

# Características y requisitos del diseño de las instalaciones de edificios de gran altura



## Cristina González

Doctora ingeniera Industrial.

Dpto. Ingeniería de Construcción y Fabricación. ETS de Ingenieros Industriales. UNED



## Eduardo Theirs

Ingeniero Industrial.

JG Ingenieros



## Emilio González

Ingeniero Industrial.

JG Ingenieros

### Resumen

El presente artículo intenta exponer distintos problemas y soluciones en el diseño de espacios que ocupan las instalaciones en este tipo de edificios, para tener una correcta previsión e integración en el conjunto global del diseño.

Este tipo de edificios presenta peculiaridades a tener en cuenta en las que se resaltan las consideraciones energéticas y el efecto chimenea. Asimismo, se proponen algunas recomendaciones a la hora de seleccionar los sistemas y equipos necesarios para un correcto funcionamiento del edificio en cuanto a las instalaciones que lo componen. Se consideran, de forma somera, las instalaciones más importantes a considerar, una propuesta de ubicación, así como las distribuciones tanto verticales como horizontales de las mismas.

### Palabras clave

Ingeniería de instalaciones en edificios en altura, eficiencia energética

### Abstract

*This article describes the different problems posed and the solutions required in the design of spaces occupied by the mechanical and electrical installations of these types of buildings, to ensure these are correctly established and incorporated with the global design arrangement. These buildings have a series of characteristics that have to be taken into account, particularly with respect to energy considerations and the stack effect. The article proposes a series of recommendations to be taken into account at the time of selecting the necessary systems and equipment for the correct operation of the building in terms of mechanical and electrical installations. The author provides a brief summary of the most important installations required, together with proposals for their location and the vertical and horizontal distribution of the same.*

### Keywords

*Installation engineering in tall buildings, energy efficiency*

## 1. Introducción

Los edificios de gran altura son edificios emblemáticos entre los de su entorno, y cumplen generalmente una función de representatividad para sus ocupantes, así como la posibilidad de utilización de una gran cantidad de superficie ocupable en un emplazamiento muy compacto.

Cuando se diseñan las instalaciones de un edificio, independientemente de las características que tenga, se deben tener en cuenta las siguientes premisas en el siguiente orden: seguridad, prestaciones y consideraciones medioambientales.

Aunque se han realizado edificios de gran altura con otras finalidades, como en el caso de algunos grandes hospitales, este tipo de edificación es característica principalmente de uso administrativo y, en menor medida, hotelero. Se consideran edificios de gran altura, a efectos de este artículo, aquellos edificios con más de 20 plantas.

Estos edificios tienen consideraciones específicas en su diseño, como las de la solución estructural o el transporte vertical de usuarios. Uno de los problemas básicos en el diseño es la optimización de la superficie del núcleo de servicios del edificio.

El núcleo de servicios contendrá las escaleras de emergencia del edificio (dos ó más), el núcleo de ascensores y vestíbulos de planta, los núcleos de aseos y los patios verticales y locales de instalaciones. Dado que la superficie ocupada por el núcleo deja de ser superficie útil para el edificio, es fundamental resolver y optimizar la distribución y ocupación del mismo.

En este artículo se abordan los posibles problemas y soluciones de los pasos a seguir en el diseño de espacios

que ocupan las instalaciones en este tipo de edificios, para tener una correcta previsión e integración en el conjunto global del diseño.

En primer lugar, se efectúan algunos comentarios sobre las consideraciones energéticas y el efecto chimenea en estos tipos de edificios; posteriormente se consideran las posibles ubicaciones de las centrales técnicas de instalaciones; a continuación, se examina su distribución vertical: espacios necesarios para los montantes verticales y finalmente la altura necesaria entre plantas para poder asumir los espacios en falsos techo y suelos.

### **Demanda energética en edificios en altura**

Los edificios en altura tienen la característica, de que las condiciones climáticas en los pisos superiores puede ser absolutamente diferente a las condiciones climáticas de los pisos más bajos por la existencia de gradientes verticales de temperatura, presencia de nubes bajas (existiendo incluso la posibilidad de que en los pisos superiores haya presencia de una alta radiación solar y los pisos más bajos estén en una capa de nubes), etc.

