo hacer un modelo virtual de una estructura tan grande y flexible? Hemos constatado que lo adecuado es la realización de una maqueta general obviando los márgenes de error establecidos y modelar después los elementos concretos de forma independiente y precisa. Hemos podido comprobar en nuestro proceso de elaboración que los ingenieros lo hacen así en sus dibujos de Autocad y parece que ésta es la forma lógica de representar una obra de ingeniería.

En nuestro caso no hacemos modelos 3D para ser construidos, sino para la comunicación de la obra, es decir,



Fig. 4. Tramo de Puerto Real. Una dovela sobre una pila dintel que acoge tráfico en su interior. Un corte del terreno muestra la cimentación correspondiente. Las imágenes 3D funcionan muy bien para comprender estructuras que nunca llegas a tener a la vista en su conjunto



Fig. 5. Imagen virtual de una sección del tramo atirantado del puente

para ser explicativos. Esta pequeña diferencia inicial de concepto se hace evidente en los procedimientos (utilizamos otro tipo de *software*), y luego en los resultados, que para nosotros consisten en la fácil comprensión del hecho ingenieril para la mayor cantidad de gente posible.

Del mismo modo que para la reconstrucción virtual de un yacimiento arqueológico se precisa del asesoramiento de los arqueólogos conocedores del mismo, para modelar una obra de ingeniería es imprescindible estar asesorado por los expertos que la han ejecutado o diseñado. Creemos que el tipo de tratamiento gráfico del que hablamos en este artículo puede ser de suma importancia en la fase de proyecto de una obra, cuando hay que mostrarlo luminosamente tanto a las administraciones clientes como a la sociedad a la que han de servir. En este sentido, el tipo de trabajo gráfico que realizamos tiene su propio nombre, Storyline, que consiste en la utilización de recursos gráficos (dibujos, imágenes 3D, animaciones, vídeos, páginas web...) para hacer comprensible un proyecto ante los usuarios del mismo.

Un aspecto que nos ha parecido muy importante consiste en la participación de los propios ingenieros en la narración de las características específicas del proyecto y no sólo como asesores técnicos del mismo. Grabamos sus explicaciones de aspectos concretos de la obra y las utilizamos en la web ilustrados con imágenes virtuales, fotografías, cuando existen, o imágenes en movimiento. Los ingenieros dejan así de ser personas abstractas e invisibles que firman un proyecto y se convierten para el público usuario en los creadores tangibles de la obra. Nos parece primordial que durante la construcción de



Fig. 6. Vista 3D de una de las torres. Se aprecia la sección de la dovela en ese tramo y la riostra con los refuerzos metálicos que la arman. Los vehículos dan las dimensiones de los elementos constructivos, El tablero mide en ese punto 35 metros de ancho

una obra de ingeniería se documenten con rigor las actuaciones relevantes por medio de fotografías, time lapses o vídeos para que quede constancia de todo el proceso. No olvidemos que estamos hablando del Patrimonio del futuro. Imaginemos, por ejemplo, que los constructores romanos del puente de Alcántara hubieran dejado grabados en sus piedras el proceso constructivo que utilizaron. Es una pena que no lo hicieran. Pero ahora tenemos la oportunidad de explicarlo de forma extensa con sólo encargarlo a alguna persona involucrada directamente en el proyecto como puede ser alguno de los ingenieros de obra. Preferiblemente debe ser un experto que sepa lo que está captando su cámara. La mirada debe ser certera. Si adoptamos de forma metódica esa costumbre, el material grabado formará parte del bagaje documental de las obras de ingeniería, que finalmente son muy importantes para nuestra vida cotidiana y nuestro entorno.

Nuestro equipo comenzó a trabajar sobre el puente en un momento avanzado de su construcción. La documentación proporcionada por el grupo de ingenieros dirigido por Javier Manterola y la empresa constructora fue en forma de planos, fotografías y algún vídeo. Esta documentación se había ido consiguiendo en el tiempo sin una expresa planificación de la misma, porque no estaban pensando en algo que para nosotros es primordial: La comunicación pública del proyecto. Creemos que toda obra de ingeniería debería llevar aparejado el hecho documental que la mis-

ma supone en una era en la que la comunicación domina todos los aspectos de nuestra vida.

La fotogrametría como herramienta para la captura 3D de una obra

Los procedimientos fotogramétricos han empezado a ser muy utilizados en arqueología porque sirven, de una forma relativamente sencilla, para fijar en 3 dimensiones el estado de un espacio arqueológico concreto. Las superficies irregulares del terreno y de las ruinas hacen imposible su modelado 3D, modelado que se basa finalmente en geometrías. La fotogrametría capta las superficies irregulares sin problemas y es perfecta para ese menester, consiguiendo reproducir de la manera más fiel (en muchos casos a nivel milimétrico) la geometría real de un objeto o espacio y dotando al modelo 3D de una textura final fotorrealista.

