

## Torre Diagonal Zero Zero, sede de Telefónica en Cataluña

# Instalaciones en un edificio en altura para oficinas

### Luís Martín

Coordinador Instalaciones Master Ingeniería y Arquitectura y Responsable Ejecución de Obra Diagonal 00.

### Estanis Ros

Responsable Instalaciones mecánicas. Responsable de cálculos Eficiencia Energética.

### Jorge Díaz

Responsable Instalaciones eléctricas.

### David Navalón

Responsable Instalaciones Contra Incendios y Licencias.

*Con una inversión de 86 millones de euros y en un tiempo récord, tan sólo dos años, el Consorci Zona Franca de Barcelona ha construido un rascacielos destinado a ser la sede de Telefónica en Cataluña. Ocupa la parcela número 0 de la Avenida Diagonal y ha nacido con la vocación de ser un edificio sostenible. El resultado es Torre Diagonal Zero Zero, un edificio de oficinas nada convencional que resalta no sólo por su sorprendente estructura sino por la peculiaridad de algunas de sus instalaciones, diseñadas y gestionadas por Master Ingeniería S.A. En este reportaje, el equipo de Master que ha trabajado en este proyecto, nos desvela las claves de estas instalaciones, especialmente de los sistemas de climatización y los de protección contra incendios.*

## CLIMATIZACIÓN

Al encontrarse el edificio situado en el distrito 22@ de la ciudad de Barcelona, Torre Diagonal dispone de un suministro de agua enfriada y caliente para la producción de energía, lo cual contribuye a mejorar su eficiencia energética.

Vemos las características más significativas de la instalación:

### PRODUCCIÓN DE FRÍO Y CALOR

Como hemos apuntado, el edificio dispone de un suministro de agua enfriada y caliente a través de la empresa Distri-clima, la cual impone unos saltos térmicos de suministro en su primario, que penaliza cuando las temperaturas de retorno no alcanzan la de consigna (en el caso de frío) o la superan (en el calor), disminuyendo el caudal y, por tanto, la energía entregada.

El hecho de tener que retornar el agua a una temperatura determinada y, dado que en la instalación existen circuitos con saltos térmicos muy diferentes (climatizadores e inductores), con el fin de no colocar excesivos intercambiadores, lo cual penalizaría el coste y espacio útil, obliga realizar unas tareas de cálculo muy precisas para determinar los caudales en cada circuito.

En el esquema de principio de frío, los circuitos de climatizadores y fancoils retornan el agua a 14 °C, mientras que el de inductores lo hace 18,6 °C, la mezcla debe llegar a 15,5 °C.

Debido a lo anterior, como ya se ha indicado, al dimensionar los equipos para vencer las car-

gas propias y las de ocupación, se deben ajustar para que los caudales consumidos en los dos tipos de instalación sean muy parecidos.

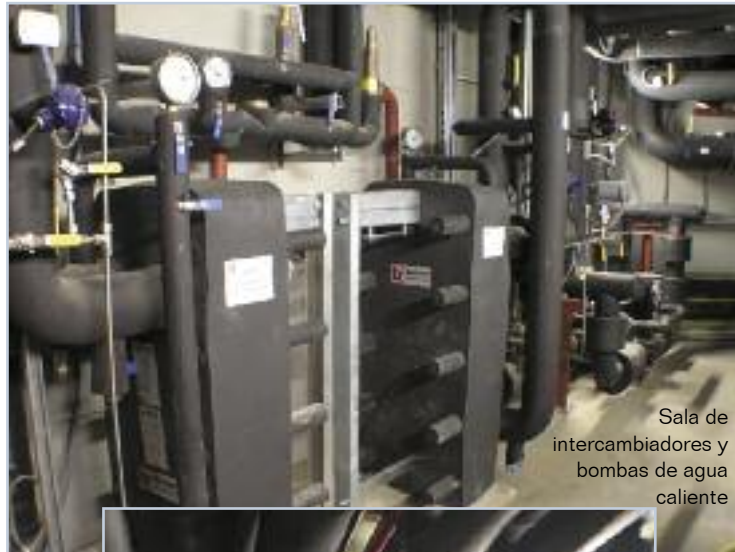
### SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