Por ello, en el diseño de este tipo de edificios se debe tener en cuenta este aspecto, previendo la posibilidad de que existan demandas energéticas de signo opuesto en diferentes partes del edificio. Para ello se deberá garantizar que existe la posibilidad de funcionamiento del edificio con unas plantas refrigerando y otras plantas calentando.

### **Reducción de los consumos energéticos**

Existen diversos sistemas presentes en los edificios en altura que permiten una reducción del consumo energético global del edificio: ventilación, transporte de energía térmica e iluminación.

#### *Ventiladores*

Uno de los principales consumos energéticos en cualquier edificio es el correspondiente a los ventiladores de los climatizadores y de las unidades terminales utilizados en ellos.

El consumo de un ventilador viene dado tanto por el caudal de aire que mueve como por la pérdida de carga que debe vencer y el diseño de la pala del mismo por lo que, si se quiere minimizar su consumo, se deberá buscar climatizadores que muevan el mínimo aire indispensable con la menor pérdida de carga posible. Una vez fijados estos parámetros habrá que buscar aquel ventilador que tenga un consumo específico (SFP, consumo por unidad de caudal movido) menor.

Por ello, es importante seguir algunas pautas en el diseño y selección de la instalación de ventilación y aire acondicionado.

- Distribución homogénea y lo más cercana al punto de consumo del aire de ventilación. De esta forma, se acortan las distancias de conductos y, por tanto, la pérdida de carga en los mismos.



**Fig. 1.- Influencia climática**

- Diseño de recorridos de conductos lo más sencillos posibles, de forma que se minimice la pérdida de carga en los mismos.

- Uso de ventiladores de alta eficiencia tanto en los climatizadores como en las unidades terminales.

Esto implica que en edificios en altura, y siempre teniendo en cuenta el aspecto económico que implica la utilización del espacio por parte de las instalaciones mecánicas del edificio, se debe buscar disponer de varias plantas técnicas donde situar los climatizadores de aire primario del edificio.

#### *Transporte de energía térmica*

Los recorridos de los elementos de transporte de fluidos caloportadores suelen ser muy extensos en edificios de este estilo por lo que es fundamental asegurar que el aislamiento de los elementos que transportan estos fluidos (conductos y tuberías) sea el correcto.

En el caso de las tuberías, la importancia es mayor ya que el hecho de suministrar un fluido al elemento terminal con una temperatura que no es la calculada por el proyectista, hace que la potencia del elemento sea menor que la prevista y que se pueda modificar el rendimiento de la unidad terminal, incurriendo en un mayor coste energético de la misma.

#### *Iluminación*

Los edificios en altura suelen tener una gran superficie interior iluminada, por lo que la reducción de la potencia instalada para este consumo redundará en una reducción acusada del consumo energético.

En edificios de oficinas, la demanda principal del edificio es de refrigeración. En este caso, el efecto directo de la reducción de potencia de iluminación se combina con la reducción de las cargas internas del edificio por lo que se reduce la potencia a instalar en frío (aumentando ligeramente la de calefacción) y, por tanto, la energía consumida en refrigeración.

#### **Efecto chimenea en edificios en altura**

Dado que los edificios no son totalmente herméticos, existirá un efecto chimenea que causará infiltración de aire en el mismo. Durante la época fría, en la que principalmente el edificio se calefacta, el aire interior cálido se

eleva a través del edificio (principalmente a través de los huecos de los forjados, como pueden ser los huecos de escaleras, ascensores, etc.) y sale del mismo por su parte superior, ya sea a través de ventanas abiertas, aperturas de ventilación o cualquier otra forma de fuga de aire que pueda existir en esta zona del edificio. El aire cálido que asciende provoca una reducción de la presión estática en la base del edificio, provocando una diferencia de presión entre el interior del edificio y el exterior del mismo que hace que penetre aire fresco por la base del mismo. Durante la época cálida, en la que el edificio principalmente se refrigera, el efecto chimenea se comporta de forma inversa a la explicada anteriormente. Este efecto chimenea en las épocas frías suele ser de menor intensidad dada la menor diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior del edificio.

El efecto chimenea se manifiesta en aspectos como dificultades al intentar calefactar los pisos más bajos del edificio (dada la entrada de aire frío en esta parte del edificio en invierno) o dificultades en el cierre de las puertas de los ascensores (dada la diferencia de presión entre el hueco del ascensor y el vestíbulo de espera del mismo).

