

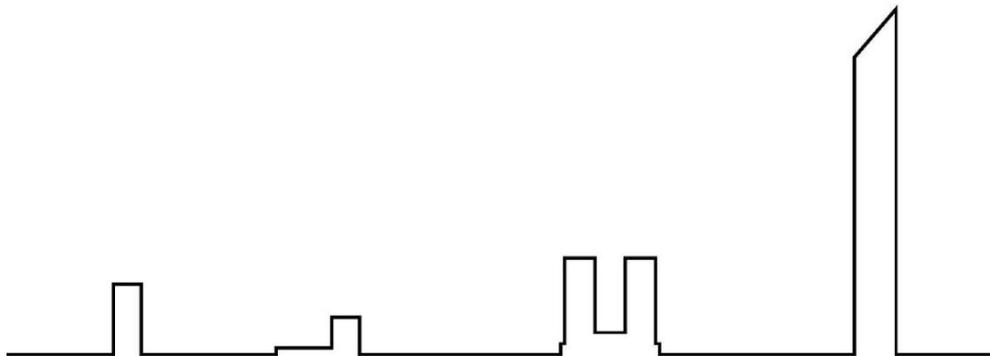


**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA**

Repercusión arquitectónica del volumen de las instalaciones en los edificios de oficinas. Análisis de las instalaciones de aire acondicionado.

Architectural repercussions of the volume of facilities in office buildings. Analysis of the air-conditioning installations.



Tesis presentada por:

CRISTINA CABELLO MATUD
Arquitecta por la Universidad Politécnica de Cataluña.

Directora:

HELENA COCH ROURA
Doctora Arquitecta por la Universidad Politécnica de Cataluña.

MAYO 2016



Curso académico: 2015-2016

Acta de calificación de tesis doctoral

Nombre y apellidos **CRISTINA CABELLO MATUD**

Programa de doctorado **ARQUITECTURA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

Unidad estructural responsable del programa **DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA ARQUITECTURA**

Resolución del Tribunal

Reunido el Tribunal designado a tal efecto, el doctorando / la doctoranda expone el tema de la su tesis doctoral titulada **“Repercusión arquitectónica del volumen de las instalaciones en los edificios de oficinas. Análisis de las instalaciones de aire acondicionado.”**

Acabada la lectura y después de dar respuesta a las cuestiones formuladas por los miembros titulares del tribunal, éste otorga la calificación:

NO APTO APROBADO NOTABLE SOBRESALIENTE

(Nombre, apellidos y firma)		(Nombre, apellidos y firma)	
Presidente/a		Secretario/a	
(Nombre, apellidos y firma)			
Vocal	Vocal	Vocal	Vocal

_____, _____ de _____ de _____

El resultado del escrutinio de los votos emitidos por los miembros titulares del tribunal, efectuado por la Escuela de Doctorado, a instancia de la Comisión de Doctorado de la UPC, otorga la MENCIÓN CUM LAUDE:

SÍ NO

(Nombre, apellidos y firma)	(Nombre, apellidos y firma)
Presidente de la Comisión Permanente de la Escuela de Doctorado	Secretario de la Comisión Permanente de la Escuela de Doctorado

Barcelona a _____ de _____ de _____

A las personas con quien comparto cada día, Miguel Ángel y Paula

A mi madre y a mi hermana

Por su amor y su tiempo

Agradecimientos

A mi directora Helena Coch, por el seguimiento de esta tesis durante tantos años y su paciencia.

Al profesor Carlos Monné, por sus aportaciones y apoyo.

Y mi más sincero agradecimiento a tantas personas que me habéis acompañado, ayudado y valorado en este largo proceso.

RESUMEN:

Dar a las instalaciones su lugar es claramente uno de los principios generales que definen la fusión edificio-técnica; y esto sólo se puede hacer desde un pensamiento global e inicial de estas redes como elementos volumétricos que se interrelacionan con la arquitectura.

La tesis doctoral se centra en el estudio de la definición y medición de los espacios ocupados por las instalaciones de aire acondicionado, por considerarlas las redes con más repercusión espacial. Y en la búsqueda de la metodología para encontrar los factores que determinan su ocupación a la hora de implantarse en el edificio de oficinas.

Dada la amplitud del ámbito de estudio es necesario determinar los tipos de edificio, las claves de los sistemas de climatización y los huecos ocupados por las instalaciones, a los que se podrá aplicar la citada metodología. El tercer recorrido supone la superposición de los dos análisis anteriores (formal y funcional / tecnológico) y pretende establecer los efectos del solape de un elemento sobre el otro. Se identifican y caracterizan los espacios ocupados por las instalaciones de clima en los edificios de oficinas actuales. Se establece la reflexión de que lo que se mantiene en el planteamiento general de las instalaciones de climatización es la categorización de los espacios determinada en esta tesis: generación, distribución horizontal y vertical de fluidos y ubicación de unidades terminales.

La cronología de las diferentes rutas se inicia en los años 50, en el continente americano, por ser el momento de auge del edificio en altura de uso administrativo y de la implantación definitiva del aire acondicionado; revisa el establecimiento de estos modelos en España, veinte años después, en Barcelona y en Madrid; para situarnos por último en lo que se ha denominado *momento actual* y que supone el intervalo temporal 2000-2010.

La medición de los cuatro casos experimentales es otro análisis desde el detalle a lo general aplicando lo visto en los estudios teóricos anteriores. Con una metodología de cuantificación sustractiva se miden los espacios ocupados por las instalaciones en los edificios estudiados estableciendo $V_{residual\ instalaciones\ clima} / V_{construido}$. Los cuatro edificios son modelos de las diferentes tipologías del edificio de oficinas y el abanico de sistemas de climatización recogido en la muestra es suficientemente amplio para poder valorar las claves de las instalaciones de aire acondicionado que más se han implantado en estos edificios en el periodo temporal elegido.

La tesis demuestra que las instalaciones de un edificio son un elemento constructivo volumétrico que hay que valorar en m³, y no en m², que es como se venía cuantificando hasta la fecha.

El trabajo concluye describiendo una metodología para analizar las leyes generales que determinan la ocupación de espacio de las instalaciones de aire acondicionado en los edificios de oficinas, considerando la tipología arquitectónica, la sectorización de la instalación y la distribución vertical y horizontal de fluidos, como factores relevantes con marcado carácter arquitectónico. Un análisis combinado de las cuatro variables combinadas garantiza el éxito de integración.

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN.	Pág.01
1.1. Hipótesis.	Pág.04
1.2. Justificación de la investigación.	Pág.05
1.3. Objetivos.	Pág.07
1.3.1. <i>Objetivo general.</i>	Pág.07
1.3.2. <i>Objetivos específicos.</i>	Pág.07
1.4. Contexto bibliográfico.	Pág.08
1.5. Antecedentes.	Pág.11
1.6. Metodología de la tesis.	Pág.16
1.7. Contenido de la tesis.	Pág.18
2. EL EDIFICIO DE OFICINAS.	Pág.21
2.1. Tipologías arquitectónicas. Análisis histórico.	Pág.24
2.1.1. <i>Generación de modelos.</i>	Pág.24
2.1.2. <i>Avances constructivos y técnicos.</i>	Pág.33
2.1.3. <i>Configuración del espacio de trabajo. El puesto de trabajo.</i>	Pág.37
2.1.4. <i>Tipologías funcionales.</i>	Pág.41
2.2. Tipologías arquitectónicas. Clasificación.	Pág.46
3. LAS INSTALACIONES.	Pág.57
3.1. Las instalaciones de servicios y de acondicionamiento.	Pág.61
3.2. Las instalaciones de acondicionamiento térmico.	Pág.62
3.2.1. <i>Evolución histórica.</i>	Pág.62
3.2.2. <i>Principios generales.</i>	Pág.72
3.2.3. <i>Equipos y sistemas de climatización.</i>	Pág.74
4. REPERCUSIÓN ARQUITECTÓNICA DE LAS INSTALACIONES EN EL EDIFICIO DE OFICINAS.	Pág.83
4.1. Repercusión arquitectónica de las instalaciones.	Pág.86
4.2. Repercusión arquitectónica de las instalaciones de servicios.	Pág.89
4.3. Repercusión arquitectónica de las instalaciones de acondicionamiento ambiental.	Pág.92
4.3.1. <i>Espacios con entidad de habitáculos.</i>	Pág.93
4.3.2. <i>Espacios para distribución vertical.</i>	Pág.100
4.3.3. <i>Espacios para distribución horizontal.</i>	Pág.108
4.3.4. <i>Espacios habitados.</i>	Pág.119
4.4. Diseño de las instalaciones de climatización.	Pág.123
5. OCUPACION DE INSTALACIONES DE ACONDICIONAMIENTO EN LOS EDIFICIOS DE OFICINAS.	Pág.137
5.1. Sobre la superficie y el volumen.	Pág.139
5.2. Medición de volúmenes.	Pág.141
5.2.1. <i>Bases generales del procedimiento.</i>	Pág.142
5.2.2. <i>Elección del edificio.</i>	Pág.143
5.2.3. <i>Parámetros que definen el edificio.</i>	Pág.143
5.2.4. <i>Parámetros que definen el sistema de climatización.</i>	Pág.144
5.2.5. <i>Identificación de espacios ocupados por las instalaciones.</i>	Pág.145
5.2.6. <i>Identificación de espacios ocupados por las instalaciones de clima.</i>	Pág.145
5.2.7. <i>Identificación de espacios ocupados por las instalaciones sin clima.</i>	Pág.146
5.2.8. <i>Cálculo de porcentajes.</i>	Pág.147
5.3. Casos de estudio, fichas simplificadas.	Pág.149
5.3.1. <i>TORRE LLACUNA-GRAN VIA. Barcelona.</i>	Pág.150
5.3.2. <i>EDIFICIO DE OFICINAS DE LA SOCIEDAD EXPO 2008. Zaragoza.</i>	Pág.152
5.3.3. <i>TORRES ESTE Y OESTE WTCZ. Zaragoza.</i>	Pág.154

5.3.4. TORRE DE CRISTAL. Madrid.	Pág.156
6. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.	Pág.159
6.1. Análisis de resultados.	Pág.165
6.1.1. Patrón resultante.	Pág.165
6.1.1.1. Torre Llacuna, Ocupación de clima.	Pág.167
6.1.1.2. Edificio Expo 2008, Ocupación de clima.	Pág.167
6.1.1.3. Torres WTCZ, Ocupación de clima.	Pág.168
6.1.1.4. Torre de Cristal, Ocupación de clima.	Pág.169
6.1.2. Superficie y volumen.	Pág.171
6.1.2.1. Comparativa medición en superficie o en volumen, Torre Llacuna.	Pág.171
6.1.2.2. Comparativa medición en superficie o en volumen, E. Expo 2008.	Pág.172
6.1.2.3. Comparativa medición en superficie o en volumen, WTCZaragoza.	Pág.173
6.1.2.4. Comparativa medición en superficie o en volumen, Torre Cristal.	Pág.174
6.1.2.5. Espacios ocupados por instalaciones. Medición en volumen.	Pág.175
6.1.3. Parámetros que determinan el volumen de ocupación.	Pág.177
6.1.3.1. Incidencia de las tipologías.	Pág.177
6.1.3.2. Sobre la sectorización.	Pág.181
6.1.3.3. Sobre la distribución de fluidos.	Pág.183
6.2. Conclusiones finales y líneas de investigación.	Pág.187
6.2.1. Conclusiones finales.	Pág.187
6.2.1.1. Sobre la implantación de las instalaciones de clima en los edificios de oficinas.	Pág.187
6.2.1.2. Sobre los parámetros de los que depende el volumen ocupado por las instalaciones de clima en los edificios de oficinas.	Pág.188
6.2.1.3. Algo sobre ratios.	Pág.189
6.2.2. Líneas de investigación futuras.	Pág.191

Anexo 1. CASOS DE ESTUDIO.	Pág.193
I. Torre Llacuna.	Pág.195
A. Datos generales del edificio	Pág.196
B. Descripción general del edificio.	Pág.196
C. Organización de usos.	Pág.198
D. Instalación de clima.	Pág.198
E. Espacios ocupados por la instalación de clima.	Pág.201
F. Sección constructiva.	Pág.208
II. Edificio Expo 2008.	Pág.211
A. Datos generales del edificio	Pág.212
B. Descripción general del edificio.	Pág.212
C. Organización de usos.	Pág.214
D. Instalación de clima.	Pág.217
E. Espacios ocupados por la instalación de clima.	Pág.220
III. WTCZ.	Pág.229
A. Datos generales del edificio	Pág.230
B. Descripción general del edificio.	Pág.230
C. Organización de usos.	Pág.231
D. Instalación de clima.	Pág.235
E. Espacios ocupados por la instalación de clima.	Pág.237
IV. Torre de Cristal.	Pág.249
A. Datos generales del edificio.	Pág.250
B. Descripción general del edificio.	Pág.250
C. Organización de usos.	Pág.251
D. Instalación de clima.	Pág.256
E. Espacios ocupados por la instalación de clima.	Pág.268
Anexo 2. INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO.	Pág.289
A. Sistemas de generación de energía..	Pág.291
B. Sistemas de distribución de energía.	Pág.307
C. Unidades terminales.	Pág.315
D. Generación urbana.	Pág.320
Anexo 3. OTRAS INSTALACIONES.	Pág.323
A. Instalaciones de suministro de Agua Fría y Agua Caliente Sanitaria.	Pág.325
B. Instalaciones de suministro de Combustible.	Pág.326
C. Instalaciones de suministro de Electricidad.	Pág.327
D. Instalaciones de Saneamiento.	Pág.330
E. Instalaciones de Evacuación de los productos de la combustión.	Pág.331
F. Evacuación de basuras. Reciclaje de papel y combustibles.	Pág.331
G. Instalaciones de Protección.	Pág.331
H. Instalaciones de Transporte.	Pág.332
I. Instalaciones de Telecomunicaciones.	Pág.333
Anexo 4. LISTA DE EDIFICIOS.	Pág.337
BIBLIOGRAFÍA.	Pág.343

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

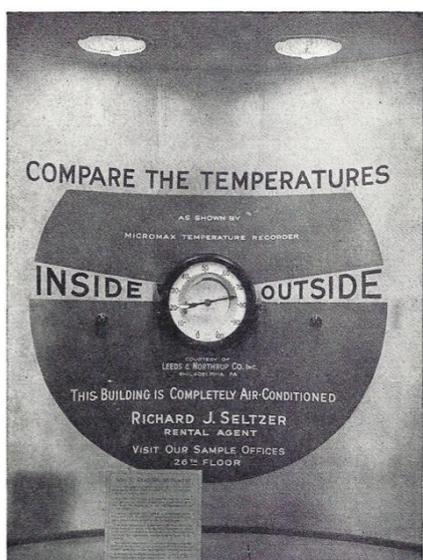
“La arquitectura es el arte de desperdiciar el espacio”.

Philip Johnson.

Desde la construcción de los primeros edificios de oficinas, en España, en la década de los sesenta hasta nuestros días, el espacio ocupado por sus instalaciones ha ido en aumento. Desde las seis líneas telefónicas, los cinco ascensores y el sistema de aire acondicionado de que disponía el *Edificio Colón* de Josep Anglada, Daniel Celabert y Josep Rivas (Barcelona, 1975)¹ hasta las instalaciones de telecomunicaciones, generadores de energía, fachadas activas y demás sistemas que precisan las últimas torres construidas en el *Cuatro Torres Business Área –Torre Espacio, Torre de Cristal, Torre PwC y Torre Foster–* (Madrid, 2008), las reservas espaciales a considerar y el conglomerado de tubos, cables y máquinas que hay que implantar en estos edificios han sido elementos de cierta confusión en el orden que persiguen los arquitectos en sus proyectos.

En los momentos de auge económico (*primeros años de S.XXI, cuando se comenzó esta investigación*)² eran muchos los edificios administrativos de nueva planta que se construían. La optimización del espacio residual requerido por las redes mecánicas que precisaban estos edificios era una cuestión económica, puesto que el precio por m² de despacho estaba en alza.

Sin embargo en esta tesis, la contabilización y consideración del espacio ocupado por las instalaciones de aire acondicionado en los edificios de oficinas responde a cuestiones más arquitectónicas. Se pretende garantizar resultados óptimos de integración de la técnica y la arquitectura para esta tipología edificatoria; no interesa tanto el precio del espacio desperdiciado, como la repercusión del mismo en la calidad de los “espacios para el trabajo”.



TEMPERATURE RECORDER IN DISPLAY WINDOW THAT HELPED TO RENT SPACE IN THE P.S.F.S. BUILDING.

Alquilamos plantas comerciales de 600 m.² en un edificio singular a la altura de sus necesidades

EDIFICIO COLON
Avda. García Morato/Atarazanas
100.000 pesetas mes planta

- Dispone ya en cada planta de 6 líneas telefónicas directas con el exterior.
- 5 ascensores ultra-rápidos con memoria electrónica.
- Estación transformadora propia.
- Aire acondicionado central. Calor y frío Westinghouse.
- Parking asegurado 350/400 plazas con estación de servicio en el mismo edificio.

Información y visitas de 10 a 14 horas
EDIFICIO COLON: Avda. García Morato, 6 (Atarazanas)
Teléf. 221 03 88

[1.01]. Cartel promocional de alquiler de oficinas en P.S.F.S., Philadelphia. 1932.

[1.02]. Cartel promocional de alquiler de oficinas en Edificio Colón, Barcelona. 1975.

1.1. Hipótesis.

La hipótesis principal de la presente investigación parte de que la búsqueda de los principios generales que definen la fusión *edificio-técnica*, sólo se puede hacer desde un pensamiento global e inicial de las instalaciones como **elementos volumétricos** que se interrelacionan con la arquitectura.

Toda tesis plantea una hipótesis que va generando nuevas preguntas y nos obliga a abrir los campos del conocimiento. Se querría que esta investigación sirviera para establecer un patrón que permitiera conocer el volumen ocupado por las instalaciones de aire acondicionado en un edificio de oficinas desde el momento inicial del diseño, y que resolviera el problema de su implantación en la arquitectura.

Y se considera que conociendo las leyes generales del crecimiento de la ocupación de las instalaciones, se pueden colocar correctamente los conductos, las tuberías y los dispositivos. Es así como el resultado de este proceso repercutirá positivamente en la obra final.

Esta tesis expone muchos ejemplos de edificios de uso administrativo en el que se ha integrado notablemente arquitectura e instalaciones. Como ejemplo representativo, el arquitecto Richard Rogers en el *Lloyd's building* (Londres, 1986). [1.03] emplea los conductos de aire acondicionado y elementos de comunicaciones formando parte de la estética del edificio.



[1.03]. *Lloyd's Building*, Londres.

De igual manera a las investigaciones desde lo general del Dr. Arquitecto Rafael Serra, se cree que sin necesidad de un ratio concreto, una dimensión exacta, sino con el conocimiento por parte de los arquitectos de estos principios, se podría dar con facilidad a las instalaciones su lugar: *“No es necesario conocer la solución técnica específica para saber plantear un diseño y, por este motivo, lo que queremos recuperar son los principios de las cosas”*.³

La tesis supone también, que del análisis con detalle y con la perspectiva del diseño arquitectónico de cuatro casos elegidos, se pueden sacar conclusiones generales.

Se miden los espacios ocupados por las instalaciones en los edificios estudiados y se reflexiona sobre los factores que determinan la ocupación de sus instalaciones y en algunos momentos, sobre los posibles cambios en dichos volúmenes que pueda haber en función de futuros desarrollos tecnológicos.

1.2. Justificación de la investigación.

La implantación de las instalaciones tiene repercusiones de carácter arquitectónico, de las cuales una de las más importantes es la espacial, esto es, cuánto ocupan las máquinas, las redes y todo tipo de dispositivos que es necesario ubicar en un edificio para su perfecto funcionamiento. De todas las instalaciones de un edificio de oficinas las de aire acondicionado son las que ocupan mayor volumen y por eso las reservas espaciales necesarias para su implantación deben tenerse en cuenta desde el momento inicial del diseño arquitectónico.

Conociendo y analizando los factores que determinan el crecimiento de la ocupación de las instalaciones se pretende optimizar el espacio destinado a los sistemas de aire acondicionado en los edificios de oficinas.

Y cuando se habla de optimizar no se refiere a establecer los espacios mínimos dedicados a este uso en un edificio, sino en la definición más amplia de la palabra, como “*buscar la mejor manera de realizar una actividad*”⁴ y evitar ciertos conflictos existentes. Lo que en principio, en esta tesis, era una motivación para optimizar el espacio “residual” en el cotizado uso de oficinas, ha evolucionado hacia la optimización de recursos y hacia la importancia funcional de estos espacios servidores.

Se trata de deducir conexiones entre el edificio y sus instalaciones, sobre todo si cada uno de estos componentes es diseñado por profesionales diferentes. A propósito de uno de los referentes arquitectónicos de edificios de oficinas en España, la *Torre BBVA* de F. J. Sáez de Oiza (Madrid, 1981) [1.04], el Dr. Arquitecto César Martín comenta en su tesis ilustrado por sus conversaciones con el ingeniero Benedicto Aguilera:

*“A pesar de las largas reflexiones teóricas del arquitecto en relación sobre las plantas técnicas en relación al resto del edificio, finalmente dos de dichas plantas resultan muy escasas de altura. Con todo el discurso que acompaña el diseño del edificio para justificar las instalaciones, ¿Cómo es posible que finalmente se llegue a esta solución?. Benedicto Aguilera comenta al respecto que se recibió la directriz de ahorrar el máximo espacio, y aunque no es la mejor solución, es necesario ajustarse al proyecto de Oiza, pudiéndose exigir tan sólo en estas zonas un volumen mínimo”.*⁵



[1.04]. Torre BBVA y complejo AZCA.

Hay además una motivación personal para la realización de esta tesis: la experiencia docente de la autora de más de quince años. Primero en la Escuela de Arquitectura Técnica de La Almunia de Doña. Godina, y algo más de cinco años en el Grado en Estudios de Arquitectura de la Universidad de Zaragoza, como profesora de instalaciones, le llevan a realizar este estudio de las consecuencias que conlleva la implantación de la climatización en los edificios de oficinas.

La oportunidad que ofrece el mundo académico, a diferencia de la actividad profesional a pie de calle, es reflexionar, profundizar en cómo la elección de determinadas soluciones técnicas repercute en la arquitectura. La selección de un sistema que funciona pero que no siempre está integrado es frecuente, sobre todo si se requiere para el desarrollo de las instalaciones la colaboración de diferentes profesionales y empresas. En estos casos, a veces, la coordinación no siempre es todo lo fluida que se deseara entre arquitectos e ingenieros.

Esta investigación no permitirá encontrar esa receta mágica que buscan los arquitectos cuando proyectan, y que frecuentemente solicitan a los especialistas en instalaciones, tanto en el mundo laboral como en el académico. Lo que sí es seguro es que dará una visión integral, que en principio caracteriza al arquitecto, de las instalaciones y del edificio, y en la medida de lo posible pretende facilitar el trabajo de los proyectistas.

Porque es sólo dando a las instalaciones su espacio es como se puede conseguir la tan citada integración de la arquitectura y de sus sistemas. Luis I. Kahn escribió sobre el *Richards Medical Research building* (Pennsylvania, 1965) [1.05] a propósito del espacio ocupado por las instalaciones:

“No me gustan los conductos y las cañerías. Realmente los odio por completo, pero a causa de esto, siento que se les debe dar su lugar. Si sólo los odias y no tuviese cuidado, creo que invadirían el edificio, y lo destruirían totalmente”.⁶



[1.05]. Richards Medical Research building, instalaciones por falso techo.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

El objetivo principal de esta investigación es el de describir una **metodología** para analizar las leyes generales que determinan la ocupación del espacio de las instalaciones de aire acondicionado en los edificios de oficinas.

De todas las posibles repercusiones que la implantación de las instalaciones de climatización (estéticas, medioambientales, organizativas...etc.) puedan tener sobre un edificio de oficinas, se considera que el volumen ocupado por los dispositivos y las redes es uno de los aspectos más arquitectónicos a considerar y que más va influir en funcionamiento del mismo. Se trata en esta búsqueda de establecer un procedimiento, que aunque no nos permita dar un ratio exacto de ocupación, intente evitar que se cometan errores a la hora de proyectar estos espacios dedicados a las instalaciones en arquitectura.

Dada la amplitud del ámbito de estudio es necesario determinar los tipos de edificio, los sistemas de climatización y los huecos ocupados por las instalaciones, a los que se podrá aplicar la citada metodología.

1.3.2. Objetivos específicos.

Cómo objetivos específicos se tienen:

- Describir las diferentes tipologías del edificio de oficinas, y establecer los tipos válidos para la aplicación de la metodología, porque sólo comparando tipos similares los resultados pueden considerarse válidos.
- Describir las claves que repercuten en la ocupación de espacios de los diferentes sistemas de climatización del edificio de oficinas, para encuadrar las soluciones a las que se puede aplicar la metodología que se quiere proponer.
- Identificar y caracterizar los espacios ocupados por las instalaciones de clima en los edificios de oficinas actuales.
- Encontrar qué factores influyen en la determinación del volumen "residual", y cuánto influyen dichos factores.
- Proponer un procedimiento para calcular el volumen ocupado por las instalaciones de un edificio. El método debe permitir extraer el porcentaje ocupado de las instalaciones de climatización.
- Para los cuatro casos analizados, aproximarse al volumen ocupado por las instalaciones de clima en un edificio de uso administrativo respecto del volumen total construido:
 $V_{\text{residual instalaciones clima}} / V_{\text{construido}}$, haciendo un símil a la relación sumamente conocida por los arquitectos $S_{\text{útil}} / S_{\text{construida}}$.

1.4. Contexto bibliográfico.

Dos son los tipos de textos de interés para situar el tema a tratar en esta tesis:

- los escritos por arquitectos, con una visión que va más allá de lo puramente compositivo y prestan interés por la integración de la tecnología en la arquitectura,
- y los escritos por ingenieros, que prescinden del carácter de manual y buscan consideraciones constructivas derivadas de decisiones tecnológicas.

Y de ninguno de los dos modelos hay numerosos ejemplos.

Con Reyner Banham y su libro **La arquitectura del entorno bien climatizado (1975)**, se descubre otra manera de entender y cuestionar la arquitectura desde la técnica. Con su historia analítica de la arquitectura se empezó a trabar esta investigación. A diferencia de otros libros coetáneos no dirige su crítica hacia temas formales sino que pone énfasis en cómo se ha implantado la energía en los edificios desde finales del siglo XIX hasta mediados del XX. El libro se inicia con las primeras experiencias de ventilación doméstica en el "[Octagon](#)"⁷ construida por el doctor John Hayward (Liverpool, 1867) y termina con el expresivo complejo del [Queen Elizabeth Hall](#)⁸ (Londres, 1967). Aunque describe algunos ejemplos singulares de instalaciones de iluminación a lo largo de la historia, su interés principal radica en el análisis de la evolución de los sistemas de climatización y su integración e interrelación con la construcción y la estructura de los edificios. El recorrido se detiene especialmente en el periodo de la implantación y el desarrollo de los sistemas de climatización artificial (1950 a 1970) en Estados Unidos donde las instalaciones de aire acondicionado significaron un notable argumento de diseño en los rascacielos de oficinas de estas dos décadas.

Con esta tesis se pretende un análisis más sistematizado en torno a un tipo de edificio con un uso concreto, el administrativo, para facilitar el encontrar referencias espaciales objetivas. El texto aporta los primeros edificios clave de oficinas totalmente climatizados artificialmente y abre una línea de trabajo sobre la trasposición del modelo americano al edificio de oficinas en España que culmina en el [Capítulo 2](#) de esta tesis.

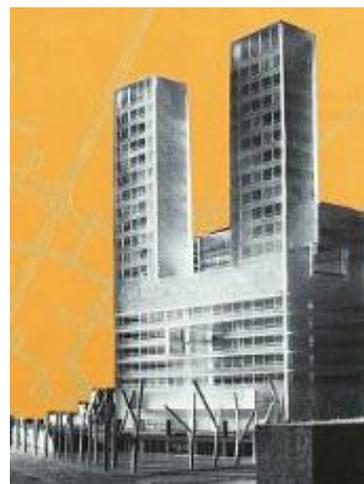
Para el análisis histórico de los fundadores de la tecnología del aire acondicionado y de los primeros edificios en los que se implantaron sistemas de climatización se hace imprescindible la labor realizada por **The Heritage Group CIBSE**. Esta institución, que cuenta con más de cuarenta años de actividad, se instauró tras la Revolución Industrial para recopilar e informar sobre todos los avances tecnológicos que se producen en el campo de la ingeniería de la construcción. La página web de este grupo⁹ recoge numerosa información, sobre todo gráfica de los edificios de principio del siglo XX, con una relevancia particular en la historia de la ingeniería de los primeros sistemas de calefacción y ventilación en Inglaterra, y una importante biblioteca digital.

Teniendo como principal referente el libro del ingeniero americano Brian Roberts **The Story of Comfort Air Conditioning, (2009)** [1.06], editado por el CIBSE para conmemorar los 100 años del aire acondicionado, se analiza la evolución de los sistemas de climatización. El texto realiza un exhaustivo recorrido por la historia del aire acondicionado para todo tipo de edificios y sistemas (desde finales del siglo XIX hasta el año 2000). Los detalles de los equipos y las ilustraciones constituyen una documentación muy relevante para la presente investigación, así como sus reflexiones en relación con las conexiones existentes entre la elección del sistema y el desarrollo tecnológico de la construcción. Fundamentalmente la parte tercera del documento permite conocer, con una cierta comodidad, los edificios más significativos de la tipología edificatoria analizada en el ámbito espacial que en el que se inicia esta tesis: los edificios de oficinas de la América de los años 50-60 y su trasposición a la Europa más anglosajona. Algunas de las claves

que definen los sistemas de clima en estos edificios perduran en los ejemplos más contemporáneos.



Yes, sir, that's the city of the future! Two-hundred storey skyscrapers! Air pumped in from the country. Every cubic foot of space used day and night. Mechanically perfect! Magnificent! Will any one live there?



[1.06]. Lewis Mumford, 1929 . Portada del libro ""The Story of Comfort Air Conditioning".

[1.07]. De la portada del libro "Técnica y arquitectura en la ciudad contemporánea".

En esta mirada retrospectiva surge el primer libro escrito por un arquitecto **El fuego y la memoria (1991)** de Luis Fernández-Galiano. Su visión de la energía relacionada con la materia va más allá que la proporcionada por las instalaciones de climatización. Pero también analiza las consecuencias que implica la necesidad de implementar los edificios con la energía derivada de los combustibles, con una vocación integradora de los sistemas mecánicos.

Dentro de lo que su autor denomina arquitectura heliotécnica se incluyen las arquitecturas estudiadas en este trabajo que van desde el *edificio de la Administración Larkin* de Frank. Ll. Wright (Buffalo, 1905)¹⁰, hasta el *edificio Académico Universidad de California*¹¹, (California, 1970).

Luis Fernández-Galiano y el profesor Rafael Serra son los arquitectos de este contexto bibliográfico. En sus libros se investiga en la búsqueda de los principios generales de las instalaciones de los edificios, mirando los referentes de nuestra historia y descubriendo de qué manera sobreviven a la caducidad de la técnica.

Arquitectura i màquina (1996) de Rafael Serra, como se cita en la contraportada, es un libro que plantea los principios básicos de las instalaciones desde un punto de vista arquitectónico. Establece los conceptos científicos de los principios del funcionamiento de las cosas, y entiende que éstos son más importantes y útiles que las soluciones técnicas específicas, sometidas actualmente a un proceso de envejecimiento muy rápido. El texto trata de unir, de conceptualizar, el complejo mundo de las redes que se implantan en un edificio, independientemente de cual sea el uso del mismo. Así mismo esboza porcentajes de forma muy intuitiva que van desde el 0,1%-5,0% del volumen construido para el transporte de materia y energía en las instalaciones. Estos ratios se reflejan en la [Tabla 1.01].

Instalaciones	% Volumen / Volumen edificio
Instalaciones de electricidad	Ocupación mínima
Instalaciones de transportes y líquidos	(< 0,1%)
Transporte de circuitos químicos (gas...)	(< 0,5%)
Instalaciones de transporte de sólidos y ventilación	(< 1,0%)
Transporte de energía por aire	hasta 2%
Transporte de personas	10% - 20%

[Tabla 1.01]. Repercusión volumétrica de las instalaciones respecto al volumen del edificio.

Y con **Técnica y Arquitectura en la ciudad contemporánea (1992)** [1.07] de Iñaki Ábalos y Juan Herreros se confirma la necesidad de contextualizar el volumen ocupado por las instalaciones como elementos tridimensionales que interceden con los sistemas constructivos en los edificios en altura de uso terciario. El libro es el resultado de una investigación de las relaciones existentes entre los avances tecnológicos (estructurales - sistemas mecánicos) y el proceso de creación arquitectónico. El Capítulo IV: *Implicaciones constructivas de la mecanización del ambiente* continúa el recorrido donde lo había terminado Reyner Banham valorando las repercusiones arquitectónicas de las instalaciones de climatización en los referentes más actuales tales como las obras de N. Foster o R. Rogers. Este libro no sólo ayuda a categorizar los espacios sino que también son interesantes sus reflexiones acerca del alcance en las instalaciones de la organización espacial del trabajo o de la organización topológica de la construcción en altura.

La tesis doctoral de César Martín **El aire acondicionado como factor de diseño en la arquitectura española (2008)** es el documento más reciente recogido en este contexto bibliográfico relevante en el planteamiento de esta tesis. Responde a esa visión conjunta arquitectura-técnica que se considera un principio básico de esta investigación. Se sitúa en España y cierra el ciclo cronológico, aunque su campo de acción se refiere a diferentes tipologías arquitectónicas.

Su análisis pormenorizado de la [Torre BBVA](#) de 1981, estudia uno de los edificios referentes de oficinas en España. En el examen integra edificio e instalación de aire acondicionado y establece las repercusiones que la implantación de las redes tienen en la arquitectura. No realiza una medición clara de volúmenes ocupados.

1.5. Antecedentes.

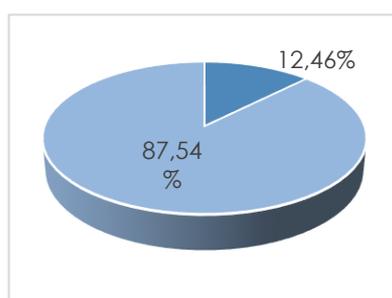
En este apartado se trata de recoger todas aquellas experiencias anteriores, de arquitectos, ingenieros, grupos de investigación, etc. que han tenido la intención de medir los espacios ocupados por las instalaciones en los edificios. Se ha valorado que la compilación de las referencias existentes se considera un aspecto relevante en la reflexión hacia los criterios básicos que se persiguen. Se intuye que no son muchos los ratios modelo que se pueden obtener.

Los valores reflejados en la [Tabla 1.01], obtenidos por R. Serra y sus colaboradores para el libro **Arquitectura i màquina**, son las únicas referencias encontradas expresadas en volumen de forma clara. Definen estos valores: *porcentaje de volumen ocupado por las instalaciones respecto al volumen construido de los edificios*. Hoy en día se estimarían reservas espaciales insuficientes. Para el análisis citado, todos los fluidos que transportan la energía necesaria para acondicionar un espacio, ocuparían un volumen inferior al **3,6%** del volumen total. En el libro no se distingue tipología edificatoria a la que se refieren estos números.

De la innumerable bibliografía americana existente sobre las instalaciones de aire acondicionado, en el libro **Principles of Heating Ventilating and air conditioning**, sólo es en uno de sus 19 capítulos donde se describen los requerimientos espaciales de las instalaciones de climatización de los edificios establecidos. Dichos requisitos se refieren a un porcentaje de la superficie del edificio: *“Los requerimientos espaciales para la totalidad de las instalaciones mecánicas y eléctricas están en el intervalo del 4% al 9% de la superficie construida bruta, la mayoría de los edificios están comprendidos entre el intervalo del 6% y el 9%”*.¹²

Siguiendo con la obtención en metros cuadrados de la ocupación de las instalaciones respecto a la superficie construida, algunos arquitectos han buscado ratios de referencia: César Martín¹³ o I. Ábalos y J. Herreros, por ejemplo. En ambos casos respondiendo a una inquietud claramente académica o investigadora.

En la [Tabla 1.02] y en el gráfico correspondiente, se reflejan los cuatro edificios de oficinas en los que el profesor César Martín ha cuantificado la ocupación en superficie de las instalaciones. En dicho estudio la ocupación de las instalaciones se sitúa entre un valor mínimo del **5,61%** y un valor máximo del **16,13%**.



Superficie de instalaciones en tipología de oficinas.
Valor medio ocupación de instalaciones: 12,46%.

Edificio	Superficie [m ²]	Sup. Instalac. [m ²]	Porcentaje [%]
Edificio de oficinas	12.078,19	1.947,81	16,13%
Sede del Centro Nacional de Energías Renovables	7.044,05	394,89	5,61%
Parlamento de Navarra	12.117,60	1.796,62	14,83%
Edificio departamental de la UPN	6.110,00	512,77	8,39%

[Tabla 1.02]. Resultados y conclusiones para edificios de oficinas, obtenidos por el Doctor Arquitecto César Martín.

Estos resultados corresponden con el trabajo académico realizado por el profesor César Martín en su asignatura *Diseño de Instalaciones* (año 2006) titulado “**¿Cuánto ocupan las instalaciones en un edificio?**”. El estudio plantea los dos parámetros iniciales que condicionan estos ratios, qué instalaciones medimos y en qué tipo de edificios, y por supuesto la zona climática donde se ubican los edificios estudiados.

En este estudio se vislumbran las principales cuestiones ¿Qué edificios se deben de analizar? ¿Qué instalaciones se han de medir?... Todas las mediciones se han realizado en metros cuadrados y como su propio autor indica, no se ha reflexionado sobre el trazado de conductos y tuberías en falsos-techos y suelos técnicos tan relevante en los edificios de uso administrativo.

En el Cuadro III¹⁴. del libro **Técnica y Arquitectura en la ciudad contemporánea**, I. Ábalos & J. Herreros, miden la repercusión que tiene la mecanización del ambiente (núcleos centrales y plantas técnicas) en ocho edificios de uso administrativo, iniciando su laboratorio en la América de los años 50, pasando por España (años 70) y terminando con el edificio *Lloyd's* (1986).

Edificio	Plantas [ud.]	Á. Neta [m ²]	Repercusión [%]	Centralización [ud.]	Á. Servida [m ²]
Edificio de las Naciones Unidas	39	1.925,00	15,00%	4	19.250,00
Island Steel	19 (25 torre servicios)	1117 (960,00 + 157,00)	14,00%	1	21.223,00
Richards Medical Research	7	1.638,00	18,00%	Indep. por torre	1.582,00
Rascacielos Montreal	47	1.980,00	15,00%	4	23.760,00
Chase Manhattan Bank	60 + 4 sót	2.720,00	24,00%	4	48.960,00
Torre BBVA	32 + 4 sót	1.100,00	12,00%	3	12.100,00
Hong Kong & Shanghai Bank	37 + 4	3.343,00	20,00%	Por planta	3.343,00
Edificio Lloyd's	13 + 2	2.981,00	11,00%	4	6.700,00

[Tabla 1.03]. Repercusión núcleos y plantas técnicas en edificios administrativos.



[1.08]. Chase Manhattan Bank. Arquitectos: SOM.



[1.09]. Island Steel. Arquitectos: SOM.

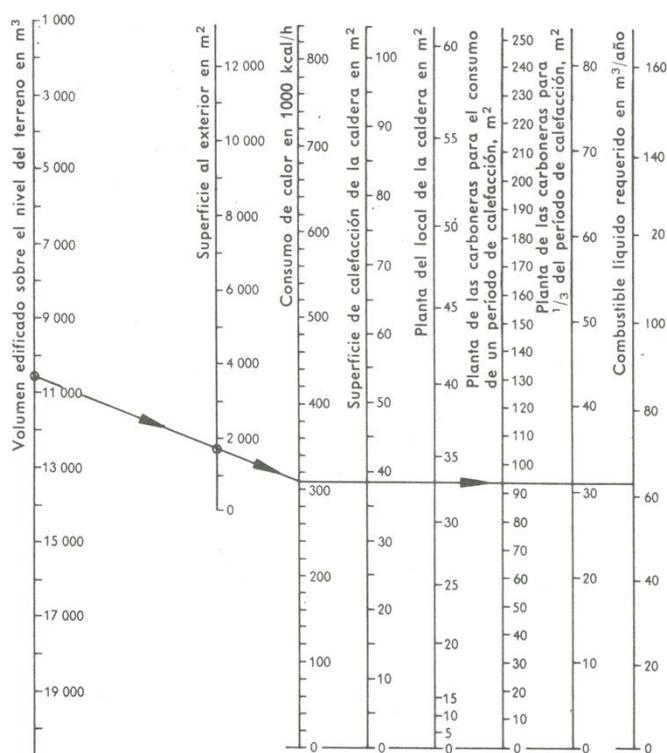


[1.10]. Hong Kong & Shanghai Bank. Arquitecto: Foster Associates.

De acuerdo con este análisis la repercusión de la superficie en planta ocupada por el núcleo de comunicaciones, servicios e instalaciones, varía desde un máximo **24%** del área de la planta tipo en *el Chase Manhattan Bank¹⁵ de SOM* (New York, 1961) y un mínimo del **11%** en el edificio *Lloyd's* [1.08]. El primero, con sus sesenta plantas, requiere cinco baterías de ascensores y el segundo edificio, descentraliza el núcleo en seis compartimentos diferenciados. El estudio también mide el área servida por cada centralización de servicios, pudiendo tratarse de edificios con una única centralización en cubierta como *el Inland Steel¹⁶ también de SOM* (Chicago, 1957) [1.09] o de torres con centralización en cada una de sus 41 plantas como *el Hong Kong & Shanghai Bank¹⁷ de Foster Associates* (Hong Kong, 1986) [1.10].

