

**COMITÉ CIENTÍFICO / EDITORIAL BOARD**

Manuel Blasco Blanco  
César Martín Gómez  
José Manuel Pozo Mucio

**MAQUETACIÓN / GRAPHIC DESIGN**

Laura Carlos  
Izaskun García

**DIBUJO / DRAWING**

Ana Lavilla

**COORDINACIÓN / COORDINATION**

Débora Bezares Fernández  
Izaskun García  
César Martín Gómez

**EDICIÓN, REDACCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y PUBLICIDAD /  
EDITION, EDITORIAL STAFF, DISTRIBUTION AND PUBLISH**

Departamento de Edificación  
Departamento de Estructuras  
Departamento de Proyectos  
Departamento de Urbanismo

E.T.S. de Arquitectura. Universidad de Navarra  
31080 Pamplona  
Tlf. 948 425600 (ext. 2730). Fax 948 425629  
[www.unav.es/arquitectura/publicaciones](http://www.unav.es/arquitectura/publicaciones)  
[spetsa@unav.es](mailto:spetsa@unav.es)

**FILMACIÓN / PHOTOMECHANICS**

Contacto Gráfico, S.L.

**IMPRESIÓN Y ENCUADERNACIÓN / PRINTING**

Gráficas Castuera

**DEPÓSITO LEGAL**

NA. 1063/2009

**ISSN**

1138-5596

**PRECIO**

Ejemplar: 9 €

**BILBAO EXHIBITION CENTRE**

- 6 Bilbao Exhibition Centre  
CÉSAR AZCÁRATE GÓMEZ, ESTEBAN RODRÍGUEZ SOTO
- 20 Las escalas del pensamiento arquitectónico.  
Un recorrido por diferentes soluciones constructivas del BEC  
DAVID RESANO RESANO
- 28 La estructura. Cubriendo superficies extensas  
RUFINO GOÑI LASHERAS
- 36 Las mochilas energéticas del BEC  
CÉSAR MARTÍN GÓMEZ
- PEQUEÑA CONSTRUCCIÓN**
- 44 Espacio para un sociedad gastronómica. Cuestión de detalle  
CARLOS PEREDA IGLESIAS, OSCAR PÉREZ SILANES
- INVESTIGACIÓN**
- 54 Evaluación de sistemas de cierre electrónicos desde una perspectiva global  
FRANK BRANDERBURG
- 58 50 viviendas eco-eficientes en Sarriguren  
RUFINO J. HERNÁNDEZ MINGUILLÓN
- 66 Estructuras enterradas y su impermeabilización según el CTE  
CARLES IBÁÑEZ BRUGUÉS
- 76 Sobre la incidencia del uso y la gestión de los edificios en el consumo final de energía  
FABIÁN LÓPEZ PLAZAS
- 88 Reflexiones sobre la imparcialidad del arquitecto en la redacción de informes periciales  
DOMINGO PELLICER DAVIÑA
- 96 Red urbana de calor y frío para Expo Zaragoza 2008  
NIEVES RODRÍGUEZ LARGACHA
- 104 **ENGLISH ABSTRACTS**



BEC  
Bilbao Exhibition Center  
Fuente: IDOM

La Dirección de la Revista no acepta responsabilidades derivadas de las opiniones o juicios de valor de los trabajos publicados, las cuales recaerán exclusivamente sobre sus autores. Esta publicación no puede ser reproducida total o parcialmente por ningún medio sin la autorización expresa por escrito de los autores. Re ha procurado contrastar las fuentes de todas las imágenes y notas al pie utilizadas en este número. Pedimos disculpas por cualquier error u omisión.

*The criteria expressed in the different articles of this issue are the exclusive responsibility of their authors and do not necessarily reflect the opinions of the Management and Editor of this review. No part of this work covered by the copyright hereon may be reproduced or used in any form or by any means, graphic, electronic or mechanical, including photocopying, recording, taping or information storage and retrieval systems without written permission from the publisher. Re has attempted to trace and acknowledge all sources of images and endnotes used in this issue and apologizes for any errors or omissions.*

## PRESENTACIÓN

JOSÉ MANUEL POZO



Dichosamente un nuevo número de Re está en la calle. Sólo quienes lo han elaborado saben lo costoso que ha sido; porque es muy costoso en la actualidad mantener el equilibrio necesario entre lo que debe ser atractivo y el rigor que lo hace útil, y hay que trabajar mucho porque no es nada fácil conseguirlo. Y en ese esfuerzo, necesario, se hace dificultoso conseguir acortar los plazos. Máxime cuando se desea que Re sea una revista de difusión universitaria, y de utilidad docente, y no sólo de divulgación.