En los edificios en altura modernos, que tienen una envolvente estanca, el efecto chimenea puede llegar a crear diferencias de presión muy significativas entre las zonas inferiores y las superiores del edificio, que se deben tener en cuenta y que necesitarán de un sistema mecánico para ser paliadas. Las escaleras, escaleras mecánicas, huecos de ascensores, patios de instalaciones verticales si son registrables, contribuyen a aumentar el efecto chimenea, mientras que las particiones interiores horizontales y verticales ayudan a mitigarlo.

El efecto chimenea tiene una importancia especial en caso de incendio ya que éste ayuda a propagar el humo y el fuego. Es, por tanto, de una importancia fundamental que en caso de incendio se controle el efecto chimenea para lograr mantener unas condiciones seguras de evacuación en el edificio y garantizar la seguridad en la entrada de los bomberos en el mismo.

Minimización del efecto chimenea:

- Correcto diseño y ejecución de la envolvente del edificio que minimice las infiltraciones.

- En climas fríos las puertas de entrada deben ser giratorias.
- En climas fríos y en edificios donde haya mucho paso de personas por las puertas de entrada, no se deben utilizar vestíbulos con doble puerta.
- En muelles de carga se deben instalar vestíbulos correctamente climatizados con doble puerta.
- Se deben generar vestíbulos de ascensores, de forma que se minimice el efecto chimenea de los huecos de ascensores.
- Es conveniente que los huecos de escalera formen un espacio separado del resto del edificio.
- El sistema de climatización deberá estar diseñado para generar sobrepresión en el edificio.

Es conveniente tener un sistema de climatización independiente para el *hall* de entrada en el edificio que asegure la sobrepresión del mismo ya que éste es uno de los puntos más sensibles con el fin de minimizar el efecto chimenea.

#### Ubicación de centrales

A la hora de definir la situación de las máquinas principales del edificio, existen varias opciones y se deben considerar, entre otros, los siguientes aspectos de gran relevancia, relativos a la ubicación de las diferentes centrales:

- Proximidad a las acometidas y a los elementos terminales.
- Requisitos reglamentarios y de seguridad a cumplir y evaluar los posibles riesgos para ocupantes.
- Necesidades de acceso para mantenimiento, averías, reposición de equipos etc.
- Problemas de implantación física: peso, vibraciones, ruidos.
- Necesidades de ventilación de los locales.
- Espacio disponible, impacto visual.
- Valor del suelo ocupado.



Fig. 2. Sala intermedia de climatizadores

Considerando estos criterios generales, se debería optar por ubicar la maquinaria de las distintas instalaciones de las que consta el edificio en el lugar más adecuado:

#### a) Cubierta

- Plantas enfriadoras condensadas por aire o torres de recuperación.
- Unidades Exteriores de sistemas de VRV/VRF.
- Salas de máquinas de ascensores.
- Recinto de telecomunicaciones superior.
- Climatizadores y ventiladores para plantas superiores del edificio.

También pueden ubicarse también en cubierta los siguientes elementos:

- Sala de calderas (especialmente las de gas).
- Grupo electrógeno (siempre y cuando no haya problema de implantación de ventilación y ruidos, atención al suministro de combustible y vibraciones).
- Depósitos de acumulación de agua para incendios, coordinándolos con el diseño de la estructura del edificio.

#### b) Plantas intermedias

Para ubicar los equipos de renovación de aire, y si no existe otra alternativa, se precisan las plantas intermedias para



Fig. 3. Patio vertical de instalaciones

instalaciones cuando el edificio tiene un número superior a 18 o 20 plantas.

Unidades exteriores de sistemas de VRV/VRF.

También pueden alojar equipos, como por ejemplo, los cuadros secundarios, los depósitos de acumulación de agua caliente sanitaria, transición de sistemas de desagüe, el depósito secundario contra incendios, etc.

#### **Climatización: conductos y salas de máquinas intermedias**

Las centrales de renovación de aire o de climatización con conductos suelen tener un alcance máximo de unas 8 a 10 plantas, por lo que deberán colocarse salas de máquinas en plantas intermedias, básicamente para dar ventilación, a 16 o 20 plantas.