Sin embargo los valores medios se refieren a los edificios estudiados de mediana entidad, entre 80.000 m² - 100.000 m², donde la superficie ocupada del núcleo central ronda el **15%** y los 20.000 m² el área servida por cada una de las centralizaciones.

Cuando se habla de requerimientos espaciales, los arquitectos recurren al Manual por excelencia de las dimensiones: el **Arte de Proyectar en Arquitectura¹⁸**, de Ernst Neufert, arquitecto y profesor alemán y cuya primera edición corresponde al año 1936. Su autor, con una clara vocación académica, trató de normalizar tipos y medidas. En lo que a los edificios de oficinas y a las instalaciones de climatización las páginas de su libro recogen algunos de los requisitos derivados de la normativa alemana (*DIN 1946*).



[1.11]. Relación volumen edificado / superficie de fachada / planta de la sala de caldera.

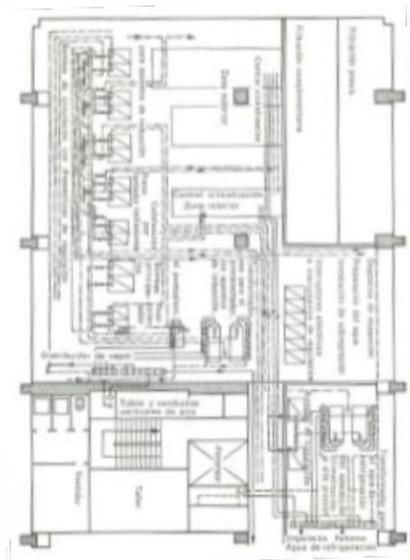
Además de frases como “...la sala de bombas ha de ser espaciosa” o “...la previsión para las instalaciones de climatización deberá ya tenerse en cuenta en el anteproyecto de construcción puesto que influirán bastante en el proyecto y ejecución de la obra”, es interesante el Nomograma para el cálculo aproximado del consumo de calor, de la superficie de calor, planta del local de la caldera y consumo de combustible que plantea el texto; y que pone de manifiesto el gran número de

parámetros que condicionan el espacio destinado a instalaciones, muchos de ellos de índole energético y que requieren un dimensionado de los dispositivos y las redes.

Se observa en la imagen [1.11] como conforme aumenta el tamaño del edificio o la superficie de la envolvente, o ambos factores, la dimensión de los equipos y la superficie de los recintos aumenta.

En el libro **Instalaciones técnicas en los edificios** al igual que en esta tesis se estudian casos reales que garantizan los resultados obtenidos. En el capítulo destinado a las instalaciones de climatización donde se definen los requerimientos de los espacios donde se ubican las instalaciones de acuerdo con las normas DIN 1946 Y VDI se dan pocas dimensiones, aunque si aparece reflejada la idea de integración: *“El proyecto de la central debe ser desarrollado por un técnico especializado, de acuerdo con el plan general del edificio. En los planos de ejecución deben de estar señalados todos los conductos, con sus secciones, los pasos a través de las paredes y techos, rozas, etc.”*.¹⁹

Un ejemplo de este texto es **The Bayer-Hochhaus** de HPP arquitectos (Leverkusen, 1963-2012). [1.12] [1.13]. Edificio que con sus 120 m de altura y 32 plantas, empleaba 500 m² para disponer los equipos de climatización en una planta intermedia de la torre.

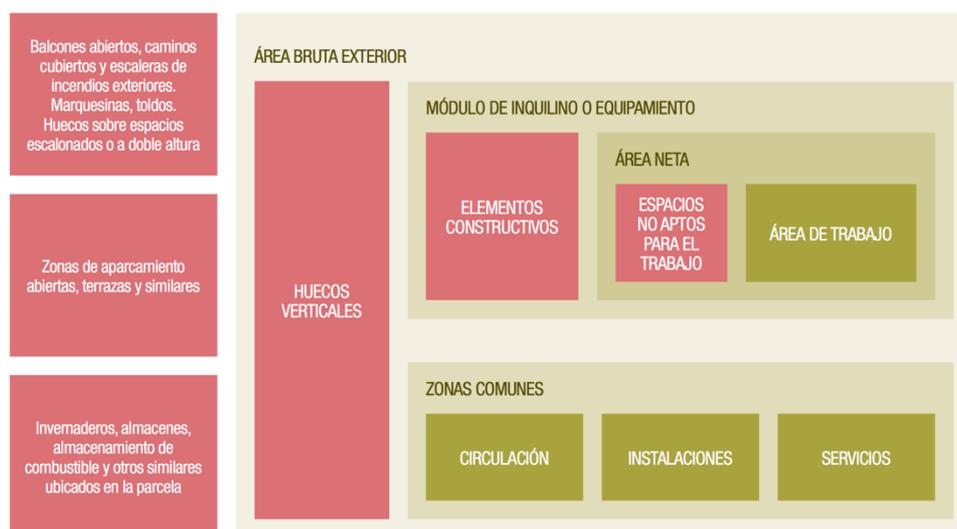


[1.12] [1.13]. *The Bayer-Hochhaus. Esquema planta técnica.*

En las normativas alemanas DIN y estándar VDI, y sus homólogas americanas, es fácil encontrar exigencias respecto a las necesidades de caudales de ventilación para los edificios de oficinas, o ratios de demandas energéticas por metro cuadrado, pero al igual que en las normas españolas, no existen superficies ni volúmenes recomendados para alojar estas instalaciones. Tampoco existen grupos de investigación trabajando en esta línea, ni artículos científicos que definan los requerimientos espaciales de las instalaciones de climatización.

Aunque con otro objetivo, totalmente alejado del que se persigue en esta tesis: buscar la uniformidad en lo que a la medición de la superficie alquilable de un edificio de oficinas se refiere, su voluntad homogeneizadora y el movernos en el mismo terreno, hace del estándar de la Asociación Española de Oficinas una herramienta clave para la medición de espacios en los cuatro casos estudiados. El estándar AEO (*Asociación Española de Oficinas*) [1.14] busca el coste por persona implantado en diferentes edificios de oficinas.

“El Estándar AEO es el resultado del estudio y análisis de los “estándares de medición” que existen actualmente en diferentes mercados internacionales y su adaptación a las prácticas habituales del mercado en España”.²⁰



[1.14]. Estándar AEO.

Existen otros estándares de medición además del AEO, como el BOMA²¹ o el RICS²², todos ellos dirigidos a un mercado inmobiliario. En los tres patrones la valoración de las diferentes categorías de espacios se realiza siempre en superficie (m²), lo que supone una cierta distancia a la hora de considerarlos valores extrapolables como principios básicos para la integración de las instalaciones en la arquitectura. La diferencia con estos estudios es que en la presente tesis el análisis y la medición de los espacios dedicados a instalaciones se lleva a cabo mediante un análisis tridimensional, en sección y analizando sus límites, además de sus repercusiones en la organización funcional del edificio.

La siguiente imagen [1.15] trata de dar una visión general de las diferencias de criterio entre AEO, BOMA y RICS. Los tres estándares valoran la contabilización o no de diferentes parámetros dentro del área alquilable. Los dos primeros, por ejemplo, consideran la zona destinada a instalaciones como parte de la superficie alquilable.

Tipo de Superficie	AEO	BOMA	RICS
Cerramiento Exterior	✓	✗	✗
Estructura interior	✓	✓	✗
Divisiones interiores no estructurales	✓	✓	✓
Escaleras generales	✓	✗	✗
Ascensores	✗	✗	✗
Huecos verticales paso de instalaciones	✗	✗	✗
Circulaciones horizontales	✓	✓	✗
Instalaciones*	✓	✓	✗
Aseos	✓	✓	✗
Superficies Utilizable/pisable/neta	✓	✓	✓

*Área ocupada por instalaciones, cuartos de ascensor y salas de máquinas
 ✓ Superficie contabilizada en el Área Alquilable
 ✗ Superficie NO contabilizada en el Área Alquilable

[1.15]. Estándar AEO. Comparativa entre otros estándares de medición internacionales.

1.6. Metodología de la tesis.

A diferencia de los textos que nos han servido de referencia y en un deseo de sistematizar los “espacios inútiles” ocupados por las instalaciones, esta investigación se centra en un único uso tipológico. En el edificio administrativo es clara la tendencia actual al aumento del espacio ocupado por las instalaciones.

La tesis doctoral se centra en el estudio de la definición y medición de los espacios ocupados por las instalaciones de aire acondicionado, por considerarlas las redes que más repercusión espacial tienen en la arquitectura. Y en la búsqueda de los principios generales que rigen su ocupación a la hora de implantarse en el edificio de oficinas.

Sin querer emular a *Fourier* ni a *Kirchhoff*, con la teoría *Divide y Vencerás*²³ para la resolución de algoritmos, se presenta un tema complejo, con una serie de componentes interrelacionados: tipologías edificatorias diferentes y multitud de instalaciones. Los objetivos específicos pretenden reducir la dimensión del problema, para luego construir la *metodología para analizar las leyes generales* a partir del análisis conjunto de las componentes aisladas.

Para clasificar los diferentes tipos de edificios de oficinas, se ha realizado una investigación bibliográfica de esta tipología arquitectónica desde sus primeros ejemplos hasta la actualidad. Esta mirada histórica se ha llevado a cabo con una visión no sólo compositiva sino valorando la incidencia de la implantación de las instalaciones de aire acondicionado en la configuración formal y funcional de estos edificios. De este análisis teórico se han definido la clasificación de los edificios de oficinas actuales que pueden ser determinantes en el planteamiento general de sus instalaciones.

En la búsqueda de las claves de los sistemas de climatización en los edificios de oficinas, independientemente de cual sea su tipología, se ha aprovechado la experiencia académica de la autora. A partir de su labor docente, se han entresacado los aspectos más relevantes de las instalaciones en general, y de las de climatización en particular, que puedan incidir en la ocupación de las redes y dispositivos dentro de los edificios. Se han empleado como referencias bibliográficas, manuales, normas y textos académicos.

Estos dos análisis estancos en el tiempo responden a la filosofía de L. Fernández-Galiano en su libro *El fuego y la memoria*, que partiendo de las ideas del científico Margalef, considera que la arquitectura además de materia y forma es información que estudiada permite hacer más eficiente otras arquitecturas futuras: “*Son dos, pues, los sentidos en los que cabe hablar de que la energía ya utilizada se conserva: como organización material, que hace más eficaz el uso posterior de la energía, y como organización mental, resultado de un proceso de adquisición de experiencia, que conduce también a una mayor eficacia futura*”²⁴. Desde el análisis de lo construido, desde el estudio de la evolución de las instalaciones de climatización y su integración con los edificios, podremos encontrar las repercusiones de la climatización artificial en el edificio de oficinas actual.

El tercer recorrido supone la superposición de los dos análisis anteriores (formal y funcional / tecnológico) y pretende establecer las relaciones o efectos del solape de un elemento sobre el otro. Por un lado, discernir los diferentes espacios ocupados por las instalaciones de oficinas que han de ser medidos en la parte experimental de la investigación para obtener $V_{residual\ instalaciones\ clima} / V_{construido}$. Y en segundo lugar, valorar la incidencia que puede tener la tipología arquitectónica del edificio de oficinas en la contabilización de dicha ocupación.

La cronología de los diferentes itinerarios se inicia en los años 50, en el continente americano, por ser el momento de auge del edificio en altura de uso administrativo y de la

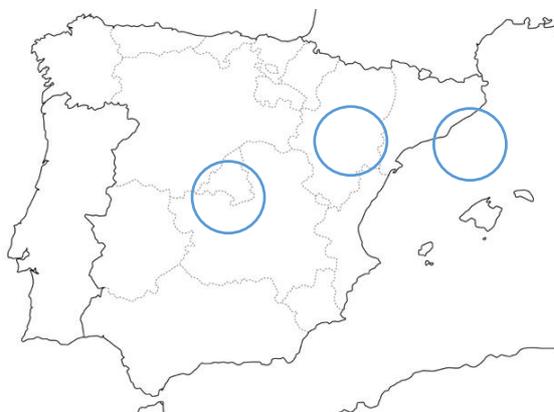
implantación definitiva del aire acondicionado; revisa el establecimiento de estos modelos en España, veinte años después, en Barcelona y en Madrid; para situarnos por último en lo que se ha denominado *momento actual* y que supone el intervalo temporal 2000-2010, puesto que en los años posteriores apenas se han construido edificios de oficinas de nueva planta de una cierta envergadura. La medición de los cuatro casos experimentales es un segundo itinerario desde el detalle a lo general aplicando lo visto en los estudios teóricos anteriores.

Para la definición del procedimiento metodológico que se pretende determinar, de la totalidad de los casos existentes, el análisis experimental se realizará sobre cuatro edificios situados en el eje Barcelona-Zaragoza-Madrid [1.16] construidos en década del 2000-2010:

- **TORRE LLACUNA. (Barcelona, 2004).**
TAC Arquitectes.
- **EDIFICIO DE OFICINAS DE LA SOCIEDAD EXPO 2008. (Zaragoza, 2008).**
Arquitecto: Basilio Tobías Pintre.
- **TORRES ESTE Y OESTE WTCZ. (Zaragoza, 2008).** *Arquitectos: Aranaz y Asociados.*
- **LA TORRE DE CRISTAL. (Madrid, 2008).** *Arquitectos: Cesar Pelli, Fred W. Clarke, Rafael Pelli.*

Se considera que los cuatro, tienen la suficiente categoría arquitectónica para formar parte de esta selección; sus arquitectos e ingenieros son profesionales especialistas en el diseño de los edificios de oficinas y de sus instalaciones, algunos de ellos de reconocido prestigio internacional, Los cuatro han significado momentos claves en el desarrollo urbanístico e incluso "simbólico" de sus ciudades. Son modelos muy claros de las diferentes tipologías del edificio de oficinas y el abanico de sistemas de climatización recogido en la muestra es suficientemente amplio para poder valorar las claves de las instalaciones de aire acondicionado que más se han implantado en estos edificios en el periodo temporal elegido. Su clasificación arquitectónica y su tipología de instalación de climatización se reflejan en el [Capítulo 5](#) de esta tesis y en el [Anexo 1](#).

La muestra no es suficiente para obtener un patrón que defina el ratio a obtener $V_{residual}$ $instalaciones\ clima / V_{construido}$. en los edificios de oficinas. Sin embargo es relevante para tras su análisis analizar los criterios básicos de la ocupación y los factores de crecimiento del volumen necesario para la implantación de las instalaciones de climatización. En este estudio se obtienen unos datos sobre los edificios estudiados que podrían variar en el tiempo debido a las continuas innovaciones en los sistemas industriales y en los requisitos normativos exigidos.



[1.16]. Ubicación de los distintos edificios analizados.

Además de los cuatro edificios se disponía del Proyecto de climatización, aspecto realmente importante para conseguir los objetivos que se pretende.

1.7. Contenido de la tesis.

En el **Capítulo 2_EL EDIFICIO DE OFICINAS** se analiza la tipología arquitectónica del uso administrativo. Se hace un breve recorrido histórico buscando las tipologías edificatorias vinculadas al uso de oficinas y los principales factores que las han ido definiendo: sistemas constructivos, avances tecnológicos, organizaciones funcionales y configuración del espacio de trabajo a lo largo de las diferentes etapas de la arquitectura.

Se pretende constatar los dos tipos de edificios administrativos contemporáneos que se van a considerar en esta tesis a la hora de implantar las instalaciones de climatización.

En el **Capítulo 3_LAS INSTALACIONES** se buscan los principales factores que pueden condicionar la ocupación de las redes mecánicas de los edificios de oficinas analizados. Se enumeran los dispositivos y sistemas que componen las redes de los cuatro casos, prestando una mayor atención a los sistemas de climatización. En el **punto 3.2.1** de este mismo apartado, se analiza la evolución histórica de las instalaciones de climatización a partir del momento en que surgió el edificio de oficinas. Junto con el apartado **2.1.1 del Capítulo 1_ El EDIFICIO DE OFICINAS** se investiga en referentes de arquitectura para entender los edificios actuales y sus instalaciones.

El capítulo se complementa con el **Anexo 2_INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO**, donde se recogen la mayor parte de los sistemas de climatización. Esta recopilación no pretende ser un manual de aire acondicionado sino analizar los equipos y sistemas destacando de cada uno de ellos los principales factores que pueden condicionar su implantación en los edificios. Y en el **Anexo 3_OTRAS INSTALACIONES**, se valoran las relaciones de las otras redes del edificio administrativo con las de climatización.

En el **Capítulo 4_REPERCUSIÓN ARQUITECTÓNICA DE LAS INSTALACIONES EN EL EDIFICIO DE OFICINAS** es un tercer recorrido por la implantación de instalaciones en el edificio administrativo considerando ambos aspectos (arquitectura y mecanización), y estableciendo las repercusiones espaciales que supone esta superposición. Se clasifican y analizan cada uno de los espacios que pueden ocupar las instalaciones de climatización para valorar los factores que determinan su crecimiento. Se contextualiza la incidencia de las tipologías en la ocupación de las instalaciones de clima.

En el **Capítulo 5_OCUPACIÓN DE INSTALACIONES DE ACONDICIONAMIENTO EN EDIFICIOS DE OFICINAS** se incluyen cuatro casos de estudio en los que se mide el volumen ocupado por las instalaciones de acondicionamiento ambiental y se establecen los ratios correspondientes en función del volumen construido. En los apartados previos a los casos se establece la metodología de análisis llevada a cabo para realizar las mediciones.

Se obtienen también las conclusiones parciales de cada caso, en relación con los factores que determinan la ocupación de las instalaciones que se derivan de este análisis experimental.

El capítulo se complementa con el **Anexo 1_Casos de estudio**, donde se recoge toda la información y el proceso de estudio que se ha llevado a cabo en cada uno de los cuatro edificios.

En el **Capítulo 6_CONCLUSIONES** se exponen el análisis de los resultados, las conclusiones parciales y las conclusiones finales obtenidas; así como nuevas líneas de investigación que tienen como base el trabajo realizado.

Referencias.

1. *La Vanguardia*, 20/Febrero/1972, pág.16. Arquitectos: Josep Anglada, Daniel Gelabert y Josep Ribas.
<http://ribas-arquitectos.com/index.php/es/proyectos-gallery/tipologia/oficinas/44-proyectos/oficinas/234-edificio-colon-1972-1975-barcelona2015>.
2. En el año 2005 se presentó el Proyecto de Tesis.
3. Serra Florensa R., "Arquitectura i màquina". Ediciones UPC, 2008, Barcelona. Pág.24.
4. Real Academia Española, "Diccionario de la lengua española". Vigésimo segunda edición.
5. Martín C., Tesis doctoral:"El aire acondicionado como factor de diseño en la arquitectura española: Energía materializada". ETSAUN, 2008. Pág. 347.
6. Banham, R. "La arquitectura del entorno bien climatizado". Buenos Aires, Ediciones Infinito, 1975. Pág. 282. Citado en 1964 en el *World Architecture I*. Pág. 35.
7. Octagon, 1867. Banham, R. "La arquitectura del entorno bien climatizado". Pág. 35-38.
<https://books.google.es/books?id=BrAgBQAAQBAJ&pg=PA35&lpg=PA35&dq=architecture++Octagon+ventilation&source=bl&ots=nvLwsHN1-6&sig=VfkYYFzrWllqSA1ka4ZDNejphTs&hl=es&sa=X&ved=0CEwQ6AEwCGoVChMli-blp8C8yAlVzJgaCh041QYO#v=onepage&q=architecture%20%20Octagon%20ventilation&f=false>. 2015.
8. Queen Elizabeth Hall, 1967.
<http://www.press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/B/bo3643569.html>\n<http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/B/bo3643569.html>.2015.
9. <http://www.hevac-heritage.org/>, año 2015.
10. Quinan J., "Frank Lloyd Wright's Larkin Building. Myth and Fact". Chicago, Editado por The University of Chicago press books, 2006.
11. Fernández-Galiano L., "El fuego y la memoria". Editorial Alianza Forma, 1991, Madrid. Pág. 155 y Pág. 239.
12. Sauer Jr. Harry J., Howell Ronald H. y Coad William J., "Principles of Heating Ventilating and air conditioning" 2001. Editado por American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers(ASHRAE).Apartado 11.14.
13. Martín C. "¿Cuánto ocupan las instalaciones de un edificio?" 2006. Estudio llevado a cabo en la asignatura de "Diseño de Instalaciones" de la ETSAUN.
14. Ábalos I. & Herreros J., "Técnica y Arquitectura en la ciudad contemporánea". Editorial Nerea, 1992, San Sebastián. Cuadro III: Implicaciones constructivas de la mecanización del ambiente (2).
15. http://www.som.com/projects/one_chase_manhattan_plaza
16. http://www.som.com/projects/inland_steel_building
17. <http://www.fosterandpartners.com/projects/hongkong-and-shanghai-bank-headquarters/>
18. Neufert, E., & Neufert, P., "Arte de proyectar en arquitectura". Editorial Gustavo Gili, 2006, Barcelona.
19. Sage, K. "Instalaciones técnicas en edificios". Vol 2. Instalaciones de ventilación y acondicionamiento del aire. Instalaciones sanitarias. Instalaciones industriales de elevación y transporte. Colaboradores: Willi Henkel, Franz Sommermeyer, Klaus W. Usemann. Editorial Gustavo Gili, 1975, Barcelona. Pág 23 Clasificación de las instalaciones de aire.
20. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE OFICINAS (Dirección y Coordinación). INMOSPAC Y BLÁZQUEZ ARQUIMIA, J. L. Guillermo (Redacción y desarrollo técnico). GARCÍA GONZALEZ, Alejandro (Arquitectura). SAVILLS CONSULTORES (Traducción al inglés). "Estándar AEO para la Medición de Espacios de Oficinas". Marzo de 2014.
21. <http://www.boma.org/Pages/default.aspx>

22. Estándar de medición RICS <http://www.rics.org/es/>
23. Guerequeta R. y Vallecillo A., "Técnicas del diseño de algoritmos" Servicio de Publicaciones de la Universidad de Málaga. 1998. <http://www.lcc.uma.es/~av/Libro/CAP3.pdf>, año 2015.
24. Fernández- Galiano, L. "El fuego y la memoria" Editorial Alianza Forma, 1991. Madrid. Pág. 78.

Imágenes.

- [1.01] https://jmassey.expressions.syr.edu/upstatemodern/files/2014/05/Montano_06_TemperatureRecorder_1233051.png
- [1.02] <http://ribas-arquitectos.com/index.php/es/proyectos-gallery/tipologia/oficinas/44-proyectos/oficinas/234-edificio-colon-1972-1975-barcelona2015>
- [1.03] [http://static.standard.co.uk/s3fs-public/thumbnails/image/2013/09/12/10/AN_27882567-\(Read-Only\).jpg](http://static.standard.co.uk/s3fs-public/thumbnails/image/2013/09/12/10/AN_27882567-(Read-Only).jpg)
- [1.04] <https://guiaparaelespacio.files.wordpress.com/2013/08/bbva-deshara-sedes-madrid-construir-ciudad-corporativa.jpg>
- [1.05] http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1091&context=hp_theses. A Thesis in Historic Preservation Presented to the Faculties of the University of Pennsylvania in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Historic Preservation. 2007. Advisor: David G. De Long.
- [1.06] Lewis Mumford, 1929 . Portada del libro ""The Story of Comfort Air Conditioning""
- [1.07] De la portada del libro "Técnica y arquitectura en la ciudad contemporánea"
- [1.08] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/15/Chase_Tower_in_Chicago.jpg
- [1.09] <http://static1.squarespace.com/static/5282528de4b089e1e33e9ff0/52e1712ee4b0f2e77d166bc3/52e93dd1e4b04bbce37a708d/1391017981331/DSCN2463w.jpg>
- [1.10] <http://www.fosterandpartners.com/projects/hongkong-and-shanghai-bank-headquarters/>
- [1.11] Relación volumen edificado / superficie de fachada / planta de la sala de caldera. Neufert, pág. 71.
- [1.12] <http://www.hpp.com/abbildungen/presentation/000503.jpg>
- [1.13] Neufert E. "Arte de proyectar en arquitectura".
- [1.14] Estándar AEO. Estándar AEO. Pág. 12.
- [1.15] Estándar AEO. Estándar AEO. Pág. 31.
- [1.16] Ubicación de los distintos edificios analizados, elaboración propia.

Tablas.

- [Tabla 1.01] Fuente: "Arquitectura i màquina" de R. Serra. Apartado 2.1. El elemento transportado.
- [Tabla 1.02] Fuente: César Martín.
- [Tabla 1.03] Fuente: Ábalos I. & Herreros J., "Técnica y Arquitectura en la ciudad contemporánea". Editorial Nerea, 1992, San Sebastián. Cuadro III: Implicaciones constructivas de la mecanización del ambiente.

Capítulo 2. EL EDIFICIO DE OFICINAS

“La forma sigue a la función”.

Louis Sullivan.

¿Es válida para esta tesis la clasificación de los edificios administrativos en las tres categorías (Edificios Gubernamentales - Bolsas y Bancos - Almacenes y Oficinas) que establece N. Pevsner en su libro *Historia de las tipologías arquitectónicas*¹ de 1991?. ¿O son válidos para este estudio, desde las instalaciones, los parámetros que define el Grupo de Investigación de la Universidad de Alicante dirigidos por J. Blesa y E. Barona² para determinar las tipologías funcionales del edificio de oficinas?.

En la propuesta más historicista, los edificios de las dos primeras categorías, responden a ejemplos que no se adaptan al momento actual. Los edificios de uso administrativo han perdido el carácter representativo de las grandes bolsas, bancos o edificios gubernamentales, predominando la funcionalidad y la imagen corporativa en los nuevos diseños arquitectónicos. La segunda propuesta, aunque más moderna, resulta bastante compleja si el objetivo es ver la interconexión tipología arquitectónica e implantación de las instalaciones de aire acondicionado. Son muchos los tipos propuestos y ninguna de las clasificaciones incide en la importancia de las instalaciones en su definición.

El objetivo de este apartado es la búsqueda de la clasificación del edificio de oficinas contemporáneo que pudiera condicionar de forma relevante el volumen ocupado por las instalaciones de climatización.

En la primera parte se hace un recorrido histórico de los principales hechos que tuvieron relevancia en la determinación de las tipologías arquitectónicas que se pueden considerar referentes en el edificio administrativo, y se valora cómo la climatización de los edificios determina la tipificación de los mismos, sin un análisis exhaustivo de los sistemas empleados. También se estudian de forma resumida otros aspectos que determinaron tales tipologías como el sistema constructivo empleado y los avances tecnológicos, la evolución de la configuración del espacio de trabajo o las diferentes tipologías funcionales del edificio administrativo.

Y en la segunda parte se establece la clasificación tipológica a considerar en la presente tesis.

2.1. Tipologías arquitectónicas. Análisis histórico.

2.1.1. Generación de modelos.

Se trata de establecer cuáles son los modelos que realmente han influido a la hora de proyectar un edificio de uso administrativo. Se distinguen cuatro tipologías generadas en Estados Unidos en menos de un siglo de arquitectura y se valora como uno de los principales motores para establecer los rasgos formales que crean dichos tipos y sus correspondientes subtipos son los desarrollos tecnológicos relacionados con el acondicionamiento térmico de los edificios de oficinas. Los cuatro referentes americanos considerados son:

- **Bloque tectónico con patio.**
- **Bloque con atrio interior.**
- **La torre articulada.**
- **La torre prismática vidriada.**

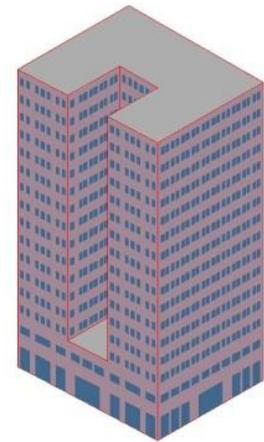
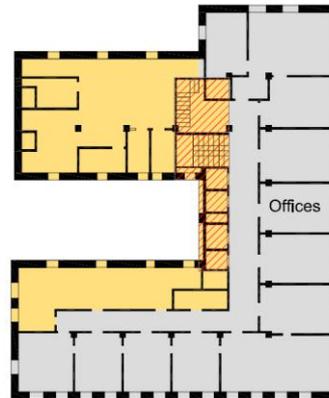
El estudio se realiza considerando las instalaciones de climatización como elementos volumétricos que se implantan en el edificio relacionándose con él. La investigación permite establecer las correspondencias entre tipología arquitectónica y sistema de acondicionamiento térmico en el [Capítulo 4](#) de esta tesis.

La generación de los modelos que sirven como referencia en Europa y en España para proyectar edificios de oficinas se establecen a partir de un recorrido por el periodo de la historia de la arquitectura americana desde finales del S.XIX hasta mediados del S.XX. La necesidad de implantar nuevos usos y el avance de las tecnologías constructivas permite en ésta época la generación de nuevos tipos arquitectónicos que desembocan en el modelo por excelencia: la torre vidriada de oficinas.

Se han determinado, tras un análisis bibliográfico, cuatro tipologías con entidad suficiente para considerarlas modelos por su capacidad de sistematización y de repetición posterior. Se describen a continuación sus características definidoras y se insiste en los motivos medioambientales que las generaron.

- **Bloque tectónico con patio.**

Esta tipología surge en la ciudad de Chicago a finales del S.XIX, porque nace un uso nuevo: *la oficina*, con requerimientos diferentes a los usos conocidos, residencial principalmente, y que debía implantarse en las zonas más densamente pobladas de la ciudad. Los primeros síntomas de organización del trabajo los describe así I. Ábalos y J. Herreros en su libro *Técnica y Arquitectura en la ciudad contemporánea*: *“Pero se trata de una actividad fija en el espacio y en el tiempo, gremial, dependiente del medio físico natural; una actividad que se relaciona en edificios unifuncionales y está vinculado a un modelo urbano basado en la concentración del terciario”*.³



[2.01] [2.02]. El edificio Guaranty: Distribución de oficinas y área de servicios.

[2.03]. Bloque tectónico con patio.

A diferencia de las construcciones de la época se pueden considerar edificios en altura y no se podrían haber realizado sin la aparición del ascensor y los avances de la estructura de acero. Sin embargo, dado que resultaron de la “extrusión” en altura de parcelas completas, colindantes con viales por lo menos a dos lados del solar, las proporciones resultantes de los edificios correspondían más a un bloque que a una torre, no obstante este tipo fue llamado “Chicago Quarter Block”.⁴

El edificio *Guaranty* del arquitecto Louis H. Sullivan (Buffalo, 1894) [2.01], y con referencias estilísticas de los edificios italianos, con sus 13 plantas [2.02] es uno de los primeros edificios administrativos que se construyó en altura. Aunque desde los viales principales de acceso al edificio la configuración volumétrica parece compacta, la planta del edificio tiene un retranqueo a modo de patio en la fachada posterior con objeto de conseguir iluminación y ventilación natural en la mayor parte de las oficinas, incluso en la escalera y los servicios.

El modelo de **bloque tectónico con patio** [2.03] diseñado por la Escuela de Chicago, con 15 plantas de altura como máximo, respondía a la necesidad de un óptimo aprovechamiento en planta para la obtención de espacio de trabajo. El espacio útil venía condicionado por la profundidad de la oficina compartimentada que se pretendía, que siempre debería estar ventilada e iluminada de forma natural obteniendo condiciones óptimas de habitabilidad en las estancias. El resultado: plantas en forma de “U”, de “E”, etc. y la máxima superficie de piel con aberturas equilibradas entre vacíos y llenos, gracias a los armazones ligeros de hierro ocultos en la fachada.

La misma configuración volumétrica, aunque escalonadas las últimas plantas a modo de remate, es la del *Milam Building* del arquitecto George Willis junto con el ingeniero M. L. Diver (San Antonio, Texas, 1928). Este edificio significó además un cambio en el planteamiento del acondicionamiento térmico de los espacios de trabajo al incorporar una instalación de climatización artificial. Este edificio no es un hito por tener la estructura de hormigón más alta del mundo (en su época), o la piel de fábrica y huecos, o por sus cuatro ascensores, sino por ser considerado el primer edificio de oficinas totalmente acondicionado.

Este modelo fue exportado en primer lugar a Nueva York, en los años siguientes, resultando los primeros rascacielos “pesados”, debido al elevado coste del suelo y a la dureza del terreno sobre el que se edificaba. Surgen así torres escalonadas tan emblemáticas como el edificio *Chrysler*

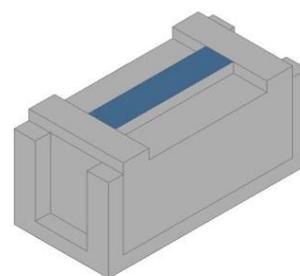
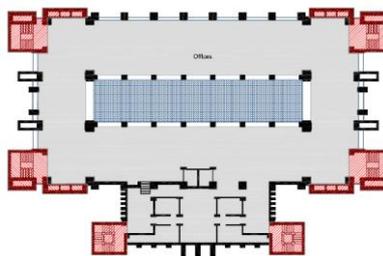
de William van Allen (New York, 1932) -96.300 m² y 77 plantas sin aire acondicionado-, o el *Empire State* de Sherve, Lamb & Harmon (New York, 1931). En ambos edificios la profundidad de las plantas, los retranqueos en determinados niveles, la organización de los núcleos de ascensores, servicios y almacenes, la configuración de las ventanas y de las oficinas responden a necesidades de ventilación e iluminación natural de todos los espacios de trabajo.

- **Bloque con atrio interior.**

Anterior al desarrollo del edificio administrativo en Chicago, Frank Lloyd Wright construyó en Buffalo el primer edificio de oficinas sellado y climatizado de forma artificial, *el edificio de la Administración Larkin* [2.04]. La importancia de este edificio no radica tanto en servir de modelo a otros edificios similares, aunque tuvo y tiene su repercusión en edificios posteriores, sino en proyectar las instalaciones de climatización como elementos volumétricos que se implantan en el edificio relacionándose con él tanto interior como exteriormente, o como dice R. Banham: *“Los escritos históricos y críticos han tendido a concentrarse, exclusivamente, en el feliz logro de sus espacios interiores y de su relación con los grandes volúmenes exteriores, sin observar que el sistema del manejo de la climatización interviene crucialmente entre la forma interior y exterior”*⁵. El edificio Larkin es en sí mismo un invento, una manera de hacer.

Se trata de un bloque compacto donde las torres para la ubicación de las escaleras y los huecos para los conductos de ventilación y para el resto de las instalaciones inciden en la configuración volumétrica del bloque y quedan remarcadas en la planta del edificio [2.05]. Podríamos decir que es el primer *bloque articulado* de la historia. Además de la forma exterior, en este edificio hay que resaltar la calidad de los espacios interiores que responde a un modelo repetido en importantes obras de arquitectura para el uso administrativo, el **bloque con atrio interior** [2.06]. Esta organización garantiza la luminosidad y la calidad de los puestos de trabajo aislándose del exterior adverso, aunque dificulta la climatización de los espacios de relación de gran altura. En la administración Larkin, las rejillas de ventilación se sitúan bajo los antepechos de los balcones garantizando el confort térmico de las zonas de trabajo.

La obsesión por sellar los edificios de trabajo, reduciendo el número de ventanas accesibles a los usuarios y consiguiendo el confort mediante sistemas artificiales como en el edificio “sin ventanas” como *el Hershey Chocolate Company* diseñado por de Paul Witmer (Pennsylvania, 1934) o la exposición de los núcleos de instalaciones en el exterior de los edificios como en *el Richards Medical Research building* de Louis Kahn, las referencias al edificio de F. L. Wright son inevitables en muchas propuestas administrativas posteriores.



[2.04] [2.05]. El edificio de la Administración Larkin: Distribución núcleos de escaleras y área de oficinas.

[2.06]. Bloque con atrio interior.

- **La torre articulada.**

Se entiende por **torre articulada** aquella que está compuesta por dos volúmenes diferenciados: la torre de oficinas acristalada y el núcleo de servicios, sistemas mecánicos y escaleras; de esta forma se libera la máxima planta diáfana, y por tanto, la mayor superficie posible de espacio de trabajo. Esta organización funcional que se plasma en la configuración externa del edificio tuvo su origen en la *Philadelphia Savings Fund Society (PSFS)* diseñada por Howe y Lescaze (Philadelphia, 1932) [2.07]. De todos los edificios de oficinas construidos en América antes de la II Guerra Mundial, éste es sin duda el que más repercusión posterior tuvo y la *articulación* es un argumento muy repetido a la hora de proyectar edificios administrativos.

La *PSFS*, con 34 alturas, es considerado el primer rascacielos del Estilo Internacional⁶, y muestra la simplicidad y los rasgos estilísticos que caracterizan a este movimiento. Su planta [2.08], en forma de T organiza el conjunto de las dependencias y elementos destinados a instalaciones, comunicaciones y servicios en la zona sureste, disponiendo las oficinas de diferentes tamaños en las orientaciones este, oeste y norte del edificio. Exteriormente se diferencian dos prismas [2.09], uno más acristalado y otro mucho más opaco de color oscuro.

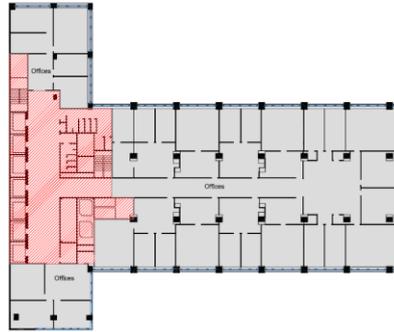
El origen de la tipología de la torre articulada se entiende mejor si se relaciona con los sistemas de climatización de la época. La mayoría de estos edificios disponían de aire acondicionado antes de la Guerra, eran sistemas "Todo Aire" con la consiguiente demanda espacial que se exigía para la ubicación de los conductos verticales y que pudo inspirar estéticas tan expresivas como la de la torre articulada: "La era de la planta libre de oficinas no había llegado"⁷. El desarrollo horizontal de los conductos era mucho más discreto resolviéndose con un falso-techo que cerraba la cámara y ocultaba toda la máquina interna del edificio.

Desde Wright en *la Administración Larkin* hasta Khan en el *Richards Medical Research building*, las instalaciones de los edificios han servido para generar volúmenes singulares en la arquitectura tanto exteriormente como mostrando las distribuciones horizontales de tuberías y conductos, incorporando la estética de la técnica en los edificios. Así lo expresa R. Serra refiriéndose a las interrelaciones entre la técnica y la arquitectura:

"Porque en realidad no existe realmente contraposición entre técnica y arte, un planteamiento técnico puede favorecer la creación de una forma estética más bella y, a la inversa, una aproximación estética a un problema técnico o científico puede permitir su solución más rígida".⁸

Ejemplos de torres articuladas más puras, donde más claramente están diferenciadas las oficinas y los núcleos servidores, llegaron algunos años más tarde como el edificio, *Inland Steel building*, en Chicago. La configuración de la torre mediante la yuxtaposición del bloque de oficinas y del núcleo de servicios, instalaciones y comunicaciones es un concepto definidor de la forma de la planta y de la configuración volumétrica de la torre.

Pero la influencia en la generación de modelos de la *PSFS* no solo se refiere a la articulación de los dos prismas que la configuran sino que además su diseño incluye algunos de los rasgos más característicos de las torres de oficinas posteriores: la planta mecánica intermedia, el elemento remate en la parte superior de la torre y el basamento constituido por un plinto de uso comercial o dependencias especiales del edificio de oficinas.



[2.07] [2.08]. El edificio PSFS: Distribución Oficinas y área de servicios, comunicaciones e instalaciones.

[2.09]. Torre articulada.

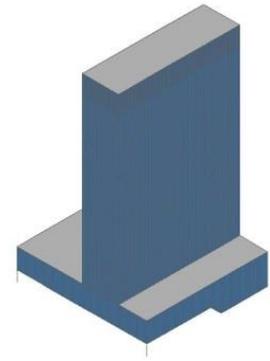
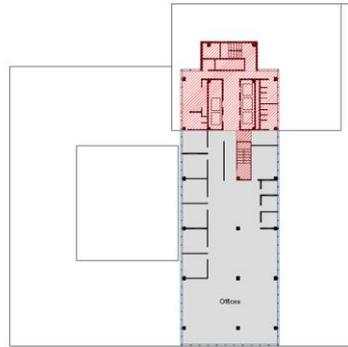
- **La torre prismática vidriada.**

Los criterios estéticos que promulgaba el Estilo Internacional en América en los años 20 o más tarde el Movimiento Moderno desde Europa, con arquitectos como Le Corbusier o Mies Van der Rohe, exigía que la torre de oficinas, paradigma del desarrollo económico tras la II Guerra Mundial, presentara un aspecto externo más compacto, prismático y liviano, alcanzando esta tipología su máximo auge en ciudades como Chicago o Nueva York en los años 50-60.

Así, el perseguido rascacielos de cristal de Mies Van de Rohe ve su culminación en su trabajo en colaboración con Philip Johnson con *el edificio Seagram*, (New York, 1958)⁹. De planta en “doble T superpuesta” y con 38 pisos de oficinas se separa del planteamiento predominante de la época de aprovechamiento del suelo en altura al incorporar en el conjunto un espacio público libre e integrarlo a la planta de entrada totalmente transparente. El elemento remate en la parte superior de la torre que recoge la planta técnica del edificio. Junto con los tres núcleos de comunicaciones, servicios e instalaciones, situados en el interior de la planta de oficinas totalmente diáfana, que recorren todo el edificio verticalmente y anclan la torre al suelo, son los aspectos formales que constituirán un rasgo tipológico de los siguientes proyectos para uso administrativo de Mies y también de otros autores.