En el presente número el edificio elegido como argumento central ha sido el Bilbao Exhibition Center (BEC), que tiene unas dimensiones que hacen desde luego imposible una explicación completa de la obra, a la que sólo se ha intentado hacer una aproximación en la que se han propuesto las cuestiones técnicas más interesantes.

El proyecto del BEC es un buen exponente de la tradicional ambición con la que se han abordado siempre los proyectos en la villa del Nervión, y todos sus elementos, espaciales, estructurales y constructivos, responden a esa escala magnánima, a veces un poco exagerada, que suele distinguirlos. De lo que es partícipe también la implantación urbana, generosa, tanto por la distancia con la que procura respetar las zonas residenciales, como por el modo en que se ha resuelto la apariencia externa, buscando dulcificar la tremenda presencia de sus naves, y ocultando la inevitable acumulación de vehículos en su proximidad y la desordenada apariencia que suelen presentar las zonas de acceso de mercancías y de servicio.

El cuerpo más vistoso, en el que se alojan las oficinas, remata el conjunto con su desmesurada presencia, que es innecesaria estrictamente hablando, pero que precisamente por su tamaño y por su alarde estructural, levantado en el aire, ayuda a mitigar el gigantismo que los pabellones hubieran podido ofrecer a la vista, restando importancia a su presencia precisamente por el tamaño de ese edificio de oficinas; de ese modo, como sucede en muchas grandes obras, la adecuada proporción de las partes disimula el verdadero tamaño del conjunto.

Este tremendo edificio contrasta en las páginas de este número de Re con el espacio para una sociedad gastronómica de Pereda y Pérez Silanes, que es por oposición al BEC un edificio a escala estrictamente humana, resuelto como un exquisito ejercicio de diseño llevado hasta los más pequeños detalles, cuidados con esmero. Contrasta con el BEC no sólo por la escala y por su apertura al paisaje y su implantación casi rural, diametralmente opuesta a la de aquél, sino también por la minuciosa elección de los materiales, y de cada uno de los elementos que intervienen en la definición del espacio, incluido el mobiliario. Es un edificio que requiere un pincel de pelo de marta del número 00, mientras que el BEC necesariamente se habría de pintar a pistola.

Esa sociedad gastronómica es uno de esos ejercicios arquitectónicos que sorprenden por la deseable actitud, aparentemente superada hoy día, del arquitecto que ofrece y consigue para el cliente lo que tal vez él no sospechó que podía lograr, dando liebre por gato, a base de poner un esmero y dedicación tales que nos llevan a recordar la recomendación de Wright para el buen arquitecto: hacer con el mismo empeño una catedral que un quiosco de venta de periódicos.

En la sección técnica se eligieron para este número unas viviendas de Rufino Hernández en la Eco-ciudad de Sarriguren de las que cabría destacar el encomiable esfuerzo llevado a cabo en el diseño de su fachada, para combinar, como su autor destaca, la eficacia, la economía y el ahorro con la belleza, sirviéndose de la modulación, la repetición y la prefabricación, pero esquivando la monotonía aburrida.

Complementan esa información varios artículos en los que alternan los que son fruto de la investigación científica con los que proceden de los resultados experimentales y la experiencia.

En definitiva, la revista sigue afirmándose en su línea editorial de intentar proporcionar información y contenidos que sean adecuadamente vistosos pero siempre provechosos para el ejercicio profesional y su posible empleo como recurso académico.