El sistema de climatización se puede resumir en estos puntos:

- ▶ Todas las zonas de ocupación permanente de oficinas están climatizadas con un sistema de inductores repartidos en dos circuitos: car-

gas internas y fachadas, ambos alimentadas por un sistema centralizado de agua a cuatro tubos y por aire primario (AP).

- ▶ El aire primario está tratado para conseguir el filtrado, ventilación, deshumidificación y enfriamiento o calentamiento del mismo y para garantizar los caudales y condiciones térmicas necesarias a la entrada de los inductores, mediante dos sistemas centralizados, de



Sala de intercambiadores y bombas de agua caliente





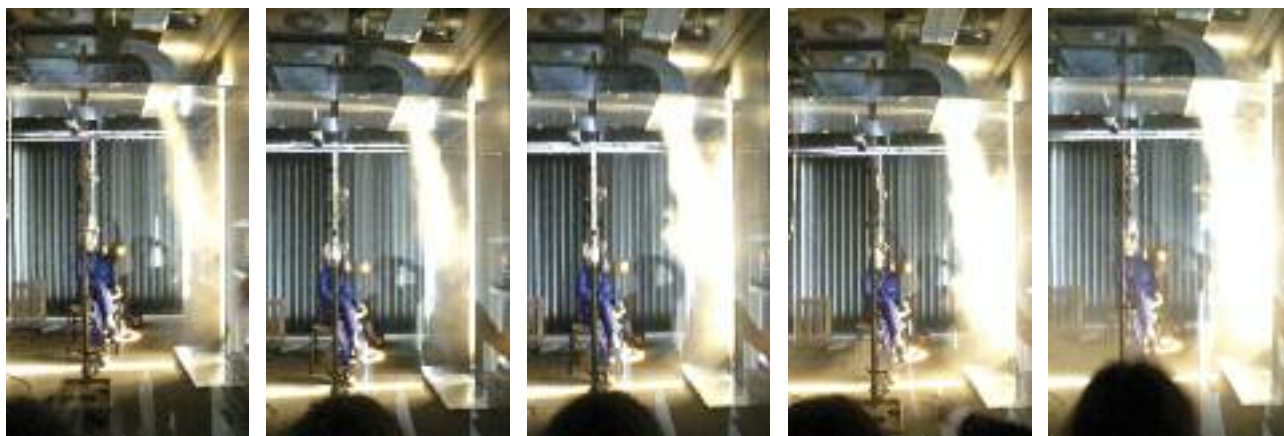
acuerdo con la normativa actual de ahorro de energía.

- ▶ Para el tratamiento del AP habrá ocho unidades climatizadoras centrales que se situarán en la planta técnica, las cuales están adecuadamente acondicionadas con sus pantallas acústicas, silenciadores en las tomas de aire, etc. Debido a la gran cantidad de unidades, incorporan un recuperador de energía rotativo aire/aire, con un rendimiento alrededor del 63%.
- ▶ Todas las zonas con usos diferenciados se tratarán mediante climatizadores a 4 tubos y se situarán en una sala independiente del sótano 1 y 2, con conexión directa con el exterior, con el fin de facilitar la renovación del aire.
- ▶ En salas con mucha ocupación de personas se ha diseñado la instalación de fancoils, los cuales estarán compuestos por plenum de aspiración, batería de frío, construida en tubo de cobre y aleta de aluminio, bandeja de recogida de condensados aislada y bandeja auxiliar de recogida de condensados para válvulas, envolvente, válvulas de dos vías, ventila-

dor, caja eléctrica de conexionado, interruptor automático magnetotérmico y termostato ambiente con mando paro/marcha. Todos los elementos mencionados vendrán montados y conexionados de fábrica.