Esta nueva concepción de la gran **torre prismática vidriada** no se pudo llevar a cabo sin la aparición del muro cortina y la implantación total de los sistemas de aire acondicionado. La planta de la torre de oficinas rectangular, el núcleo de servicios y comunicaciones central liberando el máximo de la planta libre para oficinas y la superficie de envolvente mínima acristalada son los rasgos que definen la tipología por excelencia para el edificio administrativo. Interiormente el empleo de sistemas de aire acondicionado que utilizaban como elemento distribuidor el agua en lugar del aire y la consiguiente reducción de los conductos verticales que atravesaban los edificios en altura permitió la planta de oficinas diáfana próxima a la estética minimalista del momento.

El primer bloque de oficinas totalmente sellado y climatizado de forma artificial fue el *Equitable building* de P. Belluschi (Oregón, 1948). Fue uno de los primeros edificios que utilizó doble vidrio tintado de color verde para reducir la radiación solar, único elemento empleado para el control de la incidencia de la luz directa o del deslumbramiento. Fue el primer edificio calefactado, enfriado y ventilado gracias a la instalación de aire acondicionado diseñada por el ingeniero J. Donald Kroeker.¹⁰



[2.10] [2.11]. El edificio Lever House: Distribución Oficinas y área de servicios.

[2.12]. Torre prismática vidriada.

Pero sin duda la torre prismática vidriada de referencia no es otra que la *Lever House* diseñado por Skidmore, Owings y Merrill (New York, 1952) [2.10]. Sus 21 plantas permitían no disponer de planta intermedia técnica [2.11]. Entre sus rasgos más característicos están: el plinto sobre el que “flotaba” la torre de oficinas y la diferenciación en la apariencia exterior de la planta mecánica [2.12] ubicada en la parte superior de la torre se repitieron en otros edificios de similares características en los años siguientes en América Occidental.¹¹

Un concepto similar fue utilizado un par de años antes en el *edificio de las Naciones Unidas* (New York, 1950). Aunque la concepción original se debe a Le Corbusier, la realización final fue llevada a cabo por Wallace Harrison. Un edificio de mayor superficie construida obligaba a la ubicación de dos plantas intermedias mecánicas, además del sótano y la cubierta con objeto de optimizar el espacio requerido por los conductos verticales del aire acondicionado. La gran torre vidriada se pudo llevar a efecto empleando el sistema de aire acondicionado “aire-agua” denominado “*Carrier Weathermaster*” que posteriormente se sistematizó como medio de climatización artificial de los edificios administrativos totalmente acristalados, o como lo expresó R. Banham:

*“Le Corbusier llevó a cabo su sueño de crear una gran torre de vidrio en un emplazamiento urbano, y también encontró aquí, en Nueva York, el talento del único hombre que podría hacerla funcionar: Willis Carrier”.*¹²

A partir de la *PSFS* y gracias al avance de las técnicas constructivas tanto de la envolvente como de los sistemas de acondicionamiento artificial se obtuvieron otros subtipos de torre acristalada: **la torre articulada, la torre sobre un podio, la torre con planta remate en cubierta y la torre con plantas intermedias**, principalmente, cuyos rasgos formales de forma pura o combinada se repiten en torres posteriores.

A partir de los años cincuenta, se implantó como modelo definitivo la torre prismática vidriada en el continente americano a la vez que importaba el concepto al resto del mundo anglosajón y a Europa.

De este hecho no cabe duda considerar responsables al estudio de arquitectura SOM donde sus arquitectos hicieron de la forma de proyectar el edificio de oficinas una metodología de trabajo basada en la ingeniería estructural y en la función del espacio de trabajo, que se plasma en el libro de Ernst Danz y Axel Menges *La arquitectura de Skidmore, Owings y Merrill, 1950-1973*.

- Influencias en Europa en los años 60-80.

Después de unas décadas de intentos “frustrantes”¹³ por parte de los arquitectos del Movimiento Moderno por tratar de construir edificios en altura en Europa, dependiendo de la ventilación natural, no fue hasta consolidada la torre prismática vidriada en América cuando comenzó a exportarse esta tipología para el uso administrativo en ciudades como por ejemplo Londres o Berna. La influencia de los modelos americanos de edificios de oficinas con su consiguiente dependencia de la climatización artificial se notó más en el mundo anglosajón que en Europa del Norte, donde predominaron edificios administrativos más organicistas y relacionados directamente con el medio exterior. Y cuando se habla de exportar el concepto no solo se refiere a la tipología formal, sino a la tecnología constructiva y a los sistemas mecánicos que hicieron posible tal desarrollo.

A modo de ejemplo, se muestran dos edificios de uso administrativo que reflejan claramente los rasgos formales definidores de la torre prismática acristalada: *la torre Norte para la Commercial Union Assurances Co*¹⁴ diseñada por los arquitectos Gollins, Melvin, Ward & P. (Londres, 1969) [2.13], con sus 24 plantas de oficinas y sus dos plantas técnicas permiten una planta cuadrada libre con un núcleo central compacto de escaleras, ascensores, servicios e instalaciones. *La vecina torre Sur para la Peninsular and Oriental Steam Navigation Co.* de los mismos arquitectos, (Londres, 1969), que formaba parte del mismo proyecto (1969), constituye una torre acristalada de once plantas sobre plinto de doble altura y planta remate para alojar las instalaciones del edificio.

Otro edificio administrativo que se llevó a cabo gracias a la climatización artificial mediante convectores perimetrales en el cerramiento del área de trabajo es la torre para la *Radio Schweiz*¹⁵, del arquitecto F. Geiser (Berna, 1971). Resultando de nuevo una planta cuadrada con sus cuatro fachadas acristaladas y núcleo central.

En España no es hasta la década de los 70 cuando la torre de oficinas vidriada tiene ejemplos representativos: “Se trata de una época en la que los edificios de la banca se apropiaron rápidamente de los preceptos del Estilo Internacional, con volúmenes geométricos, líneas rectas, superficies planas y lisas y planta flexible, dentro de un lenguaje constructivo tecnificado. El volumen y la verticalidad, como abstracción máxima del proceso de acumulación capitalista, son la forma expresiva más solicitada por este tipo de arquitectura de prestigio”.¹⁶



[2.13] [2.14]. Distribución Commercial Union Assurances Co. y Cooperative Insurance Society.

[2.15] [2.16]. Torre BBVA y Torre Espacio.

De las primeras torres de los años 60 podríamos destacar el *edificio de la Philips*¹⁷ de M. García Benito (Madrid, 1968), de con sus trece plantas y sus dos torres de oficinas gemelas que se articulan en torno a un núcleo de escaleras que permanece semi-oculto, todo ello flotando sobre un plinto retranqueado que se adapta a la parcela. O de la época de esplendor económico la *Torre del BBVA* de Sáez de Oiza [2.15], también en Madrid de clara influencia wrightiana.¹⁸

La torre articulada nacida con la *PSFS* también tiene su representación en Europa en los años 60, un ejemplo puro con una marcada diferenciación entre el núcleo de servicios mecánicos y el espacio de oficinas, lo tenemos en el edificio de la *Cooperative Insurance Society (CIS)*¹⁹ de los arquitectos Gordon Tait y G. S. Hay (Manchester, 1962) [2.17], con un total de 25 alturas dispone de pódium de cinco niveles y una planta técnica en cubierta.

La articulación de los núcleos de comunicaciones e instalaciones, pero sobre todo la incorporación de atrio interior sobre el que se vuelcan los espacios de trabajo se incorporan al diseño de una de las obras recientes de arquitectura europea representativa del edificio administrativo: el edificio *Lloyd's*²⁰ en Londres de R. Rogers [2.19]. La diferencia con el Larkin es que Rogers diseña oficinas volcadas al atrio central del edificio sin perder la luminosidad y las vistas que la arquitectura sellada y vidriada moderna permite.

En el periodo descrito en este apartado se mantienen las tipologías que han servido de modelo al edificio administrativo evolucionando los sistemas constructivos del cerramiento hacia elementos estructurales, desmaterializando los núcleos centrales de servicios y cobrando cada vez más importancia el conjunto suelo-forjado-techo como elemento horizontal distribuidor de energía contribuyendo a una total flexibilidad de la planta libre de oficinas y empleando sistemas Volumen Aire Variable (VAV) que se adaptan a las necesidades térmicas de los usuarios.

- **Reinterpretación o Generación de modelos nuevos.**

A partir de 1970 comienza la crisis del petróleo y por tanto se ponen en duda los edificios que se resuelven con muro cortina y condicionan todo su acondicionamiento térmico interior a la climatización artificial. Es el momento de plantearse algunos de los aspectos que más pueden influir en la reinterpretación de los modelos adquiridos o en la creación de nuevas tipologías del edificio administrativo.

Por un lado la piel simple de vidrio que envuelve a las torres acristaladas se va a hacer múltiple, compleja y variable constituyendo una parte activa de los sistemas de climatización del edificio, mejorando así su eficiencia energética. La envolvente va a incluir elementos de sombreado y de regulación de la luz natural, doubles vidrios con tecnología específica para protección solar, baja emisividad...etc. y cámaras por las que fluirá el aire que acondicionará las estancias. A modo de ejemplo, el empleo de la fachada como sistema de renovación del aire viciado en los despachos del *nuevo edificio del Parlamento*²¹, obra de M. Hopkins & Partners (Londres, 1999), o la fachada activa como elemento que atenúa las condiciones climáticas externas de la *Torre de Cristal*²² en Madrid. La resolución diferenciada de las distintas fachadas acristaladas de la torre de oficinas empieza a tener importancia como criterio de diseño.

La piel completamente sellada se pone en duda y el hecho de potenciar la ventilación natural y la refrigeración nocturna cobra fuerza en los criterios de diseño de los edificios de oficinas actuales. El empleo de atrio interior no sólo como un lugar de relación y de vistas sino como mecanismo para extraer el aire viciado y servir de jardín interior es una estrategia de acondicionamiento térmico que define los rasgos formales de muchos edificios administrativos actuales, tal y como ocurre en *The Boots Company PLC*²³ diseñado por DEGW (Beeton, 1998) o la reinterpretación del atrio en espiral de la *torre Swiss Re*²⁴ de N. Foster (Londres, 2004) [2.19].

La generación de frío y calor mediante la incorporación de energías renovables debe ser un hecho, lo que significa una conexión inevitable del edificio con el terreno y con el cielo. La integración de nuevos dispositivos en el diseño arquitectónico va a definir nuevos rasgos formales

para las tipologías administrativas. En la remodelación de la envolvente de la torre articulada de la *Torre CIS* [2.17], [2.18] llevada a cabo en el 2004-2005 por la ingeniería Arup, tres lados del núcleo de escaleras servicios e instalaciones sirven de soporte para la colocación de paneles fotovoltaicos, algunos de ellos simulados. La actuación incluye la colocación de aerogeneradores en cubierta.



[2.17] [2.18]. CIS Tower Solar Skyscraper Scaffolding (UK).

A partir de ahora para el acondicionamiento térmico artificial de los edificios sólo se pueden considerar adecuadas las instalaciones que incluyan domótica o regulación y la máxima eficiencia energética. Se trata de consumir en cada momento lo que se necesita. La incorporación de elementos como los recuperadores de calor o las salas centralizadas de control serán necesarios en la organización de los espacios destinados a las instalaciones de climatización activa en los edificios de oficinas.

También los últimos cambios en la concepción del espacio de trabajo que incluye la presencia de los ordenadores y las tecnologías de la comunicación influyen en el diseño de las oficinas: su concepción como “*espacio virtual*”, el hecho de compartir suelos y techos para la distribución horizontal de energía térmica y de transporte de información, además del incremento de la carga que supone al edificio y a las necesidades de refrigeración de los equipos.

- **Conclusiones 2.1.1.**

Uno de principales motores para establecer los rasgos formales de las diferentes tipologías arquitectónicas para el edificio de uso administrativo que surgieron en América desde finales del S.XIX hasta la culminación de la torre de oficinas acristalada a mediados de los años 50 ha sido el correcto acondicionamiento térmico del espacio de trabajo.

En la primera mitad de este periodo, la forma, la envolvente y la configuración volumétrica de los bloques de oficinas se definieron en base a conseguir las óptimas condiciones de ventilación e iluminación natural en el global de las oficinas proyectadas.

La mayor parte de los edificios climatizados antes de la II Guerra Mundial disponían de sistemas de aire acondicionado “*Todo aire*” resultando edificios administrativos de altura y forma condicionada con las necesidades espaciales y energéticas de los conductos verticales de climatización.

Sólo la implantación de los sistemas “*Aire-agua*” permitió el dominio completo del ambiente interior de los edificios de oficinas y el desarrollo de la envolvente totalmente sellada y transparente

que hizo posible la torre de oficinas vidriada y la planta diáfana y flexible a las necesidades de los usuarios.

Los modelos creados en ciudades como Chicago o Nueva York se repiten en Europa en los años siguientes verificando que la elección de la tipología formal escogida a la hora de diseñar un edificio de oficinas condiciona el tipo de sistema de acondicionamiento térmico del mismo.

La puesta en crisis de los modelos americanos a partir de los años setenta con motivo de conseguir una mayor eficiencia energética y reducción de emisiones de CO₂ no supone la generación de nuevas tipologías para el edificio administrativo sino la reinterpretación de las mismas, siendo un referente en nuestros días la torre prismática vidriada.



[2.19]. Lloyd's al frente, Commercial Union Assurances Co. and Swiss Re Tower detrás.

Este apartado se corresponde prácticamente en su totalidad con la ponencia presentada al World Renewable Energy Forum 2013 que tuvo lugar durante los días 13 - 17 de Mayo en Denver, Colorado y que tiene por título:

“ARCHITECTURAL REPERCUSSIONS OF ENVIRONMENTAL CLIMATE CONTROL IN THE GENERATION OF ADMINISTRATIVE BUILDING TYPES; DIFFERENCES BETWEEN MODEL AND TECHNOLOGY CHOSEN”.

2.1.2. Avances constructivos y técnicos.

- Los cinco elementos claves.

Además de considerar el establecimiento del aire acondicionado una de las tecnologías fundamentales en el desarrollo del edificio de oficinas, cuatro son los avances tecnológicos que impulsaron su evolución. Es meritorio enumerar el desarrollo de la estructura de acero, la invención del ascensor, la iluminación fluorescente y la aparición del muro cortina, además de la climatización artificial, como las premisas del rascacielos, tipología por excelencia del uso administrativo.

Este apartado recoge de forma muy breve los principales hitos y fechas claves, además de algunas citas relevantes con esta investigación.

- **La estructura de acero.**

La Revolución industrial y el desarrollo de los procesos del hierro es el comienzo de una nueva tecnología que dio lugar a un cambio de paradigma estructural en la edificación.

Las primeras “torres de oficinas” diseñadas por la Escuela de Chicago se pudieron construir gracias a la utilización hacia 1880 del hormigón para las cimentaciones y estructuras de acero. La retícula de pilares y vigas metálicas que permanecía oculta como armazón de la piel exterior permitía además la disposición continua de ventanales de grandes dimensiones adecuados para las estancias destinadas al trabajo de los individuos. Las fachadas, de mampostería, combinaban proporciones de huecos superiores al 50% de la superficie del cerramiento. Es el momento del cambio al que debe responder el nuevo edificio administrativo. Es el caso del *Monadnock building* Burnham & Root, (Chicago, 1893), edificio construido esencialmente en ladrillo y que requiere muros de 1,80 m de espesor en la base para soportar sus 16 plantas, al *Home Insurance building* de William Le Baron Jenney (Chicago, 1885), primer edificio de nueve pisos con estructura de acero, mucho más liviano.



[2.20]. 1930. Construcción del Empire State.



[2.21]. 1853. E.G.Otis presenta en Nueva York su ascensor.

A finales del siglo XIX se emplea el acero estructural en edificación [2.20] y permite la construcción de edificios en altura:

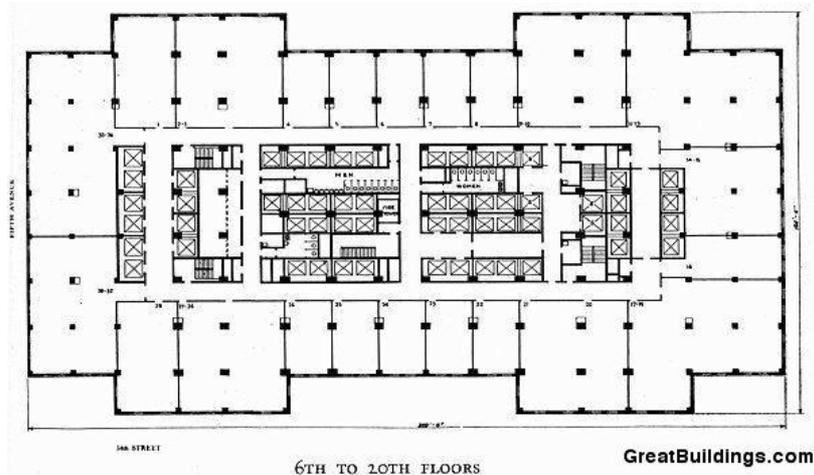
“...la técnica la de Chicago posterior a 1883-1885. Ésta es una fecha crucial, pues hasta entonces los rascacielos estaban contruidos de aparejo normal o, a lo sumo, se habían empleado columnas o vigas de hierro en el interior, tal y como las fábricas habían hecho con anterioridad a 1800, con las paredes exteriores que soportaban las presiones, y estaba claro que no se podía continuar siempre construyendo cada vez más alto sin un cambio técnico, ya que las paredes de la planta baja tendían a ser cada vez más gruesas”. ²⁵

- **El ascensor.**

La aparición de los diferentes prototipos de ascensores inventados por la estadounidense Elisha Graves Otis (1853-1880) [2.21] o por el alemán Werner von Siemens (1887) en las últimas décadas del Siglo XIX fue el segundo factor clave para la construcción de edificios de mayor altura.

A modo de ejemplo se señalan dos edificios de oficinas en Nueva York contruidos con veinte años de diferencia y ambos con la intención de ser el techo construido del mundo: Uno de los

primeros rascacielos, *el edificio Woolworth* de Cass Gilbert (New York, 1913) con 26 ascensores, 60 pisos y 241 m de altura y *el Empire State* de Shreve, Lamb y Harmon, también en Nueva York, con 58 ascensores, [2.22] una altura de la azotea de 381 m y 102 plantas que sigue siendo hoy en día el 2º edificio más alto de New York²⁶. En el *Empire State* casi se ha duplicado la altura y el espacio requerido para el transporte vertical. Ambos fueron construidos sin aire acondicionado.



[2.22]. Planta del edificio Empire State. Gran espacio destinado a ascensores.

- **La iluminación fluorescente.**

Otro de los hitos históricos que hizo posible el desarrollo de las tipologías características del edificio de oficinas –en altura, con envolvente acristalada y por supuesto con climatización artificial– fue la patente y comercialización del tubo fluorescente "Lumiline" en 1938 por dos de las grandes compañías americanas de iluminación "Westinghouse" y "General Electric Co." Esta relación directa entre la nueva iluminación, las instalaciones de ventilación y climatización y el desarrollo del edificio de oficinas, la defiende R. Banham y la refleja César Martín en su tesis:

"El calor producido por las lámparas incandescentes necesarias para dar un nivel de iluminación tolerable para las tareas de oficinas, hubiese sido mayor que lo que cualquier sistema de ventilación podría, económicamente, haberse llevado hacia afuera. Pero, con una producción de calor disminuida, el aire acondicionado podría afrontarlo económicamente, y una vez que esto fuese posible, también fue posible hacer en los Estados Unidos la ya muy retrasada racionalización de la forma de la planta tipo del edificio en torre para oficinas. (...) Una planta concebida de esta manera (como se viene haciendo hasta el momento) era más difícil para subdividir, y contenía más rincones desperdiciados difíciles de alquilar, que los que tendría la planta netamente rectangular de lo que iba a llamarse la planta tipo de 'piso total', con sus sectores auxiliares concentrados en el centro –posibilidad que sólo se dio provechosamente, con el aire acondicionado y la iluminación de baja producción de calor".²⁷

- **La aparición del muro cortina.**

El quinto elemento determinante en la configuración del gran edificio con todas sus fachadas de vidrio fue la aparición del muro cortina. El origen, como ocurre siempre en esta historia también hay que buscarlo a finales del siglo XIX con los primeros edificios de oficinas de la Escuela de Chicago. Se considera que el primer edificio construido con fachada no portante es el *Second*

Leiter building de Jenney & Mundie, (Chicago, 1891) [2.23]. En el interior, los pilares y los forjados también eran metálicos.

Pero desde la “Chicago Window” a la aparición del muro cortina con paños de vidrio tintado de grandes dimensiones tuvieron que pasar algo más de cincuenta años. A propósito de este hecho J. B. Rodríguez Cheda y A. Raya de Blas resumen las principales características de las envolventes de dos de los edificios emblemáticos ya citados con anterioridad:

*“Los protagonistas de este periodo son, indiscutiblemente, SOM y Mies van der Rohe, cuyas realizaciones se convertirían en arquetipos: la Lever House, con vidrios tintados en verde y carpintería metálica de acero inoxidable, y el Seagram [2.24], con vidrios tintados y carpintería exterior en bronce para acentuar la unidad cromática del prisma”.*²⁸

Y R. Araujo en un artículo de la revista Tectónica permite ligar la relación entre el trinomio (envolvente – tipología - sistema de climatización) que caracteriza a la mayor parte de los grandes edificios de oficinas y que invade este primer apartado de esta tesis destinado al EDIFICIO:

*“Desde entonces el muro cortina se identifica con el espacio de trabajo, y con él nace un tipo particular de edificio que se repetirá en todo el mundo: un espacio continuo en torno a un núcleo central estructural y de distribución de servicios, plenamente acondicionado, acristalado en todo su perímetro y dotado con un doble techo que aloja la fuerte dotación de instalaciones que requiere para ser viable. Un edificio que será genéricamente indiferente a la orientación o incluso al clima, y característico de los años en que la energía no es un problema”.*²⁹



[2.23] [2.24]. Edificio Second Leiter y Edificio Seagram.

- Conclusiones 2.1.2.

Seguramente como bases del rascacielos podríamos considerar también otros avances tecnológicos, la aparición de la bomba hidráulica, del teléfono, del techo suspendido...etc. Sólo se han señalado los fundamentos que han servido para definir las tipologías características por su relevancia o porque están íntimamente ligados con los sistemas de ventilación y de climatización de los grandes edificios de oficinas.

La nueva tipología para el uso administrativo: la torre como un prisma vidriado, encuentra su aliado en los incipientes sistemas de climatización artificial que terminan de implantarse definitivamente hacia los años 40. Junto con los avances en la iluminación fluorescente supusieron un nuevo planteamiento en la concepción de estos edificios. A partir de este momento se podían concebir torres que respondían a los planteamientos formales del Movimiento Moderno consiguiendo un dominio total del confort ambiental de los espacios completamente libres para el trabajo.

Está claro que el auge de las torres de oficinas acristaladas no se habría podido producir sin el desarrollo de la estructura de acero, del ascensor, de la iluminación fluorescente, de la climatización artificial y del muro cortina, los cinco elementos claves del proceso de generación de los modelos referentes de los actuales edificios de oficinas.

2.1.3. Configuración del espacio de trabajo. El puesto de trabajo.

Hasta aquí se ha hecho una mirada en la historia "externa" al edificio de oficinas, y se entiende por externa no sólo una mirada desde la calle al edificio sino una mirada amplia ajena al propio espacio de trabajo.

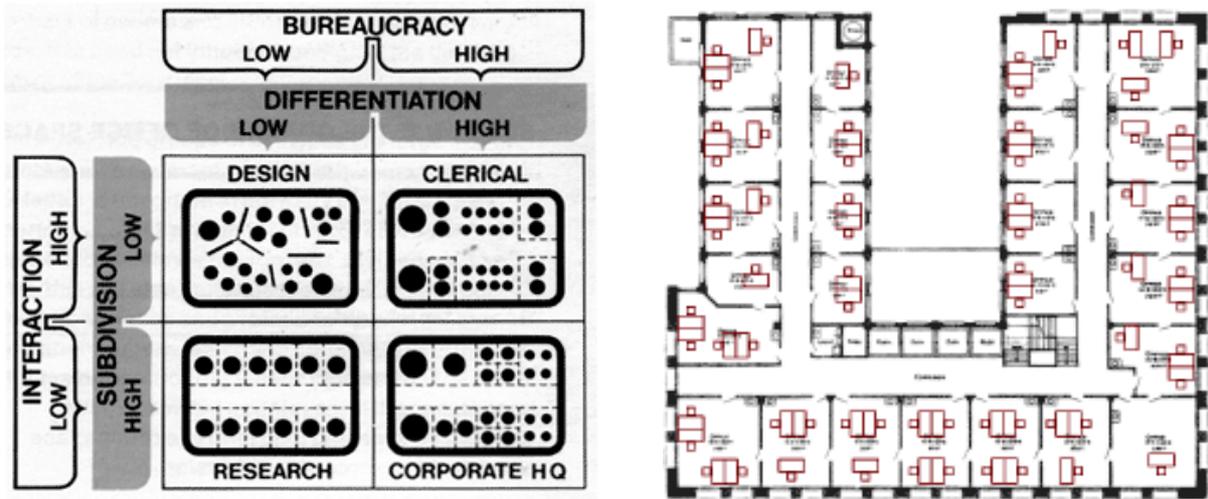
En éste apartado se analiza cómo se organiza el espacio interior útil destinado a oficinas; no se trata de hacer un estudio pormenorizado de todas las teorías que se han dado en torno al diseño de oficinas (Taylor, Duffy & Cave, el "Quickborner Team"...etc.) sino tipificar las diferentes configuraciones del espacio de trabajo que se pueden encontrar en los edificios analizados en esta tesis, y que son determinantes en el espacio ocupado por las redes de transporte y las unidades terminales del sistema de aire acondicionado. Estas organizaciones están ligadas con lo que se denomina en el apartado siguiente tipología funcional del edificio de oficinas [2.25].

Las cuatro formas de organización espacial del edificio de oficinas que definen Duffy y C. Cave³⁰ (celular, despachos colectivos, abierta y paisaje) se pueden agrupar en sólo dos tipos para a la hora de buscar leyes generales que determinen la implantación de las instalaciones de Aire Acondicionado: **planta compartimentada o libre**, las demás posibilidades son combinaciones de las dos anteriores o situaciones especiales.

- **Oficina compartimentada.**

Es la organización más antigua de los edificios administrativos y responde a una estructura celular del espacio de trabajo. Las plantas destinadas a oficinas están divididas mediante particiones fijas en despachos individuales, despachos colectivos y salas de reunión con acceso desde un pasillo central. Esta configuración requiere conocer la estructura empresarial de la organización que va a ocupar el inmueble en el momento del diseño del edificio.

Es la distribución de todos los edificios de la Escuela de Chicago donde la anchura de las construcciones estaba condicionada a las posibilidades de iluminación y ventilación natural de cada uno de los despachos. En esta época el invento del teléfono (1876) contribuyó en estos casos aún más al aislamiento individual de los trabajadores. En *el edificio Wainwright St.Louis* de Alder & Sullivan (Chicago, 1891) [2.26] los despachos, que no albergan a más de cuatro personas, se distribuyen a ambos lados del pasillo. No dispone de salas de reunión o de trabajo en grupo.

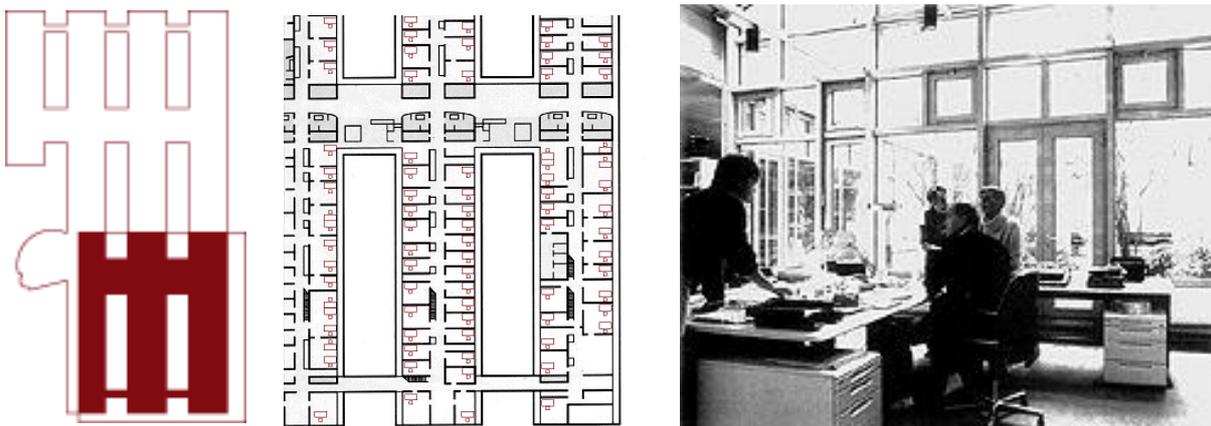


[2.25]. "Las características espaciales (diferenciación y subdivisión) de una oficina están ligadas al grado de burocracia e intensidad de relación en la organización usuaria". (*)

[2.26]. Ejemplo de oficina compartimentada. Wainwright St. Louis (1891, Chicago). (*)

En los años treinta la compartimentación seguía presente en el diseño de los edificios de oficinas, pero la necesidad del trabajo en grupo dio como resultado distintos tipos de agrupaciones: La *PSFS*, 1932, se diseñó con despachos individuales organizados en torno a un espacio común para las secretarías en función de las áreas de trabajo. El *Empire State*, 1931, combina despachos individuales con otros colectivos de mayor superficie.

Hoy en día existen edificios de oficinas totalmente compartimentados o con plantas completamente divididas en despachos, como la sede de la *Gruner + Jahr* de Kiessler & Partner Architects (Hamburgo, 1985) [2.27], pero no es la tendencia más generalizada. El conocimiento de la distribución de los despachos a la hora de realizar el proyecto permite la organización del sistema de climatización optimizando la posición y capacidad de las unidades terminales, pero esta rigidez puede llevar a que distribuciones diferentes en un futuro generen situaciones de dis-comfort térmico en los usuarios.



[2.27]. Gruner + Jahr. (*)

- **Planta libre.**

En los años cincuenta en el continente americano, coincidiendo con la implantación de la torre prismática acristalada como tipología edificatoria propia del edificio de oficinas, hubo una respuesta a los principios más puristas del Estilo Internacional y del Movimiento Moderno en arquitectura.

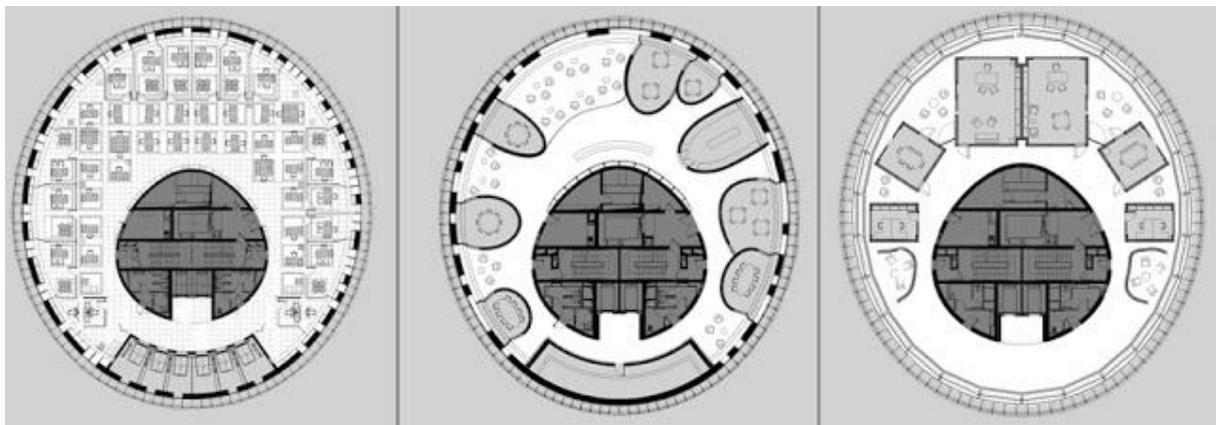
En los edificios comerciales o administrativos con este tipo de planta las comunicaciones, los servicios y las instalaciones se agrupan de forma que se deja libre la mayor parte del espacio útil para destinarlo a zona de trabajo. El resultado son zonas de oficinas profundas donde las mesas se organizan (de manera más o menos orgánica) y se agrupan según las necesidades de trabajo mediante paneles y mobiliario que permiten el paso de la luz natural, sin requerir particiones de separación fijas.

“Todo esto cristalizó en un proceso de diseño donde la arquitectura se definía a dos escalas...:en primer lugar se levantaba el edificio en sus aspectos tectónicos y formales generales dejando libres las plantas y creando una malla reticular de puntos de posibles conexiones para las instalaciones mediante dobles suelos y falsos techos; y posteriormente, a otra escala menor, cada usuario intervenía y acotaba su lugar de trabajo, según su propio criterio, mediante el amueblamiento y las particiones móviles”. Es así como describen este momento J. Blesa y E. Barahona en su libro *Tipos de Oficinas*.³¹

La configuración de la planta libre para el edificio de oficinas se mantuvo como referente en los edificios de los años siguientes no sólo en América, sino que se importó al continente europeo. El modelo de la torre prismática acristalada incorpora una configuración interna que concuerda con la simplicidad del aspecto exterior de los edificios.

En relación con esta continuidad V. Hernández en su tesis manifiesta:

*“Desde la invención de la máquina de escribir, la iniciación en el diseño del mobiliario idóneo, la generación de nuevos esquemas, hasta llegar a la introducción de las redes informáticas, computadoras, teléfonos, etc. Sin embargo, a pesar de la presencia de tantas transformaciones en el entorno administrativo el espacio no evolucionó al mismo ritmo. De hecho entre los años 60 y 80 el espacio fue prácticamente el mismo”.*³²



[2.28]. Plantas de la Torre Agbar.

Se incluyen en este grupo las denominaciones de oficina abierta, de oficina paisaje o de Bürolandschaft, esto es, todos aquellos tipos que supongan que el edificio es un puro contenedor uniforme y flexible. La “*open plan*” se ha identificado con la idea de flexibilidad tan utilizada en el diseño de las oficinas, quizá confundiendo ambos términos. El edificio de planta diáfana se ha de adaptar a las diferentes configuraciones del espacio de trabajo que requieran las empresas que ocupen el inmueble, y es propia de los edificios de alquiler de oficinas. Desde el punto de vista de las instalaciones hay que prestar atención a la ubicación de las unidades terminales que ha de responder de la mejor forma posible a las organizaciones futuras.

A modo de ejemplo de edificio contemporáneo con plantas diáfanas, aunque existen innumerables ejemplos, podemos citar *la Torre Agbar* de Jean Nouvel, (Barcelona, 2005). En la imagen [2.28] se puede observar como un espacio libre como es el altílo de la Torre puede responder a configuraciones espaciales con distinto grado de subdivisión.

- Combinaciones de las dos anteriores.

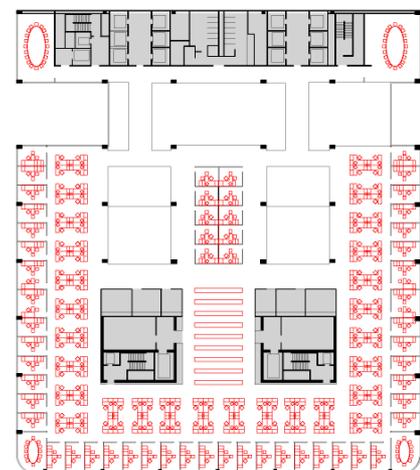
Lo más frecuente hoy en día no es encontrarse edificios de oficinas totalmente compartimentados, ni las organizaciones empresariales permiten configuraciones tan puras mediante plantas diáfanas. Las jerarquías, la diferenciación entre los directivos y el resto de empleados, la subdivisión en diferentes áreas de trabajo y las continuas relaciones entre individuos y áreas, obligan a soluciones combinadas en el planteamiento de la distribución interior de los edificios de oficinas.

Los edificios corporativos, por ejemplo los de los bancos, requieren despachos individuales para directivos, salas de reunión y zonas colectivas para el trabajo clerical. Aunque las posibilidades son variadas, lo normal es que las estancias compartimentadas se sitúen en la periferia, con iluminación natural, y la zona común en el centro. En la *Citibank Headquarters* de N. Foster and Partners (Canary Wharf, Londres, 2000), todas las zonas compartimentadas tienen luz natural [2.29], mientras que la zona clerical está claramente situada en el interior.

En los edificios con distribuciones combinadas, los espacios destinados a oficinas deben estar dotados de todas las instalaciones que permitan modificaciones futuras en las distribuciones. Las particiones se realizan mediante construcción seca que permite dichas variaciones en función de las necesidades de la empresa.



[2.29]. Citibank_Canary Wharf. Interior oficinas.



[2.30]. Citibank_Canary Wharf. Planta de oficinas.

- Configuraciones en espacios singulares.

Las tres situaciones anteriores se corresponden con plantas de oficinas de alturas libres normales, entre 2,60 m a 3,00 m donde es posible climatizar la zona ocupada desde el techo o desde el suelo.

En este apartado hacemos referencia a aquellos espacios contenedores de mayores dimensiones, por ejemplo todas aquellas oficinas volcadas a un atrio o patio interior, o situadas en salas de gran altura. Normalmente la distribución de las mesas se corresponde con distribuciones colectivas, o de planta libre, pero es preciso tomar las medidas adecuadas para la correcta climatización de los espacios de trabajo de gran altura.

La taylorista organización de las mesas en *el Larkin*, la racionalización de la *sala de la Johnson Wax* o la sede de la *Centraal Beheer* del arquitecto Herman Hertzberger (Apeldoorn, 1972) son ejemplos de contenedores singulares para el trabajo.

- Conclusiones 2.1.3.

El grado de compartimentación del espacio de trabajo y la posible flexibilidad del mismo condicionará la ocupación de las instalaciones de climatización, sobre todo en lo que a la distribución horizontal de fluidos en cada planta y al posicionamiento de las unidades terminales.

Ahora es el momento de plantearse si las nuevas tendencias del trabajo administrativo que surgen a partir de los años 90: la oficina virtual, el coworking, el teletrabajo...etc. acompañadas de las tecnologías inalámbricas para las comunicaciones, requieren configuraciones de los espacios para el trabajo como los descritos, o es quizá el momento de la reinención o incluso siendo más negativos la desaparición del edificio de oficinas moderno y la vuelta a la moderna *caja del amanuense*, como describen J. Blesa y E. Barahona en su libro, cerrando el ciclo de este tipo de arquitectura.³³

2.1.4. Tipologías funcionales.

La tipificación de la arquitectura de oficinas es compleja y se puede hacer desde muchos prismas diferentes. Hasta aquí hemos hecho dos recorridos históricos para tratar de clasificar los diferentes tipos de edificios de oficinas que se han construido y que siguen siendo vigentes en la actualidad: una visión desde la configuración externa del edificio y una segunda mirada desde la organización interior de los espacios destinados al trabajo. Como se ha visto no son los únicos caminos para el análisis de este tipo de edificios.

En la búsqueda de las repercusiones volumétricas de la instalación de climatización en los edificios de oficinas, se va a considerar en esta investigación las unidades arquitectónicas completas, esto es, los edificios destinados exclusivamente a oficinas o edificios de usos mixtos donde la actividad administrativa sea predominante, independiente y esté contenida en una unidad arquitectónica identificable. No son relevantes aspectos tales como si el propio edificio es o no la imagen corporativa de la empresa, o el emplazamiento en que se sitúan, siempre y cuando el edificio cumpla con las características de identidad propias definidas con anterioridad.

De los criterios del análisis de J. Blesa y E. Barahona es fundamental el parámetro que estos autores denominan "el tipo", porque el volumen construido y la forma del mismo no sólo influirá en el ratio ocupado por las instalaciones de climatización sino que va a ser un factor determinante en la organización de dicho volumen dentro del edificio. Insistiremos más en las características

volumétricas que definen la caja, el bloque o la torre de oficinas en el apartado [2.2. Tipologías arquitectónicas. Clasificación.](#)

Cuando se trata de clasificar las *tipologías funcionales* de los edificios de oficinas, no se analizan tanto los parámetros más arquitectónicos sino que el estudio está más próximo a la relación empresarial en la que está inmersa el edificio, se trata de ver la organización del propietario o del usuario del inmueble.

Es perfectamente válido en esta idea el concepto de edificio de oficinas dado por N. Pevsner en 1980 en su libro *“Historia de las tipologías arquitectónicas”*: *“Los edificios para oficinas se construyen bien para satisfacer las necesidades de una empresa u organización, o bien para un determinado número de empresas que no se conocen de antemano”*³⁴. La descripción de N. Pevsner deja patente un punto clave en la concepción de los edificios de uso administrativo: el conocimiento o no del usuario final en el momento del diseño arquitectónico, lo que determina como hemos visto en el apartado anterior la configuración del espacio de trabajo y se puede intuir que será un factor clave en el diseño de las instalaciones del edificio.

La clasificación funcional válida para esta investigación, por su relación con los planteamientos fundamentales de la instalación diferencia tres tipos de edificios que se exponen a continuación:

- **Edificio de oficinas para una empresa.**

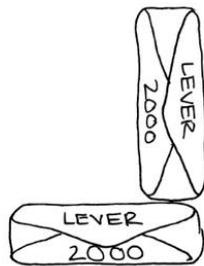
Se trata de un edificio propiedad de una única empresa que va a ser utilizado, en lo que al espacio de oficinas se refiere, como lugar de trabajo por los empleados de dicha entidad, entendiendo el concepto de empresa como *“una unidad de organización dedicada a actividades industriales, mercantiles o de prestación de servicios con fines lucrativos”*³⁵, tanto pública como privada.

