

TORRE IBERDROLA

Servicios y sistemas: confort, eficiencia y sostenibilidad

Jon Zubiaurre-Sasia Ingeniero Industrial.
IDOM, Ingeniería y Consultoría, S.A.

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/5051>

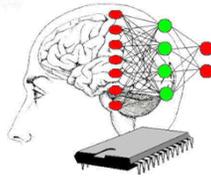
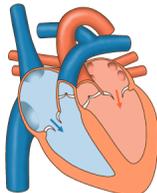
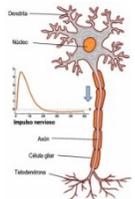
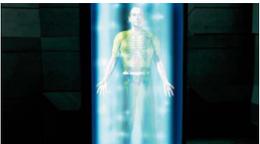
1. INTRODUCCIÓN

Los nuevos edificios tecnológicamente avanzados requieren de una ingeniería compleja cuya sofisticación resulta comparable a los equipamientos de los productos típicamente industria-

lizados, tales como la maquinaria de precisión y los aparatos de última generación. A este respecto la Torre Iberdrola constituye un ejemplo de edificio de oficinas con sistemas estructurales, electromecánicos y de comunicaciones, que pueden calificarse como “High-Tech”, cuyo objeto es la consecución de ambientes aptos para el desarrollo de la actividad de los usuarios. El edificio, que presenta una solución estructural engarzada con las peculiaridades ar-

quitectónicas, dispone de unos sistemas que garantizan un adecuado confort higrotérmico y una exigente calidad del ambiente interior, con una iluminación inteligente. Asimismo se aseguran las comunicaciones dentro de los estándares más exigentes, así como la seguridad y la vigilancia, la gestión del tráfico interno, la flexibilidad de uso y su adaptación a configuraciones futuras. Todo ello subordinado al objetivo subyacente de la sostenibilidad y la eficiencia.

La Torre Iberdrola se presenta como un edificio de 165 m. sobre rasante, que dispone de 41 plantas con 50.000 m² sobre la cota de acceso y 5 niveles inferiores para servicios e instalaciones, además de un aparcamiento con 485 plazas. El diseño arquitectónico conceptual ha sido llevado a cabo por

Sistema	Subsistema	Sistema	Subsistema
ESTRUCTURA 	<ul style="list-style-type: none"> • Vaciado de la Parcela • Cimentación • Cimentación directa • Cimentación profunda • - Núcleo. • Muro Núcleo • Elementos de rigidización • Muro interior del núcleo • - Pilares • Perimetrales mixtos • Metálicos • Hormigón • - Forjados • De hormigón armado • De hormigón postesado • Chapa colaborante 	SEGURIDAD Y TELECOMUNICACIONES 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de detección de incendios • Sistema de detección de monóxido de carbono • Sistemas de vigilancia y prevención de la intrusión • Sistemas de alarmas y mensajería • Infraestructura de telecomunicaciones • Sistemas de redes de voz y datos • Sistemas de telefonía • Building Management System (BMS)
INSTALACIONES MECÁNICAS 	<ul style="list-style-type: none"> • Climatización y Ventilación • Sistemas de extinción de incendios • Fontanería, Saneamiento y recuperación y tratamiento de aguas • Instalación Receptora de Gas Natural • Producción y Distribución de Vapor • Almacenamiento y Trásiego de combustibles • Sistema de evacuación de humos en caso de incendio • Equipamiento de apoyo a la intervención externa de bomberos • Sistemas de ventilación para asistencia a la evacuación de personas 	INSTALACIONES AUDIOVISUALES 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de transmisión de imagen y sonido • Sistemas de traducción simultánea
INSTALACIONES ELÉCTRICAS 	<ul style="list-style-type: none"> • Electricidad Media Tensión (MT) y Baja Tensión (BT) • Iluminación • Instalaciones de extensión y conexión en MT • Protección contra el rayo y sobretensiones • Redes de tierras • Suministros Complementarios 	TRANSPORTE 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de Transporte Vertical