Vista del edificio de Acogida y Congresos desde una de las zonas técnicas (fot. J. Terés)

## LAS MOCHILAS ENERGÉTICAS DEL BEC

César Martín Gómez

*¿Cómo deben ser las instalaciones para un edificio de uso polivalente que será utilizado por miles de personas simultáneamente? Comencemos por la lógica (arquitectónica):*

*Un espacio de estas características ha de permitir el movimiento de las personas y el desarrollo de sus actividades con libertad, sin que las servidumbres de las (numerosas y voluminosas) instalaciones supongan un problema.*

*Las instalaciones han de ser fácilmente accesibles para gestionar su mantenimiento.*

*Los arquitectos deben encontrar un modo de que las zonas servidoras de un espacio puedan estar ahí sin destruir sus espacios’.*

A pesar de lo evidente de las palabras anteriores, no siempre se priorizan adecuadamente estos principios de diseño, y surgen problemas que complican algo que de por sí ya es complejo.

Sin embargo, en el caso que nos ocupa, se observa cómo se ha empleado la lógica desde el mismo inicio del proyecto. Así, las instalaciones del BEC reinterpretan y materializan el concepto de Kahn de espacios servidos y servidores.

Cada espacio principal, cada pabellón reservado para exposiciones, cuenta con su propio espacio técnico, donde se reúnen las correspondientes instalaciones. Una ‘mochila energética’ que surge desde la concepción espacial de la arquitectura, ya que los arquitectos pudieron tener como datos de partida las necesidades de las instalaciones para cada pabellón, en una configuración que permite, además, ocultar la compleja circulación perimetral de los camiones<sup>2</sup>.

Además de la ‘mochila energética’ que acompaña a los pabellones, los planos horizontales superior e inferior de los mismos se ‘tecnifican’ para albergar las diversas instalaciones que posibilitan el empleo de los pabellones para cualquier uso. Así, las jácenas –los elementos que conforman el plano superior– albergan los servicios de acondicionamiento, electricidad, evacuación de pluviales<sup>3</sup> y redes de datos, cumpliendo además la función de marcar las calles principales y las vías de evacuación, y dejando el resto, con mayor altura libre, para zona expositiva.



Zona elevada para albergar las instalaciones, permitiendo la circulación inferior (fot. J. Terés)

El plano inferior, el suelo de los pabellones, alberga la galería de servicios y los canales desde los cuales se alimentan los distintos servicios necesarios en los stands (agua potable, aire comprimido, comunicaciones, electricidad, saneamiento). La fácil registrabilidad de estos canales permite atender con eficacia, las múltiples combinaciones de distribución interior.

Volviendo a las premisas iniciales planteadas en los párrafos anteriores, se deduce como el sumatorio de instalaciones fácilmente accesibles repercute en unos costes de mantenimiento y actualización de las instalaciones reducidos. Esto es, el éxito de lo planteado no está en una única solución, sino en la combinación de varias de ellas.



Galería de servicios en construcción (fuente: IDOM)



Canales de servicios en construcción (fuente: IDOM)



Interior de un pabellón iluminado: por su definición en el espacio general del pabellón, se ha querido remarcar aún más la presencia de las jácenas mediante la introducción de unas líneas continuas de luz que definen su contorno. Obsérvense la impulsión de aire acondicionado en el plano vertical de las jácenas (fuente: IDOM)



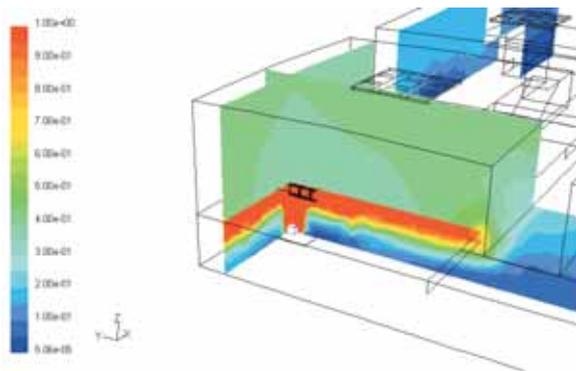
Canal de servicios con los registros abiertos (fot. J. Terés)



Interior de un canal de servicios donde se aprecia la tubería de incendios, la tubería de fontanería, la red eléctrica y la red de datos (fot. J. Terés)



Interior de una jácena con los conductos de climatización. Obsérvense las embocaduras a las toberas de impulsión de aire (fot. J. Terés)



Análisis del funcionamiento del sistema de control de humos mediante técnicas de cálculo fluidodinámico (fuente: IDOM)

## PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Un edificio de estas características lleva al límite la interpretación de la normativa de incendios, pues se plantean situaciones en las que la aplicación estricta de sus criterios podría resultar complicada e incluso contraproducente. Es por ello que cobran sentido las largas y complejas gestiones con las administraciones correspondientes, para consensuar las soluciones implantadas y evitar problemas en el futuro sobre la interpretabilidad de las medidas adoptadas<sup>4</sup>.