Las grandes empresas han sido, a lo largo de toda la historia, los promotores de los edificios de oficinas referentes de esta tipología haciendo de la arquitectura verdaderas alegorías del fin que perseguían sus negocios o imágenes representativas de las propias compañías. El edificio corporativo más que una construcción es un emblema de la organización. Y es también en esa unión arquitecto-promotor en donde los arquitectos pueden desarrollar muchas de sus ideas conceptuales al respecto.

En los años 50, la [Lever House](#), la sede americana de una de las grandes firmas de jabones británicas –*Lever Brothers*– o el [Seagram](#), para las oficinas de una de las mayores destilerías de mundo, fueron la ocasión perfecta para que G. Bunshaf o L. Mies van der Rohe plasmaran los principios de simplicidad y funcionalismo iniciados con Estilo Internacional y que perseguían los arquitectos de la época. Pero además en el caso del edificio [Lever House](#) expresaba el espíritu que querían transmitir los hermanos Lever: “algo limpio” en medio de la contaminada ciudad de New York [2.31].

Los ejemplos son innumerables, pero seguramente los bancos y las compañías de seguros y más recientemente las empresas de telecomunicaciones tienen en sus sedes ejemplos de arquitectura representativa del edificio de uso administrativo, tales como la [Sede de la compañía de Telefónica](#) del arquitecto Rafael de la Hoz (Madrid, 2008) [2.32].

A este grupo de edificios de oficinas con un único propietario y gestor, que implicarán determinadas decisiones a la hora de plantear las instalaciones del edificio corresponden también las oficinas para la administración pública.



The massing of the building can be interpreted as symbolizing bars of soap.



[2.31]. Croquis de Michael Tyniz que representa el Lever House como dos pastillas de jabón.

[2.32]. Sede de la compañía de telefónica, 2008, Madrid.

No existe un *tipo* de edificio único para este grupo pero hay un claro predominio de los edificios en altura para aquellos que tienen carácter privado, y son más variadas las tipologías aplicadas al edificio público con ejemplos representativos de edificios con carácter de pastilla o configuraciones más singulares. Es frecuente encontrar un bloque destinado a despachos, departamentos o laboratorios en estructuras arquitectónicas más complejas como por ejemplo en la universidad.

Al conocer la distribución de los despachos y salas y la ubicación concreta de los puestos de trabajo en el momento del proyecto, la definición de las instalaciones de climatización se adapta con facilidad a las necesidades del usuario final del edificio, pero ésta debe ser flexible a posibles variaciones posteriores.

- **Edificio de oficinas para alquilar.**

Se trata de edificios destinados a usos administrativos y concebidos como un contenedor para alojar empleados de empresas diferenciadas de distinta capacidad y variables en el tiempo. Pueden ser propiedad de una única empresa o un consorcio de ellas, su origen se remonta a la década de 1830³⁶ y su carácter es eminentemente privado.

Los primeros ejemplos referentes en la historia de la arquitectura: *el Reliance building* de Burnham, (Chicago, 1894) [2.33] o *el edificio Guaranty* de L. H. Sullivan, etc; a partir de allí toda una larga lista de edificios de oficinas pensados para albergar diferentes empresas, pudiendo éstas organizaciones ocupar parte de una planta, una planta entera o incluso varias plantas del edificio.

Aunque es más frecuente en los edificios modernos la configuración interior en planta libre para el espacio de oficinas, existen algunos ejemplos de oficinas de alquiler con distribuciones más compartimentadas.

En los momentos de expansión económica, algunas empresas optaron por construir edificios corporativos de mayor superficie que la que requerían para sus trabajadores, destinando parte del inmueble a lugar de trabajo de otras entidades. Es el caso de la *Torre Mapfre*, de Iñigo Ortiz y Enrique de León (Barcelona, 1992) o la *Torre de Cristal* en CTBA de Madrid [2.34].

La particularidad de la tipología funcional de estos edificios hace que sea necesario determinar la *unidad mínima de alquiler* y sus posibles organizaciones en el momento del proyecto,

factor que será determinante en la definición del grado de sectorización y las características generales de las instalaciones de climatización. Al no conocerse la ubicación concreta de los puestos de trabajo las unidades terminales y los sistemas de control individual se deben de plantear lo más flexibles posibles.



[2.33]. Reliance Building Chicago.



[2.34]. Cuatro Torres Business Area. Madrid. –Torre Espacio, Torre de Cristal, Torre PwC y Torre Foster-.

- **Edificio de usos mixtos.**

Los edificios exclusivos de oficinas han sido motores del desarrollo urbanístico de las grandes metrópolis y no sólo en lo que se refiere a los “downtowns” americanos sino también a las centros de negocios de las principales ciudades europeas. Barrios como *la Defense* en París (en torno a 1990) han sido verdaderos impulsores del planeamiento urbano. Pero la diferenciación de zonas de trabajo y zonas de vivienda da como resultado la formación de lo que L. Hilberseimer llama *sistema satélite*.³⁷

Para evitar esta sectorización funcional de las ciudades, muchas han sido las propuestas de edificios de usos-mixtos que combinan oficinas y viviendas como usos principales en la misma unidad arquitectónica o en conjuntos volumétricos más complejos (Le Corbusier, la ciudad vertical de Hilberseimer... o el barrio de *Canary Wharf* en Londres que también tuvo su auge en la década 1980-1990).

Uno de los más impresionantes ejemplos de este tipo de edificios es el *John Hancock Center* proyectado por Skidmore, Owins & Merrill (Chicago, 1970) [2.36] que combina 700 unidades de habitación y unos 75.000 m² de espacio de oficinas, además de locales comerciales, tiendas, equipamientos comunes, instalaciones y aparcamiento.³⁸

En España no existen referentes de este tipo de edificios, quizá podemos hablar de las *Torres Blancas* de F. J. Sáez de Oiza (Madrid, 1968) [2.35] con 23 plantas, una organización residencial variada en tipos y una planta técnica intermedia; hoy convertido su restaurante de la planta superior para uso de oficinas.

Normalmente la organización de estos edificios de uso-mixto alojan las oficinas en las plantas más bajas y las zonas residenciales en la parte superior por requerir menos profundidad de las dependencias.

Al tratarse de usos tan diferentes, con regímenes de uso y necesidades de confort higrotérmico diferenciadas requieren instalaciones de climatización sectorizadas, al menos en parte, para cada una de unidades funcionales del edificio.



[2.35]. Edificio Torres Blancas, Madrid.



[2.36]. John Hancock Center, Chicago.

- Conclusiones 2.1.4.

La unidad mínima funcional es un factor determinante en el grado de ocupación de instalaciones de climatización, sobre todo en lo que a los principios generales de sectorización se refiere y a la ubicación de los elementos de control de medición de consumos de cada usuario diferenciado.

Saber cómo se puede compartimentar el edificio en diferentes unidades de uso condiciona la instalación de aire acondicionado. Ésta debe permitir regímenes de funcionamiento diferenciados en base a las particularidades de los inquilinos de cada una de las zonas.

En edificios destinados a alquiler de oficinas se hace imprescindible la reserva de cuartos para la localización de los contadores divisionarios que permitan el control de suministros y el consumo de energía individual.

2.2. Tipologías arquitectónicas. Clasificación.

En los apartados anteriores se ha realizado un recorrido por la historia de la arquitectura con una perspectiva en la que el aire acondicionado es un factor decisivo en el diseño, analizando aquellos casos que se pueden considerar como referente del edificio de oficinas. También se han valorado las posibles configuraciones del espacio de trabajo y organizaciones funcionales que nos podemos encontrar y que pueden ser determinantes en los planteamientos básicos de las instalaciones de climatización. Ahora falta clasificar las tipologías edificatorias que se van a considerar en el [Capítulo 4. Apartado 4.4. Incidencia de las tipologías](#), en las que se va a estudiar la repercusión que supone la implantación de dichas instalaciones en la arquitectura.

Para la investigación que se pretende realizar, dos son las categorías aisladas a examinar, atendiendo exclusivamente a su forma externa, en la que se pueden enmarcar los casos estudiados y la mayor parte de los edificios de uso administrativo contemporáneos: la **TORRE** y el **BLOQUE**.

Estos tipos, generalmente se resuelven con envolvente acristalada predominante. Con objeto de que el establecimiento de los principios básicos sea más sencillo, los edificios a analizar cumplirán los siguientes requisitos: compactos, con organizaciones de las diferentes plantas similares (diáfanas o compartimentadas) y destinadas principalmente a oficinas y con núcleo de comunicaciones, servicios e instalaciones claramente definido –central o articulado–. Se diferenciarán los edificios de titularidad privada o pública con un solo propietario o destinado a edificios para el alquiler de oficinas.



[2.37] [2.38]. Ejemplos de edificios de oficinas acristalados en Zaragoza. WTCZ (2008, J.A. Arranz y E. Martín) y Edificio de oficinas de la Expo (2008, proyecto de B. Tobías).

Desde la implantación de este modelo en las principales ciudades americanas en los años cincuenta hasta nuestros días, la **TORRE ACRISTALADA** es la tipología más representativa de los edificios de oficinas. Una torre se define como un “edificio de mucha más altura que superficie”.⁴⁰

Pevsner en su libro *Historia de las tipologías arquitectónicas* comenta en relación con la geometría del rascacielos:

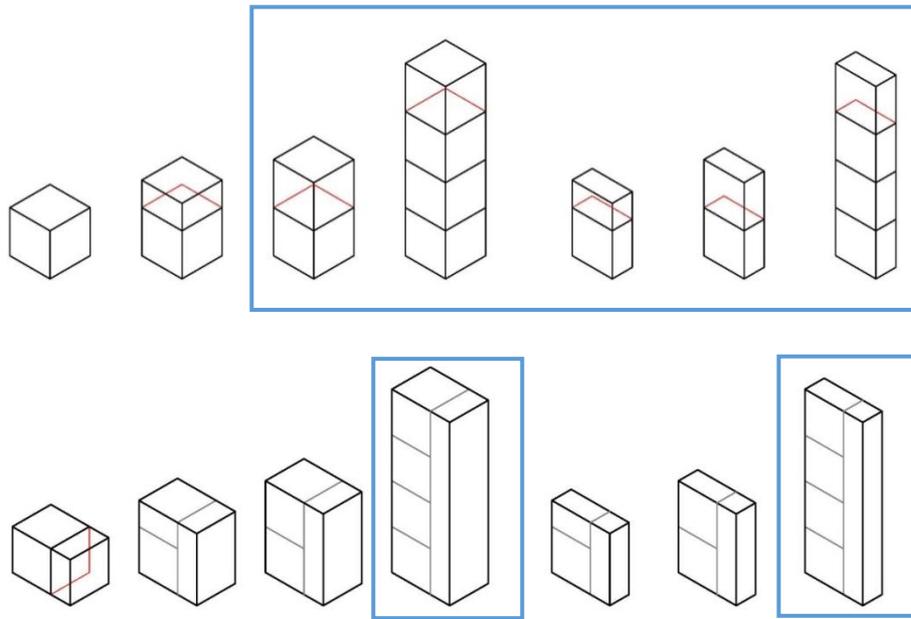
“Para los propósitos de este libro es suficiente decir que un edificio debe distinguirse, sobre los que le rodean, por su altura, para dar la impresión de que escarba el cielo. En este sentido el rascacielos empezó en Nueva York, donde el suelo era costoso y el terreno donde edificar de sólida roca”.⁴¹

Geoméricamente podemos ser más severos a la hora de definir la Torre frente al Bloque, sobre todo por identificar aquellos casos que se encuentran en el límite. Debemos establecer un

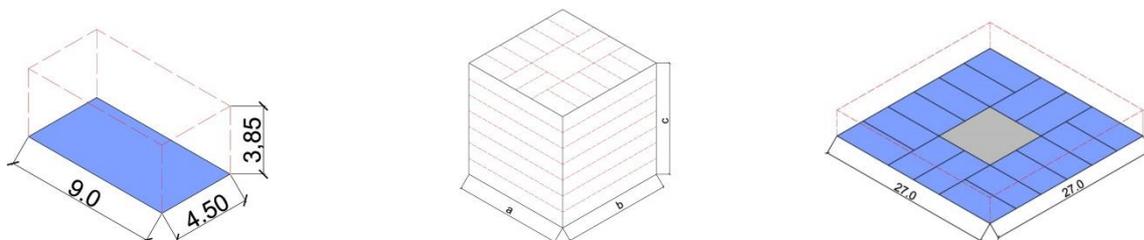
ratio más concreto de proporciones si queremos obtener una clasificación sistemática que nos permita englobar cualquier edificio de oficinas en un tipo determinado. Entendemos como torre un único volumen compacto y lleno donde predomina la altura(h) frente a la anchura(a) y a la profundidad(b) en una relación tal que:

$$h \geq 2a \text{ y/o } h \geq 2b \text{ (1)}$$

Se trata de edificios altos con coeficientes de esbeltez⁴² elevados, entre [0.9-1].



[2.39]. Diferentes combinaciones volumétricas analizadas. Se resaltan aquellas que se considerarían dentro de la tipología de Torre.

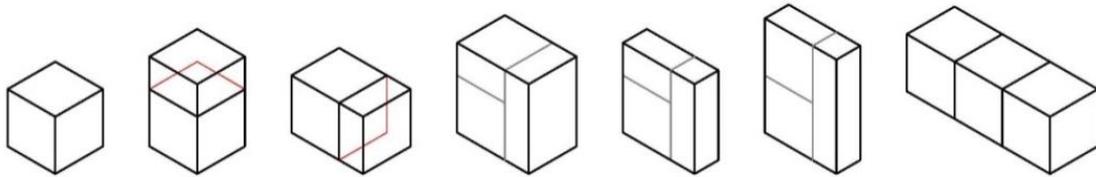


[2.40]. Torre: Módulo de despacho y planta cuadrada.

La relación (1) es el resultado del análisis de diferentes combinaciones de proporciones, algunas de las cuales se plasman en la imagen [2.39]. Partiendo de un módulo de despacho de dimensiones similares al considerado en el proyecto TOBEEEM ($a=4,5 \text{ m} \times b=9,0 \text{ m} \times h=3,85 \text{ m}$) se obtiene un módulo cúbico de siete plantas que nos permite valorar diferentes configuraciones volumétricas para tipificar la Torre y el Bloque con un criterio suficientemente riguroso para nuestro estudio. La anchura de dicho módulo nos permite unas posibilidades de distribución adecuadas para los espacios de trabajo tanto individuales como colectivos, su profundidad posibilita un grado de iluminación natural óptimo y unas circulaciones adecuadas y con una altura de 4 m es capaz de absorber estructura, falsos-techos y suelos técnicos. De una configuración en planta cuadrada con núcleo central de (27,0 x 27,0 m) se pasa al edificio tridimensional.

El segundo tipo, el **BLOQUE**, también es característico del edificio de oficinas, principalmente en su versión acristalado pero también con una envolvente con un porcentaje de huecos más próximo a los primeros edificios de uso administrativo de finales del siglo XIX (50% huecos -50% fachada opaca).

La definición de bloque más academicista como "paralelepípedo recto rectangular" no permite una sistematización clara y también sería válida para la definición anterior establecida para la torre. Se trata de una tipología volumétrica, prismática, donde la altura no predomina sobre la anchura o la profundidad del edificio. Incluiríamos en esta categoría todos aquellos casos que no cumplieran la relación (1).



[2.41]. Diferentes combinaciones volumétricas analizadas de la tipología de bloque.



[2.42] [2.43]. Ejemplos de bloques de oficinas en Zaragoza. Puerta Cinegia (2004, proyecto de Olano y Mendo) y Edificio corporativo de Saica 1 (2005, E. Aragüés y A. Lorén. ACXT).

Sin embargo no todas las torres se comportan de la misma forma cuando en ellas se implantan las instalaciones de climatización. Su volumen construido, pero sobre todo su grado de esbeltez, su altura, es como hemos visto un condicionante importante a la hora de organizar dichas redes. Tanto estudiando referentes como torres más modernas, las 20 plantas de la *Lever House* o las 13 de *Torre Lacuna*, uno de los casos analizados en el *Capítulo 5*, son fácilmente resolubles organizando todas las instalaciones de forma centralizada. Sin embargo torres de la envergadura de *las Naciones Unidas* o cualquiera de los casos de la zona *CTBA* de Madrid requieren sectorizaciones de los sistemas. En el *Capítulo 4. Apartado 4.4* se insiste en la incidencia de la altura como parámetro determinante en el volumen ocupado por las instalaciones mecánicas. De igual forma, en el bloque, cuando predomine la longitud frente a la profundidad y la altura habrá que valorar su repercusión en el espacio ocupado por las instalaciones. Con esta idea diferenciamos **TORRE "HIGH"** y **BLOQUE LINEAL**.

Son frecuentes los casos en que las proporciones del bloque son tales que es necesario que aparezca un patio que rompa la compacidad y permita la iluminación y ventilación natural de los espacios de trabajo. Los **bloques-patio**, con la doble configuración patio-exterior o atrio-interior,

son tipologías edificatorias que tienen sus precedentes en algunos edificios administrativos de la Escuela de Chicago o en *el Larkin* pero que se dan en edificios de oficinas actuales como el *Mediatic* de E. R. Geli (Barcelona, 2008) o el *Lloyd's* de R. Rogers. En algunos casos singulares, también puede darse, aunque con menos frecuencia la **torre-patio**. La *Swiss Re* de N. Foster o en las plantas superiores de la *Torre Agbar* de J. Nouvel han incorporado el atrio a la torre de oficinas.

Dentro de la tipología de torre podemos encontrar prismas puros o la configuración de **torre articulada** con una diferenciación clara entre el volumen acristalado destinado a oficinas y el del núcleo de comunicaciones, servicios e instalaciones más opaco. Por la implicación que los espacios servidores en general y el volumen ocupado por las instalaciones en particular tienen en la definición volumétrica de este subtipo, la articulación de la configuración volumétrica es un concepto a considerar en las conexiones entre el edificio y los sistemas de acondicionamiento. Esta tipología tiene su referente en la *PSFS* pero la podemos encontrar en edificios más recientes como la *Deutsche Messe AG* de Herzog + Partner (Hannover, 1999). También son habituales composiciones formales de **bloque articulado**.

La diferenciación de usos dentro del propio edificio, más públicos y privados, puede generar cierto grado de articulación en las composiciones sobre todo en lo que se refiere a la aparición de basamentos con una marcada horizontalidad a la manera de plintos, determinando las configuraciones volumétricas de muchas torres de oficinas, e influyendo en la organización de las instalaciones de climatización.



[2.44] [2.45]. Ejemplos de edificios de oficinas de Zaragoza con marcado grado de articulación.

Sede de la CAI (1998), J.M. Pérez. Latorre, R. Minguell y C. Lalinde) y Sede de Ibercaja (1980), T. Ríos Usón.

La repetición de los prismas simples definidos puede dar lugar a conjuntos arquitectónicos más complejos que habrá que descomponer cuando se analicen las repercusiones arquitectónicas de las instalaciones en estos edificios. Algunas de estas configuraciones volumétricas singulares se dan reiteradamente pudiendo ser considerados nuevos subtipos de la clasificación principal. El caso más característico es el de las **torres gemelas** iniciado con el *Equitable* por Ernest R. Graham, (New York, 1915); continuando con las desaparecidas *Torres gemelas* de Minoru Yamasaki & Associates (New York, 1975), las *Torres Petronas* de Cesar Pelli (Kuala Lumpur, 1998), o más cercano el *World Trade Center de Zaragoza (WTCZ)*.

Una mayor reiteración del bloque puede dar lugar a parques empresariales con el objetivo de responder a unas necesidades de mayor superficie interior útil para espacio de trabajo y unos espacios exteriores propios de la actuación, constituiría lo que podríamos denominar el **bloque extensivo**. Una alusión clara a este tipo de configuraciones es uno de los referentes en el edificio

administrativo de la arquitectura nórdica, *la Centraal Beheer* en Apeldoorn. Dos ejemplos recientes de este modelo en España: *el complejo Palmas Altas* para la empresa Abengoa que diseñó R. Rogers (Sevilla, 2009) o la *Nueva sede de Telefónica* en Madrid.

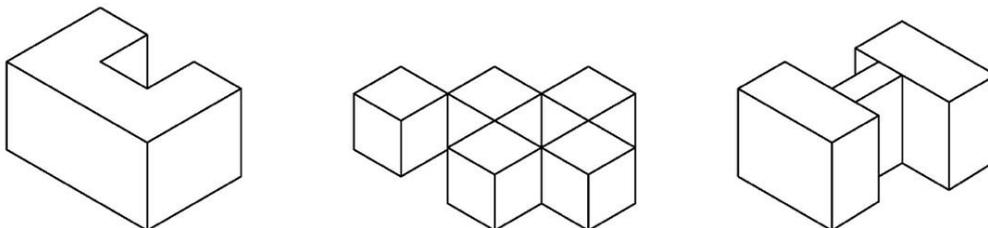


[2.46] [2.47]. Configuraciones singulares de edificios de oficinas de Zaragoza. Edificio Aragonia (2009, R. Moneo) y Juzgados de Zaragoza (1993, Alejandro de la Sota).

La **caja** ($h \leq 2b$ y $h \leq 2a$), tipología volumétrica más vinculada con otros usos menos condicionados por la rentabilidad superficial, no es una estructura utilizada para el edificio de oficinas, salvo algunas excepciones notables como *las Oficinas centrales de la Boots Pure Drug, Co.* proyectado por Owen Williams (Nottingham, 1932) o dos de los mayores edificios de oficinas del Estilo Internacional: *las oficinas principales de la I.G. Farben* de Hans Poelzig (Munich, 1930) y los *Laboratorios de Investigación para la General Motors* de Eero Saarinen (Michigan, 1956) a propósito de los cuales Pevsner comenta:

“Ambos edificios son bajos, pero la mayor parte de los edificios en nuestros días se levantan en gran altura”.⁴³

Los **conjuntos arquitectónicos** constituidos por la yuxtaposición de bloques, torres o cajas son tipologías menos usuales para los edificios de oficinas, pero existen algunos casos singulares interesantes de reseñar, como *la Johnson Wax Administration* de F. L. Wright (Wisconsin, 1939). Más contemporáneo en Zaragoza el edificio “use-mixed” *Aragonia* de R. Moneo (Zaragoza, 2008) [2.46] que responde a una macla de volúmenes simples donde cada pieza se corresponde a un uso o una combinación de usos diferenciados en los que el administrativo se sitúa en la tipología más afín, esto es, en la torre de oficinas. El edificio de *los antiguos juzgados de Zaragoza* de Alejandro de la Sota (Zaragoza, 1996) [2.47] es otro ejemplo de la suma de tres bloques con un marcado grado de articulación gracias a los núcleos de comunicaciones.



[2.48]. Diferentes subtipos de Bloque.

En los momentos de expansión económica y crecimiento ha sido muy frecuente la reutilización de edificios históricos para el uso administrativo, tanto como sedes corporativas de empresas privadas como para oficinas de la administración pública, pero es fácil incluir estos casos

en la categoría de bloque prismático –compacto o lineal–, con un patio exterior o a la manera de atrio interior.

Aunque existen ejemplos singulares difíciles de clasificar, el edificio destinado a oficinas es junto con el residencial los dos casos que mejor se pueden tipificar. En el campo espacial y temporal analizado la mayor parte de los casos tiene características geométricas que se repiten y se puede incluir en uno de los dos tipos siguientes, cada uno de los cuales con sus subgrupos diferenciados:

- **TORRE.**
 - Torre high.
 - Torre patio.
 - Torre articulada.
 - Torre con plinto.
 - Torres gemelas.
- **BLOQUE.**
 - Bloque-lineal.
 - Bloque-patio.
 - Bloque articulado.
 - Bloque extensivo.

Esta clasificación resultante no se corresponde exactamente con la “taxonomía” resultante para el grupo de investigación de Blesa y Barahona⁴⁴: “El tipo: ...tres tipos relevantes: edificios o conjuntos de piezas de una a dos plantas que corresponden a tipos aislados; bloques desarrollados en varias plantas, tanto si son autónomos como si están integrados en manzanas compactas; y rascacielos ya sean torres o pastillas”, pero son fácilmente reconocibles las conexiones entre ambas.

En la búsqueda que preocupa en esta investigación es especialmente relevante la envergadura del edificio de oficinas, esto es, el volumen construido del edificio. He aquí una primera aproximación a la clasificación del edificio administrativo en función sólo del volumen total construido que hizo el IDAE en un estudio sobre climatización solar en edificios de oficinas⁴⁵, aunque muchos de los edificios analizados se salen de este ámbito.

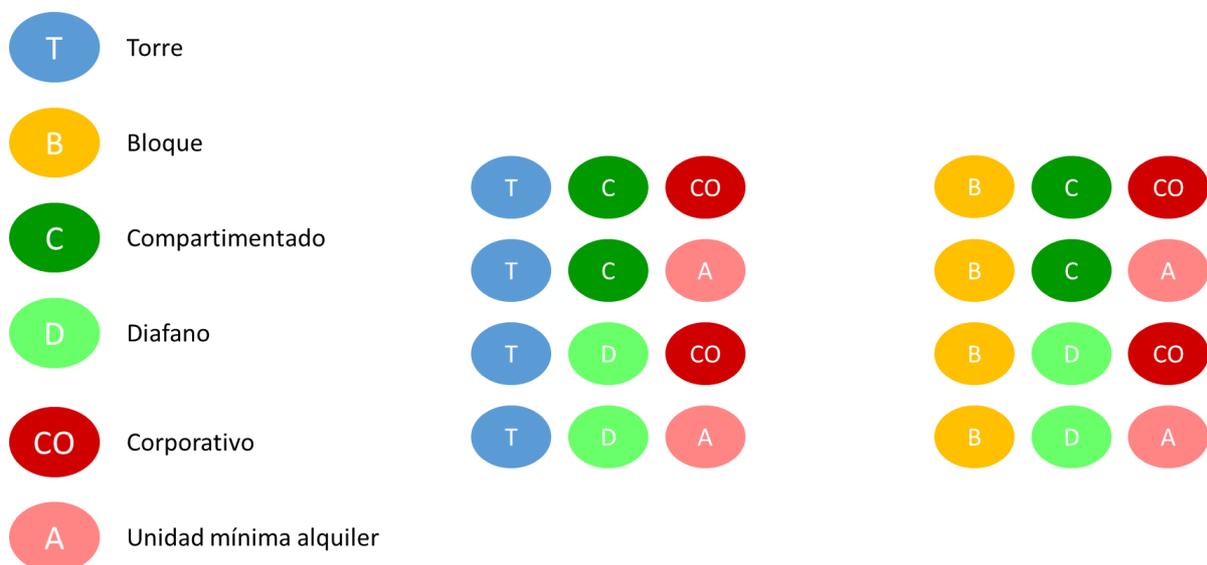
	5 plantas		8 plantas		12 plantas		> 12 plantas	
Superficie planta	Área total [m ²]	Volumen total [m ³]	Área total [m ²]	Volumen total [m ³]	Área total [m ²]	Volumen total [m ³]	Área total [m ²]	Volumen total [m ³]
200 m ²	1.000,00	3.000,00	-		-	-	-	-
400 m ²	2.000,00	6.000,00	3.200,00	9.600,00	-	-	-	-
800 m ²	4.000,00	12.000,00	6.400,00	19.200,00	9.600,00	28.800,00	> 9.600,00	> 28.800,00
> 800 m ²	-	-	-	-	-	-	> 9.600,00	> 28.800,00

[Tabla 2.01]. Clasificación del edificio del edificio terciario de oficinas por criterios puramente dimensionales. La zona enmarcada en rojo recoge el ámbito de actuación del estudio del IDAE sobre el potencial de la climatización solar en los edificios de oficinas.

Pero además de las consideraciones iniciales a tener en cuenta a la hora de valorar las repercusiones de las imbricaciones edificio-instalación: el volumen construido del edificio y la organización tipológica de ese volumen, no hay que olvidar que tanto si se trata de una torre como de un bloque, otros dos factores son relevantes en la ocupación de las instalaciones de climatización en el edificio. La organización del espacio del trabajo (en despachos o plantas diáfanas) y la estructura funcional del edificio (corporativo o para alquiler de oficinas) serán también factores significativos.



[2.49]. Edificio para pabellones de la Expo 2008, Zaragoza. Hoy en día reconvertido a edificio de oficinas.



[2.50]. Diagrama de posibles combinaciones tipos de edificios de oficinas.

Referencias.

1. Pevsner N., "Historia de las tipologías arquitectónicas". Editorial Gustavo Gili, 1980, Barcelona. 13. Almacenes y Oficinas.
2. Blesa J., Barahona E., y el GI Arquitectura de la Universidad de Alicante. "Tipos de oficinas. Introducción y Análisis". Editorial Pencil, 2009
3. Ábalos I. y Herreros J., "TÉCNICA Y ARQUITECTURA en la ciudad contemporánea". Editorial Nerea, 1992, Hondarribia. Pág. 174.
4. Citado en Ashrae Journal. Junio 1999. Artículo de David Arnold: "The Evolution of Modern Office Buildings and Air Conditioning". Pág. 42.
5. Banham R. "La arquitectura del entorno bien climatizado". Ediciones Infinito, 1975, Buenos Aires.
6. Banham R. "La arquitectura del entorno bien climatizado". Ediciones Infinito, 1975, Buenos Aires. Pág. 230.
7. Citado en Ashrae Journal. Julio 1999. Artículo de David Arnold: "Air Conditioning in Office Buildings After World War II". Pág. 33.
8. Serra R., "Arquitectura i màquina". Edicions UPC, 1996, Barcelona. Pág. 23.
9. Cohen J., "Mies van der Rohe". Editorial Akal, 2007, Madrid. Pág. 142-145.
10. Citado en Ashrae Journal. Julio 1999. Artículo de David Arnold: "Air Conditioning in Office Buildings After World War II". Pág. 34.
11. Danz, E. y Menges, A. "SOM. La arquitectura de Skidmore, Owings & Merrill, 1950-1973". Gustavo Gili S.A., 1975, Barcelona. Pág. 32-33.
12. Banham R. "La arquitectura del entorno bien climatizado". Ediciones Infinito, 1975, Buenos Aires. Pág. 246.
13. Quintana J., "Sueño y frustración, el rascacielos en Europa 1930-1939". Alianza Editorial, 2006.
14. Joedicke J., "EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS Y DE OFICINAS. Ejemplos internacionales". Editorial Gustavo Gili, 1976, Barcelona. Pág. 83-90.
15. Joedicke J., "EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS Y DE OFICINAS. Ejemplos internacionales". Editorial Gustavo Gili, 1976, Barcelona. Pág. 77-82.
16. Martín C., de su tesis doctoral "El aire acondicionado como factor de diseño en la arquitectura española: Energía Materializada" citando a Sobrino J. en la "Arquitectura Industrial en España", 2008. Pág. 333.
17. Fernández-Galiano L. y Colectivo de Arquitectura. "El edificio de oficinas. Análisis y criterios de diseño" Edita Cítema, 1977, Madrid. Pág. 21 y Pág. 67.
18. Martín C., "El aire acondicionado como factor de diseño en la arquitectura española: Energía Materializada", Pág. 333-362.
19. Fuente planta base: "El edificio de oficinas. Análisis y criterios de diseño". Luis Fernández-Galiano y Colectivo de Arquitectura. Pág. 25.
20. De la Revista A+U: "Richard Rogers 1978-1988". Extra Edition December 1988. Tokyo. Artículo: "Lloyd's Redevelopment". Pág. 148-169.
21. Donati C. "Michael Hopkins". Edita: Luca Molinari. Shira Editore. 2006. Milano.
22. De la Revista Arquitectura Viva: "Torres de España". Nº 121. 2008. Madrid. Artículo de Pei Cobb Freed: "Cohete celeste". Pág. 70-77.
23. Arnold T., Hascher R., Jeska S. y Klauck B. y otros, "Atlas de Edificios de Oficinas". Editorial Gustavo Gili, 2002, Barcelona. Pág. 206-209.
24. De la Revista Arquitectura Viva: "Tipos de oficina". Nº 103. 2003. Madrid. Artículo de Norman Foster: "Sede de Swiss Re, Londres". Pág. 98-105.

25. Pevsner N., "Historia de las tipologías arquitectónicas". Editorial Gustavo Gili, 1980, Barcelona. 13. Almacenes y Oficinas, pág. 264.
26. http://es.wikipedia.org/wiki/Edificio_Empire_State.
27. Martín C., Tesis doctoral: *El aire acondicionado como factor de diseño en la arquitectura española: Energía materializada*. ETSAUN. Pág. 102.
28. Rodríguez Cheda J. B. y Raya de Blas A. Artículo "Arquitectura de vidrio" de la revista *Tectónica 10: Vidrio (I)*. 1996, Madrid. Pág. 11-12.
29. Araujo R. y Ferrer X. Artículo "Muro cortina" de la revista *Tectónica 16: Muro cortina*. 2001, Madrid. Pág. 7.
30. Fernández-Galiano L. "El edificio de oficinas. Análisis y criterios de diseño". Madrid, Edita Citema, 1977. Pág. 11-12.
31. Blesa J., Barahona E., y el GI Arquitectura de la Universidad de Alicante. "Tipos de oficinas. Introducción y Análisis". Editorial Pencil, 2009. Pág. 6-7.
32. Hernández Chávez V. Tesis doctoral: "La habitabilidad energética en edificios de oficinas". UPC, 2002. Apartado 1.3 *Estilos de trabajo en una oficina de ayer, de hoy y sus tendencias* pág. 2.
33. Blesa J., Barahona E., y el GI Arquitectura de la Universidad de Alicante. "Tipos de oficinas. Introducción y Análisis". Editorial Pencil, 2009. Pág. 8.
34. Pevsner N., "Historia de las tipologías arquitectónicas". Editorial Gustavo Gili, 1980, Barcelona. 13. Almacenes y Oficinas, pág. 257.
35. Real Academia Española, "Diccionario de la lengua española". Vigésimo segunda edición.
36. Pevsner N., "Historia de las tipologías arquitectónicas". Editorial Gustavo Gili, 1980, Barcelona. 13. Almacenes y Oficinas, pág. 259.
37. Hilberseimer L., "La arquitectura de la gran ciudad". Editorial Gustavo Gili, 1979, Barcelona., pág. 7.
38. Joedicke J., "Edificios administrativos y de oficinas. Ejemplos internacionales". Editorial Gustavo Gili, 1976, Barcelona., págs. 97-102.
39. TOBEEEM Project: "Current low cost and low energy consumption office building design viability in Madrid within the Horizon 2020". Desarrollado por AIGUASOL y ALIA.
40. Real Academia Española, "Diccionario de la lengua española". Vigésimo segunda edición.
41. Pevsner N., "Historia de las tipologías arquitectónicas". Editorial Gustavo Gili, 1980, Barcelona. 13. Almacenes y Oficinas, pág. 264.
42. Concepto definido por Florensa R. en su libro *Arquitectura y Energía Natural*, editado en septiembre de 1995 por Edicions UPC, pág. 246.
43. Pevsner N., "Historia de las tipologías arquitectónicas". Editorial Gustavo Gili, 1980, Barcelona. 13. Almacenes y Oficinas, pág. 268.
44. Blesa J., Barahona E., y el GI Arquitectura de la Universidad de Alicante. "Tipos de oficinas. Introducción y Análisis". Editorial Pencil, 2009. Pág. 8.
45. Varios autores: Aiguasol: Carrera A., Sisó L., Herena A., Valle M., Casanova M., González D. y el GI Arquitectura de la Universidad de Alicante. "Evaluación del potencial de climatización con energía solar térmica en edificios". IDAE, Madrid, 2011. Pág. 12.

Imágenes.

- [2.01] Fuente: http://www.wikiwand.com/sk/Louis_Sullivan
- [2.02] Elaboración propia.
- [2.03] Elaboración propia.
- [2.04] https://en.wikipedia.org/wiki/Larkin_Administration_Building#/media/File:LarkinAdministrationBuilding1906.jpg
- [2.05] Elaboración propia.
- [2.06] Elaboración propia.
- [2.07] https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Rascacielos_en_Filadelfia#/media/File:PSFSBuilding1985.jpg
- [2.08] Elaboración propia.
- [2.09] Elaboración propia.
- [2.10] https://es.wikipedia.org/wiki/Torre_Brunetta#/media/File:Lever_House_by_David_Shankbone.jpg
- [2.11] Elaboración propia.
- [2.12] Elaboración propia.
- [2.13] Fuente: "El edificio de oficinas. Análisis y criterios de diseño".
- [2.14] Fuente: "El edificio de oficinas. Análisis y criterios de diseño".
- [2.15] <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/142692>
- [2.16] [https://es.wikipedia.org/wiki/Torre_Espacio#/media/File:Torre_Espacio_\(Madrid\)_09a.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Torre_Espacio#/media/File:Torre_Espacio_(Madrid)_09a.jpg)
- [2.17] http://funhight.blogspot.com.es/2007_04_01_archive.html
- [2.18] http://funhight.blogspot.com.es/2007_04_01_archive.html
- [2.19] <https://elarquitectoviajero.files.wordpress.com/2012/07/p1090638.jpg>
- [2.20] <http://es.wikipedia.org>
- [2.21] www.afinidadelectrica.com.ar
- [2.22] www.GreatBuildings.com
- [2.23] <http://es.wikipedia.org>
- [2.24] <http://es.wikipedia.org>
- [2.25] <http://www.slideshare.net/sandradraskovic/hystory-of-office-design>
- [2.26] <https://www.studyblue.com/notes/note/n/uhon-110-study-guide-2014-15-bachand/deck/12277990>
- [2.27] http://www.carusostjohn.com/media/artscouncil/history/euro_stakeholder/index_02.html
- [2.28] <http://elplanz-arquitectura.blogspot.com>
- [2.29] www.ruhalayaseminary.org/demo/citibank-headquarters
- [2.30] www.ruhalayaseminary.org/demo/citibank-headquarters
- [2.31] <http://www.tyznik.com/>
- [2.32] <http://diariodesign.com/2012/01/arquitectura-en-abierto-una-ruta-comentada-por-los-edificios-mas-singulares-de-madrid-organizada-por-el-coam-y-figueras/edificio-telefonica-madrid/>
- [2.33] <http://es.wikipedia.org>
- [2.34] <http://www.luissolana.com/?p=5414>
- [2.35] <http://artisticos20.blogspot.com.es>
- [2.36] <https://es.wikipedia.org/wiki/Chicago>
- [2.37] Fuente: Eduardo Martín.
- [2.38] Fuente: Basilio Tobías.
- [2.39] Elaboración propia.
- [2.40] Elaboración propia.
- [2.41] Elaboración propia.

[2.42] Fuente: Cristina Cabello.

[2.43] Fuente: Idom.

[2.44] Fuente: Cristina Cabello.

[2.45] Fuente: Cristina Cabello.

[2.46] Fuente: Lluís Casals.

[2.47] Fuente: Lluís Casals.

[2.48] Elaboración propia.

[2.49] <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-154751/edificios-ronda-estudio-lamela>

[2.50] Elaboración propia.

Tablas.

[Tabla 2.01]. Elaboración propia.

Capítulo 3. LAS INSTALACIONES.

“Vivimos en una sociedad profundamente dependiente de la ciencia y la tecnología y en la que nadie sabe nada de estos temas. Ello constituye una fórmula segura para el desastre”.

Carl Sagan.

El número de instalaciones requeridas en un edificio ha ido evolucionando y complicándose cada vez más a lo largo de la historia. Cada vez se requiere mayor reserva espacial para el paso de tuberías y conductos y la presencia de más recintos específicos para la ubicación de los equipos. [3.01], [3.02].

En este capítulo se trata de ordenar los diferentes tipos de instalaciones que se alojan dentro de un edificio de oficinas contemporáneo de acuerdo a la sistemática que persigue esta tesis. Se trata de definir cada grupo de redes no desde los conceptos más técnicos como hacen los manuales de instalaciones sino en base a los principios generales que las rigen y desde el punto de vista del arquitecto. El análisis se centra en la descripción de sus relaciones con las instalaciones de climatización objeto de estudio.



[3.01] [3.02]. Philip Morris Research Building (Richmon VA, 1972). Y actual renovación por Little Diversified Architectural Consulting, (2015).

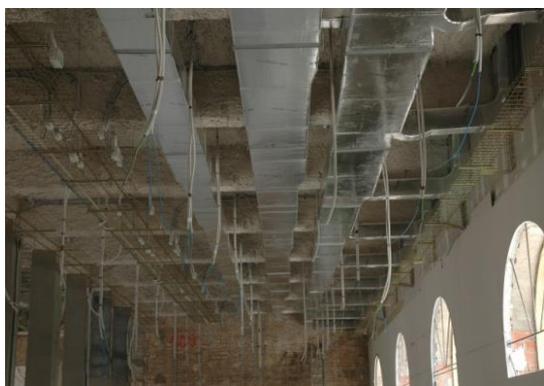
Dos son los conceptos básicos que unifican el conjunto de instalaciones que se implantan en un edificio, uno de ellos ligado con la idea de **transporte** y el otro con el de **confort** del usuario.

Para R. Serra en su libro *Arquitectura i màquina*, todas las instalaciones se pueden estudiar como sistemas de transporte: “Un sistema de transporte tiene como función en la arquitectura transferir de un punto a otro energía, materia, información y personas”¹ y es esta sencilla idea de llevar algo de un lugar a otro la que nos permite encontrar un nexo común ente todas las redes y diferenciar en cualquier tipo de instalación, un origen, unos elementos de distribución y unos receptores.