- ▶ En las áreas de gran altura de techos, como es el caso de la planta baja y la terraza de la cafetería de la planta 17, donde sería imposible calefactar por un sistema de aire caliente, se ha optado por un sistema de suelo radiante.
- ▶ Los equipos terminales disponen de válvulas de regulación de dos vías, por lo que el sistema de gestión realiza el control de la presión diferencial de los circuitos actuando sobre los variadores de frecuencia de las bombas.

Como característica diferenciadora, tenemos la climatización por inductores. Antes de tomar la decisión se valoró ampliamente esta posibilidad. Entre las ventajas que supone la colocación de inductores en lugar de fancoil, se encuentra su menor consumo eléctrico y, sobre todo en este caso, la ausencia de ruido en la distribución de aire.



Secuencia de movimiento del aire

Por otra parte, debido a las exigencias arquitectónicas de distribución que obligaban a situar los inductores en la proximidad de la fachada, se plantearon dudas respecto a su rendimiento y, especialmente, en el barrido de fachada. Por lo tanto, se planteó hacer una prueba a escala 1:1 del montaje, tal y como se puede observar en la secuencia de imágenes inferior.

Después de las comprobaciones en laboratorio, donde se obtuvieron unos resultados satisfactorio, se optó por montar inductores.

Otros aspectos significativos entre los criterios de ahorro energético hacen referencia, por un lado, al reaprovechamiento de aguas grises y, por otro, a la existencia de un control centralizado de instalaciones que abarca el sistema de control del alumbrado así como los capítulos de generación de energía y la climatización.

## PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Una de las características diferenciadoras de los rascacielos, debido a la dificultad de evacuación de los mismos, hacen referencia a las condiciones especiales de protección contra incendios. A parte de las instalaciones habituales que nos encontramos en el desarrollo de cualquier proyecto, tenemos dos apartados que son especialmente significativos: el tratamiento de fachadas y la existencia de dos atrios de considerable altura.