Para realizar una captura 3D basada en fotografías se hace necesaria la obtención de cientos de tomas desde todos los ángulos posibles, que posteriormente son procesadas gracias al empleo de software especializado (en este caso



Fig. 7. Imagen fotogramétrica en 3D de la Veracruz en Segovia. Es una forma precisa de preservar el patrimonio histórico y, por qué no, el Patrimonio de la Ingeniería contemporánea

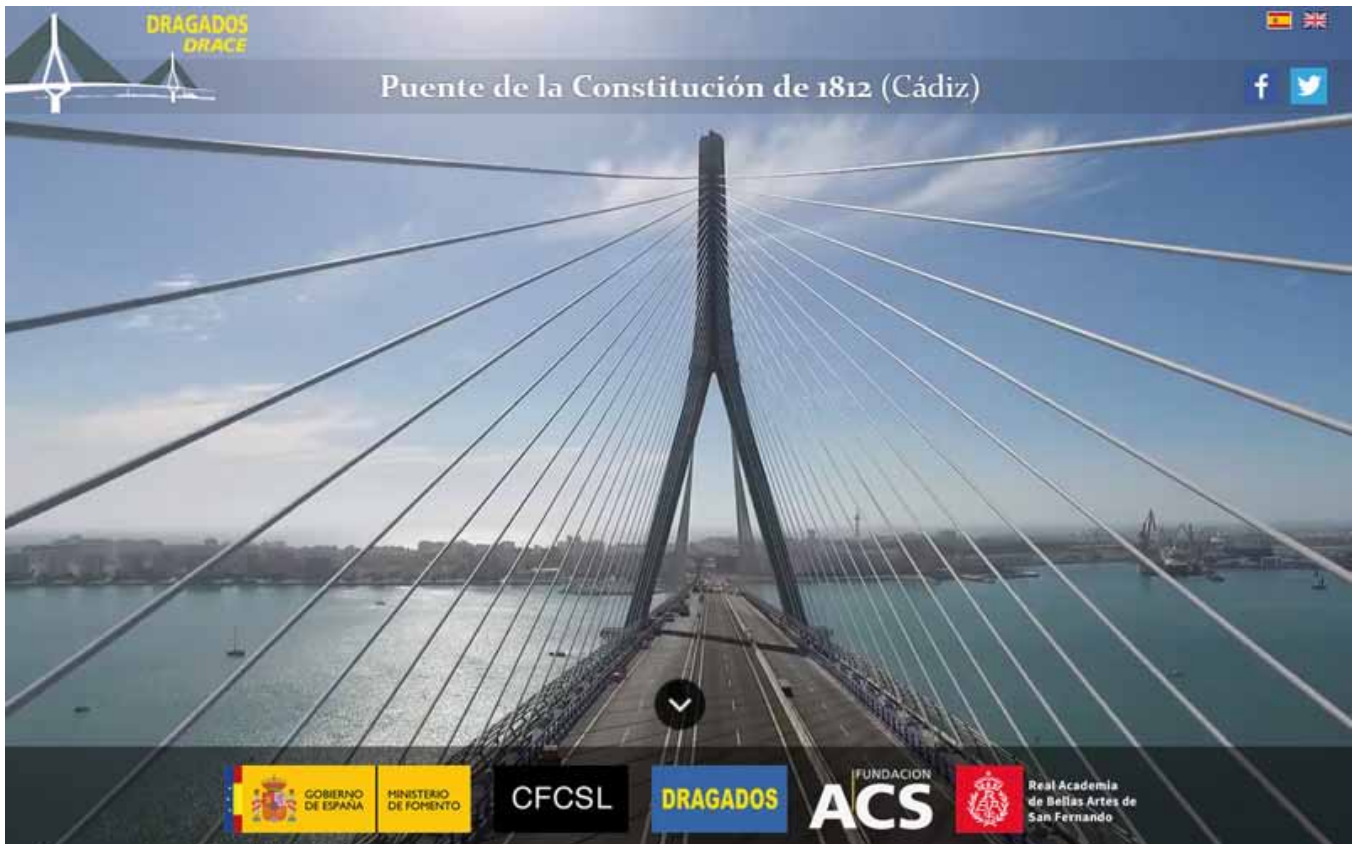


Fig. 8. Captura de pantalla de la página inicial de la web del puente. La imagen central está ocupada por un vídeo con un vuelo ascendente de dron. Durante estos vuelos se realizaron además las fotografías para obtener la nube de puntos del modelo 3D

Agisoft Photoscan). El resultado es una nube de puntos tridimensional con la información de la posición, que posteriormente se convierte en una malla 3D que contiene también la textura del objeto del estudio. El resultado es un modelo 3D fotorrealista y vívido como los que podemos encontrar en <https://sketchfab.com/NestorMarques> el portafolio *online* del Laboratorio.