A continuación, se especifican las maneras de reducir el espacio ocupado por los patios asociados a conductos de aire, que son los que más voluminosos:

- Colocando los conductos exentos por el exterior del edificio (edificios tipo Centro Pompidou en París).
- Colocando los conductos a 'alta velocidad' (15-20 m/s), con cajas reductoras de velocidad en cada planta (pasar a 5-7 m/s).



Fig. 4. Sectorización patio vertical

Colocando los sistemas de renovación de aire en fachada de cada planta, para no tener conductos verticales. Aplicable en algunos casos, renunciando a unos metros lineales de fachada 'noble', así como m<sup>2</sup> de superficie en planta

#### c) Plantas sótano

- Transformadores
- Cuadros eléctricos principales
- Sistema alimentación ininterrumpida
- Recinto de telecomunicaciones inferior
- Centrales de seguridad
- Depósitos de reserva de agua (agua fría sanitaria, caliente sanitaria, incendios)
- Climatizadores y ventiladores para plantas inferiores del edificio
- Sala de calderas (si no está en cubierta)
- Grupo electrógeno (si no está en cubierta)

La altura libre mínima de los locales para salas de máquinas debería ser 3,5 m, intentando alcanzar, si es posible, los 4,0 m. Según el Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (CTE-DBSI), las salas de máquinas son locales de riesgo, y debe contemplarse su sectorización. La superficie total ocupada por salas de máquinas, a considerar previamente en el diseño del edificio, puede oscilar entre el 5 % y el 10 % de la superficie construida del edificio.



Fig. 5. Sujeción de tubería

## Distribución vertical de instalaciones

### Concepto general

Los patios verticales de instalaciones conectan las centrales situadas en plantas bajas y cubiertas (y eventualmente en plantas intermedias) con los elementos terminales de instalaciones en cada planta.

Los patios de instalaciones, especialmente los de conductos, deben colocarse preferentemente centrados en la planta, con radio de acción inferior a 20-25 m para evitar conductos excesivamente largos y con demasiada altura.

Los patios de instalaciones pueden ser independientes para diferentes sistemas (ventilación, electricidad, agua y comunicaciones) o compartir el mismo patio, con los condicionantes de sectorización entre las distintas instalaciones y salvando las distancias de seguridad entre ellos. Deben ser verticales en todo su recorrido, evitando quiebros, y conectando directamente con las centrales. Debemos garantizar la sectorización de incendios mediante accesos al patio por puertas cortafuegos. Al patio debe accederse cómodamente para operaciones de mantenimiento, a través de una puerta desde una zona común de la planta.

En el dimensionado del patio debe preverse tanto una reserva de espacio de un 20 % para futuras instalaciones, como



Fig. 6. Montaje de cableado eléctrico en patio vertical desde el exterior

el espacio de maniobra dentro del propio patio. Las proporciones de sus lados más adecuadas son entre 2:1 y 4:1.

Pueden existir también patios de instalaciones que den servicio a instalaciones de plantas inferiores que no tengan relación directa con las plantas intermedias, como es el caso de conductos de ventilación de aparcamientos, conductos extracción de las campanas de cocina o de las chimeneas de calderas, entre otros, pero que ocuparán espacio en la planta. Se deberán colocar los patios de instalaciones correctamente centrados, para permitir optimizar la altura de los conductos que salen de ellos.

### La altura entre plantas: distribución horizontal de instalaciones

En este tipo de edificios, la optimización de la altura entre plantas es crítica, pues un ahorro de 15 cm en cada planta,



Fig. 7. Señalización de balizamiento en cubierta

representará por ejemplo, un ahorro de 4,5 metros en un edificio de 30 plantas.

La altura de cada planta está gobernada por el grueso de los forjados (estructura), la zona de servicios del suelo (falso suelo), la altura realmente ocupada y la zona de servicios en techo (falso techo).

Respecto al grueso de la estructura, se ha de garantizar, además de lo que indique el cálculo correspondiente, la resistencia al fuego de cada forjado según las prescripciones de normativa (120 /180 minutos u otros) lo que puede hacer necesario 'recrecer' alguna solución estructural.