El resto de instalaciones contra incendios son las ha-

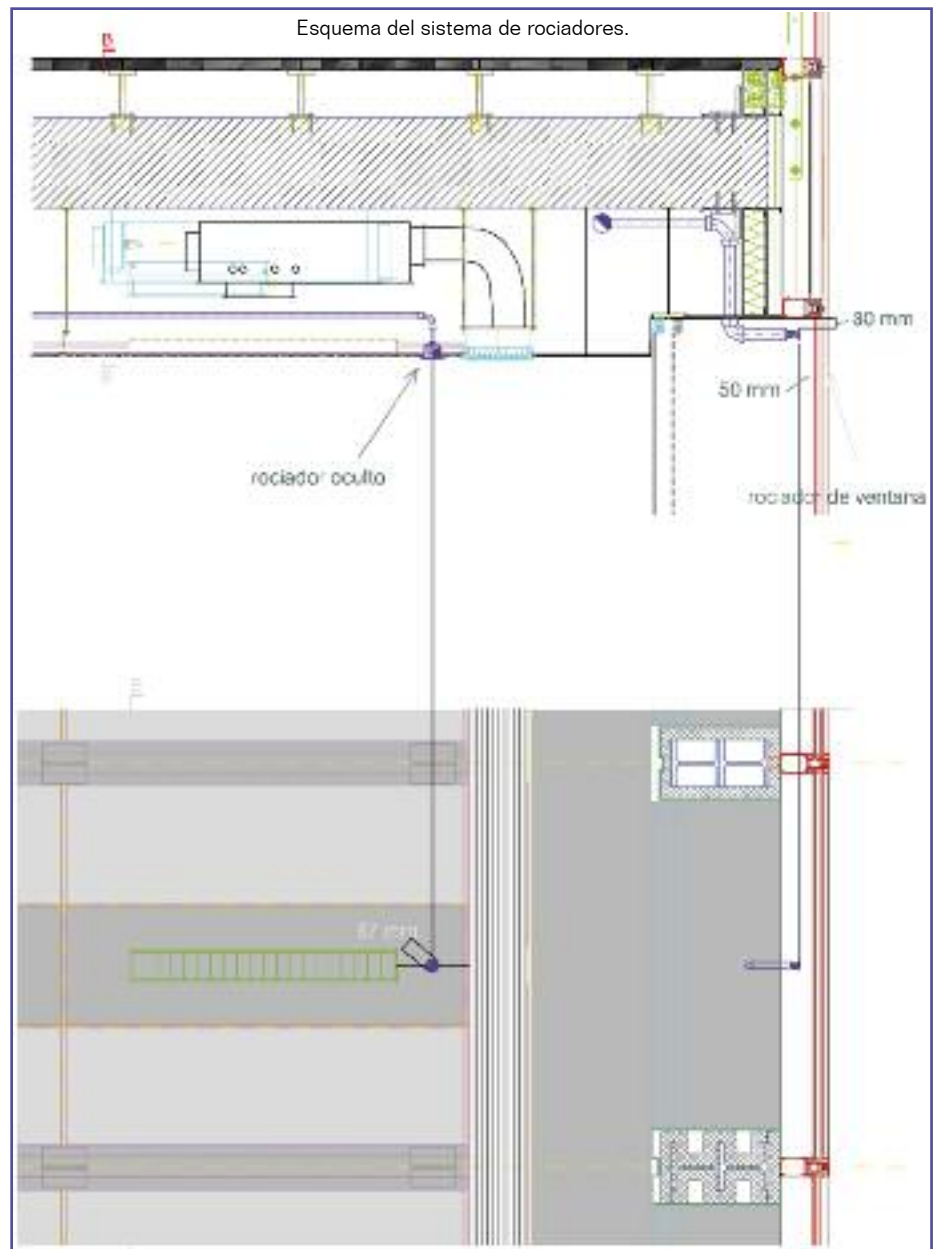
bituales en un edificio de altura, por lo que se dispone de dos depósitos de acumulación de agua, uno en planta sótano y otro en la planta decimotercera (planta técnica), desde la que se da servicio a la parte superior del edificio.

## TRATAMIENTO DE FACHADA

Debido a distribución de plantas del edificio, no es posible conseguir una sectorización entre plantas de 1 metro como mínimo EI-60 min de protección

vertical. En consecuencia se adopta un paramento EI-60 de 0,80 cm incluyendo forjado, junto con un tratamiento de enfriamiento de los cristales de fachada.

Se instala un sistema de rociadores en fachada para complementar la seguridad del edificio. La función de éste es mantener una temperatura del vidrio y no romperse en caso de incendio. El deflector del rociador estará orientado hacia el vidrio, mojando la superficie.





Los rociadores windows están utilizados en el interior del local del edificio y mojando el vidrio de fachada. Estos rociadores son de control y se activarán como los rociadores del sector que son de riesgo ordinario 3, a 68 °C. Al ser rociadores de control, el cálculo se realiza por una sola planta. Vemos los parámetros de esta instalación:

- ▶ Tipo de sistema: Protección interior de sistema húmedo de control.
- ▶ Máxima longitud de la ventana: ilimitada.
- ▶ Máxima anchura vertical de la ventana: 3,96 metros.
- ▶ Máxima y mínima distancia entre rociadores. Entre 1,83 metros y 2,44 metros. Si existen salientes de fachada, como pueden ser pilares, como es el caso de nuestro

edificio, se pone un rociador en cada espacio de los salientes de fachada.

Como la distancia entre rociadores es inferior a 1,83 metros, el caudal de cada rociador será el menor exigible.