En términos de diseño pasivo en la protección contra incendios, los autores del proyecto señalan dos condicionantes principales. En primer lugar, el trazado de los recorridos de evacuación en los pabellones (pensados para la distribución más desfavorable de stands), que obligaron a una procelosa labor de diseño hasta alcanzar la distribución óptima de las puertas de salida. El segundo condicionante lo constituyeron el conjunto de requisitos necesarios para considerar el atrio interior (de 500 metros de largo) como espacio exterior seguro.

El siguiente escalón de seguridad lo constituye la instalación de detección, en la que cabe señalar los sistemas por aspiración planteados en los pabellones, el atrio y las salas CPD.

Por último, las medidas activas también se hacen eco de las particularidades programáticas del edificio:

- Sistemas de extinción automática en las salas CPD.
- Al no existir soportes verticales en los pabellones, los armarios con las BIEs, y extintores no podían colocarse en medio del espacio expositivo, por lo que se planteó una solución alternativa: en los pasillos de las exposiciones y a las distancias reglamentarias, aparece una baldosa señalizada en el suelo, sobre el canal de servicios, para que sirva de punto de acceso a los servicios de extinción en caso de incendio.
- Instalaciones de control de humos, tanto a través de los exuorios dispuestos en los pabellones y el atrio del edificio de Acogida y Congresos, como para las ventilaciones del aparcamiento.

## ELECTRICIDAD. REDES DE VOZ Y DATOS

La red eléctrica, además de garantizar la calidad del suministro, debe proporcionar un alto grado de seguridad. Así, la distribución en media tensión se realiza mediante dos anillos en bucle abierto,

reconfigurables automáticamente a partir de un centro de reparto que dispone de una doble acometida de la compañía suministradora con conmutación automática.

La distribución en baja tensión a los pabellones se realiza con cuatro transformadores alimentados desde el anillo de media tensión. Además, cada pabellón cuenta con un grupo electrógeno, y un sistema de alimentación ininterrumpida para ciertos servicios como seguridad, protección contra incendios o iluminación de emergencia.

El diseño de la iluminación artificial se ha realizado bajo premisas de bajo consumo energético y posibilitando la generación de ambientes singularizados<sup>5</sup>. Comentemos tres ejemplos al respecto:

- En los pabellones, el control lumínico es regulable para su adecuación a situaciones de Feria y montaje/desmontaje. Las luminarias para estas áreas son de fluorescencia, con tubos T5 con balasto electrónico regulable.
- La entrada del edificio de Acogida y Congresos equipa sistemas de iluminación dinámicos con cambio de color mediante tubos fluorescentes RGB controlados mediante un sistema DALI.
- El salón de actos y el pabellón 'Luxua' equipan luminarias especiales con gestión de escenarios.

En la instalación de voz y datos han de destacarse los siguientes elementos:

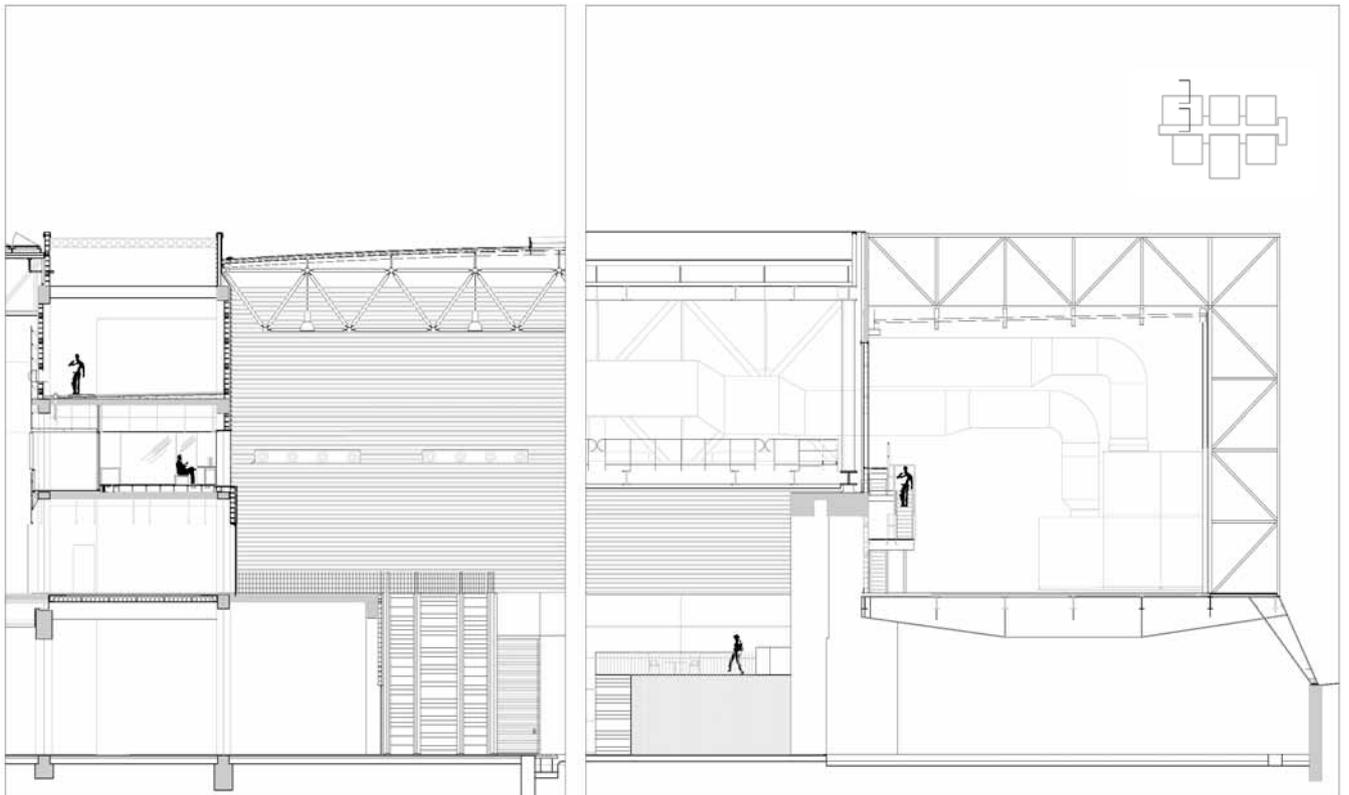
- Red de datos redundante con tecnología 'Gigabit Ethernet' en fibra óptica, sobre la que se distribuye la información de los sistemas de control de accesos, acreditaciones, control de aparcamiento, megafonía, etcétera.
- Sistema de acreditaciones concebido a tres niveles: vía Internet, manual y automática en Feria mediante máquinas expendedoras.
- Servicios específicos en las Salas de Congresos: sonorización electroacústica, videoproyección, procesadores de audio y mezcladores, sistema de conferencias y traducción simultánea, grabación de vídeo, videoconferencia y sistemas de control de salas.
- Servicios específicos en la Sala de Prensa: sistemas de distribución de audio, vídeo, televisión y sistema de cableado estructurado.

## ACONDICIONAMIENTO HIGROTÉRMICO

La producción de agua caliente y enfriada está centralizada, y alcanza una potencia frigorífica de 20 MW con plantas enfriadoras de alta eficiencia, y una potencia de calor de 13 MW con generadores de elevado rendimiento y baja emisión de NOx. Concretamente, la generación de agua caliente se consigue mediante cuatro calderas: dos de 6000 kW, una tercera de 1000 kW y la cuarta, de potencia reducida, se encarga principalmente de la producción de agua caliente sanitaria. Los sistemas de climatización de los pabellones permiten trabajar con altas temperaturas de agua y aprovechar el almacenamiento de energía en los circuitos<sup>6</sup>.