La zona de servicios en suelo sirve normalmente para el tendido de cableados de comunicaciones y de potencia eléctrica, especialmente en edificios de oficinas. No es importante en edificios residenciales (viviendas u hoteles). Se resuelve normalmente de dos posibles maneras:

- Mediante falso suelo registrable, con un óptimo de unos 20 cm (restando 3 cm de espesor de suelo, quedan 17 cm libres) y un mínimo de 14 cm (con 11 cm libres, que permiten colocar una caja de tomas de corriente de 6 cm de fondo y quedan 5 cm para el paso de cableado por debajo de esta caja).

- Mediante canaletas empotradas en el suelo de la planta, se requerirán 10 cm totales, donde se incluyen las cajas de

conexión, de 8 cm de profundidad, que son alimentadas por canaletas empotradas de 4 cm de profundidad.

También puede darse el caso de optar por una climatización por suelo con lo que aumentaría el ancho de éste y en principio disminuiría el ancho del falso techo.

La zona ocupada estará entre los 3,0 m (óptima) y 2,7 m (aceptable).

Finalmente, la altura en la zona de servicios en el falso techo dependerá especialmente del tipo de instalación de climatización que se utilice:

- En instalaciones de *fan-coils* (+ unidades interiores de VRV/VRF) y vigas frías, se deben reservar aproximadamente 60 cm, que se utilizarán para los siguientes elementos: tuberías/canalizaciones eléctricas (10 cm), paso de conductos de renovación y ubicación de *fan-coils* (40 cm) y luminarias y grueso del falso techo (10 cm).

- En instalaciones del tipo 'todo aire' se precisarán aproximadamente 80 cm, que se utilizarán para los siguientes elementos: tuberías/canalizaciones eléctricas (10 cm), paso de conductos de climatización (60 cm) y luminarias y grueso del falso techo (10 cm).

- En instalaciones de techos radiantes, se deben reservar aproximadamente 60 cm, que se utilizarán para los siguientes elementos: tuberías/canalizaciones eléctricas (10 cm), paso de conductos de renovación (40 cm) y luminarias, grueso del falso techo y placas de techo radiante (10 cm).

Por último, se puede reducir la altura entre plantas utilizando forjados de canto menor y mejorando su resistencia al fuego con proyección de morteros especiales, o utilizando sistemas especiales de falso suelo, como por ejemplo los suelos metálicos atornillados (10 cm), y concentrando instalaciones de climatización y potencia y voz/datos en falso suelo. En este caso se puede resolver con 50 cm en suelo y disponer de un forjado 'visto' en techo con luminarias suspendidas o un falso techo mínimo de 15 cm, que permite una cierta absorción acústica.

Además, se quiere resaltar dos instalaciones de gran importancia y a tener en consideración en este tipo de edificios.

### **Comunicaciones y Seguridad**

Estos edificios suelen ser emblemáticos y hay que diseñar muy especialmente la seguridad de los mismos mediante sistemas de control de accesos y restricciones a distintas áreas del edificio. Así como de un sistema de CCTV controlado desde la central de seguridad del edificio.

Igualmente la detección de incendios y la alarma de incendios deben estar gestionadas desde la central de seguridad del edificio, situada en un lugar estratégico del mismo.

En cuanto a la instalación de comunicaciones se han de prever las salas correspondientes a lo largo del edificio con la adecuada flexibilidad.

Es importante contar con un sistema de BMS para realizar la conducción del edificio desde la sala de mantenimiento del mismo que puede estar próxima a la de seguridad.

El correcto funcionamiento de las instalaciones mediante un correcto sistema de BMS hace que se pueda optimizar el consumo energético del edificio en una gran magnitud.

### **Ascensores**

Es de gran importancia realizar un buen estudio de tráfico con consultores especialistas para estos edificios y lograr un número óptimo de ascensores con capacidad suficiente y reducir el tiempo de espera de los usuarios.

Es importante prever montacargas para usos complementarios de servicios del edificio.

En plantas de acceso y en vestíbulos importantes se han de prever escaleras mecánicas.

Por último es fundamental disponer de un correcto plan de autoprotección para garantizar la seguridad de los usuarios del edificio en caso de emergencia.

En este artículo se han considerado, de forma somera, los sistemas más utilizados dada la amplitud de soluciones existentes y siendo conscientes que se omiten algunas soluciones en su totalidad. **ROP**