- ▶ Máxima distancia desde la vertical del saliente de fachada: 1,22 metros.
- ▶ Mínima distancia desde la vertical del saliente de fachada: 101,6 mm.
- ▶ Distancia entre el vidrio y el deflector: entre 101,6 mm y 304,8 mm.
- ▶ Distancia desde la parte vista del vidrio hasta el deflector: entre 76,2 mm y 25,4 mm.
- ▶ Requerimientos hidráulicos: El número de rociadores necesarios para cubrir la longi-

tud lineal en vidrio equivale a  $1,2 \sqrt{\text{del área de operación del sistema del sector}}$ .

- ▶ Área de operación de los rociadores del sector de incendios RO3: 216 m<sup>2</sup>.

Como el intervalo entre rociadores windows es de 1,36 metros, ya que hay estructura vista, se pone un rociador por cada saliente de fachada. Por lo tanto, sobre los 17,63 m, tendrán aplicación 14 rociadores.

- ▶ Duración de la autonomía: Dos horas, según edificio de gran altura.
- ▶ Mínimo caudal por rociador: Cuando el espacio entre rociadores está entre 1,83 y 2,44 metros, el caudal mínimo por rociador será de 75,7 litros/minuto. Cuando el espacio entre rociadores

es menor de 1,83 metros, el caudal mínimo será de 56,8 litros/minuto.

Por tanto, el valor que debemos tomar para nuestro edificio es de 57 litros/minuto por rociador.

El cálculo del caudal total será:

$$Q = 57 \text{ l/rociador} \times 14 \text{ rociadores} \\ = 798 \text{ l} \times 60 \text{ min} \approx 48 \text{ m}^3/\text{h}.$$

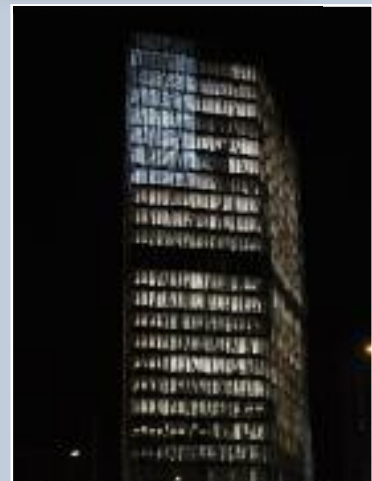
### ATRIOS

Otro punto relevante es la existencia en el edificio de dos atrios de altura considerable, lo cual obligó a la realización de unos estudios de evacuación de humos para valorar la incidencia de la posible propagación de incendios entre plantas.

Los dos atrios (inferior y superior) tienen características muy diferentes. El inferior tiene mayores dimensiones y geometría más irregular, al disponer de un cerramiento opaco en plantas, lo cual facilitó la sectorización. Por el contrario, el atrio superior dispone de cerramientos acristalados y elementos constructivos que reducen su sección, lo cual exigió considerar la incidencia de fuegos entre plantas y atrio.

Hay que tener en cuenta que ambos atrios disponen de aireadores en las fachadas opuestas, tanto a nivel inferior como superior, por lo que además de realizar un estudio, era obligado valorar la dirección del viento cuando éste presentara una velocidad no despreciable.

El primer diseño de prueba corresponde al atrio inferior, sin considerar los posibles efectos del viento sobre los aireadores de fachada. Dicho atrio comprende desde la planta P00