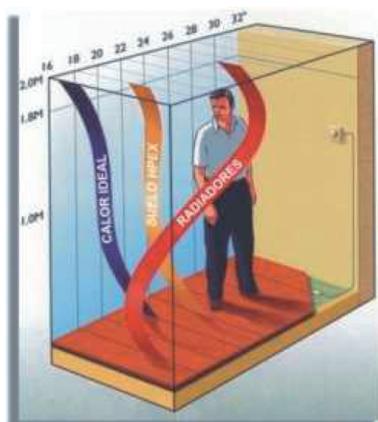
Desglose de los sistemas de Ingeniería de Torre Iberdrola

el estudio de arquitectura de Cesar Pelli e IDOM ha desarrollado los proyectos de ingeniería de estructuras e instalaciones, así como la Dirección de Obra de la edificación en su conjunto.

2. CLIMATIZACIÓN, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD

De acuerdo a la Directiva 2010/31/UE relativa a la Eficiencia Energética en los Edificios, el sector de la edificación en la Unión Europea es responsable del 40% del consumo de Energía Primaria de la Unión y dentro de esta categoría, las necesidades de los sistemas incluidos en el acrónimo HVAC (Heat Ventilation and Air Conditioning) presentan un peso significativo. Siendo una realidad que el Acondicionamiento de Aire es responsable de una porción importante del consumo energético de los países desarrollados, es en Europa donde existe una especial conciencia al respecto. Esta sensibilidad está impulsando restricciones en los sistemas de Climatización y Ventilación, que de manera creciente impulsarán edificios paulatinamente más eficientes. A este respecto la Torre Iberdrola incorpora un diseño, tanto arquitectónico como de sistemas, orientado a la eficiencia.

A este respecto la fachada de los edificios en altura se configura como un gran intercambiador de calor y tiene gran influencia en el consumo del sistema de Aire Acondicionado, así como en el confort de los ocupantes. El intercambio de masa y energía a través de la fachada presenta en ciertos momentos balances que fomentan el ahorro y en otros el efecto contrario. Incluso en los casos en los que la transmisión de calor es favorable a la eficiencia, existen



efectos de desconfort local, tales como asimetrías radiantes, que desvirtúan los balances estrictamente termodinámicos. Dotar a las fachadas de los edificios de un comportamiento activo inteligente es uno de los desafíos en el diseño de los edificios modernos.

La eficiencia energética está asimismo relacionada con la flexibilidad. La necesidad de que se consuma energía sólo en aquellas zonas en las que se necesita obliga de diseñar sistemas flexibles, que permitan arrancar o parar en función de su uso. De este modo la Torre Iberdrola dispone de una organización optimizada de los sistemas que consumen energía tales como la climatización y la iluminación, tratando de relacionar el consumo de las instalaciones con el uso real del servicio y minimizando las pérdidas en sistemas generales de distribución. A este respecto, el arranque de compresores de gas refrigerante se asigna directamente al usuario y no se centraliza. La utilización de este principio evita por una parte consumos en equipos parásitos de distribución de energía y adicionalmente fomenta el ahorro por parte del propio usuario.

Por otra parte existe una centralización de la supervisión del funcionamiento y la posibilidad de condicionar estrategias y limitaciones del grado de libertad del usuario, que redunden en el ahorro de energía, tales como apagar unidades que se hayan quedado encendidos a la noche por error, limitar las fluctuaciones térmicas dentro de unos rangos, fomentar la refrigeración gratuita nocturna bajo ciertas condiciones, recibir información de parámetros de funcionamiento en tiempo real, que permitan un mantenimiento preventivo y en algunos casos predictivo de los equipos.

La flexibilidad está también implícita en el diseño de sistemas que puedan ser adaptables a diferentes configuraciones interiores de oficina. Las modificaciones propias de estos edificios se pueden reconfigurar básicamente mediante modificaciones de software.

2.1. LA FACHADA Y SU ACOPLAMIENTO CON EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

La Torre Iberdrola ha sido diseñada con una fachada activa, que por una par-

te regula la transferencia de la radiación solar hacia el interior de forma dinámica y por otra establece una zona de “buffer” térmico entre el exterior y el interior, mediante el paso de una corriente de aire forzada activada por el sistema de ventilación.