Por otra parte, las unidades de tratamiento de aire –UTAs– de los pabellones equipan sistemas de enfriamiento con aire exterior y recuperadores entálpicos. Estas UTAs trabajan en paralelo (en grupos de cuatro en la mayoría de los casos), formando una unidad de producción. Las UTAs que compongan cada unidad trabajan simultáneamente con un mismo comportamiento funcional, para lo cual comparten las señales de control. Cada pabellón dispone de dos de estas unidades de producción.

El acondicionamiento por aire acondicionado del restaurante de pabellones se realiza mediante difusión por desplazamiento para la



Sección con el espacio reservado para las UTAs de cada pabellón (fuente: IDOM)



UTAs de uno de los pabellones (fot. J. Terés)

refrigeración y radiadores para la calefacción. Esta instalación presenta un buen comportamiento energético pues trata fundamentalmente la zona ocupada, minimizando la cantidad de aire a mover, además de ser una solución que puede aprovechar más horas al año el enfriamiento por ‘free-cooling’.

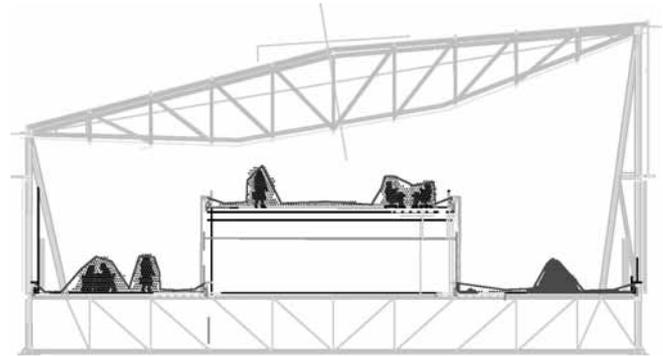
La climatización de las oficinas del edificio de Acogida y Congresos se realiza mediante techos radiantes con apoyo perimetral de inductores para el tratamiento de la fachada. Esta instalación permite trabajar con agua a temperatura elevada aprovechando la energía almacenada en los circuitos.

## REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIÓN

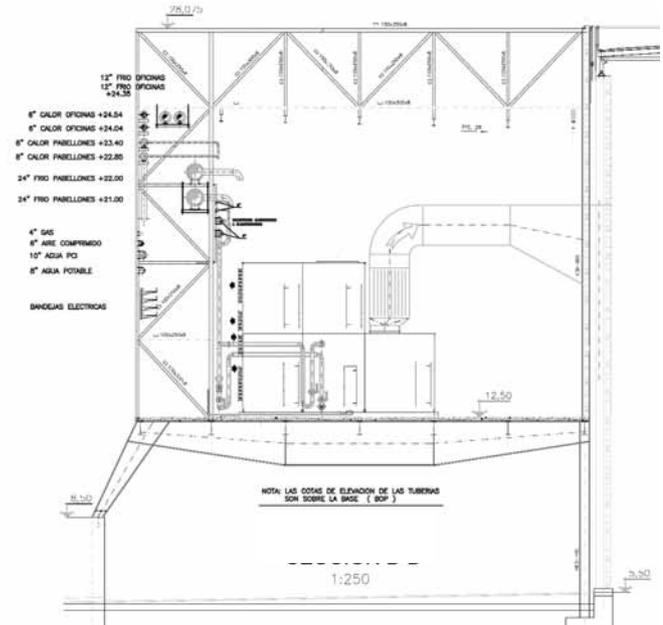
Cuando se inició el proyecto del BEC, las cuestiones energéticas no tenían el protagonismo que actualmente han adquirido. No obstante, más allá de la posible colocación superficial (y posiblemente anecdótica) de paneles fotovoltaicos o captadores solares, que hubiera hecho pensar a algunos que el edificio es más o menos ‘sostenible’, la realidad es que el rigor de la construcción, la modularidad, la construcción seca, la sensatez en el diseño de las instalaciones y la facilidad de mantenimiento durante la vida útil del edificio, proporcionan una mayor coherencia en el planteamiento de las instalaciones –y consecuentemente ahorro energético a largo plazo– que la actual verborrea de diversos agentes al referirse a la falsa integración de la energía en los edificios.