Pero además de considerar las instalaciones como medio porteador, el objetivo común de todas ellas es conseguir las exigencias de confort y bienestar requeridas por los usuarios que garantizan la habitabilidad de los edificios. Y es la suma de este segundo principio unificador lo que hace complejo el estudio de estos sistemas como compartimentos estancos. La idea de bienestar ligada a las instalaciones y la complejidad de su definición la refleja C. Martín en los dos primeros párrafos de su artículo en la revista tectónica:

“¿A qué nos referimos cuando hablamos de instalaciones en la arquitectura? Las instalaciones abarcan desde los indispensables suministros de agua y electricidad, al conjunto de mecanismos, sensores y elementos tecnológicos que permiten al hombre disfrutar de un bienestar que es imposible de tener solo con los elementos físicos (estructura, cerramientos) de la arquitectura tradicionalmente entendida.

Sin instalaciones, la mayor parte de los edificios contemporáneos no cumplen la utilitas vitrubiana del siglo XXI. Un hospital o un edificio de oficinas, sin instalaciones, no deja de ser una estructura optimizada para sostenerlo y una construcción que lo protege de las inclemencias del tiempo, pero que no está cumpliendo las funciones para las que se ha construido. Aunque en algunos edificios el presupuesto dedicado a instalaciones puede superar el 50% del total, no existe una definición clara que permita explicar con precisión el concepto de instalaciones en edificación”.²



[3.03] [3.04]. Rehabilitación del Seminario para edificio de oficinas del Ayuntamiento de Zaragoza. Claro ejemplo de vaciado de un edificio e implantación de nuevas instalaciones.

Existe otra idea muy extendida que identifica y unifica las instalaciones de un edificio como lo **transitorio** del mismo, frente a la estructura que se concibe como lo que debe perdurar en el tiempo. Este concepto de la no permanencia se debe por un lado a una tecnología que ha avanzado muy rápidamente en estos campos y a una normativa extraordinariamente cambiante que se va adaptando a los tiempos. Pero sobre todo se debe a un segundo factor mucho más determinante: **el mantenimiento** (o no mantenimiento adecuado) de las instalaciones. Las instalaciones desde el inicio de su concepción van unidas a una evidente deficiencia de espacios reservados para su ubicación y una simplificación excesiva en los planos de proyecto. Y en la puesta en obra de las mismas son aspectos predominantes la falta de organización en el trazado de las redes y el resultado final oculto de tubos, conductos y dispositivos en el interior de cámaras o cuartos. Todo ello contribuye a un incómodo y difícil mantenimiento que reduce la vida útil de muchos de los sistemas de servicios y acondicionamiento de los edificios.

El resultado es que cuando unas oficinas cambian de propietario o de organización interna, o cuando un edificio cambia de función para destinarse a uso administrativo, la manera más cómoda de optimizar resultados es un vaciado total del edificio contenedor, perdurando estructura y cerramientos, y sustituyendo de forma global las instalaciones del edificio. [3.01], [3.02].

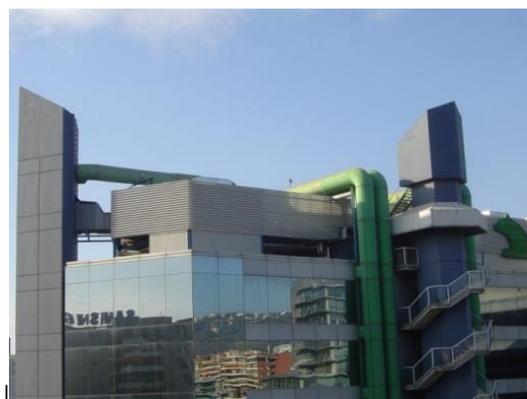
Pero son tiempos de crisis y de cambio, y si hay que construir o reformar edificios de oficinas, la cuantificación y cualificación de las reservas espaciales destinadas al conjunto de las instalaciones es un factor importante a considerar que puede condicionar el diseño de los edificios, garantizar la registrabilidad y el buen mantenimiento de las instalaciones.

Es importante que las instalaciones se implanten en la arquitectura como un elemento diferente que no moleste, que funcione conjuntamente con el edificio. La **integración** de las instalaciones ha de ser otro principio unificador para todas las redes y dispositivos. Quien mejor supo plasmar esta idea de la suma de dos piezas para conformar un solo cuerpo fue F. J. Sáez de Oiza, en su etapa de profesor de instalaciones en la Escuela de Arquitectura de Madrid, al hablar del paralelismo existente entre el sistema de acondicionamiento térmico de un edificio de las características consideradas en esta investigación y la regulación térmica del hombre:

“Nosotros creemos en un nuevo orden orgánico, porque la máquina, al establecer en el edificio un nuevo ritmo, una nueva palpitación (ascensor, “respiración artificial”, etc.) no niega, sino, al contrario, se aproxima hacia un nuevo y verdadero sentido de la vida. Un sentido de la arquitectura como ser viviente que late y muere a expensas de un corazón, un sistema sanguíneo, unos pulmones, ...Sin ellos, la arquitectura superior, el nuevo edificio, la nueva ONU –con sus complejos sistemas-, muere también. Las nuevas grandes realizaciones de la arquitectura, todos los nuevos grandes edificios, en su complejidad mecánica, no son bajo esta apreciación orgánica, sino esquemas de organismos superiores y, por ello también, más fácilmente comparables con el ser orgánico superior: el propio hombre.

...Nada más próximo al metabolismo humano que el esquema de regulación térmico de un moderno edificio. La piel del ser superior está dotada de elementos sensibles al medio que automáticamente regulan en todo momento, en la casa, frente a las cambiantes condiciones de clima y ambiente”.³

No es la única manera, pero situar los conductos y dispositivos expuestos, tal y como ocurre en el *edificio de la Caja de Madrid* del estudio Fargas&Tous (Barcelona, 1992) [3.05], [3.06], es una buena manera de “superponer” y facilitar el mantenimiento de las instalaciones y su reposición sin interrumpir el régimen de uso del edificio sin que éste se vea interrumpido.



[3.05] [3.06]. El Edificio de la Caja de Madrid en Barcelona, como ejemplo de instalaciones vistas desde el exterior configurando la imagen formal del edificio y favoreciendo su mantenimiento.

Una vez reflejados los principios unificadores positivos de todos los tipos: transporte, confort, mantenimiento e integración vamos a clasificar lo que entendemos por instalaciones en un edificio de oficinas. Posteriormente se entresacarán el tipo de instalaciones del que se quiere estudiar sus repercusiones arquitectónicas.

3.1. Las instalaciones de servicios y de acondicionamiento.

En el conjunto de las redes que se pueden implantar en un edificio se distinguen dos grupos claramente diferenciados: las instalaciones de servicios y las de control ambiental o acondicionamiento, según dotan al edificio de algún tipo de suministro o sean las responsables de acondicionar los espacios. Es la clasificación más extendida en los programas de estudios de las Escuelas de Arquitectura, no coincidente con el lenguaje utilizado en la práctica profesional ni en otro tipo de estudios. Unos y otros sistemas mecánicos implican, en general, un consumo de energía y un gasto económico para los usuarios. Esta clasificación permite una clara sistematización que responde a unos criterios básicos de funcionamiento de los sistemas.

Las instalaciones de servicios recorren un amplio campo de actuación que queda perfectamente reflejado en la definición que da de las mismas el catedrático de instalaciones J. Ll. Fumadó Alsina: *“el conjunto de sistemas técnicos incorporados a los edificios..., cuyo objetivo es dar satisfacción a necesidades físicas concretas, en unos casos, relacionadas directamente con el usuario, en otros, con el propio funcionamiento de ciertos medios o equipamientos, y en mucho, participando de ambas posibilidades según sea la especificidad de la demanda”*.⁴ Son suministros básicos imprescindibles en el edificio para garantizar el buen funcionamiento o uso del mismo. Dependen del número de usuarios o del equipamiento con que se ha dotado al edificio. Son por ejemplo, las instalaciones de fontanería, saneamiento o electricidad.

Las instalaciones de acondicionamiento garantizan el confort del usuario, y son principalmente las instalaciones de acondicionamiento térmico ambiental o de climatización y las de acondicionamiento lumínico. El tipo de instalaciones necesarias, su número o el volumen que pueden llegar a ocupar está condicionado además de por las personas y el equipamiento, por la envolvente constructiva que encierra los espacios. La definición de las fachadas, las cubiertas o los huecos, por ejemplo, es determinante en el diseño, trazado y pre-dimensionado de estas redes.

Las instalaciones de acondicionamiento térmico son las técnicas de tratamiento de los espacios destinados a conseguir unas características de calidad del aire y/o sensación higrotérmica agradables para el cuerpo humano y sanitariamente admisible. Este grupo lo constituyen las instalaciones de aire acondicionado, ventilación, calefacción y refrigeración.

Las instalaciones de acondicionamiento lumínico se pueden definir como las técnicas de tratamiento de los espacios destinados a conseguir unas características de iluminación agradables para el ojo humano y sanitariamente conveniente. Dentro de este grupo podemos incluir las instalaciones de electricidad relacionadas con la iluminación de los espacios y los propios elementos de luminotecnia.

En general podríamos concluir diciendo que las instalaciones de servicios transportan materia, energía, personas o señales. Por su parte las instalaciones de acondicionamiento, suponen necesariamente el transporte de energía aunque para ello precisen algún tipo de elemento material (fluidos caloportadores o electrones). La visión conjunta de todas las instalaciones de un edificio de oficinas, nos permite encontrar con más facilidad las leyes generales que las rigen. Por eso el [Anexo 3. OTRAS INSTALACIONES](#), completa este apartado, definiendo todas las instalaciones participantes en un edificio de oficinas que no son de climatización y sus relaciones con las instalaciones de aire acondicionado, que son las estudiadas en esta investigación.

3.2. Las instalaciones de acondicionamiento térmico.

Las instalaciones de acondicionamiento térmico ambiental o de climatización son las que se analizan en esta investigación, por su diversidad y por ser las que más espacio ocupan en los edificios.

En un primer momento se estudia el origen de esta tecnología y las instalaciones de aire acondicionado de aquellos edificios que se han considerado en el [Capítulo 2](#) los modelos del edificio de oficinas, siguiendo con la teoría de L. Fernández-Galiano que en los referentes de arquitectura se pueden encontrar algunas claves de los edificios actuales.

En la segunda parte se buscan los principios generales, con carácter arquitectónico, de las instalaciones de climatización de los actuales edificios de uso administrativo. Para en tercer lugar enumerar los equipos y sistemas más utilizados.

3.2.1. Evolución histórica.

El concepto de instalación de acondicionamiento térmico ambiental de un edificio tal y como se entiende en la actualidad y descrito en el apartado anterior, no siempre ha tenido una definición tan global. Se van a repasar, de forma breve, los grandes hitos históricos del aire acondicionado desde su nacimiento hasta el momento temporal en que se desarrolla la tesis, con objeto de recoger los diferentes sistemas de climatización que se han utilizado en los edificios de oficinas y descartar aquellos que hoy en día no cabría implantar.

Esta mirada atrás en el análisis de los sistemas de aire acondicionado permite encontrar principios generales de esta tecnología válidos hasta nuestros días y difíciles de encontrar en el estudio actual del conocimiento técnico.

Tras los primeros edificios de oficinas construidos en América a la manera de la Escuela de Chicago con calefacción convencional de la época y ventilación natural, surgen las primeras experiencias de climatización en el edificio administrativo. Se deben a dos fundadores de esta tecnología coetáneos: Benjamín Sturtevant, en Estados Unidos y Wilson Weatherley Phipson, en Inglaterra, quienes a finales del S.XIX iniciaron el proceso de investigación para la climatización artificial de los edificios.

En primer lugar B. Sturtevant, reconocido como el *Father of air conditioning*⁵, quien en 1870 no sólo patentó el primer ventilador sino también el primer sistema de “calefacción moderna” compuesta por un serpentín de vapor que se ponía en contacto con aire impulsado por un ventilador centrífugo que se distribuía a las estancias por conductos. Benjamin Sturtevant fue el inventor del primer sistema de calefacción vapor-aire y tuvo un papel muy importante en el avance posterior de esta tecnología.

Un ejemplo de los primeros edificios administrativos calefactados con un sistema similar fue la rehabilitación del [National Provincial Bank of England](#)⁶ por Gibson y W. W. Phipson (Londres, 1865). Gibson fue el arquitecto y W. W. Phipson el ingeniero responsable de la implantación de la instalación de calefacción y ventilación⁷ –vapor-aire–. Phipson fue pionero en estos temas e implantó en este edificio el sistema que se denominó “Systema Van Hecke” y que fue empleado por primera vez en Inglaterra en algunos hospitales. En dichas obras se instalaron conductos de aire que calentaban y ventilaban la sala principal del banco entre las bóvedas del techo y el suelo.



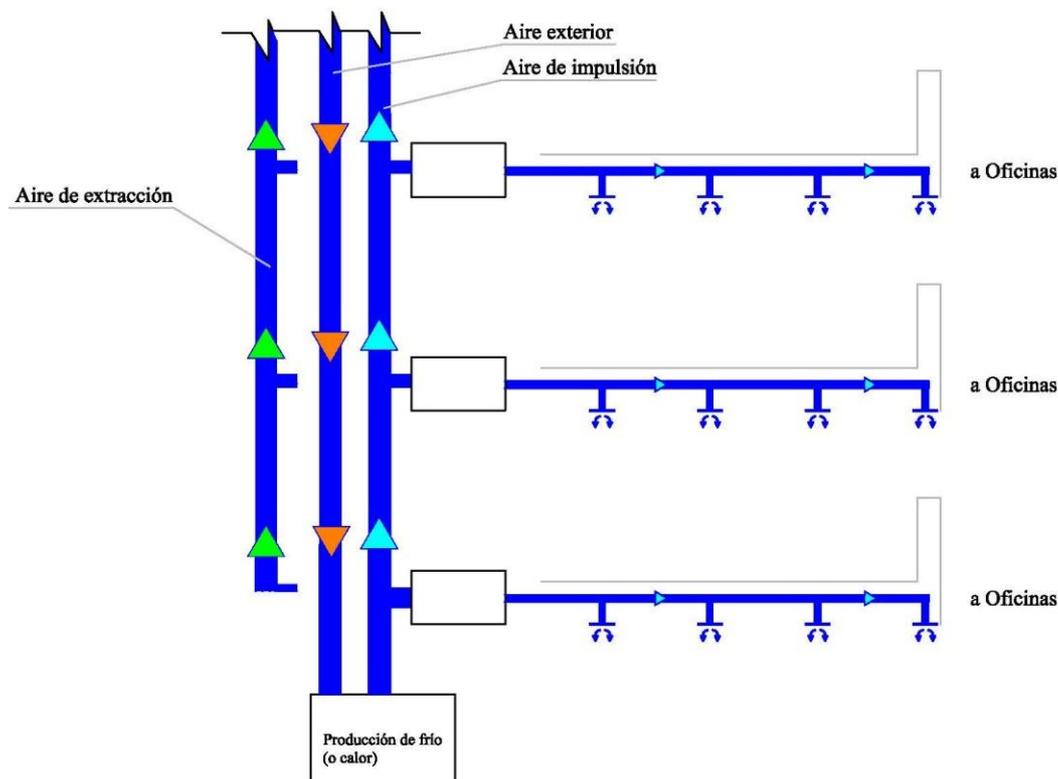
[3.07] [3.08] [3.09]. Ventilador, corredores-plenum y rejillas en City Hall, Cardiff, Wales. 1904. Sistema de climatización.

Estos planteamientos iniciales suponían disponer en los edificios de unas salas de dimensiones considerables, normalmente en el sótano, para la ubicación de las calderas y los grandes ventiladores que distribuían aire caliente por todas las estancias, así como para los conductos de retorno del aire extraído que podían incluso discurrir paralelos a los pasillos del edificio.

Pero fue Willis Carrier⁸, quien en 1902 diseñó el primer sistema de control de temperatura y humedad, quién más tuvo que ver en el acondicionamiento de los primeros edificios de oficinas y cuyas empresas fabricaron la mayor parte de los equipos de aire acondicionado del momento. En relación al ingenio de Carrier quien supo materializar los deseos de los arquitectos europeos coetáneos de dominar el ambiente interior de los edificios R. Banham comenta en su libro: *“Por otra parte la Carrier Corporation todavía estaba usando hasta 1933 frases como “clima hecho por el hombre”, en momentos en que las palabras “aire acondicionado” eran frecuentes en el comercio y estaban a punto de ser parte del uso habitual estadounidense y ya habían aparecido en el nombre de por lo menos una de las numerosas compañías lanzadas en diferentes ocasiones en torno a la personalidad y talento de Carrier. No obstante, la frase “clima hecho por el hombre es admirable, no sólo por describir el producto final del proceso del aire acondicionado, sino también por subrayar hasta qué punto el dominio del arte de Carrier dependió de la observación directa de la naturaleza y del comportamiento del aire como componentes del clima exterior”*.⁹

Está claro que las primeras patentes que han condicionado la historia del aire acondicionado tuvieron lugar en la América principios del siglo XX, aunque hay que considerar que los avances tecnológicos que fueron claves en los inicios del edificio de oficinas moderno se desarrollaron de forma paralela en el continente americano que la Inglaterra de finales de siglo, con unos pocos años de diferencia, tal y como narra N. Pevsner en su libro *“Historia de las tipologías arquitectónicas”*, en el capítulo dedicado a *Almacenes y Oficinas*.¹⁰

Cronológicamente el punto de partida en la evolución de la concepción del acondicionamiento térmico artificial de los edificios de oficinas lo tenemos en el *edificio para la administración Larkin*, en Búffalo. Podríamos decir que fue el primer edificio con “aire acondicionado”, esto es, con sistema de calefacción, refrigeración y ventilación [3.10]. Se trataba de un aire acondicionado entre comillas ya que no se producía control de humedad del aire. La planta refrigeradora¹¹, que se instaló tres años más tarde, se situaba en el sótano y cuatro grupos de conductos verticales y escaleras se disponían en las esquinas de la construcción. El aire de ventilación era tomado desde la parte superior del edificio, para que el aire de renovación fuera lo más puro posible, y filtrado y calentado o enfriado, según la época, en la central de producción de frío y calor. El aire tratado se distribuía por un conducto vertical a todas las plantas de oficinas.



[3.10]. Esquema de principio del Edificio de la Administración Larkin.

De acuerdo con el plano de F. L. Wright recogido por R. Banham en un artículo¹² sobre *el Larkin*, desde los conductos verticales se distribuía el aire de impulsión hasta las rejillas situadas en la parte inferior de los antepechos de las plantas alzadas (en verano) o a nivel de suelo (en invierno). El aire viciado se expulsaba de nuevo a la cubierta a través de un conducto vertical. El conjunto de los conductos disponía de un cuarto espacio para la ubicación de las distribuciones verticales del resto de las instalaciones.

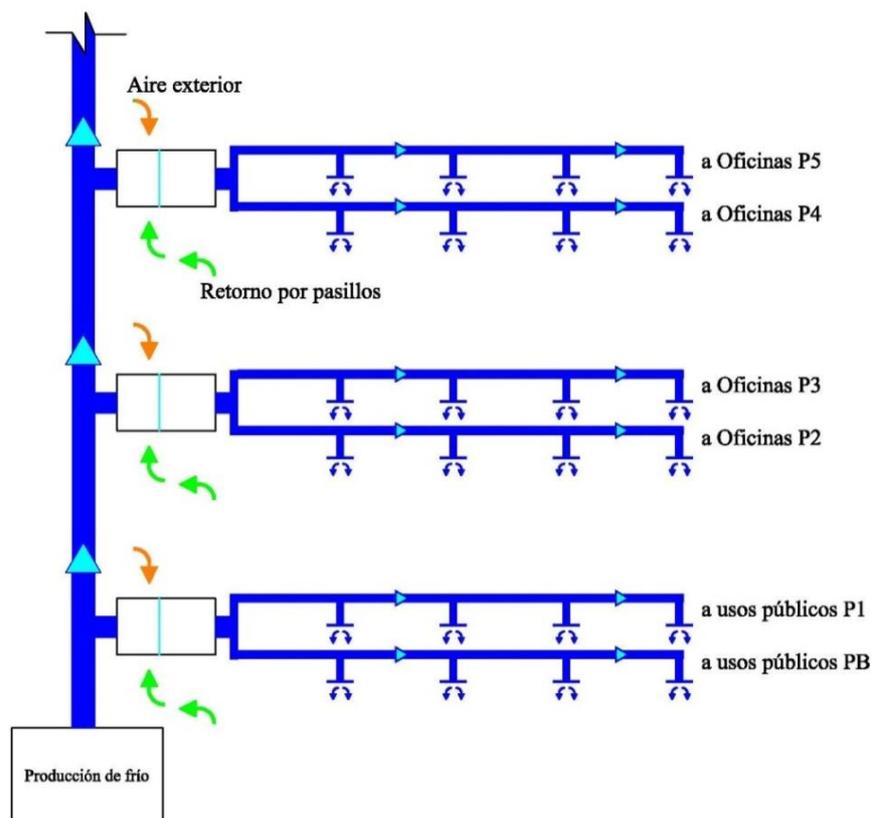
F. L. Wright fue el primer arquitecto que reservó espacio para los equipos y los conductos de aire acondicionado en su edificio y que en relación con este tema B. Roberts indicó que *“incluyó en su diseño dibujos de los conductos y de las plantas y resolvió muchos de los problemas durante décadas de otros arquitectos”*.¹³

El edificio de *la Administración Larkin* fue precursor en la implantación del aire acondicionado en los edificios administrativos. Las tres siguientes décadas del siglo XX significaron grandes avances en el confort higrotérmico artificial de los espacios pero su aplicación tuvo lugar en otro tipo de usos. Grandes almacenes, fábricas, hoteles, auditorios y teatros de la época fueron el objeto de los trabajos de ingenieros tales como Stuart W. Gramer o Willis Carrier, entre otros, que fueron los responsables del desarrollo de la tecnología del aire acondicionado tanto en Estados Unidos como en Inglaterra.

El término *“aire acondicionado”* propiamente dicho se debe a las patentes del ingeniero americano Stuart W. Gramer¹⁴, responsable de la construcción de muchas fábricas textiles. En dichas construcciones introdujo sistemas de humidificación, con el consiguiente enfriamiento por evaporación, calefacción y ventilación para conseguir el confort de los trabajadores.

No fue hasta veintidós años más tarde en 1928 con la construcción del *Milam Building*, en Texas, cuando se produjo el siguiente avance relevante en la climatización de los edificios de oficinas. El arquitecto fue George Willis y el ingeniero M. L. Driver. El resultado formal exterior del edificio, la planta y la organización de las ventanas y la distribución interior en despachos compartimentados es herencia de la Escuela de Chicago, pero desde el punto de vista tecnológico fue bastante innovador, tanto por ser la construcción del momento de mayor altura en hormigón como por ser considerado el primer edificio de oficinas climatizado. Según la revista americana “*Heating, Piping and Air Conditioning*” fue considerado “*el primer edificio del país equipado con aire acondicionado para suministrar confort durante todo el año*”.¹⁵

Su planta, con patio abierto a sur, organiza la distribución de los despachos con doble crujía para permitir la máxima iluminación y ventilación natural de las estancias, reservando una zona en el centro de la fachada norte para la ubicación del núcleo de comunicaciones, servicios e instalaciones.



[3.11]. Esquema de principio del Milam Building.

El aspecto más singular a destacar de la instalación de aire acondicionado del *Milam* [3.11] es su grado de semi-sectorización cada dos plantas debido a la organización por usos del edificio y a la búsqueda de la menor ocupación de las redes implantadas en el mismo. Es una época de prosperidad comercial en la que la ocupación de los conductos de aire era una cuestión de gran relevancia. En relación con este tema en el momento de la construcción del edificio, R. Banham comenta: “*En tales situaciones, donde el rendimiento comercial era tanto la motivación inicial como el veto final, el uso de las áreas de piso para los conductos era una cuestión de vida o muerte, dado que aún las comodidades del aire acondicionado eran, raramente, lo suficientemente atractivas como para que la renta fuese aumentada hasta el punto donde la pérdida de metros cuadrados fuera compensada*”.¹⁶

Se trataba de un sistema “*Todo aire*” donde una central de frío suministraba aire acondicionado, primero a los usos más públicos del edificio que se organizaban en la planta baja y primera y después a las unidades de tratamiento que acondicionaban cada una de ellas dos plantas de oficinas. Las máquinas estaban situadas en un local técnico que formaba parte del núcleo servidor de la planta correspondiente y recibían el aire exterior por la fachada norte necesario para la renovación del aire viciado de las oficinas. Los conductos de impulsión discurrían por el falso-techo y tenían la misma organización que el pasillo central llegando a las rejillas situadas sobre las puertas de los despachos. El retorno se producía por plenum sin conductos propios para este fin desde las rejillas situadas en la parte inferior de las puertas por el propio pasillo y falso-techo. Las máquinas y los conductos también suministraban aire caliente para calefacción en las épocas frías del año. Y el conjunto del sistema de climatización disponía de tanques de agua almacenada en sótano para humidificación e incluso podía deshumidificar el aire tratado.

En los años siguientes, la mayoría de los edificios de uso comercial y de oficinas disponían de sistemas de aire acondicionado “*Todo aire*” resultando edificios administrativos de altura, forma y planta condicionada con las necesidades espaciales y energéticas de los conductos verticales de climatización; o como dice D. Arnold “*la era de la planta libre de oficinas todavía no ha llegado*”.¹⁷

Seguramente el edificio que más condicionó su forma por la implantación de las instalaciones en general y de los conductos de aire acondicionado en particular fue la *Torre de oficinas de la Philadelphia Savings Fund Society (PSFS)*, diseñada por Howe y Lescaze en 1932 y cuyo acondicionamiento se debe a W.Carrier.

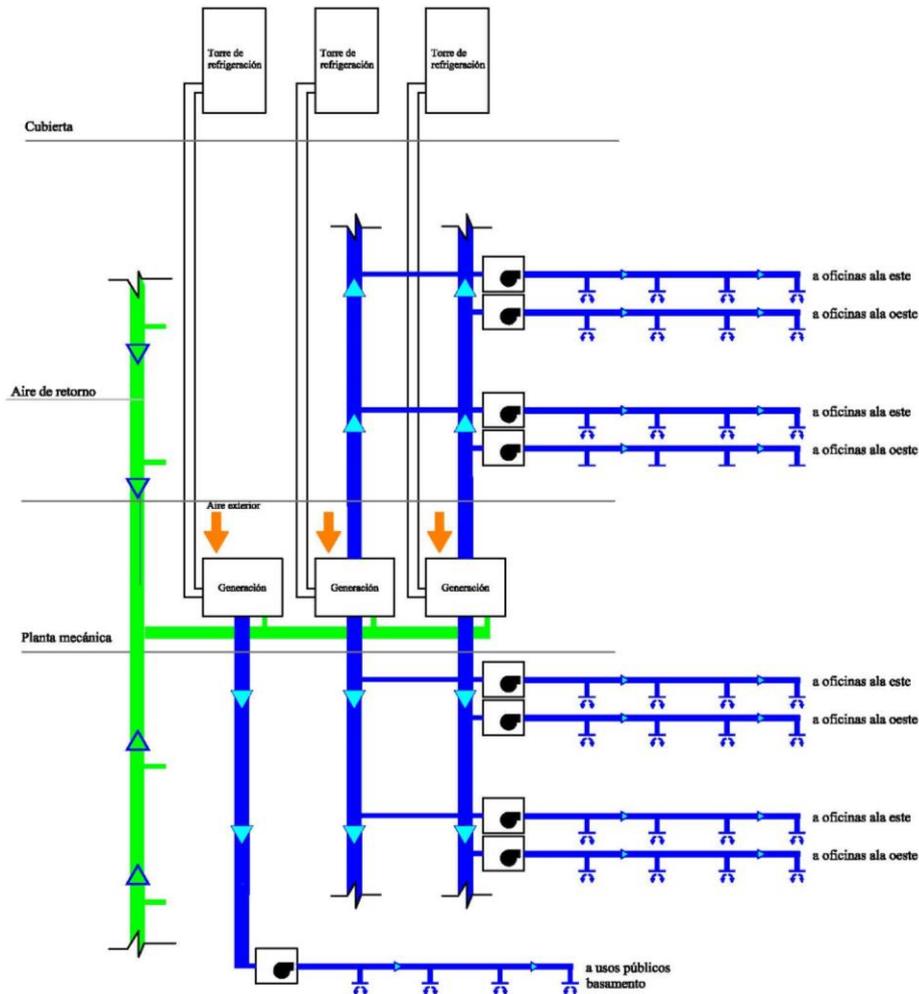
Supuso la generación del modelo de Torre Articulada resultante de una concepción principalmente funcional de los edificios de oficinas y la implantación del plinto como base del edificio administrativo en altura para la ubicación de los usos públicos. Pero sobre todo y desde el punto de vista de la climatización artificial de los edificios en altura fue la primera torre que destinó una planta intermedia para la ubicación de las máquinas de la instalación de aire acondicionado consiguiendo así una reducción importante de la sección de los conductos verticales de aire que atravesaban el edificio.

La generación de frío y calor, y la toma de aire exterior para la ventilación se hacen en la planta técnica situada en el nivel 20 de la torre. La instalación sectorizada por usos, públicos del basamento y oficinas, y disponía de equipos diferenciados para la zona Este y la zona Oeste, con objeto de regular las diferencias de cargas debidas al clima exterior.

La distribución vertical se lleva a cabo a través de doble conducto situados tras los ascensores de servicios. La dimensión de estos conductos es exactamente la mitad que si se hubiera situado la centralización de equipos en la cubierta o en la base del edificio.

La distribución horizontal del aire tratado es mediante el sistema de “doble corredor”: ala este - ala oeste. Dos conductos horizontales en cada planta organizados en la crujía central de la torre reparten el aire climatizado a las oficinas.

El aire de retorno pasa a la circulación central, a la manera del *Milam building*, a través de las persianillas colocadas en la parte inferior de las puertas de las estancias.



[3.12]. Esquema de principio de la Philadelphia Savings Fund Society (PSFS).

El sistema de Carrier proveía al edificio de deshumidificación y enfriamiento en verano, humidificación y precalentamiento, en invierno, filtraje, control de temperatura...

La primera referencia a un equipo de refrigeración evaporativa indirecta mediante intercambiador de placas es de esta época, 1934, “en la misma se propone utilizar dos etapas, una primera etapa en la que se enfría el aire de retorno de los locales mediante lavadores de tipo spray (enfriamiento evaporativo directo). Este aire frío se utiliza para enfriar el aire exterior antes de su impulsión a los locales, mientras el aire húmedo es expulsado al exterior”.¹⁸

Pero además de las aportaciones ya citadas a la nueva concepción de las instalaciones de aire acondicionado en los edificios de oficinas, la *Philadelphia Savings Fund Society* [3.12] también inicia la nueva tendencia que va a perdurar en el tiempo: la ocultación de los conductos de aire tras las placas del falso techo. Sin embargo significa un esfuerzo de integración de los elementos de cesión del aire al ambiente con la arquitectura, con la instalación de inventos “lámpara/difusor”, hecho que para R. Banham significa que “los arquitectos e ingenieros estaban trabajando juntos para aprovechar los volúmenes perdidos por encima de los cielorrasos como una membrana de uso múltiple de energía oculta”.¹⁹

Son los años en los que los arquitectos europeos del Movimiento Moderno, Alvar Aalto, Le Corbusier, etc. proyectaban una nueva forma plástica, material, de hacer arquitectura desligada de cualquier planteamiento histórico y en general de los avances de la técnica conseguidos hasta el momento. En palabras de R. Banham: “... mientras los arquitectos modernos europeos habían estado tratando de idear un estilo que “civilizase la tecnología”, los ingenieros estadounidenses habían proyectado una tecnología que haría habitable el estilo moderno de la arquitectura para los seres civilizados”.²⁰

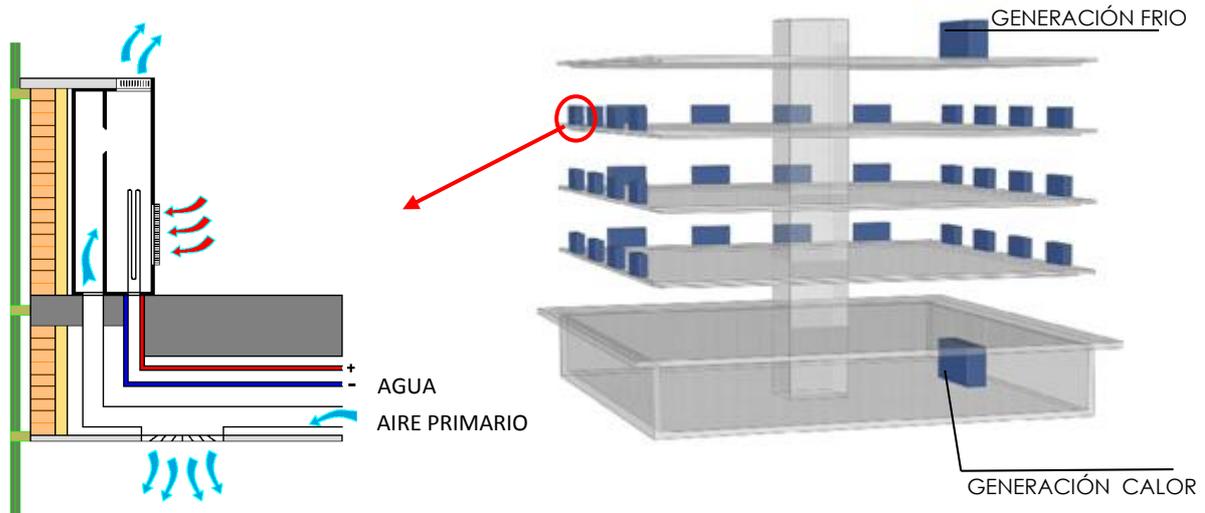
En este momento, F. L. Wright construye un nuevo edificio singular, *el Johnson Wax Administration Building* (1939), que mantiene todavía el carácter expresivo de las instalaciones. Se trata, al igual que *el Larkin* de un edificio sellado, que se cierra al entorno industrial exterior, con iluminación cenital difusa y climatización artificial como forma de conseguir el confort interior en los espacios de trabajo. Las unidades de tratamiento del aire configuran unos volúmenes característicos en la cubierta del edificio con un especial cuidado en el tratamiento de las tomas de aire. Con objeto de distribuir correctamente el aire tratado en la gran sala de trabajo se configuran plenums de impulsión a un nivel intermedio. Las cámaras de aire para impulsión son empleadas por primera vez en este edificio, eliminando casi en su totalidad los conductos de aire acondicionado, salvo para el retorno situados a nivel del ático.²¹

Los sistemas de aire acondicionado “todo aire” fueron los sistemas que se emplearon para la climatización de los edificios de oficinas hasta finales de los años 30. En la última década, era de prosperidad económica en América y de construcción de edificios altos de oficinas, la lucha interna de los promotores por reducir la superficie ocupada por los conductos verticales de aire en favor de los metros cuadrados de superficie útil de espacio de trabajo, al no entender claramente los beneficios obtenidos por la implantación de estas instalaciones, era patente en algunos textos de la época. El resultado: la limitación de la profundidad de la planta para encontrar el equilibrio entre edificio/espacios habitables/espacios destinados a instalaciones.

Es también el momento en que se desarrolla el tubo fluorescente tal y como lo conocemos en nuestros días, hecho que junto con los avances de la industria de la climatización y de la de los cielos rasos, contribuyen a la implantación de la concepción que va a prevalecer en los años siguientes: la ocultación generalizada de las instalaciones bajo las placas de los falsos-techos.

La libertad en la concepción de los edificios de oficinas en altura y su planta libre, tal y como exigían los planteamientos formales de arquitectos y promotores, no pudo llevarse a cabo sin la implantación de los sistemas “agua-aire”, y esto no hubiera sucedido de nuevo sin la intervención de W. Carrier.

Aunque sus primeros sistemas completos de aire acondicionado se instalaron en los años 20 en edificios públicos como teatros o grandes almacenes, fue la invención del sistema “aire-agua” denominado “Carrier Weathermaster” y patentado en 1944²² lo que hizo posible el aire acondicionado eficiente en los rascacielos, tipología formal por excelencia del edificio administrativo. Para esta forma de climatizar los edificios, los inductores situados en el perímetro de la planta de oficinas requerían unas demandas espaciales que definían la modulación de las fachadas con muro cortina y el espacio ocupado por los conductos de aire a alta velocidad que discurría por el techo del nivel inferior de oficinas era menor que en sistemas anteriores, pues sólo suplía las necesidades de ventilación del edificio. Se requería falso-techo acústico y se reducía considerablemente la sección de los conductos verticales en los edificios en altura. Los avances más importantes en la climatización de los bloques de oficinas en Estados Unidos no tuvieron lugar hasta el final de la II Guerra Mundial.²³



[3.13]. Situación de inductores en edificio de oficina y detalle de inductor.

De este momento y con el empleo para el acondicionamiento térmico de las oficinas de inductores con aire primario son algunos edificios referentes en la historia de la arquitectura moderna. *El Edificio para la Organización de las Naciones Unidas (1950)*, *la Lever House (1952)* o *el Seagram (1958)*, los tres en New York, ejemplos clave del Estilo Internacional, emplearon estos sistemas de climatización, que posteriormente se implantaron en tipologías edificatorias semejantes en las grandes ciudades norteamericanas. Las grandes dimensiones de la Sede de la ONU, frente al *Lever House*, conlleva a un mayor grado de sectorización de la instalación de aire acondicionado y la aparición de tres pisos técnicos intermedios (6, 16 y 20), además de la planta sótano y de la de remate del edificio también destinadas a alojar los equipos de las instalaciones. Mies Van der Rohe en *el Seagram* antepuso su concepción formal frente a la técnica, a pesar de sus 39 plantas, concentró las máquinas de la instalación de climatización en la planta técnica de remate del edificio, con objeto de no interrumpir la verticalidad del rascacielos y reservando más espacio en planta al paso de los conductos verticales del aire de renovación.

El prototipo se sistematizó como forma de climatización de los edificios con envolvente hermética acristalada y se exportaron como modelo tecnológico en los años siguientes a la Europa más anglosajona. En América, "el periodo tras la Segunda Guerra Mundial, hasta alrededor de 1978, debe considerarse los años del boom del aire acondicionado"²⁴, en Europa empieza unos veinte años más tarde.



[3.14] [3.15]. Imágenes interiores de la Lever House.

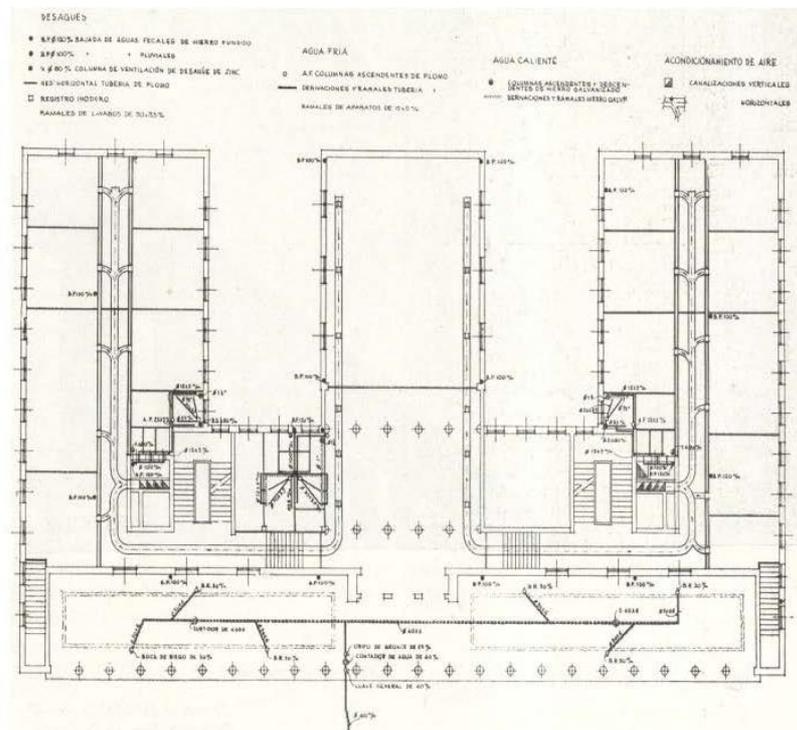
- **Evolución tecnológica en España.**

Antes de establecer la clasificación y criterios generales de las instalaciones de aire acondicionado que acondicionan los edificios de oficinas en España en el ámbito temporal que engloba el análisis de esta tesis, desde el comienzo del siglo XXI hasta la actualidad, se indica cómo tiene lugar la transposición de los modelos americanos a nuestro país. Y este traslado de las tipologías formales y de la técnica en ellas implantadas se va a ver en dos edificios de oficinas estudiados por César Martín en su tesis doctoral: *el Patronato Juan de la Cierva* (que forma parte del CSIC) de los arquitectos Ricardo Fernández Vallespín y de Miguel Fisac Serna (Madrid, 1950) y *el Banco de Bilbao* de Sáez de Oiza (Madrid, 1974).

La tipología formal del Patronato Juan de la Cierva correspondería con lo que se ha llamado en la primera parte de esta tesis bloque tectónico con patio, de clara influencia de la Escuela de Chicago por lo menos en lo que se refiere a su planta en "E" y a su distribución de las oficinas en dos crujías con pasillo central. Su configuración volumétrica y su distribución es muy similar al edificio para la *Confederación Hidrográfica del Ebro* de los hermanos Borobio (Zaragoza, 1946) y al *Edificio de oficinas para el Alto Estado Mayor* de L. Gutiérrez Soto (Madrid, 1954).