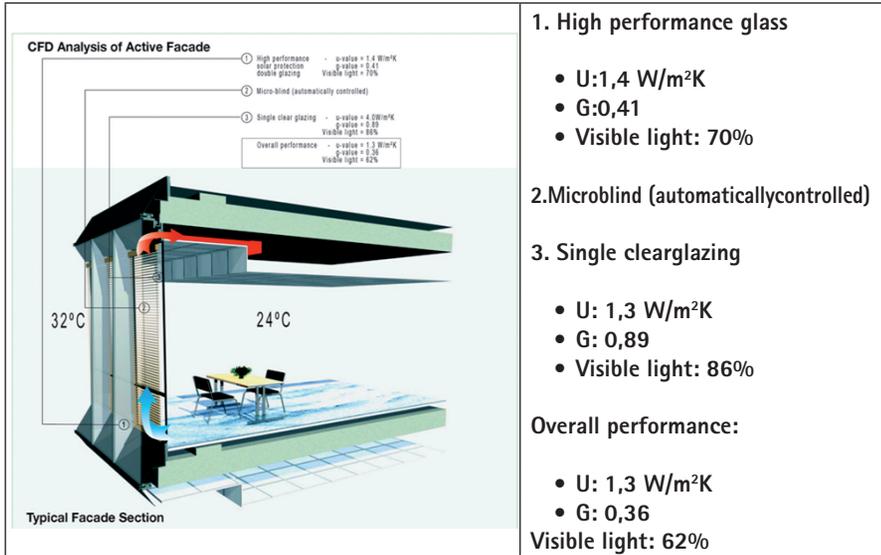
Respecto al concepto de fachada activa existe una variada bibliografía. Transcribimos aquí un párrafo de ASHRAE Handbook of Fundamentals que en su capítulo relativo a “Fenestration” que señala lo siguiente:

“If properly managed, airflow between panes of a double-glazed window can improve fenestration performance... These systems can control window heat transfer under many different operating conditions. Brandle and Boehm (1982) and Sodergren and Bostrom (1971) give details on airflow or exhaust windows”.

El diseño de la fachada de Torre Iberdrola presenta las siguientes características conceptuales:

- Vidrio exterior con un factor solar y un coeficiente de transmisión térmica exigentes
- Cámara intermedia que transfiere el aire interior del recinto hacia el retorno del sistema de aire acondicionado favoreciendo la evacuación de calor del intersticio
- Vidrio interior de características convencionales
- Persiana veneciana intermedia motorizada y controlada mediante un sistema automatizado de seguimiento solar y sonda de luminosidad que gestiona la transmisión radiante al interior de los espacios climatizados.

El esquema de funcionamiento abunda en la idea de aprovechar el nivel térmico del aire que se expulsa al exterior mediante el sistema de ventilación por medio de una cámara “buffer” entre la zona interior y el ambiente exterior. El aire que se expulsa al exterior se hace circular por la cámara intermedia de fachada con el efecto de limitar las diferencias térmicas habituales de las fachadas acristaladas y de reducir el calor perdido en invierno o ganado en verano. La cortina existente en esta cámara limita la entrada de radiación directa en verano y la corriente de aire evacúa el calor acumulado en la cámara. Como resultado, la fachada activa permite gestionar la transmisión térmica por radiación y convección de una manera



Esquema de la fachada activa. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE

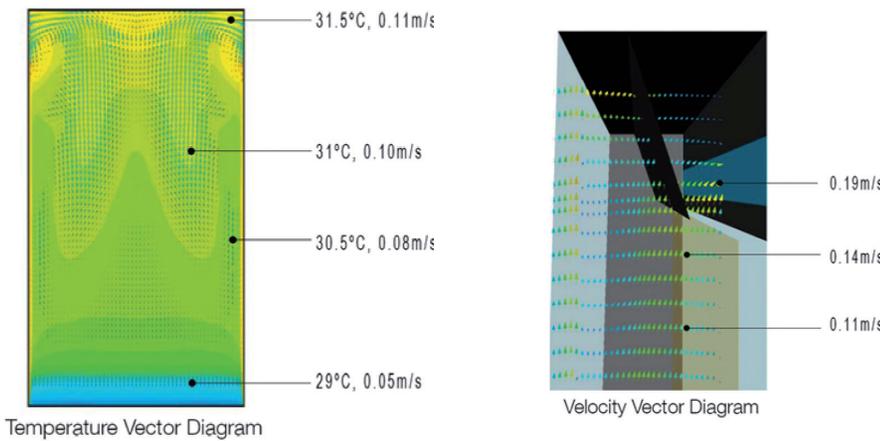
dinámica optimizando el consumo en función de las condiciones exteriores y fomentando un mayor confort en los espacios de oficina cercanos a la fachada.

2.2 CONFIGURACIÓN CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

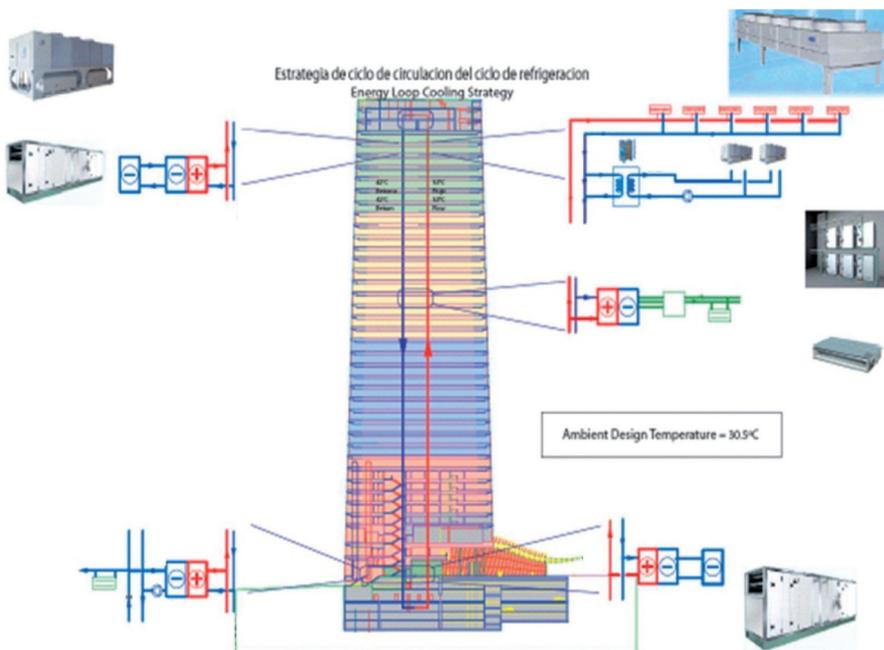
La instalación de acondicionamiento de aire del edificio se organiza mediante un anillo de agua atemperada sobre el que toman o disipan energía los diferentes equipos de climatización distribuidos por el edificio. La disipación de calor en ciertos espacios y la captación en otros, fomenta una transferencia de energía entre zonas cálidas y frías del edificio, que genera una recuperación de calor entre áreas. El balance global entre el calor emitido al anillo de agua y el disipado, es resuelto a través de la cubierta mediante equipos aerorefrigeradores o calderas.

La utilización de equipos de aire acondicionado con compresores distribuidos conectados a un sistema de distribución de energía centralizado, permite realizar transferencias de calor entre zonas deficitarias y excedentarias a la vez que reduce a cero el consumo asignado a locales individualizados en ausencia de demanda. El diseño combina por tanto las ventajas de los sistemas centralizados, que consideran el edificio como un ente global y de las instalaciones distribuidas, que se ajustan fácilmente a las demandas de los ambientes individuales.