El momento tecnológico en el que nos encontramos permite realizar levantamientos muy precisos de objetos o construcciones de tamaño medio. Cuanto más grande es el modelo, más compleja se vuelve la captura de los detalles, de ahí que diferenciamos entre modelos de alta resolución y modelos de visión general. Pero las herramientas evolucionan y se adaptan a las nuevas situaciones muy rápidamente y el camino en el que estamos posibilitará en breve la fotogrametría detallada de grandes construcciones, gracias en parte a la contribución al desarrollo

técnico y tecnológico de equipos de trabajo como el del Laboratorio de Humanidades Digitales de la RABASF.

Las fotografías se hacen pie a tierra cuando se trata de objetos pequeños como piezas arqueológicas o yacimientos superficiales, pero para construcciones del tamaño del Puente de Cádiz, es necesaria la toma de fotografías desde el aire. Para ello, se utilizaron dos drones con los que se hicieron más de 2.500 fotografías de la parte atirantada del puente. Los drones también nos sirvieron para la toma de vídeos desde el aire que nos han resultado muy útiles a la hora de diseñar la web del proyecto y para la instalación que se muestra al público en el Museo. Constatamos que el vídeo aéreo es una gran herramienta para la presentación de las grandes obras de ingeniería, ya sea en la fase de construcción en la que funciona como registro de los procedimientos utilizados, ya sea, una vez finalizada la obra, para mostrar el resultado.

Mostrar los procedimientos y el resultado es, a nuestro juicio, una tarea imprescindible en las obras civiles de este tipo. Por un lado, se justifica el trabajo a la sociedad a la que sirven, y por otro lado se gana a esa sociedad para la causa de la obra. Una obra de ingeniería puede originar molestias durante su ejecución y generar animadversión, pero recordemos que también pasará a formar parte del paisaje y del acervo cultural de todos. Por tanto, hay que explicarla públicamente porque el conocimiento de la misma hará que la gente la sienta como propia.

Narrar una obra de Ingeniería en Internet.

Con el objetivo principal de la comunicación de la obra al gran público, la web que hemos desarrollado en puentecadiz.com (y cadizbridge.com en su versión en inglés) hace un recorrido multimedia por las diferentes fases de ejecución de la obra. Este recorrido va desde los primeros planos del proyecto por parte del equipo de

Javier Manterola, pasando por las etapas de construcción del coloso (cimentaciones, pilas, torres, tablero, tirantes, anclajes...), los datos técnicos del puente, y la virtualización 3D que permite por ejemplo dar un paseo virtual por el interior de una dovela, o rotar una fotogrametría del puente.

Fruto de un convenio de colaboración entre la Fundación ACS y la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, teníamos el encargo de hacer, como complemento del modelo fotogramétrico que íbamos a experimentar, una web lo mas espectacular posible, a la vez que didáctica. Debíamos lograr un resultado final a la altura de un proyecto de la importancia del Puente de la Constitución de 1812. Apenas un par de meses antes de la inauguración tuvimos la oportunidad de realizar grabaciones aéreas con drones. En ese momento el puente estaba prácticamente terminado. Este material sirvió por un lado para obtener imágenes limpias del puente de Cádiz desde una



Fig. 9. Cuadros de texto ayudan a explicar en la web aspectos concretos de una dovela. Los ingenieros de CFCSL colaboran ofreciendo explicaciones en vídeo de aspectos técnicos del puente



Fig. 10. Vista del puente en una imagen de la web se aprovechan las imágenes, ya sean fotos o infografías, con información asociada

perspectiva nada habitual. Con el gran número de tomas realizadas, se llegó a trazar una nube de puntos que nos permitió recrear el puente 3D en su conjunto, así como obtener texturas para partes específicas del mismo que también están recreadas.

En todo momento el objetivo de este proyecto –concebido como un modelo experimental– ha querido explorar los límites de la modelación fotogramétrica de un puente de grandes dimensiones, que hizo necesario el procesado de gran cantidad de información. Todo ello nos ha permitido estudiar las herramientas más adecuadas para su elaboración así como la forma en que estas pueden ser utilizadas y ajustadas.

La web está desarrollada en HTML5/CSS3/JavaScript/PHP/MySQL, y cuenta con una versión para móviles y tabletas. Contiene decenas de vídeos, cientos de imágenes, recreaciones 3D y una amplia bibliografía que recoge entre otras cosas documentación técnica de los estudios y cálculos de los ingenieros del proyecto.

Visite el lector www.puentecadiz.com para obtener información del puente y juzgue la forma de entender una web que trata sobre una gran obra de ingeniería. **ROP**