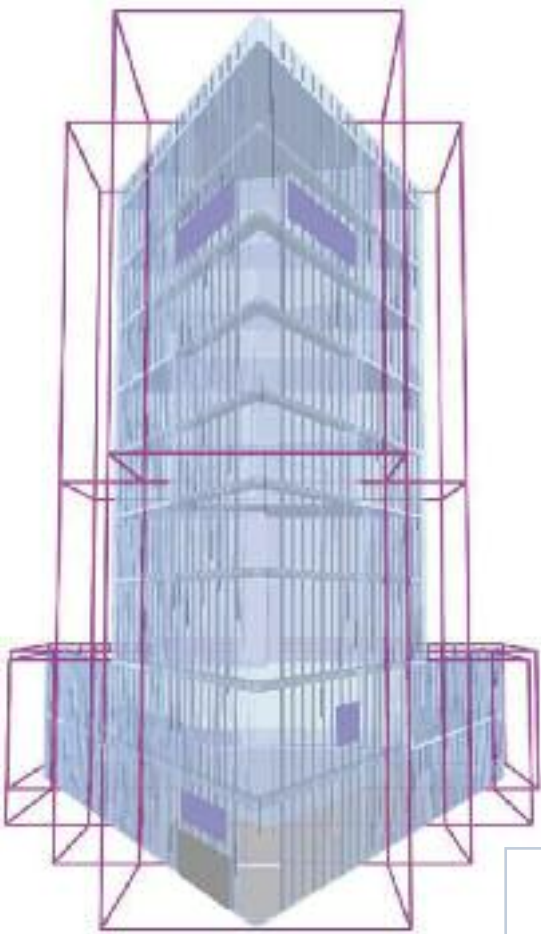
En las fotografías superiores se aprecian los atrios. Al encontrarse iluminados de manera diferente, es fácil distinguirlos.



Atrio superior.



Atrio inferior



(planta baja) hasta la P08, ambas incluidas, con una superficie aproximada de 50 m<sup>2</sup> y una altura interior máxima de alrededor de 38 m.

Las plantas P00 y P01 se comunican directamente con el atrio, sin tener ningún tipo de cerramiento interior que lo impida, al contrario que el resto de plantas, que presentan un cerramiento interior de características variables (tabique o vidrio laminado), en la parte recayente sobre el atrio. En la planta primera P01 se instalará una cortina de humos motorizada conectada al sistema de detección del edificio, evitando la entrada de humos a esta planta desde el atrio en caso de incendio.

Las plantas P02 y P03 están cerradas al atrio mediante tabi-

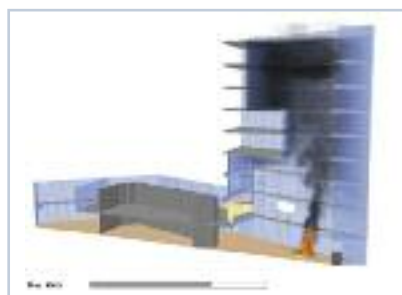
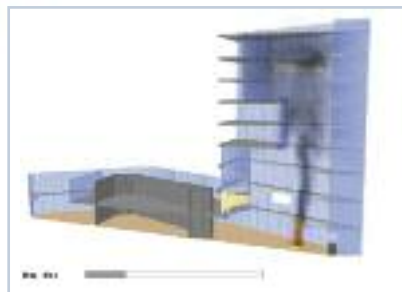
ques de cartón yeso, excepto el pasillo y las puertas que están cerrados con vidrio laminado.

Las plantas P04 y P05 tienen un espacio doble en altura recayente sobre el atrio inferior y con la totalidad de sus cerramientos de vidrio laminado.

El resto de plantas del atrio, tienen cerramientos de vidrio laminado.