La organización del sistema de aire acondicionado en los espacios interiores garantiza unos exigentes niveles de ventilación, así como la capacidad de compensación de las cargas de refrigeración y calefacción, que pueden ser importantes y variables en el tiempo. La posible utilización de espacios destinados a Centros de Proceso de Datos o a otras aplicaciones específicas generadoras de calor, requiere de una planifica-



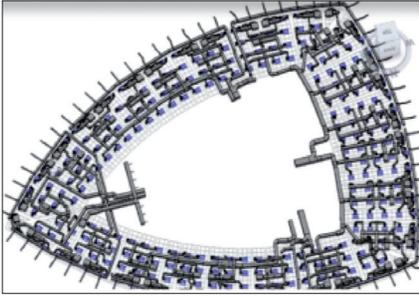
Estudio de distribución de temperaturas y velocidades en el interior de la fachada. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE



Esquema general del sistema de climatización. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE



Aerorefrigeradores. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE



Sistema de ventilación y equipos interiores en una planta tipo

ción previa para garantizar la disipación de este calor y su aprovechamiento en áreas necesitadas utilizando el anillo energético como modo de transferencia. Adicionalmente los equipos de cubierta incorporan sistemas de “back-up” para afrontar eventuales situaciones de climatología extrema y demanda punta.

El sistema de aire acondicionado en el interior de las plantas de oficina se organiza permitiendo diferentes módulos por planta (módulos de aprox. 200 m²). Cada uno de estos módulos dispone de su equipamiento de aire acondicionado con compresores propios conectados al anillo de agua atemperada (bucle energético). Estos equipos utilizan múltiples unidades interiores que climatizan los diferentes espacios compartimentados en los que se permite un control térmico individualizado. Con el objeto de minimizar los efectos de las futuras modificaciones en la distribución de espacios,

tales como un cambio de posición de despachos, la sustitución de un espacio diáfano por una sala de reuniones, etc. se ha realizado un diseño de falsos techos que reduce al mínimo las actuaciones necesarias para adaptarse a la nueva situación. Gran parte de las modificaciones se realizan de forma virtual mediante cambios en la programación de los equipos.

En términos de recuperación de calor, existen mecanismos adicionales que efectúan un trasiego de energía entre las propias unidades interiores de un módulo de oficina. Así se puede enviar calor a las zonas de fachada desde los propios compartimentos interiores de la misma oficina mediante el empleo de equipos que balancean la energía antes de recurrir al anillo energético que los conecta con el sistema central.

3. CLIMATIZACIÓN DEL LOBBY Y OTRAS ÁREAS SOCIALES DEL EDIFICIO

El lobby de la Torre Iberdrola configura un espacio singular de gran volumen en el que se ubica la recepción y un amplio lugar de encuentro además de un auditorio. Los espacios con diferentes sistemas individualizados de control térmico han sido sometidos a un análisis de difusión de aire mediante el uso de software CFD (Computational Fluid Dynamics).

Los equipos de climatización de estos espacios disponen de Unidades de Tratamiento de Aire individualizadas por zonas, que realizan la filtración y la compensación térmica requerida para garantizar las condiciones de confort adecuadas.

Existen otras zonas sociales en los niveles inferiores: restaurante, salas de congresos, etc. que son climatizadas mediante equipos situados en una sala de máquinas cercana que equipa además sistemas de preparación de Agua Caliente Sanitaria que se precalienta mediante la recuperación de calor generado en otras áreas del edificio.

4. SISTEMA DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMEDAD EN LOS AMBIENTES

Una adecuada ventilación es el fundamento para obtener ambientes salubres en el interior de los edificios. En el caso de la Torre Iberdrola, la calidad del aire interior está fundamentada en la consecución de unos volúmenes importantes de ventilación, en la adecuada filtración mecánica del aire introducido, su adecuación higrométrica mediante la dosificación de vapor de agua y el control de contaminantes mediante sondas combinadas de V₂O y CO₂ para controlar la Calidad del Aire Interior. Por otra parte, los elementos constructivos del edificio han sido certificados como no emisivos de Compuestos Órgano Volátiles (COV_s). La totalidad del proceso para garantizar los resultados, es monitorizada como parte de los requerimientos de la certificación de Sostenibilidad LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) en la que el edificio ha sido certificado con la calificación “Platino”.