[3.16] [3.17]. Edificio de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Y Patronato Juan de la Cierva.



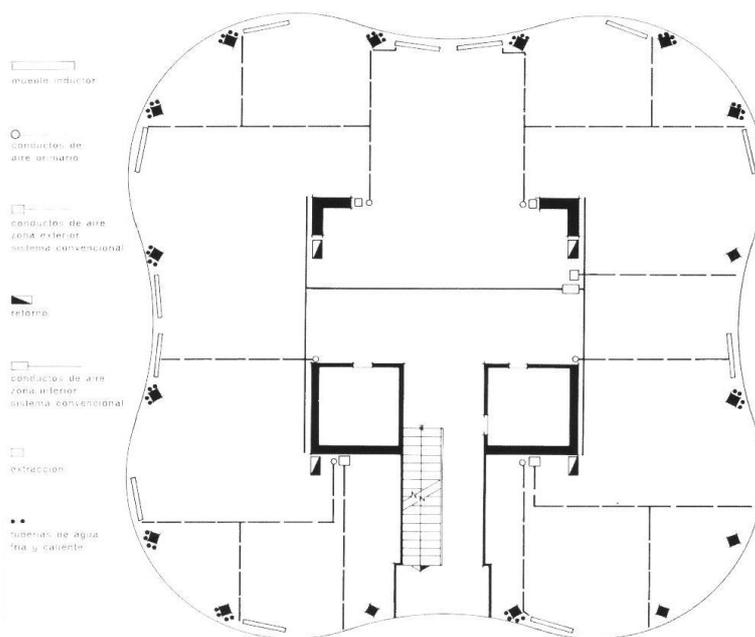
[3.18]. Plano de instalaciones del edificio del Patronato Juan de la Cierva, publicado en la Revista Nacional de Arquitectura (142, 1953).

Para entender los principios generales del sistema de aire acondicionado implantados en el edificio analizado en el momento de su construcción (*años 40*) recordemos brevemente el contexto histórico: Recesión en el continente americano y una suspensión en los avances tecnológicos en lo que a los sistemas de climatización se refiere. Edificios administrativos climatizados artificialmente como el *Milam building* o la *PSFS* seguían siendo los referentes tecnológicos. En España recién terminada la Guerra Civil y en arquitectura, en esa búsqueda de la modernidad, los arquitectos comenzaban a relacionarse con E.E.U.U.

El edificio del *Patronato Juan de la Cierva* dispone de un sistema de climatización “*todo aire*” capaz de enfriar y refrigerar el edificio e incluso poder modificar la humedad relativa del aire. Los equipos de generación de frío y calor y la unidad de tratamiento del aire se sitúan en el centro del edificio, en el semi-sótano. La distribución vertical se lleva a cabo por unos patinillos situados junto a los dos núcleos verticales de comunicaciones. En cada una de las plantas el aire se impulsa por los pasillos centrales distribuyendo a las rejillas superiores situadas en cada una de los despachos. En el suelo se disponen rejillas para la recirculación del aire que se recogen en conductos verticales que discurren junto al muro de la fachada.

Aunque la distribución vertical mediante aire no es fácilmente aplicable a edificios de oficinas de actuales de una cierta envergadura existe una cuestión en el aire acondicionado del Patronato que lo hace ciertamente moderno: sus planteamientos iniciales desde el inicio del diseño del sistema para ser flexible y adaptarse a posibles variaciones de la distribución de despachos, tal y como lo explica César Martín: “*El aspecto más sobresaliente de la solución de aire acondicionado del Patronato es el planteamiento de implantación de los conductos independientemente de la distribución interior, permitiendo la creación de despachos que siempre disfrutaran del servicio de aire acondicionado, con la posibilidad incluida de contar con una regulación individual –aunque todavía muy primitiva- en el aire aportado en cada despacho*”.²⁵

Pero cuando realmente llega a España la Torre prismática acristalada climatizada artificialmente es casi veinte años más tarde con ejemplos tan representativos como *la Torre BBVA* (1981) o *los edificios Trade* de J.A. Coderch (Barcelona, 1968), donde se implantan sistemas de aire acondicionado muy similares al “Carrier Weathermaster”.



[3.19]. Torre Trade (Barcelona, 1968). Instalación de aire acondicionado según el diseño original.

3.2.2. Principios generales.

Las instalaciones tratadas en este apartado y denominadas de acondicionamiento térmico ambiental son las encargadas de garantizar, independientemente de cuales sean las características del ambiente exterior, los parámetros de confort térmico ambiental en el interior de los edificios necesarios para realizar las actividades que en ellos se pretende y cumplir las condiciones de salubridad exigidas. Por este tipo de parámetros ambientales térmicos no sólo hemos de considerar la temperatura del ambiente sino también su humedad, así como la calidad, la velocidad e incluso la presión del aire interior, todos ellos responsables de la comodidad de los usuarios de una estancia. Como dice J.L. Fumadó: *“Arquitectura y Climatización persiguen objetivos de habitabilidad similares”*.²⁶

Las instalaciones de acondicionamiento térmico ambiental pueden ser concebidas para modificar uno o varios de los parámetros ambientales térmicos hasta conseguir las condiciones de confort requeridas, dependiendo del uso del edificio, y pueden ser utilizadas a lo largo de todo el año o en determinados periodos estacionales.

En función de sus características estas instalaciones se pueden dividir en cuatro categorías:

- Calefacción.
- Refrigeración.
- Ventilación.
- Climatización.

Las instalaciones de calefacción son aquellas que consiguen el confort térmico en los espacios aumentando la temperatura del ambiente. Son válidas para periodos estacionales de invierno y para edificios que no requieran la adecuación térmica en verano. La mayor parte de los edificios plurifamiliares residenciales disponen de una instalación de calefacción convencional de agua caliente.

Las instalaciones de refrigeración consiguen el proceso opuesto a las de calefacción, bajar la temperatura de un ambiente por medios artificiales. Su función es extraer calor de una sustancia o del aire de la una habitación: Un sencillo equipo partido de aire acondicionado con un split en la estancia interior pueden bajar la temperatura del espacio donde se sitúan. Un ventilador de aspas colocado en un techo en un clima cálido no disminuye la temperatura del ambiente pero la corriente de aire generada puede dar una sensación refrescante.

Por ventilación de una estancia entendemos la renovación con aire exterior del caudal suficiente para que el ambiente tenga las debidas condiciones de calidad para realizar las actividades que allí tengan lugar. Serán instalaciones de ventilación las que exclusivamente aporten el caudal de aire exterior o extraigan el aire viciado necesario para cumplir las exigencias normativas de calidad del aire. Nadie pone en duda que *“la ventilación es el sistema que nunca puede faltar en el acondicionamiento de aire de los locales”*²⁷ y en la mayor parte de las tipologías edificatorias la renovación del aire exige la implantación de sistemas artificiales (mecánicos).

Las instalaciones de climatización consiguen, independientemente de las condiciones exteriores, las características de confort térmico del ambiente, pudiendo modificar todos y cada uno de los parámetros ambientales que definen el aire (temperatura, humedad, calidad..., etc.). Son aquellas que permiten crearse un aire *“a medida”* de forma completamente artificial que satisfaga las necesidades de los usuarios y los requerimientos normativos a tal efecto. En la práctica los términos de instalaciones de climatización y de aire acondicionado se van a utilizar indistintamente.²⁸ Englobaría los conceptos de calefacción, refrigeración y ventilación.

Independientemente de los criterios de diseño de tipo bioclimático tenidos en cuenta en un edificio de oficinas, casi todos los ejemplos requieren sistemas técnicos activos para su climatización.

En los edificios administrativos, en el acondicionamiento de los espacios de trabajo y otros con carácter público, aunque es posible plantear una instalación de ventilación exclusiva y diferenciada del sistema de climatización, en la mayoría de los casos es difícil establecer los límites entre una y otra instalación. A veces se utilizan máquinas diferentes para tratar el aire exterior de renovación de aquellas que aportan energía térmica a los ambientes, y otras veces son los mismos equipos los que realizan ambas funciones.

Sea cual sea la manera en que se lleve a cabo la ventilación y la climatización de los locales el caudal de aire de renovación ha de introducirse en los ambientes a la temperatura prevista de confort, pudiendo introducir el resto de aire tratado algunos grados por encima o por debajo de los niveles óptimos de calidad térmica.

Estas instalaciones han de estar diseñadas para conseguir las condiciones higrotérmicas y de calidad del aire adecuadas en el interior del edificio y ser capaces de resolver las necesidades de calefacción, refrigeración y ventilación de todos los espacios de trabajo precisando estar en funcionamiento durante todas las épocas del año.

Los requerimientos del aire para los espacios de uso administrativo que han de conseguir las instalaciones de climatización (incluida ventilación) se resumen en la tabla siguiente, extraída del articulado del Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Observaciones		
Temperatura operativa	Verano	23...25°C ²⁹
	Invierno	21...23°C ²⁹
Humedad relativa	Verano	45-60% ²⁹
	Invierno	40-50% ²⁹
Ventilación	Aire de buena calidad, IDA 2	12,5 dm ³ /s por persona ³⁰
Temperatura media aire Zona ocupada	Verano	0,18-0,25 m/s ³¹
	Invierno	0,15-0,21 m/s ³¹
Temperatura operativa	Despachos	30-40 dB(A) ³¹
	Oficina Diáfana	35-45 dB(A) ³¹

[Tabla 3.01]. Parámetros ambientales en los edificios de oficinas.

Nota: Además de los parámetros señalados en la tabla las instalaciones de aire acondicionado han de conseguir en el interior de las oficinas unos niveles de calidad del aire que exigirá un filtraje del aire exterior en función de la contaminación del ambiente que rodea el edificio.

El Comité 156 del CEN (Comité Europeo de Normalización) está a cargo de la elaboración de las normas en relación con los sistemas de ventilación de los edificios y que se denomina "Ventilation for buildings"³². En sus informes valora que la ventilación es el primer fin del acondicionamiento del aire, siendo el tratamiento térmico de los locales un factor secundario, así como el ahorro de energía. Lo más importante es la salubridad de los edificios. Además constata la gran repercusión que tiene el aire de ventilación en la carga térmica de los edificios (entre el 40-50% de la energía de uso)³³ y por tanto en la elección de las máquinas del sistema de aire acondicionado.

3.2.3. Equipos y sistemas de climatización.

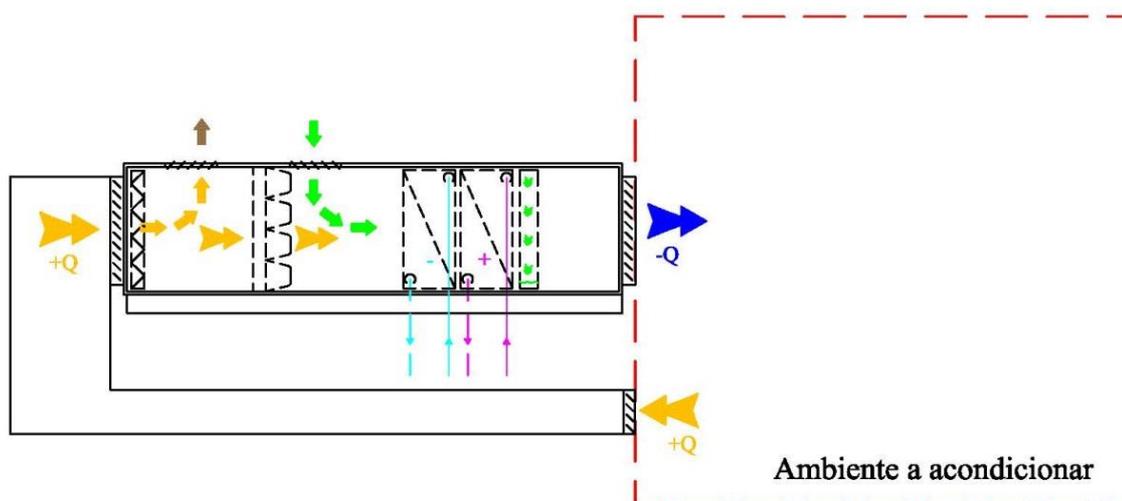
La gran variabilidad de instalaciones de climatización existentes y de criterios³⁴ para su clasificación dificulta la sistematización de las mismas. Podríamos incluso pensar, como algunos expertos consultados, que hay tantos tipos de instalaciones como edificios en los que se implantan. Sin embargo vamos a buscar las características comunes de las instalaciones de climatización de los edificios de oficinas en el campo espacial y temporal estudiado.

Por las características intrínsecas de la tipología estudiada, uso administrativo, no consideraremos ningún sistema de climatización que no sea capaz de modificar todas las propiedades necesarias del aire [Tabla 3.01] hasta conseguir el acondicionamiento total de los diferentes ambientes.

Esto es, las instalaciones de climatización analizadas se caracterizan por:

- Climatizar los edificios durante todo el año, esto es, calefactar los ambientes en invierno y refrigerarlos en verano.
- Humidificar o deshumidificar el aire interior en caso de ser preciso.
- Aportar el aire de renovación necesario para ventilar los espacios habitables.

Para la generación de energía, tras la valoración en más de 30 edificios de oficinas en la década 2000-2010, *ver Anexo 4. LISTADO DE EDIFICIOS*, se podría considerar que **calderas a gas natural y enfriadoras de agua o bombas de calor**, son los equipos más utilizados.



[3.20]. Esquema de climatizador para un edificio de oficinas: Refrigeración, humectación y renovación.

Sea cual sea el orden de las tres premisas citadas (temperatura, humedad y calidad del aire adecuada) que debe conseguir cualquier sistema de aire acondicionado está claro que la salubridad en los recintos es primordial. En la climatización artificial de los edificios de oficinas el aporte de aire primario para la ventilación será un factor determinante en la concepción del sistema.

Las **unidades de tratamiento de aire o climatizadores**, de mayor o menor tamaño, se disponen en la totalidad de los edificios revisados. En la imagen [3.20] se reflejan los diferentes tipos de aire que pueden aparecer en la climatización de los edificios no residenciales: el aire tratado en color azul (SUP), el aire exterior de color verde (ODA), el aire de retorno de color amarillo (ETA) y el aire extraído y descargado en el exterior de color marrón (EHA), son los flujos más comunes, de

acuerdo con las especificaciones del Comité 156 del CEN³⁴. Para dicho Comité doce clases diferenciadas de aire ponen de manifiesto una vez más la complejidad y variedad de las instalaciones de aire acondicionado que se pueden dar.

En el *Anexo 2. INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO*, se describen la mayoría de los equipos que requieren estos sistemas de climatización. En este apartado se explican las máquinas y sistemas que pueden configurar una instalación de aire acondicionado en un edificio de oficinas actual. No se hace esta descripción como lo haría un manual de diseño y dimensionado de esta tecnología sino valorando las interconexiones con la arquitectura y los espacios ocupados dentro de un edificio.

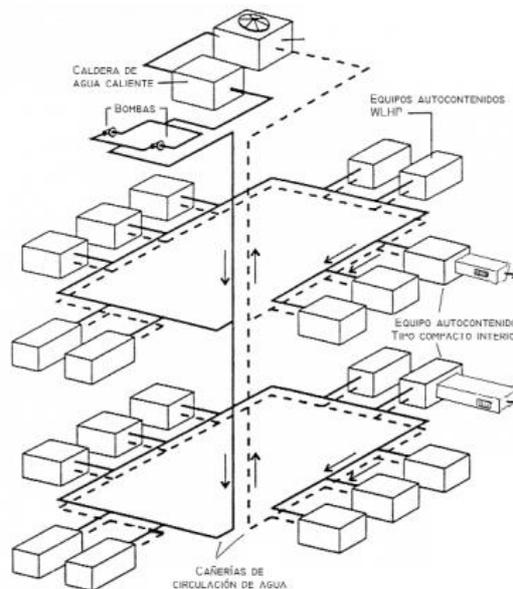
En la línea de lo establecido, una de las formas más claras de simplificar este problema es la reinterpretación de cualquier instalación de un edificio como un sistema de transporte³⁵ [3.21]. Para el caso de las instalaciones de climatización distinguiremos un punto de partida en los elementos generadores de energía, los sistemas de distribución de calor y frío implantados en el edificio y los elementos receptores situados en los locales que se pretenden acondicionar.



[3.21]. Esquema instalación climatización: Origen, transporte y receptor.

Además de los climatizadores, los fancoils o los inductores, las unidades interiores de los sistemas de expansión directa y los difusores y las rejillas, pueden ser las **unidades terminales** del sistema, que se encarguen de la correcta distribución del aire en los locales que requieren ser acondicionados.

Atendiendo a esta triple diferenciación, una vez definidos los tipos de cada una de las categorías podremos enumerar los sistemas de aire acondicionado que se pueden generar combinando las diferentes partes [3.22].



[3.22]. Esquema instalación climatización: Sistema de generación de frío y calor independiente y unidades terminales en los espacios de trabajo.

Los sistemas de expansión directa pueden resolver la climatización de todo tipo de edificios de oficinas, torres de pequeño tamaño como la *Torre LLacuna* o de mayor envergadura tales como la *Torre Picasso*, la *Torre Agbar* o la *Sede de Gas Natural* de Enric Miralles y Benedetta Tagliabue (Barcelona, 2006) . En general son sistemas que requieren poco espacio y permiten diferentes grados de sectorización. Requieren cubiertas, plantas o cuartos técnicos ventilados para ubicar las unidades exteriores. O sistemas de anillos de condensación si no se quieren rejillas ni texturas diferentes en la envolvente del edificio.

El desarrollo de la técnica del aire acondicionado hace que no exista una única solución en la instalación de climatización para cada edificio, pudiendo ocupar diferente volumen dos soluciones consideradas correctas, siendo en general más importante el espacio ocupado por las instalaciones "aire-agua" frente a las de "aire-refrigerante". Se descartan instalaciones exclusivas "todo aire" por el gran volumen que se precisaría para el trazado de las instalaciones y se hace necesaria el aporte de aire primario en los espacios de oficinas con soluciones híbridas.

En un punto intermedio entre el espacio mínimo requerido por sistemas de expansión directa o el gran volumen de los todo-aire, están los sistemas mixtos aire-agua, que en función del grado de centralización de la producción de energía y el grado de sectorización del sistema de ventilación tendrán diferentes requerimientos espaciales.

Aun acotando el modelo de edificio de oficina a las dos tipologías considerados (Bloque y Torre) la variedad y complejidad de los sistemas de climatización va a dificultar el establecimiento de un ratio de ocupación de las instalaciones de aire acondicionado, que permita establecer por parte del arquitecto las reservas espaciales necesarias desde el momento inicial del diseño arquitectónico.

Desde la Directiva Europea del 2002 la necesidad y la obligatoriedad de reducir las emisiones de CO₂ es evidente y por ello el planteamiento de nuevos edificios de oficinas y la rehabilitación de los despilfarradores edificios existentes exigen instalaciones de climatización con la máxima eficiencia en los equipos y en las redes de distribución.

Algunas de las medidas de eficiencia que van a definir los sistemas de climatización en el periodo temporal estudiado, y que pueden condicionar el espacio ocupado por estas instalaciones son:

- Evitar sistemas de alta velocidad.
- Usar sistemas de Volumen Aire Variable (VAV) y de inductores o convectores, para tener un control zonal.
- Usar sistemas de doble conducto, para evitar recalentamientos posteriores en el punto de consumo.
- Usar recuperadores de calor, recirculación del aire de salida, sistemas de free-cooling.

De todas las alternativas posibles de instalaciones de aire acondicionado sólo se pueden considerar adecuadas las que permitan un control zonal y la máxima eficiencia energética. Las instalaciones de climatización en los edificios de uso administrativo actuales tienen que tener en cuenta la eficiencia de las instalaciones y la posibilidad de integración de energías renovables.

A continuación se expone una tabla [Tabla 3.02] donde se analizan los equipos que puedan formar parte de las instalaciones de climatización, y supone un resumen de lo ampliado en el Anexo 2. Se exponen las características de las principales máquinas que requieren los cuatro edificios analizados en el Capítulo 5 para su climatización. Se estudian además de su función los dos aspectos que consideramos más relevantes en las repercusiones sobre el edificio: los fluidos de entrada y salida en los equipos y los espacios más adecuados para su ubicación.

- Bomba de calor.
- Enfriadora de agua.
- Caldera.
- Recuperador.
- Intercambiador de placas.
- Bomba.
- Climatizador.
- Fancoil.
- Inductor.
- Torre de refrigeración.

MÁQUINAS					
REPERCUSIONES	BOMBA DE CALOR	ENFRIADORA DE AGUA	CALDERA	RECUPERADOR	INTERCAMBIADOR (de placas)
FUNCIÓN					
PRODUCCIÓN FRÍO	✓	✓			
PRODUCCIÓN CALOR	✓		✓		
INTERCAMBIADORES DE MOVER FLUIDOS	✓	✓	✓	✓	✓
ACONDICIONAMIENTO	✓				
REFRIGERAR FLUIDO					
FLUIDO TERMICO O PRIMARIO					
Refrigerante	✓	✓			
AGUA			✓		
FLUIDOS SECUNDARIOS (Entrada)					
AIRE	✓	✓		✓	
AGUA	✓	✓			✓
FLUIDOS SECUNDARIOS (Salida)					
AIRE	✓			✓	
AGUA	✓	✓			✓
Otros Suministros					
Electricidad	✓	✓	✓	✓ (2)	
Combustible			✓		
Evacuación					
Condensados	✓ (1)				
Humos			✓		
UBICACIÓN					
CUBIERTA	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	
SÓTANO	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓
PLANTAS TÉCNICAS	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
PLANTAS DE OFICINAS	✓✓			✓	✓
FALSO- TECHO	✓				
SUELO-TÉCNICO	✓				

[Tabla 3.02]. Tabla de maquinas 1.

Sólo se consideran los equipos de producción de frío situados en el interior de los edificios. No se consideran las energías renovables.

Se señalan en azul los lugares más adecuados para la ubicación de las máquinas a criterio de la autora.

- ✓ (1) En los evaporadores
 ✓ (2) Ventiladores

MÁQUINAS					
REPERCUSIONES	BOMBA	CLIMATIZADOR	FANCOIL	INDUCTOR	TORRE DE REFRIGERACIÓN
FUNCIÓN					
PRODUCCIÓN FRÍO					
PRODUCCIÓN CALOR					
INTERCAMBIADORES DE					
MOVER FLUIDOS	✓				
ACONDICIONAMIENTO		✓	✓	✓	
REFRIGERAR FLUIDO					✓
FLUIDO TÉRMICO O PRIMARIO					
Refrigerante		✓(3)	✓(3)	✓(3)	
AGUA					
FLUIDOS SECUNDARIOS (Entrada)					
AIRE		✓	✓	✓	✓
AGUA	✓	✓	✓	✓	✓
FLUIDOS SECUNDARIOS (Salida)					
AIRE		✓	✓	✓	✓
AGUA	✓	✓	✓	✓	✓
Otros Suministros					
Electricidad	✓	✓	✓		✓
Combustible	✓				
Evacuación					
Condensados		✓	✓	✓	
Humos					
UBICACIÓN					
CUBIERTA	✓	✓			✓
SÓTANO	✓✓	✓			
PLANTAS TÉCNICAS	✓✓	✓✓			
PLANTAS DE OFICINAS		✓✓	✓		✓
FALSO- TECHO		✓	✓✓		✓✓
SUELO-TÉCNICO			✓		✓

[Tabla 3.03]. Tabla de maquinas 2.

Sólo se consideran los equipos de producción de frío situados en el interior de los edificios. No se consideran las energías renovables.
Se señalan en azul los lugares más adecuados para la ubicación de las máquinas a criterio de la autora.

✓ (3) Cuando actúan como unidades interiores de sistemas de expansión directa.

Referencias.

1. Serra, R. "Arquitectura i màquina". Barcelona, Edicions UPC, 2001. Pág. 27.
2. Martín C., "Las instalaciones y la arquitectura". Rev. Tectónica nº 21. Julio 2006 Pág. 4.
3. Fumadó J. Ll. "Las instalaciones de servicios en los edificios I". Ed. Edicionescat. Pág. 1.
4. "Guía y ahorro de eficiencia energética en oficinas y despachos". Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. 2007. Pág. 22.
5. Ingles M., "Father of air conditioning", Garden City, 1952.
6. Black L., "National Provincial Bank Buildings in North-East England in the Later Nineteenth Century". Revista Durham archaeological journal, no. 17, 2003. Pág. 62-82.
7. Documento de ilustraciones adicionales del libro producido por CIBSE Heritage Group, "The works of Wilson Weatherley Phipson". Inglaterra, editado por Brian Roberts, 2002. Encontrado dicho documento en <http://www.hevac-heritage.org>: en el que se puede ver una foto del interior del National Provincial Bank of England de 1872 en el que Phipson fue el responsable de la implantación de un sistema de calefacción por agua caliente.
8. www.Britannica.com
9. Banham R. "La arquitectura del entorno bien climatizado". Ediciones Infinito, 1975, Buenos Aires. Pág. 190.
10. Pevsner N., "Historia de las tipologías arquitectónicas". Editorial Gustavo Gili, 1980, Barcelona. 13. Almacenes y Oficinas, pág. 257-267.
11. Arnold D., "The Evolution of Modern Office Buildings and Air Conditioning". Ashrae Journal, June 1999. Pág.43.
12. Banham R., "The Services of the Larkin Administration Building." Journal of the Society of Architectural Historians 37,no.3, October 1978. Pág.195. Encontrado en <http://www.abitare.it>
13. Roberts B., "The Story of Comfort Air Conditioning". Libro electrónico editado por CIBSE Heritage Group, 2009, http://www.hevac-heritage.org/electronic_books/. Parte-2 The Air Conditioned Building 1900-1939. Pág.25-26.
14. <http://ncarchitects.lib.ncsu.edu>. Autor: Catherine Westergaard. Actualización: Catherine W. Publicado 2012.
15. Roberts B., "The Story of Comfort Air Conditioning". Libro electrónico editado por CIBSE Heritage Group, 2009, http://www.hevac-heritage.org/electronic_books/. Parte-2 The Air Conditioned Building 1900-1939. Pág.27.
16. Banham R., "La arquitectura del entorno bien climatizado". Ediciones Infinito, 1975, Buenos Aires. Pág. 198.
17. Citado en Ashrae Journal. July 1999. Artículo de David Arnold, F.R.Eng.: "Air Conditioning in Office Buildings After World War II".
18. ATECYR / IDAE, "Guía técnica de ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización". Madrid, 2012. Pág. 53.
19. Banham R., "La arquitectura del entorno bien climatizado". Ediciones Infinito, 1975, Buenos Aires. Pág. 234.
20. Banham R., "La arquitectura del entorno bien climatizado". Ediciones Infinito, 1975, Buenos Aires. Pág. 178.
21. Roberts B., "The Story of Comfort Air Conditioning". Libro electrónico editado por CIBSE Heritage Group, 2009, http://www.hevac-heritage.org/electronic_books/. Parte-2 The Air Conditioned Building 1900-1939. Pág.33-34.
22. <http://www.corp.carrier.com>. "Fact sheet: carrier historical firsts".
23. Citado en The Story of the comfort of the air conditioning. Artículo: "Air Conditioning in Office Buildings After World War II," David Arnold, ASHRAE Journal, July 1999.
24. Citado en el apartado E3. The Growth of Office Air Conditioning de "The Story of Comfort of air conditioning".
25. Martín C., de su tesis doctoral "El aire acondicionado como factor de diseño en la arquitectura española: Energía Materializada" citando a Sobrino J. en la "Arquitectura Industrial en España", 2008. Pág.167.
26. Serra R. "Arquitectura i màquina". Barcelona, Ed. UPC, 1996. Pág. 38.

27. Código Técnico de la Edificación. DB-HE: Ahorro de energía. Contribución fotovoltaica mínima de energía fotovoltaica.
28. "Smart Grids y la evolución de la red eléctrica". Observatorio industrial del sector de la electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones. Mayo 2011. Pág.4.
29. Código Técnico de la Edificación. DB-HS: Salubridad. Evacuación de aguas.
30. Código Técnico de la Edificación. DB-SI: Seguridad en caso de incendio. Propagación interior. Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios.
31. <http://www.italsan.es>
32. Serra R. "Arquitectura i màquina". Barcelona, Ed. UPC, 1996. Pág. 112.

Imágenes.

- [3.01] Fuente: <http://ezrastoller.com/>
- [3.02] Fuente: <http://www.littleonline.com/work/project/philip-morris-manufacturing-center>
- [3.03] Fuente: Cristina Cabello. Mayo 2006.
- [3.04] Fuente: Cristina Cabello. Mayo 2006.
- [3.05] Fuente: Cristina Cabello.
- [3.06] Fuente: Cristina Cabello.
- [3.07] Fuente: www.hevac-heritage.org
- [3.08] Fuente: www.hevac-heritage.org
- [3.09] Fuente: www.hevac-heritage.org
- [3.10] Elaboración propia.
- [3.11] Elaboración propia.
- [3.12] Elaboración propia.
- [3.13] Elaboración propia.
- [3.14] Fuente: www.theheadbandpress.blogspot
- [3.15] Fuente: www.theheadbandpress.blogspot
- [3.16] Fuente: www.skyscrapercity.com
- [3.17] Fuente: Cesar Martín.
- [3.18] Fuente: Revista Nacional de Arquitectura (142, 1953).
- [3.19] Fuente: "Edificios Trade" editado por Comunidad de Propietarios de los edificios Trade. Barcelona, 1998.
- [3.20] Elaboración propia.
- [3.21] Elaboración propia.
- [3.22] Fuente: <http://www.airecondicionadoyclima.com>

Tablas.

- [Tabla 3.01]. Elaboración propia.
- [Tabla 3.02]. Elaboración propia.
- [Tabla 3.02]. Elaboración propia.

Capítulo 4. REPERCUSIÓN ARQUITECTÓNICA DE LAS INSTALACIONES EN EL EDIFICIO DE OFICINAS.

“La integración física tiene lugar cuando los sistemas comparten espacio arquitectónico ocupando un área o un volumen. Ésta es la actividad fundamental de integración y debe ser considerada para todos los componentes de la construcción”.

L.R. Bachman.

Según el diccionario de la Real Academia Española se define el concepto de *repercutir* como: *Dicho de una cosa: Trascender, causar efecto en otra* y continúa definiendo la palabra *trascender*: *Dicho de los efectos de algunas cosas: Extenderse o comunicarse a otras produciendo consecuencias.*¹

El hecho de superponer sobre la estructura y los elementos constructivos que conforman un edificio las instalaciones del mismo, tiene una serie de consecuencias que debe valorar el arquitecto desde el momento inicial del diseño. Para un determinado edificio, la elección de cada uno de los sistemas tiene efectos de carácter arquitectónico que repercuten en el resultado final del edificio.

4.1. Repercusión arquitectónica de las instalaciones.

No se trata de estudiar las instalaciones de la misma forma a como lo hacen los libros técnicos -diseño, trazado y cálculo- sino de valorar cuales son los aspectos que pueden determinar la integración arquitectónica de los sistemas en el edificio. Porque se considera que la integración en los edificios de las instalaciones es un elemento diferenciador, un elemento, no el único por supuesto, que genera arquitectura:

“Porque en realidad no existe realmente contraposición entre técnica y arte, un planteamiento técnico puede favorecer la creación de una forma estética más bella y, a la inversa, una aproximación estética a un problema técnico o científico puede permitir su solución más rígida”.²

Las consecuencias que tiene la implantación de las instalaciones en un edificio afectan a muchos aspectos que se pueden considerar arquitectónicos; estas repercusiones pueden ser:

- Espaciales.
- Constructivas.
- Ambientales y de confort del usuario.
- Funcionales.
- Formales o estéticas.

Las repercusiones **espaciales** son sin duda las de más transcendencia en el edificio. No sólo hay que dotar al edificio de los espacios suficientes para poder implantar los equipos, las redes y el resto de los componentes de las instalaciones, sino que dichos huecos han de garantizar un correcto mantenimiento de las mismas y la posibilidad de futuras modificaciones o ampliaciones. Y es en este tipo de repercusiones en las que se va a centrar esta tesis.

La incidencia en los aspectos **constructivos** del edificio de la implantación en el mismo de las instalaciones es importante y fundamentalmente se refiere a aspectos como el cálculo de la estructura, la trasmisión del ruido y las vibraciones, la prevención de incendios y la resolución concreta del paso de las redes a través de los elementos constructivos. La solución dada a los elementos de cerramiento para evitar la transmisión de ruido a los edificios próximos y al propio edificio y la definición de elementos de los sistemas de apoyo y soporte para evitar la transmisión de ruidos y vibraciones en el propio edificio son aspectos constructivos consecuencia directa de la implantación de las instalaciones. Pero también lo es por ejemplo, la definición constructiva de los elementos delimitadores de un sector de incendios atravesado por las tuberías, los conductos o los cables que conforman las redes del edificio.

Las redes de servicios han de proporcionar los suministros (agua, electricidad, telefonía, etc.) en las debidas condiciones a los usuarios y las instalaciones de acondicionamiento los niveles de **confort** lumínico, térmico y acústico adecuados para poder realizar las actividades previstas en los recintos con comodidad.

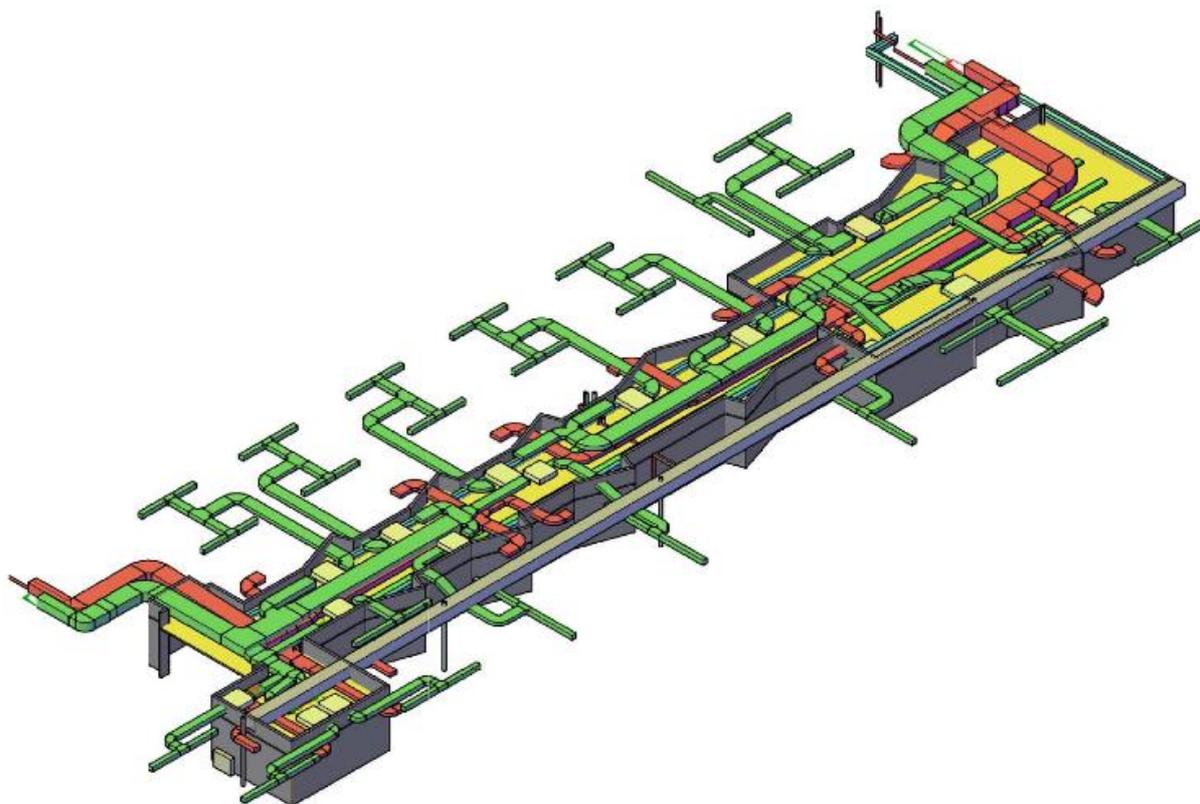
En el apartado de las repercusiones **funcionales** se trataría de valorar cómo la implantación de las instalaciones puede determinar la organización interior del edificio e influir en los usos y actividades a realizar, tanto en el momento de la primera ocupación del edificio como en posteriores reorganizaciones. Esto es, para el caso de los edificios de oficinas, valorar si la tan perseguida flexibilidad es real una vez implantadas las instalaciones de iluminación, acondicionamiento ambiental, telecomunicaciones...etc. o incluso las de prevención de incendios.

Cuando se analiza la incidencia de las instalaciones en la **estética** de los edificios surge el debate entre ocultar las redes y los dispositivos o exponerlos. Además esta doble discusión se da tanto en el exterior como en el interior de los edificios.

El estudio detallado de las consecuencias constructivas, ambientales o formales han sido objeto, al menos en parte, de libros, tesis y artículos pero su análisis conjunto hace muy extenso y difícil el trabajo. Esta tesis se centra principalmente en analizar la magnitud de las repercusiones espaciales en el origen, en los sistemas de transporte y en los receptores de las instalaciones. Y en cómo ese recorrido por los espacios ocupados por las instalaciones ha de hacerse en tres dimensiones.

Un estudio plano del recorrido de las redes y del posicionamiento de los dispositivos lleva a cruces no planteados, disconformidades en los presupuestos de ejecución de las obras, falta de espacio y soluciones complicadas y de difícil mantenimiento. Planteamiento similar al de esta tesis es uno de los argumentos que defiende el trabajo mediante herramientas de simulación BIM:

“La complejidad de los actuales proyectos de construcción y los múltiples agentes intervinientes da lugar a una fragmentación de la documentación técnica. Arquitectos e ingenieros producen sus propios “fragmentos” de documentación 2D, por lo que aparecen conflictos de información durante la ejecución de la obra, dando lugar a retrasos en la ejecución, incremento de los costes, fricciones entre las diferentes partes y, eventualmente, problemas legales. Sin embargo, el hecho de que sean necesarios múltiples documentos CAD 2D para definir una construcción, favorece la fragmentación de la documentación, por contra, una alta calidad de la documentación del proyecto es la condición básica para la buena calidad en todas las fases y procesos del ciclo de vida de una construcción y sus instalaciones”.³



[4.01]. Modelo 3D de las instalaciones de la planta baja del edificio de la IV Fase del Centro Científico y Tecnológico de la Universidad de la Rioja.

No hay que considerar las redes de servicios y los sistemas de acondicionamiento elementos molestos que hay que ocultar y que no forman parte de la arquitectura, sino que hay que darles su lugar, y ese espacio ha de ser adecuado en tamaño y en condiciones. Así expresa Ignacio Paricio la posición de los arquitectos ante este tema:

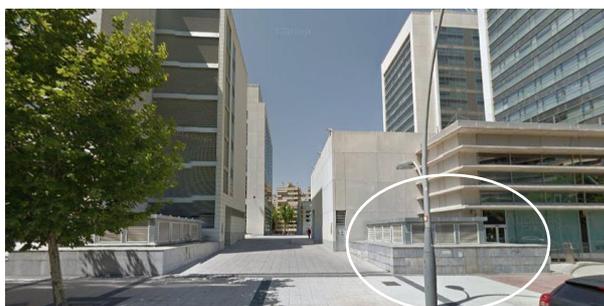
“Los cables, tubos y conductos crecen dentro de nuestros edificios, y con ellos los espacios que ocupan y las exigencias de accesibilidad. Pero los arquitectos no nos decidimos a dar a estos tendidos la importancia que evidentemente tienen. Parece que los proyectistas entendemos que esto no es arquitectura...que la arquitectura trata de otras cosas. ¿Hasta cuándo podemos mirar hacia otro lado?”.⁴

4.2. Repercusión arquitectónica de las instalaciones de servicios.

En este apartado se hace un breve estudio de los grandes espacios que requieren las redes de servicios en un edificio de oficinas. Es un análisis general dada la complejidad del tema y el número de redes existentes. Se considera que es necesario este estudio global ya que a veces es muy difícil independizar unas instalaciones de otras: ¿Se puede pensar en refrigeración, calefacción o ventilación sin considerar las instalaciones de fontanería, saneamiento o electricidad? O, ¿es posible desvincular las instalaciones de acondicionamiento higrotérmico de la domótica o de los sistemas de prevención de incendios?

- Los grandes cuartos:

Cuando la potencia concertada es superior a 100 kW⁵ existe la obligatoriedad de reservar un espacio destinado a *Centro de Transformación*; espacio que no puede instalarse por debajo de un primer sótano, siendo lo más conveniente que se sitúe en la planta baja con acceso desde la vía pública. Su tamaño depende de la potencia instalada en el edificio y significa la reserva de un habitáculo de dimensiones importantes: como medidas mínimas podemos considerar 4 m x 5 m en el caso de un solo trazo y 4,5 m x 7 m en el caso de trazo doble, con una altura mínima de 3,30 m.⁶



[4.02] [4.03]. Ubicación Estación Transformadora en el sótano del complejo WTCZ.