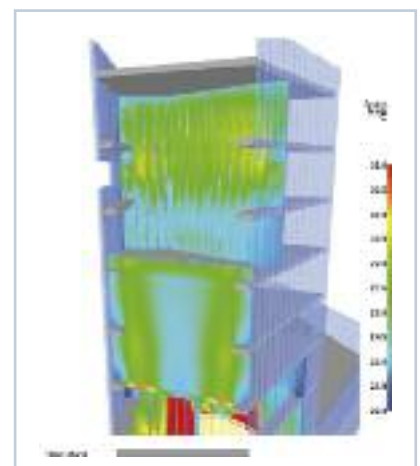
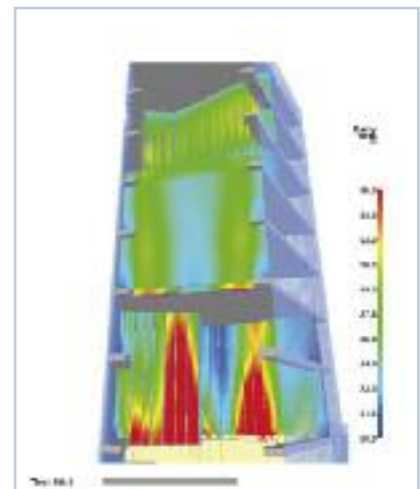
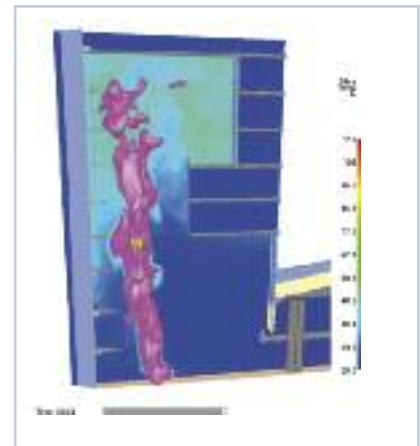
### Evolución del humo

A continuación se muestra una secuencia de imágenes que permite visualizar la evolución del humo durante el incendio.



### Temperatura de los gases y cerramientos

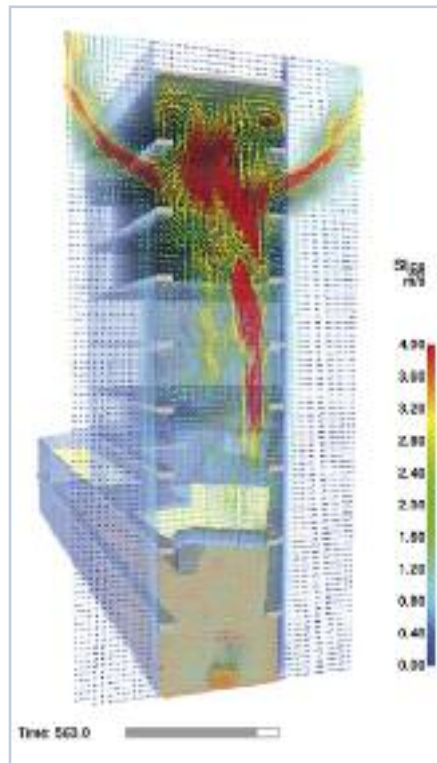
En las imágenes siguientes se aprecia cómo en el exterior de la superficie magenta, las temperaturas son inferiores a 60 °C.



Temperaturas en los cerramientos a los 650 s P01 a P04, y P04 - P08

## Flujo de gases

Para verificar el comportamiento de los gases, se obtienen unas secuencias de imágenes en las que se representan vectores de flujo que indican la dirección, sentido y velocidad de los gases (tanto del aire de reemplazamiento como de los gases del incendio). En la imagen central se aprecia cómo los flujos máximos alcanzados llegan hasta los 4 m/s.



## Temperatura

Para que la temperatura alcanzada a 2,6 m de altura no suponga ningún peligro durante el tiempo máximo previsto de evacuación, se ha de garantizar una temperatura inferior a 50 °C.

A continuación exponemos las conclusiones que se extraen tras el estudio de los atrios. En primer lugar, hay que destacar que, una vez diseñado el atrio superior, se tuvo que incorporar una visera resistente al fuego en un vuelo de forjado.