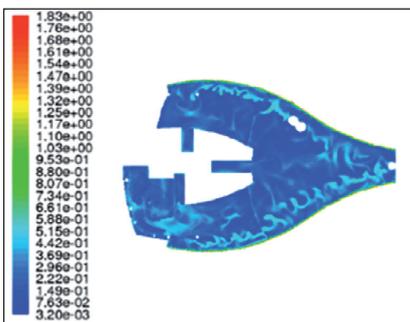
El grado de higienización de los ambientes resulta especialmente cuidado en el proyecto, de manera que los espacios corporativos de IBERDROLA equipan unidades con sistemas de filtración biológica mediante fotocatalisis.

La ventilación de los espacios utiliza Unidades de Tratamiento de Aire, que también intercambian calor con el anillo energético de distribución de agua atemperada, a través de bombas de calor agua-agua.

Las Unidades de Tratamiento de Aire se encargan de distribuir aire filtrado y tratado higrotérmicamente a la



Atrio de entrada. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE



Estudio de velocidades residuales de aire mediante CFD. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE



Unidad de tratamiento de aire del lobby. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE

Equipos	Unidades
Aerorrefrigeradores	9 Uds.
Plantas enfriadoras Principales	4 Uds.
Generadores de calor Principales	3 Uds.
Unidades de Tratamiento de Aire	17 Uds.
Equipos de climatización de oficina	155 Uds. exteriores/1.874 Ud. interiores
Transformador Aire Acondicionado	

Equipamiento de climatización

totalidad del edificio. Las citadas unidades disponen de las siguientes secciones:

- Recuperación de calor entálpico rotativo con eficacia del 70%.
- Filtración mecánica del aire de impulsión y retorno (filtro final F-8 s/ EN13779). En algunas áreas existe filtración adicional mediante sistema de fotocatalisis.
- Batería para refrigeración/Calefacción del aire alimentada por agua a 7°C/50°C.
- Compuertas motorizadas que en función de su posición permiten la gestión del enfriamiento gratuito

Sistemas integrados en el SCADA (Supervisory Control and Data Adquisition)		
Incendios	Grupos de Presión	Cortinas
Ascensores	Plantas Técnicas	Climatización
Cuadros eléctricos	Climatizadores	Seguridad
Centros de Transformación	Iluminación	Grupo Electrónico

(free-cooling entálpico).

- Sistemas de control de humedad en ambientes mediante dosificación de vapor en el flujo de aire.
- Ventiladores con variadores de frecuencia para asegurar un régimen de trabajo con un consumo optimizado.

El diseño de estas UTAs (Unidades de Tratamiento de Aire) permite asegurar unos volúmenes de ventilación muy superiores a los estrictamente obligatorios por normativa. El tratamiento de aire incluye una filtración exigente y la recuperación de energía del aire expulsado. Adicionalmente el sistema de control del equipo decide en que momentos resulta más eficiente la recuperación de calor o la simple introducción de aire en las condiciones higrotérmicas exteriores.

Por otra parte, como medida de ahorro energético adicional, el edificio utiliza un sistema de circulación del aire

de ventilación a través del lobby del edificio, que se comporta como un medio de recuperación de calor añadido.

El control de humedad de los ambientes se garantiza mediante una instalación de producción, distribución y dosificación de vapor.

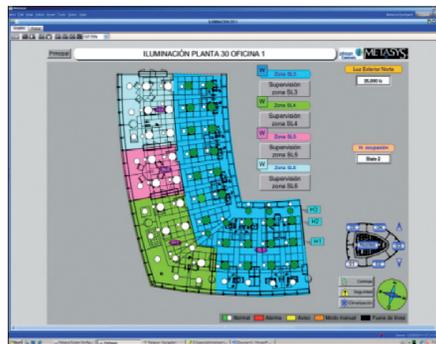
La instalación produce vapor saturado seco a 4 bar, se realiza en una caldera específica y se distribuye a los elementos terminales de dosificación (lanzas de vapor) que incorporan un control automatizado. El sistema incorpora una red de recuperación de condensado y los correspondientes sistemas de control de la salinidad mediante tratamiento del agua de aporte y control de purgas automatizado.