Por otra parte, no me cansaré de repetir –tal y como intento transmitir a los estudiantes de Arquitectura– cómo hasta qué punto las instalaciones y las infraestructuras, aunque no son en la mayoría de los casos los elementos protagonistas de los edificios ni del urbanismo, sí son los elementos que, a modo de ‘rayos x tecnológicos’, muestran la lógica con la que se ha proyectado y ejecutado una determinada arquitectura. Así, en los pabellones, las instalaciones se pueden disfrutar, usar y mantener, sin apenas ser vistas por los usuarios; y en la quinta fachada del edificio, su cubierta, no ‘emergen’ las instalaciones pues están integradas –como lógicamente debe ser– en la arquitectura de la que forma parte. Algo complejo en edificios de estas características y dimensiones.

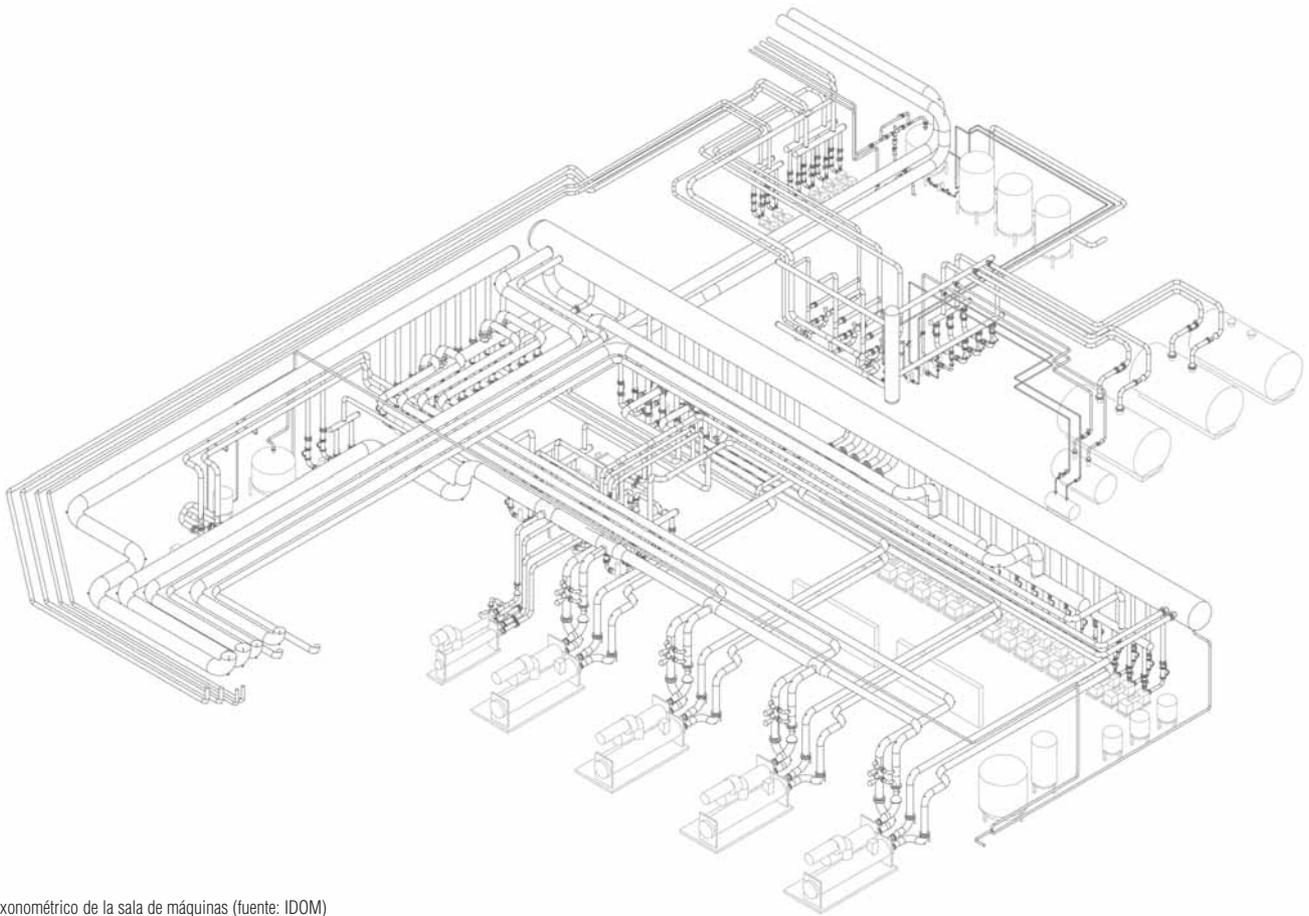
Sin el equipaje adecuado, el viaje no saldrá bien. Una buena mochila, con todo lo que se necesita, y tan sólo con lo que se necesita, proporciona seguridad y bienestar en el viaje. Las mochilas energéticas de los pabellones del BEC fueron concebidas para servirlos eficazmente, lo que asegura al edificio una vida útil (esto es, su particular viaje) larga y prometedora.