El resto de consideraciones son las siguientes:

- ▶ El humo se evacua efectivamente manteniendo una altura libre de humos superior a 7 m.
- ▶ El efecto de los gases calientes en el atrio superior no afecta la integridad estructural de los cerramientos del muro cortina interior, ya que la temperatura de los cerramientos no supera los 35°C.
- ▶ No se dan las condiciones para que se produzca el fenómeno de Flashover.
- ▶ Las condiciones ambientales para la evacuación de la planta y para la intervención de los equipos de extinción son aceptables durante la evolución del incendio.
- ▶ El SCTEH funciona cuando no se considera el efecto del viento.

## DETECCIÓN DE INCENDIOS

El sistema de detección de incendios previsto es de tecnología analógica-algórica, distribuyéndose de la siguiente forma:

- ▶ Por toda la superficie de cada una de las plantas, patios de instalaciones y aseos se dispone de detectores ópticos de humos.
- ▶ En las plantas de aparcamiento se han instalado de-

Ubicado en el número 0 de la Avenida Diagonal de Barcelona, el edificio se levanta en un solar de 4.000 m<sup>2</sup>, alcanza los 110 metros de altura y tiene 26 plantas, dos de ellas bajo rasante para 280 plazas de aparcamiento. En total, 34.000 m<sup>2</sup> de superficie que alojarán, durante 50 años, la sede de Telefónica en Cataluña.

Obra del estudio de arquitectura EMBA de Enric Massip-Bosch, su singular e innovadora estructura ya se ha convertido en símbolo arquitectónico del frente litoral de Barcelona. No en vano, a los pocos meses de ser inaugurado, el certamen Emporis Skyscraper Award lo ha reconocido como uno de los diez mejores rascacielos del mundo y ha sido seleccionado para optar a prestigiosos premios internacionales de arquitectura.

Muchos hablan de Torre Diagonal como nuevo icono de la Ciudad Condal, pero también se ha convertido en un referente de sostenibilidad en edificios corporativos. En su diseño y construcción se han aplicado diversas estrategias que combinan soluciones conceptualmente muy simples y muy eficaces, como el reaprovechamiento de las aguas grises o la minimización de su gasto energético al conectarse al District Heating and Cooling del Besós, con soluciones muy sofisticadas y tecnológicamente avanzadas como la fachada del edificio, que minimiza la aportación de radiación solar por la inclusión de capas térmicas al vidrio".





tectores tipo termovelocimétricos convencionales y/o algorítmicos.

- ▶ La planta técnica, donde se concentran los conductos de climatización, dispone de detectores de humo de conductos.

#### DETECCIÓN DE CO

Sistema diseñado para medir la concentración de monóxido de carbono en garajes y lugares similares, para poner en marcha los sistemas de ventilación cuando se alcanzan niveles prefijados, activar las sirenas de evacuación si se llega a niveles de riesgo para las personas y parar los ventiladores cuando la concentración desciende a parámetros permisibles.

Para cubrir toda la superficie de las tres plantas, más el altillo, de aparcamiento se instalará una central de CO. Esta central será de 4 zonas, una por planta y se ubicará en la sala de control a nivel de Sótano -1.

#### BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS

La instalación de bocas de incendio abarcará la totalidad de la superficie de las plantas del edificio. La alimentación de estas Bie's se abastecerán desde dos grupos de presión contra incendios (ubicados en Planta Sótano -2 y Planta Técnica).

#### EXTINCIÓN AUTOMÁTICA

Sobre toda la superficie de las plantas del edificio se instalará un

sistema de extinción mediante rociadores automáticos. Esta instalación se realizará de forma independiente para cada una de las diferentes plantas del edificio. Esto consistirá en diferentes redes en forma de árbol y/o malla, que se abastecerán desde un colector de impulsión de cada uno de los grupos de contra incendios. En la sala de CPD situada en la Planta 13 (Técnica) se dispone de una red de extinción por agua nebulizada para protección de la sala y los equipos contenidos.

#### COLUMNA SECA

Se ha dispuesto de una columna seca ascendente y otra descendente por cada uno de los núcleos de las escaleras que comunican las diversas plantas sobre rasante y bajo rasante. ■