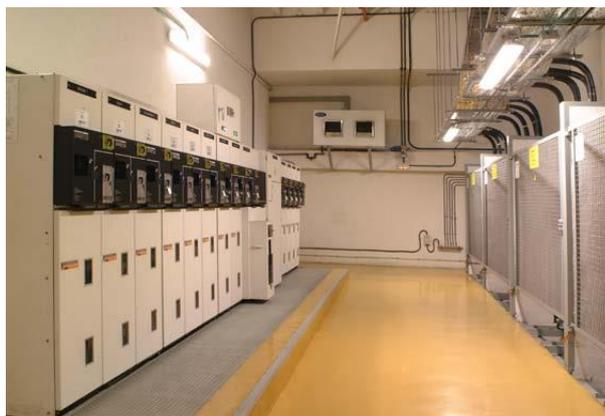
La mayor parte de los edificios de oficinas, por tratarse de lugares de pública concurrencia, requieren un *grupo eléctrico* como generador propio de electricidad para garantizar el suministro en caso de corte eléctrico a los servicios de seguridad⁷, tales como alumbrado de emergencia, sistemas contra incendios, ascensores, SAIs u otros servicios urgentes. Dicha exigencia supone una reserva espacial y la previsión de la evacuación de humos de las combustiones de algunos de sus motores. Hay que tener en cuenta dos temas a la hora de ubicarlo: la salida al exterior de los humos de la combustión del gasoil y la ventilación propia del recinto. La cubierta del edificio suele ser un buen lugar para alojar el generador eléctrico. Debe quedar la distancia suficiente alrededor del grupo (≈ 1 m) para permitir su mantenimiento y la puesta periódica del equipo.

Aunque con condiciones de ventilación menos restrictivas y dimensiones más pequeñas es necesario disponer de los cuartos para ubicar los *grupos de presión* del edificio. Estos equipos pueden pertenecer a la instalación de fontanería y a la de extinción de incendios. Si los edificios de oficinas no son muy grandes bastaría con disponer en el sótano un cuarto de dimensiones aproximadas 4 x 4 m para cada uno de los sistemas. Pero si se trata de edificios muy altos las instalaciones se han de diseñar partidas y habrá que situar diferentes grupos de bombeo que pueden estar situados en plantas intermedias del edificio. Tal es el caso de la *Torre Picasso* que ante la necesidad de disponer de un grupo de incendios intermedio se aprovechó un espacio existente entre la batería de ascensores intermedia para disponer las bombas y aljibe del sector

que atiende a las plantas 19 a 32. En los cuartos para los grupos de extinción de incendios hay que prever la evacuación de humos de bombas no eléctricas y la disposición de grandes aljibes de agua (de 12 m³ de volumen).

Es importante la situación estratégica de la sala de control que gobierne todas las instalaciones del edificio y en la se pueda detectar cualquier tipo de incidencia rápidamente:

El concepto de "Edificio Inteligente" se hace patente en Torre Picasso, ya que sus diferentes instalaciones están preparadas e integradas entre sí para que su Sistema Central de Control maneje todas y cada una de las mismas.⁸



[4.04] [4.05] [4.06]. Dos salas con entidad de habitáculo en la Torre Picasso. La sala de control (antes y después de su reforma -2015) y Centro de Transformación.

Algunos edificios de oficinas disponen de *Centros de Datos* que pueden tener grandes dimensiones y exigencias constructivas singulares.

Si no se utiliza como combustible el gas hay que prever los espacios de almacenaje; normalmente esto ocurre en edificios de oficinas que han optado por biocombustibles. Tal es el caso de la biomasa, utilizada como combustible principal por la *empresa DKV* cuando se instaló en 2013 en el complejo *WTCZ* de Zaragoza. No son estos casos frecuentes actualmente para edificios de uso administrativo, pero quizá haya que considerar esta opción en la rehabilitación de los actuales edificios de oficinas.

- *Armarios y cuartos de tamaño intermedio:*

En los edificios de oficinas de alquiler pueden tener cierta relevancia por su tamaño y por sus condiciones de accesibilidad los cuartos de *contadores divisionarios de agua o electricidad* que permiten medir el consumo individualizado de cada unidad mínima de alquiler.

También hay que considerar las reservas espaciales para *Cuadros Generales de Distribución* de la instalación de electricidad que en edificios de cierta envergadura pueden adquirir tal volumen que se requiera de un cuarto o armario específico para alojarlo.

En los edificios de oficinas merecen mención especial dentro de estos espacios de dimensiones intermedias los destinados a colocar los *armarios repartidores de los servicios de voz y datos*, que han de estar dispuestos a una longitud máxima de 90 m de cada punto de consumo o puesto de trabajo. Dichos armarios tienen unas dimensiones de 0,60 x 0,60 m y requieren para su perfecto funcionamiento de un espacio libre alrededor de 1 m. Los cuartos deben de estar refrigerados.



[4.07]. *Armarios repartidores de las instalaciones de cableado estructurado en un edificio de oficinas.*

Todos estos recintos, junto con las comunicaciones y los habitáculos para las instalaciones de climatización, normalmente están agrupados en las zonas reservadas a instalaciones. Se sitúan en los sótanos, en las plantas técnicas, bajo la cubierta y en los núcleos verticales que recorren todo el edificio, constituyendo principalmente los espacios servidores. A veces un mismo patinillo o cuarto sirve para el paso de redes o la ubicación de dispositivos pertenecientes a varios servicios. Es difícil separar los espacios ocupados exclusivamente por cada una de las instalaciones del edificio. Por esta razón en el *Capítulo 5*, en un primer análisis, se han medido todos los espacios de instalaciones conjuntamente para cada uno de los cuatro casos estudiados.

4.3. Repercusión arquitectónica de las instalaciones de acondicionamiento ambiental.

En este capítulo se trata de analizar las reservas espaciales de las instalaciones de acondicionamiento térmico ambiental. Las instalaciones de climatización, que se relacionan como hemos visto con el resto de redes del edificio, son las de mayor tamaño y por tanto las que más pueden llegar a quebrantar la arquitectura. Los espacios ocupados por las instalaciones de climatización dentro de los edificios siempre han tenido la consideración de marginales, necesarios, pero carentes de toda calidad arquitectónica. Nadie pone en duda que sean espacios “útiles”, con una función específica, pero pocos son los arquitectos que han reflexionado sobre sus repercusiones arquitectónicas.

El punto de partida es que hay que dotar al edificio de los espacios suficientes para poder implantar los equipos, las redes y el resto de los componentes de las instalaciones de climatización. Las instalaciones de climatización de los edificios de oficinas ocupan un volumen importante respecto al volumen global construido que es necesario considerar en los planteamientos iniciales del diseño. El ratio correspondiente a ese “*volumen ocupado*” es difícil de evaluar de forma generalizada pero una aproximación al mismo tras el estudio de cuatro casos concretos es lo que analiza el [Capítulo 6](#) de esta tesis.

Antes de medir cuánto ocupan las instalaciones de climatización definamos cuáles son los espacios a considerar. En este apartado se pretende identificar y categorizar los diferentes espacios servidores destinados a las instalaciones de climatización estableciendo una clasificación clara y suficientemente limitada para facilitar los trabajos evaluadores posteriores. Por su carácter establecemos cuatro diferentes categorías de estos espacios. Dentro de cada una de estos cuatro niveles fijaremos nuevos subgrupos con una incidencia variable de su “*volumen ocupado*”:

4.3.1 Espacios con entidad de habitáculos.

- Salas de máquinas.
- Salas o cuartos técnicos.
- Plantas técnicas.
- Cubiertas.

4.3.2 Espacios para distribución vertical.

- Patinillos - Núcleo de comunicaciones, servicios e instalaciones.
- Muros técnicos.
- Fachada.
- Fachada activa.

4.3.3 Espacios para distribución horizontal.

- Falsos-techos.
- Conjunto Estructura /Falso-techo.
- Suelo técnico.
- Conjunto Suelo Técnico/Estructura /Falso-techo.

4.3.4 Espacios habitados.

- El espacio de oficinas.
- Pasillos.
- Patios y atrios.

De cada uno de los espacios clasificados se analizarán los campos que pueden significar interferencias con los elementos arquitectónicos y se darán algunos valores dimensionales para que sirvan de referencia. Para cada orden de huecos, en función de la relevancia de sus afecciones a la hora de incorporarse al edificio, estudiaremos los siguientes aspectos:

- Su función y su relación con la instalación.
- Ubicación dentro del edificio.
- Relación con el ambiente exterior y con el aire de ventilación.
- Relación con los suministros de energía.
- Exigencias constructivas.
- Relación con los usos del edificio.
- Relación con los espacios destinados a oficinas.

4.3.1. Espacios con entidad de habitáculos.

Son los lugares en los que se ubican las máquinas: equipos de producción y climatizadores principalmente.

Sus dimensiones mínimas no están definidas claramente en la normativa pero su volumen ha de ser el adecuado para disponer, inspeccionar y reparar con comodidad todos los dispositivos que sea necesario ubicar en estos recintos; por eso las recomendaciones de los fabricantes son imprescindibles a la hora de establecer reservas espaciales que garanticen la funcionalidad y el correcto mantenimiento de las instalaciones.

- Salas de máquinas:

Para el caso de las instalaciones de climatización nos referiremos fundamentalmente a las salas donde se ubican los equipos de producción de energía. O como se denominan en la reglamentación vigente *“son los locales técnicos donde se alojan los equipos de producción de calor y frío y otros equipos auxiliares y accesorios de la instalación térmica, con potencia superior a 70kW”*.⁹ En el caso de los edificios de oficinas analizados, con producción de energía convencional, nos estamos refiriendo a los espacios donde se alojan las calderas, las enfriadoras y las bombas de calor principalmente, además de las bombas circuladoras, los vasos de expansión, los colectores, los intercambiadores de energía... y demás dispositivos necesarios para la generación de energía y el inicio de los circuitos de distribución.

Las salas de calderas y las plantas de refrigeración a pesar de tener una función vital como *“corazón central”* que generan y bombean energía al resto de la construcción, su calidad secundaria de espacio servidor las ha emplazado a los sótanos de la mayor parte de los edificios de oficinas.

El desinterés generalizado por parte de los arquitectos hacia estos espacios del edificio lo deja patente Oscar Tusquets al presentar la exposición *“Réquiem por una escalera”* que tuvo lugar hace unos años y no encontrar en un edificio nada menos interesante que una sala de calderas:

*“Las escaleras están en proceso de extinción porque, hoy en día, se han convertido en un espacio de servicio, puramente funcional, marginal, aislado y casi estandarizado. Ha pasado de ser el corazón del edificio a tener la consideración de una sala de calderas”.*¹⁰

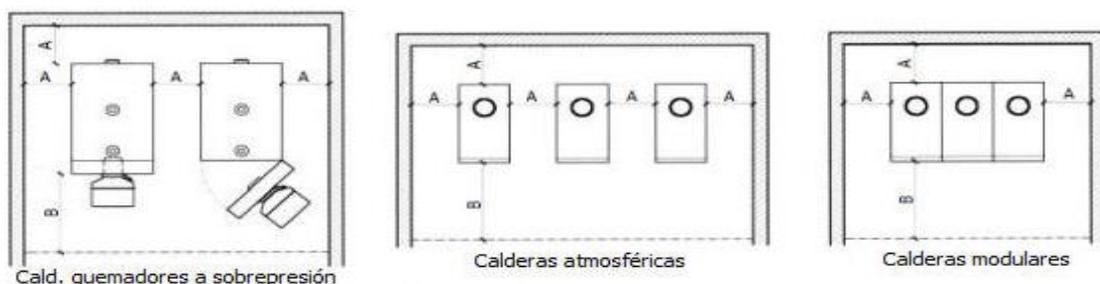
Desde los primeros rascacielos y grandes edificios con aire acondicionado en Estados Unidos, tales como el *Milam Building* (1928), *El Rockefeller Center* de Raymond Hood (New York, 1929), *El Metropolitan Life Insurance* de N. LeBrun (New York, 1933) o *La Johnson Wax Administration* (1939)¹¹, pasando por los grandes conjuntos administrativos construidos en los años 60-70, años de expansión y de influencia americana, hasta los más recientes construidos en nuestro país, cuentan con salas de máquinas bajo rasante que generan la energía necesaria para calefactar y refrigerar los espacios. Las cuatro torres que componen los *Edificios Trade* diseñados por J.A.Coderch y M. Valls i Vergés (1968) cuentan con centrales para las instalaciones de calor y frío y agua caliente sanitaria en el sótano tercero del conjunto.¹²

Su localización bajo en nivel de la calle, próxima a los accesos al sótano, garantiza la acometida de los servicios necesarios en el recinto (suministro de combustible, agua, electricidad y evacuación de aguas residuales) y resuelve con facilidad las operaciones de mantenimiento y recambio de los equipos. Permite además un intercambio rápido de energía con el terreno lo que puede suponer considerables ahorros y eficiencia de las instalaciones. En los edificios de antes de la primera Guerra Mundial en Estados Unidos la proximidad al cauce de los ríos permitía además aportar el caudal de agua con el que se resolvía la humedad de los ambientes.

Sin embargo la localización en el sótano de salas técnicas dificulta la toma de aire exterior, sobre todo si los caudales requeridos son importantes, y la evacuación de los productos de la combustión a través de la chimenea/s en el caso de las salas de calderas. La necesidad de ventilación directa, natural o forzada, de los locales y de los equipos que en ellos se alojan, es uno de los principales requisitos que condicionan la ubicación de estos cuartos técnicos. La solución para la ventilación de estos recintos tiene que ser compatible con las diferentes normativas que les afectan, CTE, incendios y RITE fundamentalmente.

El planteamiento de las centrales de producción de frío y calor en salas situadas en las últimas plantas del edificio, una vez salvados los inconvenientes de ubicación de las máquinas en dichos recintos, favorece por el contrario la ventilación y la evacuación de humos. La colocación de enfriadoras en la cubierta facilita la conexión de estas máquinas con elementos de recuperación de energía tales como torres de refrigeración.

Para el caso de las salas de calderas que funcionan a gas la propia normativa recomienda la ubicación preferente en cubierta para facilitar la circulación de aire en los locales, la evacuación de fugas de combustible y la realización de las superficies de baja resistencia exigidas.¹³



[4.08]. Dimensiones de las salas de calderas según el tipo de generador a gas. (*)

(*) *Calderas con quemadores a sobrepresión: $A \geq 0,7$ m, entre el fondo de la caja de humos y la pared de la sala. $A \geq 0,5$ m. $B \geq 1$ m, como mínimo la longitud de la caldera.*

(*) *Calderas atmosféricas: $A \geq 0,5$ m. Si las calderas son modulares, se podrá reducir la distancia entre calderas, dejando el espacio mínimo para realizar las tareas de desmontaje de la envolvente.*

Aunque la ubicación preferente de estos núcleos centralizados es en la base o en la coronación de los edificios, las salas de máquinas se pueden situar en plantas intermedias que supongan transportes ascendentes y/o descendentes de la energía más optimizada y que respondan a niveles de la instalación más sectorizados. En estos casos conviene considerar la repercusión formal que puede tener en la envolvente del edificio la resolución de la ventilación de las salas.

En relación con las dimensiones de estos habitáculos apenas hay referencias en la normativa vigente:

*“Los equipos y aparatos deben estar situados de forma tal que se facilite su limpieza, mantenimiento y reparación. Los elementos de medida, control, protección y maniobras se deben de instalar en lugares visibles y fácilmente accesibles”.*¹⁴

Para poder cumplir la condición anterior se recomienda para el caso de salas de calderas dejar 1 m de distancia entre cada caldera y los cerramientos verticales de la sala, en la zona donde se dispone el quemador. Se ha de respetar una distancia sobre el generador de 0,50 m y una altura mínima de 2,50 m para salas en edificios de obra nueva, [4.08] para salas de calderas con generadores a gas. Para el caso de las enfriadoras se recomienda una distancia de 0,60 m para la correcta entrada del aire o las operaciones de mantenimiento en las conexiones eléctricas o las entradas de agua.¹⁵



[4.09] Torre Auditori Porta Firal, Barcelona.



[4.10] Eliminación del anillo perimetral en Planta Baja.



[4.11] Sala de intercambiadores y bombas.

Su ubicación en el exterior de los edificios resuelve algunos de los temas citados aunque aumenta las pérdidas en las tuberías. La tendencia creciente a la obtención de energía centralizada en los denominados *District Heating* podría llevar a la desaparición de las centrales térmicas dentro de los edificios, que serían sustituidos por salas de intercambio de la energía. Es lo que ocurre en el *Edificio Expo 2008* en Zaragoza, estudiado como Caso 2 de esta tesis, o la *Torre Auditori Porta Firal* para la empresa Iberdrola del arquitecto Oscar Tusquets (Barcelona, 2013) conectada al *District Heating & Cooling ECOENERGIES*. [4.09], [4.10] y [4.11].

Con estas condiciones de capacidad térmica de las máquinas las salas de máquinas son siempre considerados locales de riesgo especial desde el punto de vista de la seguridad en caso de incendio. Esto exige unas soluciones constructivas con una determinada resistencia al fuego en los elementos de cerramiento. Otras exigencias como impedir filtraciones de humedad o aislamiento acústico, que no tiene que ser debilitadas por el paso de conductos y tuberías, determinan la construcción de los elementos de cerramiento. En el caso de las salas de calderas de potencia superior a 200 kW¹⁶ se requiere vestíbulo previo para su acceso que es considerado a todos los efectos parte de la propia sala.

Además de cumplir con el RITE y con la normativa de incendios vigente, las salas de máquinas deben cumplir otras legislaciones relacionadas siempre con la seguridad (específicas para calderas y equipos de producción de frío, según combustible, instalaciones eléctricas...etc.).

Los sistemas de climatización por agua precisan, como hemos visto, espacios centrales para alojar los equipos generadores de energía. Sin embargo los sistemas de expansión directa pueden dar lugar a descentralizaciones de los habitáculos donde se sitúan las unidades exteriores de los generadores.

Un caso de gran descentralización de máquinas, es *la Nueva sede de Gas Natural* de Enric Miralles y Benedetta Tagliabue (Barcelona, 2006), climatizada por un sistema VRV. En cada planta de oficinas se localizan estos cuartos que se abren al exterior para favorecer la refrigeración de las máquinas a través de grandes aberturas cubiertas con una reja especial diseñada por el arquitecto e integrada en el conjunto de la fachada.¹⁷



[4.12] Fachada Este Torre Mare Nostrum para Gas Natural en Barcelona, 2005. Arquitectos: Enric Miralles y Benedetta Tagliabue. Espacio destinado a las unidades exteriores de cada planta de oficinas.

[4.13] Fachada Este Torre Mare Nostrum, en construcción.

[4.14] Fachada Este Torre Mare Nostrum, en construcción.

[4.15] Planta Torre Mare Nostrum. Ubicación fotografías anteriores.

- **Salas o cuartos técnicos:**

Denominamos así a los recintos para alojar máquinas que forman parte de la instalación de climatización y que no sean generadores de energía (*fundamentalmente unidades de tratamiento del aire o climatizadores*). No tienen los mismos requerimientos que las salas de máquinas en materia de seguridad, aunque se suelen sectorizar respecto a los espacios ocupados. Y al igual que dichas salas es imposible determinar sus dimensiones si no se conocen los equipos que hay que situar en ellas y se tienen en cuenta las recomendaciones de los fabricantes en función de las características de las máquinas.

Pueden situarse en cualquier planta del edificio y se tratará de grandes espacios cuando alojen equipos que traten grandes volúmenes de aire, perteneciente al *Edificio LUCIA* de la Universidad de Valladolid [4.17], del arquitecto Francisco Valbuena, (Valladolid, 2013).

Es frecuente disponer de cuartos de clima, de menor tamaño, en las plantas de oficinas para ubicación de los climatizadores formando parte del conjunto de los núcleos de servicios, escaleras e instalaciones. Por ejemplo entrarían en esta categoría los dos cuartos de clima situados en cada una de las plantas de oficinas de la *Torre de cristal* que disponen de dos UTAs con una potencia instalada de 23,30 kW de calor + 33,00 kW de frío. De igual forma tenemos la climatización de la *Torre Iberdrola* formando parte de los núcleos centrales de la torre, también de Cesar Pelli en Bilbao [4.16].

Además del servicio fundamental de energía eléctrica para el funcionamiento de ventiladores y bombas, al situarse en ellos las cajas de mezcla y los recuperadores de energía requieren resolver la entrada y salida de los caudales de aire para la ventilación de los edificios bien sea mediante la conexión directa con el exterior a través de rejillas en la fachada o mediante conductos que pudieran atravesar los falsos techos de las plantas si se sitúan en los núcleos centrales del edificio.



[4.16]. Una de las salas de climatización de la Torre Iberdrola.

[4.17]. Sala de Clima del Edificio Lucía, Universidad de Valladolid.

A veces los caudales de aire que tratan los climatizadores son tales que los pasillos previos a las salas donde se ubican se convierten en auténticos conductos para entrada y retorno del fluido, sobre todo si se emplean sistemas de geotermia para la admisión del aire. Esto es lo que ocurre en el mencionado *Edificio LUCIA* de Valladolid o en el *Edificio CIEM* de los arquitectos Manuel Sánchez, Javier García y Aurora Sánchez, (Zaragoza, 2011).

Por tener clasificados todos los espacios destinados a instalaciones, se incluyen también en este apartado los habitáculos donde se alojan equipos de generación de energía con potencias inferiores a los 70 kW.

- Plantas técnicas:

Cuando los edificios administrativos tienen gran envergadura y corresponden con la tipología de torre en altura, las reservas espaciales para las instalaciones son tales que es preciso destinar plantas técnicas enteras intercaladas entre las plantas de oficinas. En ellas se agrupan los cuartos para la ubicación de las máquinas de la instalación de clima, pero además las baterías de los ascensores, los grupos electrógenos, los equipos de prevención de incendios, las zonas de refugio, etc. y cualquier otro recinto servidor que se precise.

Las plantas técnicas sectorizan las redes permitiendo desarrollos y ocupaciones económicamente rentables de las instalaciones y distribuciones simultáneas superiores e inferiores. Diez-doce plantas (hasta 1000 m² por planta) podría ser un valor de referencia para asociar con una planta técnica intermedia. En la *Torre Agbar*, del arquitecto Jean Nouvel en Barcelona, de los 30.000 m² construidos 3.210 m² se destinan a plantas de instalaciones.¹⁸

Edificio	Localización	Nº plantas (sobre rasante)	Plantas Técnicas intermedias	Plantas servidas (máximo)
01. PSFS	Philadelphia	33	1	19
02. Lever House	New York	21	-	21
03. Naciones Unidas	New York	35	4	10
04. Edificio Trade	Barcelona	10, 12	-	10, 12
05. BBVA	Madrid	28	2	11
06. Torre Picasso	Madrid	43	-	43 (solo anillo condensación)
07. Torre Llacuna	Barcelona	13	-	13
08. Torre Mapfre	Barcelona	40	2	14
09. Torre Agbar	Barcelona	35	3 ¹⁹	9 ¹⁹
10. Torre Telefónica	Barcelona	25	-	25
11. Torre de Cristal	Madrid	48	5	15
12. Torre Caja Madrid	Madrid	45	6 ¹⁹	12 ¹⁹
13. Torre Espacio	Madrid	57	5	15
14. Aragonia	Zaragoza	18	-	18
15. WTCZ	Zaragoza	18	2	8

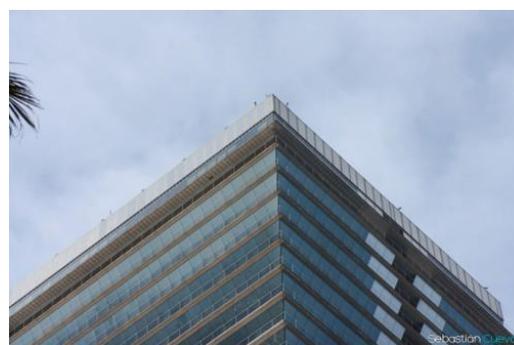
[Tabla 4.01]. Análisis experimental de las plantas de oficinas servidas desde una planta técnica en 15 torres del eje Barcelona-Zaragoza-Madrid.



[4.18]. Plantas intermedias Torre Caja Madrid.



[4.19]. Plantas intermedias Torre BBVA.



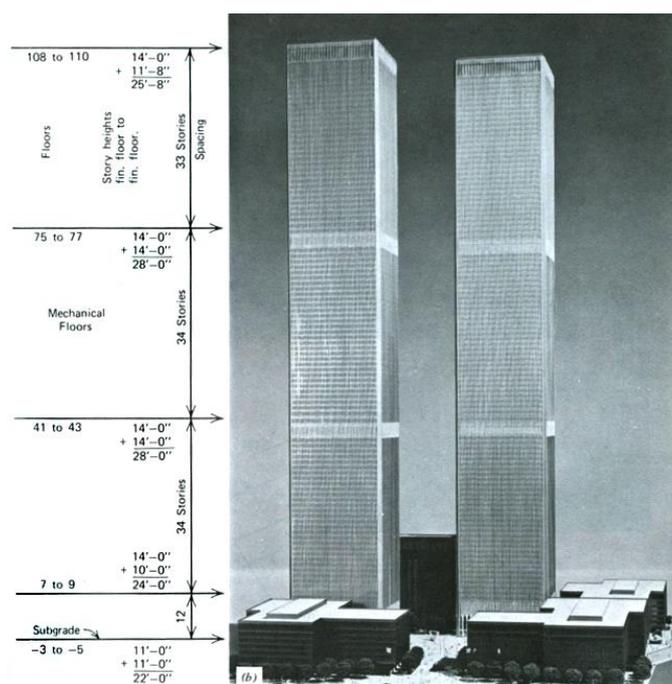
[4.20]. Planta técnica bajo cubierta. Torre Mapfre.

Aunque pueden localizarse ocultas tras la envolvente acristalada de los edificios, la necesidad de ventilar los diferentes cuartos e incorporar el caudal de aire exterior permite diseñar cerramientos diferenciados para estas plantas que dividen formalmente los prismas arquitectónicos.

Estas plantas pueden estar fuertemente relacionadas con la estructura del edificio como en la *Torre Caja Madrid*, de Norman Foster, (Madrid, 2008) donde la localización de las cerchas estructurales coincide con la ubicación de las plantas técnicas.²⁰

Además de las plantas intermedias se suele situar una inmediatamente superior a la planta de entrada de la torre, donde se ubican las máquinas que sirven al vestíbulo de entrada y otros usos públicos. Y otra como remate bajo la cubierta que, además de las máquinas para el clima, aloja cuartos y equipos receptores de las comunicaciones aéreas.

El análisis experimental de las plantas de oficinas servidas desde una planta técnica en 15 torres, ver [Tabla 4.01], permite establecer como un número racional de plantas servidas por una planta de instalaciones entre 15 - 20 pisos. Sin embargo la historia ofrece algunos casos singulares donde la tecnología permite atender un número mayor como es el caso de la *Torre Diagonal ZeroZero*, del arquitecto Eric Massip-Bosc, (Barcelona, 2011) o las malogradas *Torres gemelas del World Trade Center de New York* (1973 – 2001). La organización de las plantas técnicas de estas últimas torres se puede ver en la imagen [4.21].



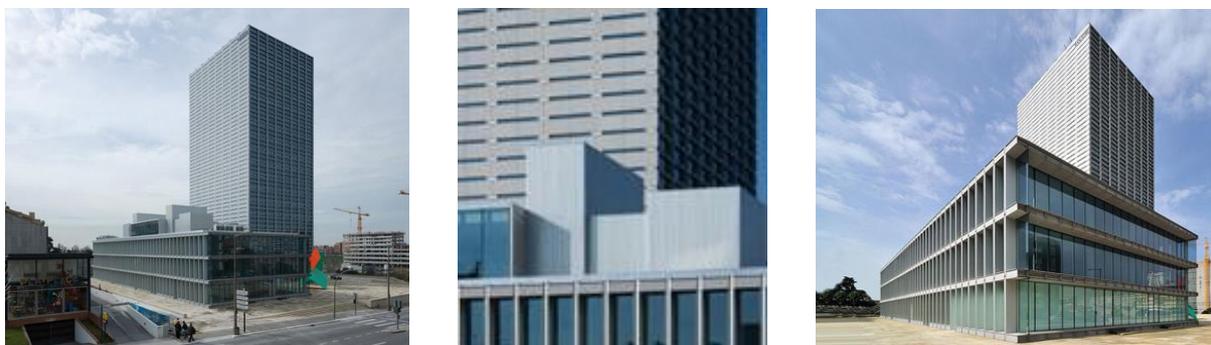
[4.21] Ubicación de las plantas técnicas de las Torres Gemelas de Nueva York.

- Cubiertas:

La cubierta del edificio es el lugar idóneo para la ubicación de muchos de los equipos que forman parte de las instalaciones de clima de los edificios de oficinas: equipos autónomos de generación de calor y/o frío refrigerados por aire, enfriadoras de agua, climatizadores, etc. y por supuesto para las torres de refrigeración. Todos los equipos deben de estar dispuestos de forma que se garantice el correcto mantenimiento de las máquinas y la correcta admisión y extracción de aire.

La localización de las máquinas sobre forjados (tanto en la cubierta como en el interior del edificio) requiere el análisis de los pesos incorporados por los equipos de forma que no se exceda de los valores soportados por la estructura. El empleo de losas de reparto de las cargas para el apoyo de ubicación de enfriadoras, calderas y climatizadores es imprescindible.²¹

La transmisión a los espacios ocupables de ruidos y vibraciones producidas por el funcionamiento de las máquinas, tanto situadas en el exterior de los edificios como en salas interiores, exige medidas correctoras en paredes, suelos y techos y en las propias tuberías y conductos. Es necesario insonorizar salas y máquinas para garantizar el aislamiento al ruido aéreo; y la colocación de manguitos aislantes para impedir la transmisión de vibraciones. Dependiendo de las características (altura, uso...) de los edificios colindantes las repercusiones acústicas que puedan generar máquinas ubicadas en la cubierta pueden dar lugar a medidas correctoras como pantallas acústicas en las azoteas o coberturas de las máquinas que pueden condicionar la estética del remate superior de los edificios, tal y como ocurre en el edificio de oficinas *Burgo Empreendimento* de Souto de Moura (Oporto, 2007).²² [4.22] [4.23] [4.24].



[4.22] [4.23] [4.24]. Repercusión volumétrica de las piezas colocadas en una cubierta en el edificio de oficinas de Souto de Moura en Oporto.

Sea cual sea la tipología del edificio de oficinas, la cubierta es utilizada para la colocación de máquinas relacionadas con la instalación de climatización del edificio. Cuando se trata de bloques lineales la cubierta puede ser suficiente para alojar todos los equipos que precisen toma de aire exterior o ser refrigerados por aire. En las torres, como hemos visto, se requieren otros espacios para estos fines además de la superficie de la cubierta por resultar ésta insuficiente.

La superficie de cubierta no contabiliza como superficie construida en el global del edificio pero son “habitáculos virtuales” ocupados por los equipos de grandes dimensiones de la instalación de climatización.

4.3.2. Espacios para distribución vertical.

Son los huecos por los que discurren las tuberías y los conductos del sistema de climatización desde los equipos de producción de energía y las unidades de tratamiento del aire hasta todas las plantas del edificio.

La elección del fluido para el transporte vertical de la energía –refrigerante, agua o aire– depende del sistema de climatización elegido, siendo los dos primeros los más frecuentes para los edificios de oficinas. Su gran capacidad calorífica que permite transportar mucha energía con secciones relativamente pequeñas. La importante sección demandada por los conductos de aire hace que el recorrido vertical de los mismos se limite a la totalidad del edificio si éstos son de pequeña y media envergadura. En las torres, los trazados mediante conductos son parciales y se refieren principalmente a las distribuciones horizontales.

Para prever espacios con suficiente holgura en los proyectos arquitectónicos para alojar tuberías y conductos es necesario contabilizar los caudales de agua y aire que es preciso movilizar cada caso.

Buscando alguna pista que permita establecer ratios de volúmenes ocupados por las instalaciones y en relación con los circuitos de tuberías de los fluidos portadores la normativa sólo dice que *“... se diseñarán, en el número y forma que resulte necesario, teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas”*²³. El grado de sectorización de la instalación (en función de la zonificación del edificio y de la elección de fancoils, inductores y UTAs como elementos finales), pero sobretudo la necesidad de ubicar intercambiadores de placas y bombas circuladoras son factores determinantes del volumen ocupado por las instalaciones hidráulicas que distribuyen la energía verticalmente a todas las plantas del edificio.

Los patinillos donde se alojan tuberías y conductos para el transporte vertical han de permitir la registrabilidad de las instalaciones en cada planta, así como disponer de dispositivos de evacuación en la parte inferior de los huecos y ventilación de los mismos.²⁴

Para el caso de edificios administrativos con generadores de energía térmica que precisen conductos para la evacuación de los productos de la combustión hay que prever además un hueco desde la sala de calderas hasta la cubierta del edificio.²⁵

Los patinillos de instalaciones, forman parte junto con los falsos-techos y los suelos técnicos, de las cámaras ocultas para alojar las instalaciones a lo largo del edificio. A la hora de determinar los elementos constructivos que definen estos espacios ocultos hay que tener en cuenta que deben garantizar la compartimentación de incendios de los espacios ocupables; dos posturas desde este punto de vista a la hora de construir estos espacios servidores: o mantenemos la continuidad de la compartimentación del edificio, o los independizamos de oficinas, pasillos...etc. garantizando la resistencia al fuego de la envolvente y la limitación de la longitud vertical de los patinillos.²⁶

Los sectores de incendios establecidos en un edificio, cuando tengan que ser atravesados por elementos de distribución vertical (y horizontal) de la energía - conductos, tuberías y cables -, se ha de tener en cuenta que si la sección de la instalación excede de 50 cm² se ha de disponer de elementos que obturen automáticamente el paso de humo o fuego en caso de incendio. Estos dispositivos pueden ser: una compuerta cortafuegos automática, dispositivos intumescentes de obturación o elementos pasantes que aporten una determinada resistencia al fuego.

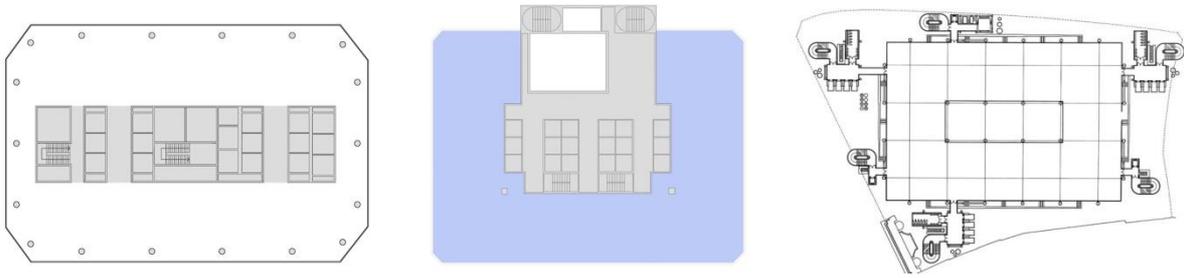
Normalmente estos espacios se refieren a patinillos alojados formando parte del núcleo (o núcleos) de comunicaciones, servicios e instalaciones de los edificios, aunque existen otras soluciones de mayor carga constructiva o formal.

Como sistemas de distribución vertical podemos distinguir:

- **Patinillos - Núcleo de comunicaciones, servicios e instalaciones.**

La mayor parte de los edificios administrativos, ya sean bloques o torres, concentran los espacios servidores en los denominados *“núcleos”* de comunicaciones, servicios e instalaciones. Éstos son piezas compactas formadas por pantallas estructurales de hormigón que permiten liberar el máximo de superficie útil para la configuración de los espacios de trabajo. El núcleo está compuesto por las escaleras y los ascensores, los aseos y los cuartos y patinillos de instalaciones,

respondiendo a un interés por el transporte vertical concentrado de los servicios. Estos espacios servidores pueden llegar a ocupar un porcentaje importante de la superficie de la planta.



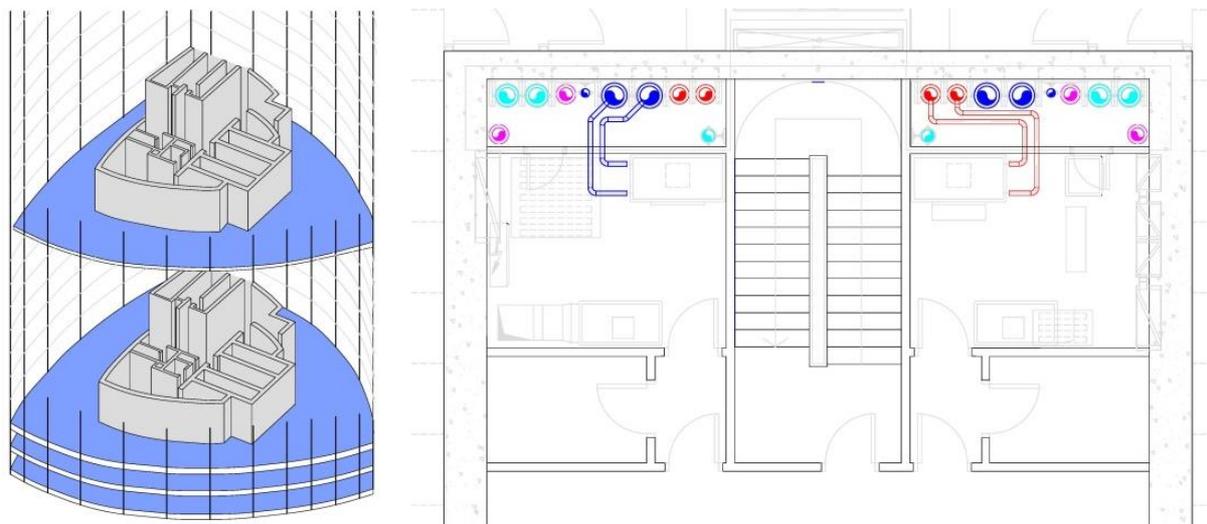
[4.25], [4.26], [4.27]. Núcleo central, núcleo lateral y núcleo articulado.

En la tipología característica del edificio de oficinas, la torre prismática acristalada, los núcleos se disponen en posición central, con una clara componente estructural, con objeto de liberar el máximo espacio de trabajo con luz natural. Pero es frecuente encontrarlos adosados a una de las fachadas del edificio e incluso en volúmenes exentos al conjunto de la edificación, respondiendo a configuraciones bioclimáticas del edificio, o a razones estéticas o funcionales. En relación con la configuración de las plantas de los rascacielos y la posición de los núcleos de comunicaciones, servicios e instalaciones, como espacios tapón Ken Yeang comenta en su libro "El rascacielos ecológico": *"la configuración de la forma construida, la orientación, la forma y la disposición de la planta, y el uso de elementos amortiguadores son variables que pueden tener efectos importantes en la conservación de la energía y en la iluminación natural de los espacios interiores"*.²⁷

En el conjunto del núcleo se dispondrán las salas de clima si el edificio dispone de éstos habitáculos. Existan o no salas propias, los núcleos serán atravesados en todo su recorrido por los patinillos de la instalación de climatización. Sean cuales sean las razones proyectuales para establecer la configuración de la planta, la determinación de la ubicación de las salas y los patinillos han de estar relacionadas con el fácil mantenimiento de las instalaciones y la correcta organización de las mismas en planta.

Hay que tener en cuenta que estos núcleos normalmente son de hormigón armado y forman parte de la estructura del edificio, lo que supone una interferencia clara entre instalaciones y construcción del edificio. El traspaso de las redes desde la distribución vertical a la horizontal en cada planta supone una complejidad técnica que requiere poner especial atención en la resolución constructiva de estos encuentros.

Tendrán mayor o menor tamaño los patinillos en función de si el aire primario de ventilación del edificio se toma y extrae en un único punto o en zonas diferenciadas. No se tiene que considerar este aspecto si las entradas y salidas de aire se localizan en cada planta del edificio.



[4.28]. Interferencia instalaciones - construcción al pasar de la distribución vertical a la horizontal.

[4.29]. Mínima incidencia en la ocupación del núcleo central de las tuberías hidráulicas de clima, edificio Torre de Cristal.

Uno de los edificios que mejor conjuga energía expuesta con expresividad arquitectónica gracias a la desarticulación de los núcleos de comunicaciones, servicios e instalaciones es el *Lloyd's building* de R. Rogers donde "la colocación de los servicios básicos en el exterior libera al edificio de todas las obstrucciones interiores y facilita el acceso a ascensores y servicios para trabajos de mantenimiento y reforma".²⁸

Aunque en general las tuberías y conductos se concentran en el menor número de patinillos verticales, coincidiendo en todo caso con cada una de las unidades mínimas de alquiler en que se divide la planta del edificio de uso administrativo, un caso bastante singular por la gran número de montantes de agua de climatización y conductos de aire son los *edificios Trade* del arquitecto José Antonio Coderch de Sentmenat, donde el plano original de la instalación de aire acondicionado permite ver cuatro montantes para el agua de climatización coincidiendo con cada inductor y cinco puntos diferenciados para la toma de aire primario.²⁹ [4.27].

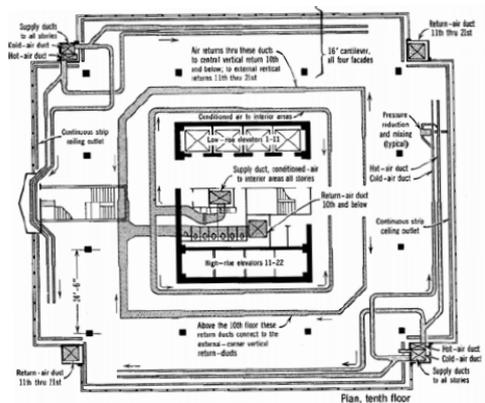
- Muros técnicos.

Cuando en el espacio destinado al paso de conductos y tuberías predomina la dimensión longitudinal el patinillo, éste acaba convirtiéndose en un **muro técnico**, con el mismo marcado carácter de cámara oculta y por tanto con los mismos requisitos constructivos descritos en el apartado anterior. Es una estrategia muy utilizada tanto en la rehabilitación de los edificios de uso administrativo como en obra nueva y permite minimizar los trazados de las distribuciones horizontales hasta los puestos de trabajo.