Esquema de tratamiento del aire de difusión por desplazamiento en el restaurante de pabellones



Detalle de las instalaciones de un pabellón (fuente: IDOM)



Axonométrico de la sala de máquinas (fuente: IDOM)

## NOTAS

1. KAHN, Louis I. *Louis I. Kahn. Escritos, conferencias y entrevistas*, El Croquis Ed, 2003, p.100.
2. En palabras de los propios arquitectos, una vez concebida la solución final, la alegría de los ingenieros fue grande ya que disponían de un espacio de dimensiones 'catedralicias' para albergar las instalaciones.
3. El sistema empleado para evacuar las aguas pluviales en los pabellones, unos espacios con luces importantes, es del tipo 'Geberit Pluvia', el cual funciona creando un pistón hidráulico en la bajante (depresión) al llenarse completamente el tubo. Curiosamente, este sistema sifónico para drenaje de cubiertas fue empleado en uno de los edificios principales de una anterior *Re*, que también debía resolver el saneamiento pluvial minimizando las afectaciones de las pendientes de las tuberías de saneamiento. Cfr. "De las barras deslizantes al módulo". *Revista de Edificación*, 34, diciembre 2004, pp. 30-37.
4. Evidentemente, estas gestiones han de estar acompañadas de las correspondientes justificaciones técnicas, para las que el equipo de IDOM-SENER se valió de la ayuda proporcionada por una ingeniería externa especializada en fuego, la cual proporcionó datos adi-

cionales sobre el comportamiento de los humos para la evacuación del garaje o la protección de la estructura metálica de las vigas de los pabellones. Así, a modo de ejemplo, se llegaron a soluciones como el cuelgue de la entreplanta de la entrada, realizado con tubos metálicos en forma de V, cuya protección al fuego se ejecuta con la inyección de mortero entre el tubo estructural y el tubo de acabado.

Como reflexión adicional, el BEC ejemplifica como este tipo de proyectos son los que deben propiciar en España la impulsión de la metodología prestacional aplicada al análisis de la protección contra incendios en la edificación.

5. Este artículo se centra en el diseño y ejecución de instalaciones, por tanto no corresponde desarrollar aquí el análisis de la iluminación natural, pero han de mencionarse los estudios realizados para evitar, por ejemplo, los contrastes excesivos de luz y sombra en los días más soleados.

6. Cfr. Memoria técnica del proyecto y el artículo "Instalaciones de climatización del Bilbao Exhibition Centre", *El Instalador*, 420, junio 2005, pp. 92-101.

**César Martín Gómez.** Arquitecto graduado en la ETSAUN (2000), imparte docencia en las asignaturas de 'Diseño de Instalaciones' e 'Ingeniería Ambiental Aplicada a la Ciudad'. Ha trabajado en diversos proyectos y direcciones de obra de instalaciones en 'IyS Ingenieros', en el Departamento de Arquitectura del Centro Nacional de Energías Renovables CENER y como responsable de instalaciones y energía en 'Mangado & Asociados'. Actualmente es el coordinador del Grupo de Investigación de Integración de Instalaciones y Energía en Arquitectura y Urbanismo de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Navarra.