5. SISTEMA DE GESTIÓN TÉCNICA CENTRALIZADA

La totalidad del edificio está gover-



BMS. Relación de disciplinas supervisadas. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE



BMS. Supervisión de zonas de alumbrado. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE



BMS. Supervisión de sistemas de protección solar. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE



Imagen de una Unidad de Tratamiento de Aire de Ventilación. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE



Dosificación de vapor en el aire de ventilación. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE



Medida de presión de aire para control de ventiladores. Imagen propiedad de Torre Iberdrola AIE

nada por un Sistema de Gestión Centralizado o BMS (Building Management System), que supervisa y controla por encima de 6.000 puntos físicos además de un número muy superior de puntos virtuales. El sistema comunica y gobierna multitud de equipos adicionales que disponen de autómatas con inteligencia propia. Los aspectos gobernados por el sistema alcanzan diferentes aspectos de la vida del edificio, desde las consignas de climatización, la posición de las cortinas de la fachada, los niveles de iluminación, el arranque y paro de equipos, la monitorización de niveles, etc. La programación de los parámetros permi-

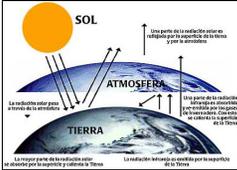
te establecer estrategias de gestión para maximizar el confort y fomentar la eficiencia.

El BMS gestiona asimismo múltiples interoperabilidades entre sistemas.

6. SOSTENIBILIDAD. CERTIFICACIÓN LEED (LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN)

El concepto de sostenibilidad que procede de la biología describe a los sistemas que se mantienen diversos y

productivos con el transcurso del tiempo. Esta idea que ha sido trasladada a diferentes entornos de nuestra sociedad acostumbra a ser evaluada en el ámbito de la edificación mediante programas de certificación normalizados. En este caso Torre Iberdrola ha adoptado el prestigioso sistema de certificación LEED. La citada certificación valora aspectos diversos que alcanzan desde la propia construcción hasta el diseño y la explotación del edificio. Dentro de las posibles graduaciones que la certificación LEED ofrece, Torre Iberdrola ha alcanzado la categoría "Platino", que representa el máximo nivel posible.

CERTIFICACIÓN DE SOSTENIBILIDAD LEED (LEED RATING SYSTEM)		
	<ul style="list-style-type: none"> • Emplazamiento sostenible 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención de la polución en la construcción • Selección del emplazamiento • Conectividad con la comunidad • Recuperación de terrenos contaminados • Transporte público • Facilidades para el transporte alternativo: eléctrico, bicicletas, etc. • Protección y desarrollo del hábitat • Control y limpieza de la escorrentía • Evitar efectos de isla de calor • Control de la polución lumínica • Involucrar a los inquilinos
	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia en la gestión del agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso eficiente del agua en la urbanización • Tecnologías innovadoras de aprovechamiento de aguas residuales • Uso eficiente del agua en el interior
	<ul style="list-style-type: none"> • Energía y atmósfera 	<ul style="list-style-type: none"> • "Commissioning" de los sistemas energéticos • Eficiencia energética • Gestión de los refrigerantes utilizados • Medición y verificación de los consumos a todos los niveles de uso • Uso de energía "verde" o renovable
	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales y recursos 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de materiales reciclables • Gestión de los residuos en la construcción • Reutilización de materiales • Uso de materiales regionales • Uso de madera certificada como reciclada
	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad ambiental interior 	<ul style="list-style-type: none"> • Control de la Calidad del Aire Interior durante la construcción y el uso del edificio • Monitorización de la calidad del aire utilizado • Incremento del nivel de ventilación • Utilización de materiales bajo emisivos de COVs • Control de los sistemas de confort térmico • Fomento de la iluminación natural de espacios
	<ul style="list-style-type: none"> • Innovación en el diseño 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas innovadores en el diseño del edificio • Empleo de personas oficialmente acreditadas por LEED