En la imagen [3.04] se puede ver el muro técnico generado en la Rehabilitación del *edificio del Seminario* del equipo de arquitectos ACXT de Idom, (Zaragoza, 2009). Tras un vaciado integral de las instalaciones del edificio, el espacio reservado bajo la cubierta permite distribuir los fluidos y los grandes volúmenes de aire hasta el muro técnico generado junto a una de las fachadas. En dicho patinillo longitudinal en el que se integran las ventanas de la envolvente, el aire y el agua se distribuyen en vertical para servir a las diferentes plantas del edificio.

- **Fachada.**

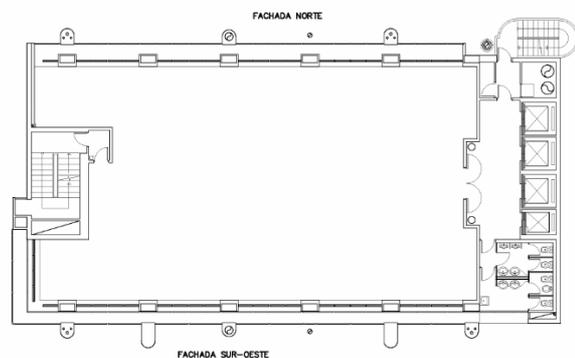
Con vocación mucho más expresiva, aunque no muy frecuente, se pueden disponer tuberías y conductos formando parte de la envolvente del edificio. Este ejercicio exige por parte del arquitecto un mayor esfuerzo de integración de las instalaciones con la construcción y también una mayor componente económica al tener que estar fabricados estos elementos con materiales que puedan estar expuestos a la intemperie. Uno de los primeros ejemplos a destacar con esta tendencia se encuentra en la América de los años sesenta, concretamente *The International building*, del estudio de arquitectura Anshen+Allen (San Francisco, 1961), [4.30]. La situación de los conductos en el exterior, permite descomponer la esquina del edificio en tres aristas diferenciadas. Su ingeniero Charles Krieger (Eagelson, Engineers), diseñó para este edificio, tal y como se ve en el esquema de planta [4.31], cuatro arterias principales de los conductos de aire acondicionado que se encuentran localizados en las esquinas, alternado conductos de impulsión de aire primario (uno de aire caliente y otro de aire frío) y de extracción. Además de dos conductos en el núcleo para suministrar a las zonas centrales.³⁰



[4.30] [4.31]. *The International Building*, Anshen + Allen, 1961. Eagelson, Engineers, Charles Krieger E.E.

De la tendencia a externalizar las instalaciones también se encuentra algún notable ejemplo de los primeros edificios de oficinas de España de los años setenta, tal como en el *antiguo edificio Bankunión*, (hoy *Oficinas de la Unión Europea en España*), de los entonces jóvenes arquitectos José Antonio Corrales Gutiérrez y Ramón Vázquez Molezún (Madrid, 1975). Las conducciones de agua del sistema de climatización que sirven a los inductores salen al exterior, permitiendo no aumentar la altura libre de las oficinas, consiguiendo así una planta más que el resto de propuestas del concurso.³¹

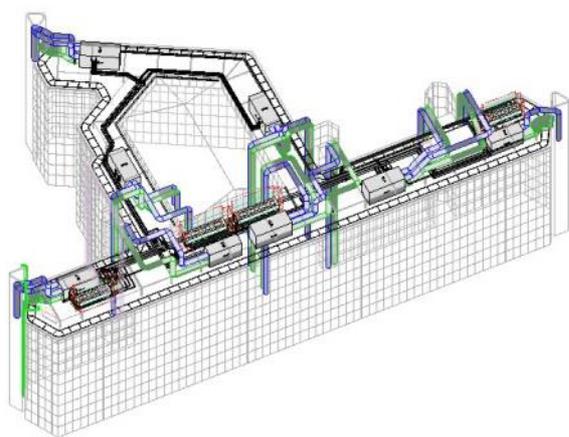
Todos estos conductos de aire acondicionado estaban realizados en chapa de acero “corten” [4.32]. En la planta tipo de oficinas, [4.33] se pueden ver como las distribuciones verticales de agua y aire modulan la envolvente del edificio.



[4.32] [4.33]. *Edificio Bankunión*. Fachada Sur-Oeste y planta tipo de oficinas.

Estas soluciones garantizan la accesibilidad completa y permiten actualizaciones de las redes manteniendo la mayor parte del tiempo la puesta en servicio de las instalaciones, tal y como ha ocurrido en el *edificio de la Caja Madrid* en la Diagonal de Barcelona, diseñado y construido en los años 90 por el estudio Fargas & Tous y que ha sido actualmente renovado bajo la dirección del arquitecto Jordi Badía. [4.34], [4.35].

La disposición en cubierta de todos los climatizadores y los conductos de distribución del aire situados en la fachada ha permitido con facilidad la sustitución de los equipos por otros de mayor eficiencia energética, menor impacto acústico y medioambiental y mayor confort del usuario. El desarrollo tridimensional, mediante herramientas bim, de equipos, tuberías y conductos ha permitido el análisis exacto de las piezas a sustituir.³²



[4.34], [4.35]. *The International building*, Anshen +Allen, 1961. Eagelson, Engineers, Charles Krieger E.E.

Un caso fuera de España, *la casa Portcullis del Parlamento* del equipo de arquitectos Michael Hopkins and Partners (Londres, 1999), es uno de los edificios contemporáneos que mejores resultados expresivos ha obtenido con la integración de los conductos de ventilación en la fachada del edificio. Y no sólo el autor se ha llevado a la fachada las instalaciones sino que también la estructura forma parte de la envolvente. El conjunto de paños ciegos está formado por pilares de sección decreciente en altura y conductos de ventilación que sirven de forma descendente a los despachos disminuyendo su sección en las plantas más bajas.³³ [4.36].



[4.36]. *Fachada de la casa Portcullis del Parlamento de Londres.*

No ha sido lo más frecuente en arquitectura emplear la envolvente del edificio como lugar para ubicar las instalaciones y que éstas adquieran una importante carga expresiva. Dos posiciones diferenciadas están presentes a lo largo de la historia de la arquitectura haciendo uso de los elementos servidores para conformar la imagen exterior de sus edificios: *Los monumentales y los tecnófilos*³⁴. El interés común de todos ellos es liberar al máximo el espacio interior de interrupciones y por ello además de llevar al exterior conductos y tuberías, hacen lo mismo con escaleras, ascensores, servicios, y por supuesto con la estructura del edificio.

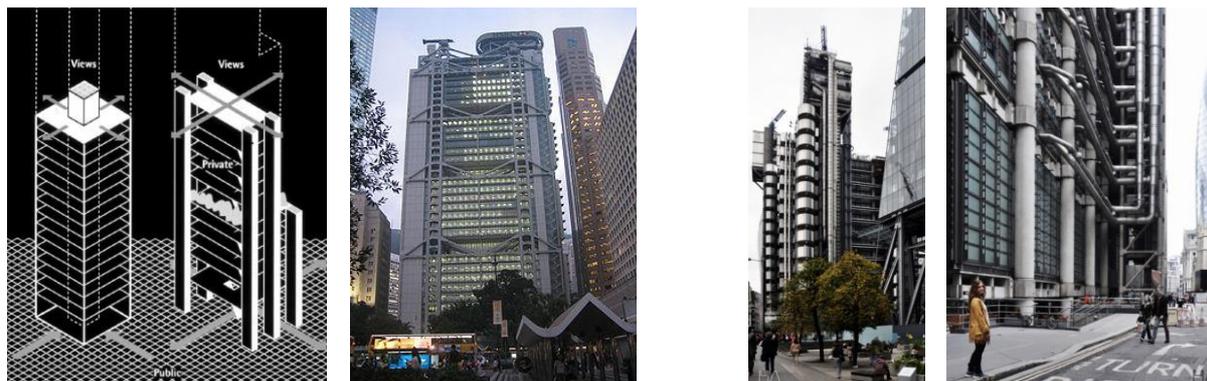
Cronológicamente, los primeros tendrían su referente en F. L. Wright y en el *edificio para La Administración Larkin* y buscan en la articulación de volúmenes diferenciados entre espacios servidores y servidos la mejor organización funcional interna siguiendo el lema del arquitecto americano de la Escuela de Chicago Louis Sullivan (1856-1924) *“la forma sigue a la función”*. Mediante potentes volúmenes de ladrillo u hormigón integrados en la envolvente que incluyen las comunicaciones verticales y las instalaciones del edificio, definen la configuración formal exterior del mismo, además de conseguir el control solar en los espacios interiores y el soporte vertical de la estructura.

“Combinar el control solar y el soporte en el mismo material sería un desperdicio de la fuerza estructural. Sin embargo un continuo de columnas huecas en hormigón o acero en el perímetro, podía actuar como un almacén espacial vertical capaz de soportar losas pretensadas de grandes luces, satisfaciendo los temas de orientación y la formación de estos espacios característicos”.³⁵

De este planteamiento monumental de los espacios verticales destinados a instalaciones es un relevante ejemplo los *Richards Medical Research* en la Universidad de Pensilvania de Louis Kahn de 1965, donde *“los pabellones cuadrados son edificios de múltiples plantas con esquinas en voladizo y flanqueados en el centro por torres de ladrillo monumentales que albergan los sistemas mecánicos y las escaleras”*.³⁶

Como hemos visto en el *la casa Portcullis* en 1999, pero también en el *Banco de Hong Kong* en 1985 de N. Foster o en el *Lloyd's building* en 1986 de R. Rogers son edificios que incluyen los sistemas mecánicos que dotan de servicios al edificio, y entre ellos el aire acondicionado, como una componente volumétrica que ocupa un lugar dentro de la arquitectura y que es determinante desde el momento del proyecto. En los tres edificios citados los espacios servidores se ubican en el exterior del edificio liberando de esta forma el espacio de trabajo y constituyendo los ascensores, las escaleras, los conductos y las tuberías expresión de las fachadas de estos emblemáticos edificios administrativos. N. Foster no utiliza tanto el lenguaje expresivo de las instalaciones, pero les busca su lugar, mediante dobles pieles, por ejemplo L.R. Bachman en su libro *“Edificios integrados. Los sistemas básicos de arquitectura”* descubre la diferencia entre la exposición de los sistemas mecánicos en Foster y Rogers:

“Rogers a menudo utiliza un exuberante despliegue de conductos y tuberías, mientras que Foster, en favor de un tratamiento más clásico de espacio que los servicios explícitos, pero conserva sus extremidades viscerales contenidas”.³⁷



[4.37]. Desarticulación del núcleo central de comunicaciones, servicios e instalaciones y su desplazamiento a la envolvente del edificio en el proyecto del Banco de Hong Kong.

[4.38]. Banco Honk Kong.

[4.39] [4.40]. Lloyd's. Building.

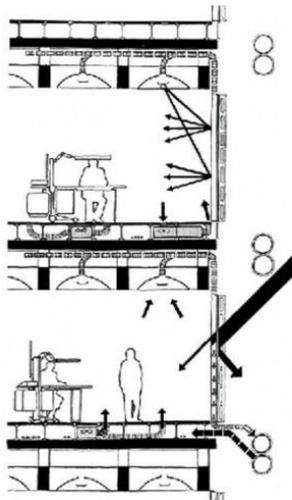
- Fachada activa.

En este apartado se trata de incorporar dentro de los mecanismos de transporte vertical de los fluidos energéticos, el sistema de la doble fachada acristalada. Son diversos los mecanismos empleados, en las últimas décadas, para hacer de la envolvente continua de vidrio característica de los edificios de oficinas un sistema constructivo con menos pérdidas energéticas.

Algunos de ellos, como en la *Sede Central de Endesa* del estudio de arquitectos KPF y de Rafael de La-Hoz (Madrid, 2003), o el *Business Promotion Centre* de N. Foster (Duisburg, 1992), emplean la doble o la triple cámara de aire, protecciones solares y los mecanismos de convección natural como sistemas de amortiguadores energéticos pasivos.

Sin embargo en esta clasificación de los espacios ocupados por las instalaciones climatización nos interesan aquellas dobles pieles que forman parte claramente de los sistemas de aire acondicionado.

Los inicios de la fachada activa se reconocen en el “muro neutralizante” descrito por Le Corbusier hace casi 100 años coincidiendo con la implantación de los primeros sistemas de aire acondicionado, y que pretendía generar un colchón de aire en unas condiciones determinadas de temperatura y humedad alrededor del edificio, para disminuir las cargas térmicas del mismo. Pero como dice Ignacio Paricio³⁸ y tras el demoledor informe de Saint Gobain nadie se atrevió hasta R. Rogers en el *Lloyd's building* a incorporar como parte activa del sistema de climatización de los edificios administrativos la múltiple envolvente acristalada. En este edificio se requiere una separación entre vidrios de 40 mm para que la cámara funcione como cavidad de retorno después de extraerse el aire a través de los techos y antes de redirigirlo a los conductos horizontales exteriores de acero, según lo explica R. Bachman en el libro “*Integrated buildings: the systems basis of architecture*”.³⁹



Hoy en día en la construcción de rascacielos está muy extendida la fachada activa. En el *CTBA* de Madrid y concretamente en la *Torre de Cristal* (2008) de C.Pelli y en la *Torre Espacio* (2009) de H. N. Cobb se emplean la doble hoja de vidrio sellada cuya cámara funciona como conducto de retorno. En ambos casos, la ventilación es independiente para cada planta y se canaliza el aire a un recuperador de calor.

En el caso de la *Torre Espacio*, la hoja exterior de la doble piel de vidrio tiene hojas practicables en su parte transparente y paneles opacos que ocultan los cantos de los forjados y la protección al fuego. En el interior de la cámara se instalan persianas micro-perforadas que permiten regular la luminosidad.⁴⁰

En Zaragoza, *El edificio CIEM* (2011), utiliza la fachada activa como estrategia para conseguir un edificio administrativo cero emisiones.

[4.41]. Sección Lloyd's Building. Véase el empleo de la cámara de la fachada como retorno del aire acondicionado.

4.3.3. Espacios para distribución horizontal.

En este apartado vamos a analizar el espacio en el que se ubican, conductos, tuberías y unidades terminales con objeto de acondicionar cada una de las plantas del edificio.

El aire tratado y la energía necesaria para la climatización de los edificios deben distribuirse de **forma extensiva** a toda la planta del edificio de oficinas, con objeto de garantizar una correcta distribución del aire y las condiciones de confort térmico en la zona ocupada de los espacios de trabajo.

Mientras en las distribuciones verticales ha sido fácil la concentración de los suministros climáticos en los patinillos destinados a tal fin conformando parte de los núcleos de servicios, el trazado horizontal de conductos y tuberías con un importante desarrollo longitudinal paralelos a los forjados piso es inevitable.

Este planteamiento "lay out" (=extendido) se da también en las instalaciones de acondicionamiento lumínico y en el suministro de servicios de telecomunicaciones. Aire nuevo y atemperado, luz y TICs son las exigencias que se requieren en los espacios de trabajo, permitiendo además la mayor flexibilidad, en la medida de lo posible, en la organización espacial de las oficinas tanto a nivel de compartimentación de despachos y salas como en la ubicación de cada uno de los puestos de trabajo.

Ante esta situación los arquitectos han tomado una de estas dos posiciones claramente diferenciadas: la distribución en **láminas horizontales independientes o la integración en un único elemento constructivo conjunto**, planteamientos que reflejan la evolución conceptual del proyectista paralela a los avances tecnológicos.

- Falsos-techos y Suelos técnicos.

La aparición del cielorraso suspendido es una innovación constructiva ligada a la implantación de la climatización artificial de los edificios de oficinas allá por los años cincuenta y surgió para tapar los conductos, las tuberías y los cables que se requerían en los edificios, además de hacerlos registrables. Así lo explica R. Banham en su libro: "*La arquitectura del entorno bien climatizado*":

*“En función de los costos de la mano de obra u otros, tanto el moldeado de conductos en el lugar como el corte de las canaletas en la parte superior, no constituían propuestas atractivas, y poco podían hacer con las instalaciones voluminosas como la circulación del aire. Tales cosas tenían que ser colgadas debajo de la losa, y ocultas por convencionales cielos rasos de yeso, en edificios con pretensiones superiores a la estricta utilidad”.*⁴¹

El edificio para la *Manufacturers Hanover Trust Co.* (New York, 1954) o el de la *Connecticut General Life Insurance Co.* (Bloomfield, 1957), ambos diseñados por Skidmore, Owings and Merrill (SOM), construidos en el momento de la implantación de las placas de falso-techo, representan buenos ejemplos del papel unificador de las placas en el aspecto formal del espacio de oficinas. En ambos edificios la modulación del falso-techo transcribe la malla constructiva del edificio (retícula de pilares, perfilería del muro cortina...etc.) llegando incluso a definir la imagen exterior de la envolvente, [4.42], [4.43].



[4.42], [4.43] La Connecticut General Life Insurance Co. Interior y exterior.

La ocultación de los conductos de aire acondicionado, que normalmente se disponen por el techo de las estancias, es una tendencia que se generalizó desde sus inicios y hoy en día sigue siendo la solución más utilizada por ser una respuesta económica y cómoda para proyectistas e instaladores.

Es importante considerar desde el proyecto **la modulación de las placas de falso-techo** para integrarla en la malla constructiva del edificio, contribuyendo a la racionalidad y flexibilidad perseguida en estos edificios, tanto interior como exteriormente.

En plantas de oficinas más compartimentadas se debe estudiar la relación de la modulación con las particiones interiores.

Las dimensiones de las placas y el sistema de perfilería de sujeción condicionan el aspecto formal de los espacios habitados, pero son las unidades terminales de la instalación de climatización y las luminarias los últimos determinantes del tamaño de las piezas, que *“suele estar basada en múltiplos de 30 cm; 1,20 y 1,50 son valores frecuentes”*⁴² para diseños convencionales. La disposición de las salidas de aire de fancoils o inductores de techo o simplemente la de las rejillas o difusores está condicionada por la distribución de los puestos de trabajo y la necesidad de conseguir en la zona ocupada el confort térmico adecuado. A la hora de disponer estos elementos en el techo de los espacios habitados es necesario tener en cuenta la malla de ocupación inferior para reducir los efectos negativos y evitar impulsar el chorro de aire climatizado directamente

sobre los usuarios. En relación con la modulación de los puestos de trabajo Luis Fernández Galiano comenta que *“Aunque las mallas más frecuentes son las ortogonales (con intervalos cuyos valores más repetidos son 0,90, 1,20, 1,50 y 1,60) se emplean también en ocasiones los retículos hexagonales, que son particularmente útiles para la disposición del mobiliario en una planta libre, ya que ofrecen tres direcciones de acoplamiento, en lugar de las dos únicas direcciones de una red rectangular”*.⁴³

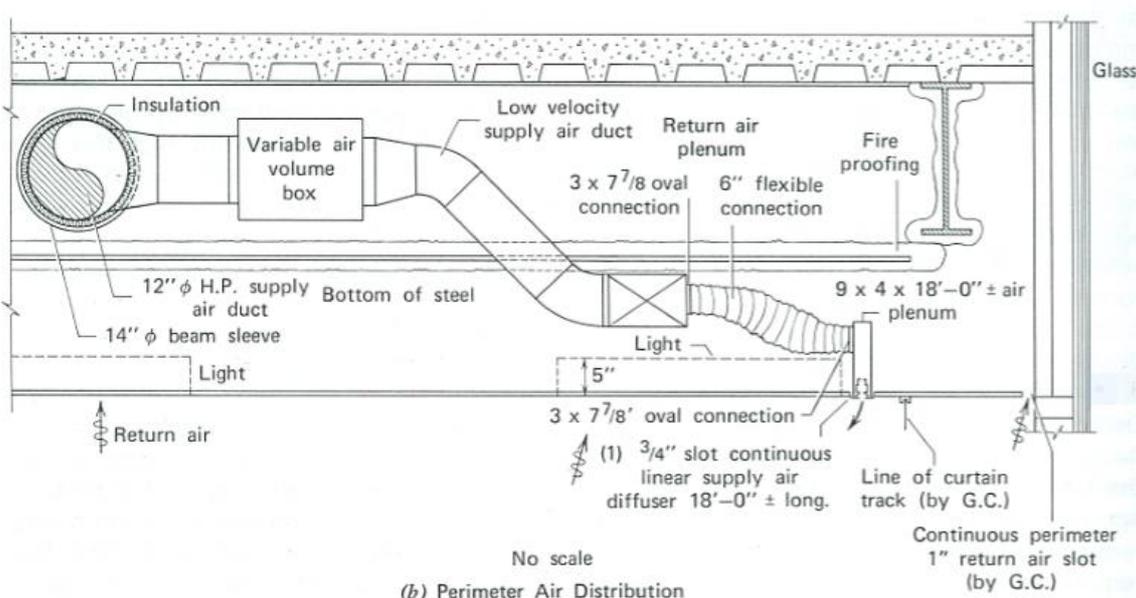
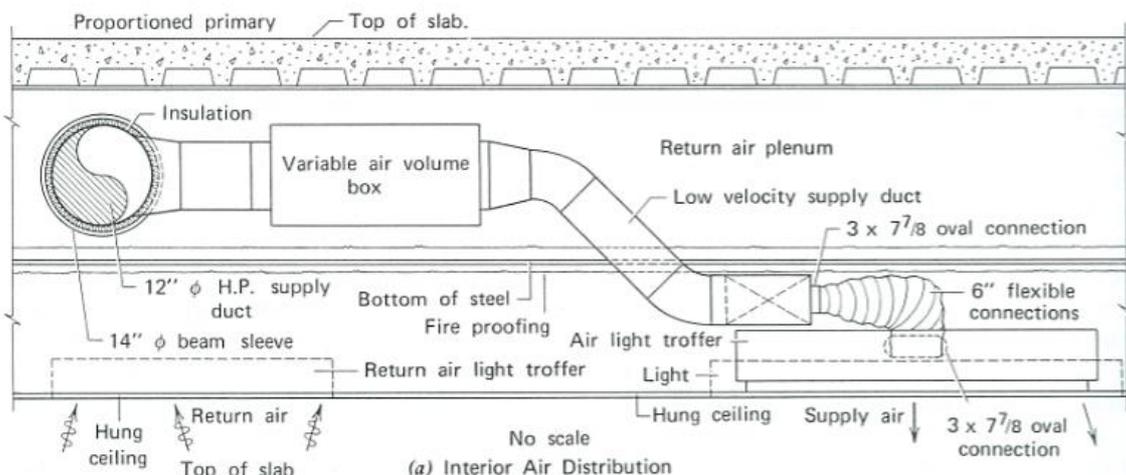
Los encuentros de las cámaras con las fachadas acristaladas de los edificios de oficinas se han resuelto o bien condicionando la modulación de los muros cortina o incorporando soluciones constructivas de remate específicas. La *Connecticut General Life Insurance Co.* la doble franja horizontal opaca corresponde a la sección del falso-techo y a la ubicación de los convectores y en el *edificio de las Naciones Unidas* es un ejemplo de la disminución de la altura del falso-techo en su encuentro con la fachada con fines estéticos.

Una utilización de la cámara del falso techo, paralela al forjado, para resolver la ocultación de conductos y máquinas de aire acondicionado y disponer las diferentes unidades terminales requeridas tanto en el interior de la planta de oficinas como en la zona perimetral se puede ver en las imágenes [4.44], [4.45]. Las secciones corresponden al edificio *The Denver Office Tower (Anaconda Tower)* también diseñado por Skidmore, Owings and Merrill (Denver, 1978), y con los ingenieros Flack + Kurtz (Oxford-Anschutz Development Company) como responsables del sistema VAV de aire acondicionado.⁴⁴

Además de la modulación o las implicaciones formales que la aparición del falso techo conlleva hay que analizar el carácter de **membrana energética triple de las placas de cierre: acústica, térmica y lumínica**. De su forma y de sus materiales depende en gran medida el acondicionamiento acústico de los espacios de trabajo y es el soporte de las unidades terminales de climatización, ventilación y de iluminación.

La absorción del ruido de las estancias de uso administrativo fue una de las exigencias que debían cumplir los elementos de cierre de la cámara de falso techo y que condicionó los diseños de los primeros techos. El sistema para cielorraso perforado *“Acoustic-vent”*, 1936, desarrollado por los Burgess Laboratories y que reprodujo R. Banham en su libro, fue uno de los primeros plenums sellados de impulsión de aire tratado de la historia. Es una de las primeras soluciones que integra el acabado final de la placa con las instalaciones de climatización. El espacio era también utilizado para incorporar la iluminación artificial.

En el análisis de la banda de falso-techo (cámara + placa de cierre) y sus relaciones con las instalaciones de aire acondicionado además del binomio térmico-acústico no hay que olvidar la posible integración de los elementos de acondicionamiento lumínico con las unidades terminales de las instalaciones de climatización. Son escasos, en la historia del falso-techo, pero interesantes algunos compromisos entre arquitecto e ingeniero a la hora diseñar unidades difusoras de aire que también integren la iluminación artificial de la oficina.



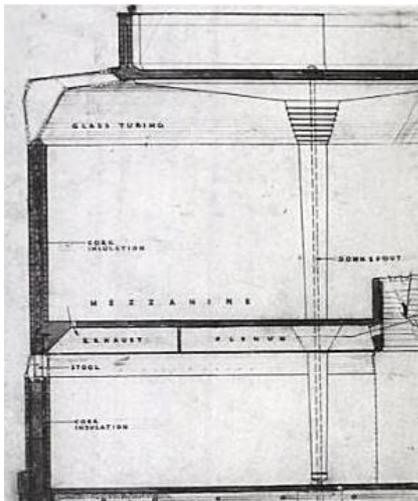
[4.44] [4.45]. *The Denver Office Tower (Anaconda Tower) Denver, Colorado.*

En el edificio de la *Central de Ingeniería de la Armstrong Cork Company*, (Pennsylvania, 1965) también de SOM, la configuración del falso techo integra la difusión del aire tratado y la iluminación de la planta superior del edificio dando uniformidad y calidad arquitectónica al espacio administrativo. E. Danz y A. Menges describen así las ventajas de esta triple integración:

*“Los paneles prismáticos del techo de la planta superior, con dos tubos fluorescentes vistos remarcan el módulo básico del edificio, un cuadrado de 50 pulgadas (1,27 m) de lado. El aire fresco penetra por las perforaciones de los paneles y sale a través de unas ranuras junto a la instalación de luces.... Comparado con un techo normal, los paneles prismáticos tienen las ventajas de difundir mejor la luz, una más eficaz absorción del sonido y una mayor valoración del espacio”.*⁴⁵

Otro ejemplo, en *Connecticut General Life*, la celosía de acabado del techo integra varias disciplinas: las luminarias sirven de difusor lumínico y permite ver la estructura de los forjados. [4.42].

Wright en la *Johnson Administration Wax* en 1939, generó el primer plenum de impulsión de la historia en el antepecho del balcón sobre la gran sala de trabajo que garantizaba las condiciones de confort térmico requeridas por los usuarios.

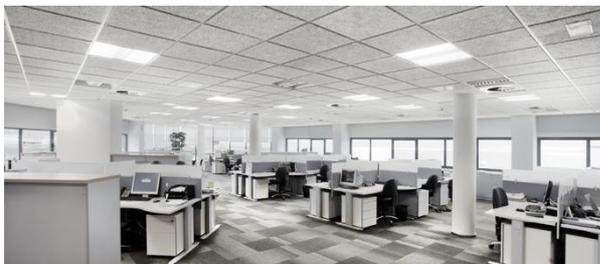


[4.46]. [4.47]. *Johnson Wax. Uno de los primeros plenums de la historia.*

Todo el esfuerzo tecnológico que se hizo en los años cincuenta para integrar la retícula del cielorraso en la arquitectura se heredó con el traspaso a Europa del modelo americano, y se han continuado empleando hasta nuestros días soluciones constructivas parecidas ralentizando el proceso investigador y persiguiendo únicamente la ocultación de la cámara que aloje las tuberías, conductos y equipos de aire acondicionado. En este proceso *“la racionalidad técnica y la economía de volumen construido aparecen como los nuevos objetivos arquitectónicos consustanciales al ambiente mecanizado”*.⁴⁶

La tendencia más extendida, así lo muestran los cuatro casos de estudio de esta tesis, es disponer de falsos-techos y suelos técnicos como cámaras paralelas a los forjados piso que nos permiten la distribución de servicios de forma descendente para los primeros y de forma ascendente para los suelos.

En las soluciones actuales predomina la retícula de 0,60 x 0,60 m que permite incorporar las luminarias y difusores más comerciales. Los falsos-techos registrables se caracterizan por un sistema de perfilaría metálica que genera una retícula en la que descansan las placas de diferentes materiales, cerrando la cámara cuya sección estará condicionada por los equipos a colocar (*fancoils, climatizadores de baja silueta, etc.*), que deberán ser accesibles.⁴⁷



[4.48] *Interior de oficinas actual.*

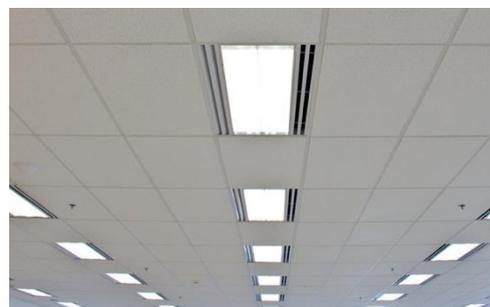
[4.49] *Interior de oficinas actual, con compartimentación mediante mamparas.*

Hoy en día aunque el sistema de ventilación y climatización de un edificio se puede considerar una de las principales fuentes de ruido en las oficinas *“el encamisado de los conductos con materiales absorbentes de ruido, la instalación de silenciadores en los conductos, el uso de elementos antivibratorios o bloques de inercia para evitar la transmisión de las vibraciones a la estructura”*⁴⁸ son medidas correctoras efectivas que reducen considerablemente la transmisión del ruido producido por las instalaciones en la cámara hacia el espacio de oficinas, reservando los requerimientos de absorción acústica de las placas al ruido generado en el propio espacio habitado. *“En términos generales, el ruido del sistema de ventilación en las oficinas no debería superar los 35 dBA; cuando la tarea exija un alto grado de concentración, los niveles recomendados son de 30 dBA”*.⁴⁸

Con menos repercusiones formales, pero también importante en relación con las cámaras horizontales, sobre todo si el propio espacio se emplea como plenum es la sectorización del falso-techo coincidiendo con las compartimentaciones en sectores de incendios de los espacios habitables. Conseguir un cielorraso uniforme implica un edificio con un único tipo de usuarios. En las oficinas corporativas valen las cámaras continuas, pero en los edificios previstos para las oficinas de alquiler hay que sectorizar las cámaras según la unidad mínima de alquiler.

La normativa hace pocas referencias respecto a las dimensiones de los espacios ocupados por las redes y los equipos de climatización, pero es especialmente restrictiva con las cámaras y los plenums.⁴⁹

Hay pocos ejemplos actuales con una cierta calidad en el diseño de esta integración en las unidades difusoras de energía con el fin de unificar visualmente rejillas y luminarias, aunque cabe enunciar el sistema LINIA 15 que se mostró en la exposición *“Respuestas Inventadas”* (COAC, 2007) o incluso el sistema integrado que se incorpora en el falso-techo de todas las plantas de la Torre Picasso (Madrid, 1988).



[4.50], [4.51]. Dos ejemplos actuales de integración de unidades terminales para aire acondicionado e iluminación de oficinas.

Con la aparición de la informática y la incorporación de los ordenadores a la oficina al comienzo de la década de los setenta el planteamiento del espacio de trabajo cambió: ya no sólo se precisaba en cada uno de los puestos de los niveles de luz y temperatura adecuados sino que se requería de nuevos servicios (internet, datos...etc.) que al igual que el confort lumínico y acústico requerían una distribución de forma extensiva, apareciendo una nueva capa paralela al forjado piso: el suelo-técnico.

El suelo técnico en alguna de sus versiones más actuales además de distribuir los servicios de telecomunicaciones es un espacio en el que se pueden alojar tuberías, conductos y unidades terminales del sistema de climatización (*tubos con aletas, por ej.*), con el consiguiente aumento del espacio destinado a esta cavidad.

Al disponer ahora del techo y el suelo para poder hacer llegar los fluidos caloportadores hasta el espacio de trabajo podemos descongestionar la cámara de falso-techo tan multifuncional desde los años 50 y reorganizar redes de forma ascendente o descendente; podemos, por ejemplo, impulsar aire caliente por la parte inferior de las oficinas permitiendo la correcta distribución del aire favorecido por las corrientes naturales de convección. Como ocurre en la *Torre de Cristal*, Caso 4 de estudio, los suelos técnicos pueden ser empleados a modo de plenum de impulsión con rejillas regulables en cada puesto de trabajo llegando a obtener con el sistema de aire acondicionado la misma flexibilidad en las oficinas que permiten las cajas empotradas en el suelo para los servicios de electricidad y telecomunicaciones.

Las soluciones actuales de techos y suelos isotrópicos permiten generar plantas de oficinas diáfanas y profundas. Las placas del techo y los suelos técnicos proporcionan aislamiento acústico y confort térmico indistintamente. La iluminación y la seguridad son las únicas redes reservadas con certeza a la lámina superior. La distribución electrónica y de datos se hace normalmente por el suelo limitando en cierta medida la flexibilidad del espacio al condicionar el puesto de trabajo a la toma correspondiente de telecomunicaciones.

Se han generalizado las soluciones modulares sobre perfilería metálica con todo tipo de acabados en las placas con el fin principal de ocultar la amplia red de servicios que hoy requiere un edificio administrativo. Esta idea de uniformidad y ocultación se pone de manifiesto en las imágenes siguientes que nos hace pensar sobre la uniformidad de clima, de luz artificial, de conexión a los servicios es válida como elemento generador del espacio de trabajo flexible.

La flexibilidad en las plantas de oficinas ha sido una de las ideas proyectuales que con más fuerza han defendido las corrientes que proponían (y proponen la planta libre como modelo del espacio de trabajo (oficina abierta, paisaje o de *Bürolandschaft*, por ejemplo). Para conseguir esta capacidad de adaptación a las necesidades de puestos de trabajo que en cada momento requieren las empresas el planteamiento general en la mayoría de los casos de la distribución horizontal del aire de climatización, y también del agua, se ha resuelto con distribuciones uniformes y extensivas a lo largo de los techos de las plantas de oficinas, reforzando en todo caso las zonas perimetrales próximas a las envolventes acristaladas.

Sin embargo la utilización concreta de plantas de oficinas con sistemas de climatización resueltos como antes hemos descrito ha demostrado que un análisis detallado de la distribución del aire contando con la posición concreta de mesas y sillas permite resultados más óptimos. La reciente ocupación por la empresa *DKV* de una de las torres del *WTCZ*, que todavía no había sido ocupada y contaba con los equipos iniciales de climatización, ha supuesto el incremento del número de unidades terminales tipo fancoil situadas en el falso techo para adaptarse a las necesidades reales de los usuarios. La ocupación del caso 3 de estudio, el *edificio Expo 2008*, resuelta la climatización con un importante refuerzo perimetral para compensar las pérdidas de la envolvente se adaptaba con una cierta dificultad al posicionamiento de los despachos de los directivos situados en las cuatro esquinas de la planta.



[4.52] [4.53]. Reconversión de los Edificios de la Expo2008 en Juzgados de Zaragoza.

En caso de remodelación de edificios, cuyo uso final es el administrativo, se pueden dar dos casos en relación con las instalaciones:

- Que la reforma suponga un vaciado total y una renovación completa de los conductos, tuberías, cables y máquinas, como ocurre por ejemplo de la *reforma del Seminario para uso de oficinas del Ayuntamiento de Zaragoza*. [3.03], [3.04].
- O que se conserven las instalaciones ya existentes tal y como ha ocurrido con la reutilización del *edificio de participantes de la Expo 2008* de la misma ciudad de Zaragoza.

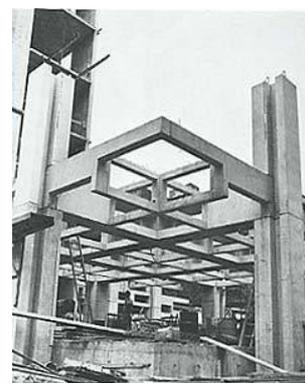
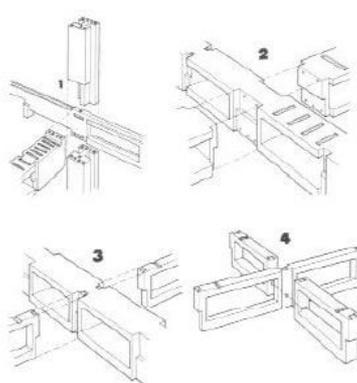
El *edificio para pabellones de la Expo 2008* reconvertido en Juzgados, fue diseñado y construido por la UTE IDOM-PROINTEC, con los arquitectos César Azcarate y Raimundo Bambó al frente del proyecto.⁵⁰ Tras la Exposición Internacional de Zaragoza, el estudio de arquitectura Lamela, reconvierte estos edificios para uso de oficinas de la Ciudad de la Justicia de Zaragoza, manteniendo la estructura y las instalaciones existentes.

“Para poder ocultar las tripas de las instalaciones, se optó por usar falsos techos. Estos dejan el plenum libre y permiten que pueda ser utilizado al 100% para elementos técnicos como cables o conductos de ventilación. Esta solución constructiva también contribuye a mejorar la calidad acústica de las distintas estancias.

*Las oficinas son espacios abiertos, flexibles y versátiles, en los que también discurren despachos y salas de reuniones. Dada la geometría especial de los edificios que ocupa la Ciudad de la Justicia de Zaragoza se diseñó un despiece de placas 60 x 60 cm en toda la zona abierta de la oficina, dejando unas franjas de cartón-yeso en todo el perímetro a modo de regulación. Para estos espacios de trabajo, se optó por un techo compuesto por placas registrables micro perforadas Metal Lay-In MicroLook 8 de Armstrong”.*⁵¹

- **Conjunto Estructura /Falso-techo.**

A la hora de distribuir tuberías y conductos de climatización a través del techo de las plantas de oficinas se puede plantear que los elementos que conforman la estructura horizontal de los edificios estén integrados con las redes definiendo un solo sistema constructivo.



[4.54] [4.55] [4.56]. Laboratorios Richards.

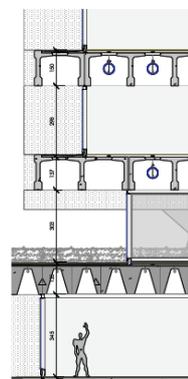
Un maestro en esta técnica es Louis I. Kahn, de quién comentan I. Ábalos y J. Herreros refiriéndose a la solución empleada en el techo tetraédrico de Yale: *“El techo de Kahn da respuesta a las necesidades crecientes de distribución de redes energéticas desde los avances en la concepción*

tridimensional de las estructuras, sintetizando demandas estructurales, energéticas y figurativas. El elemento que articula la superposición vertical de espacios de uso ya no será tanto la "plancha que separa" como la "oquedad que contiene", oquedad doblemente estructural y energética".⁵²

Reflexión que también puede hacerse a propósito de los *Richards Medical Research*, en 1965 donde un forjado hueco de gran canto permite el paso libre de los servicios mecánicos con suministro descendente que requieren los laboratorios sin interceder en su organización interna y permitiendo la inclusión de futuras redes. [4.54] [4.55] [4.56] y [1.05].

De los referentes del edificio administrativo se desarrolló la *American Republic Insurance Company* de Skidmore, Owings & Merrill (Iowa, 1965) un módulo prefabricado que se repite a lo largo de los techos de las oficinas que cumpliendo la función estructural e incorporando luminarias, difusores y aire acondicionado dota al espacio de trabajo de una calidad arquitectónica que nada tiene que ver con las placas de ocultación de los falsos techos.

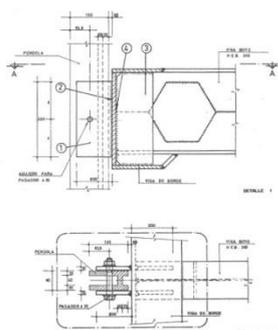
Cuando los arquitectos optan por integrar en la solución estructural el paso de conductos responde normalmente a una clara intención de reducir el espacio ocupado exclusivamente por las tuberías y los conductos de aire acondicionado. En la *Torre Picasso* el arquitecto M. Yamasaki minimiza la ocupación de las instalaciones consiguiendo que su edificio disponga de 42 plantas de oficinas separadas con una única "lámina horizontal" de 0,75 m que constituye el elemento estructural y permite el paso de los conductos y la disposición de los equipos de climatización necesarios. Unos años antes, en 1981, con planteamientos más generosos respecto a la ocupación de las instalaciones Saéz de Oiza en la *Torre BBVA*, también en la zona empresarial *A.Z.C.A* de Madrid, dispone tan sólo 27 plantas de oficinas para una altura similar de torre.



[4.57] [4.58]. *American Republic Insurance Company*. Interior y sección.

Con vigas Boyd [4.59], ya empleadas en la *Torre Castelar* de los arquitectos Rafael de la Hoz y Gerardo Olivares (Madrid, 1986) o vigas en celosía podemos generar conjuntos estructura /falso-techo que reduzcan la ocupación de las instalaciones de climatización en su distribución horizontal a lo largo de los pisos.

Una de las propuestas en esta línea más innovadoras es el forjado prefabricado desarrollado por HOLEDECK para la *Sede I+D de la empresa LOGYTEL* de Alarcón+Asociados, (Alcalá de Henares, 2012). En dicho edificio el estudio de arquitectura incorpora forjados perforados que distribuyen aire atemperado y otras instalaciones por las plantas piso además que dan una imagen característica al edificio. [4.60], [4.61].



[4.59]. Vigas Boyd. Torre Castelar.

[4.60], [4.61]. Sistema Holedeck en Sede I+D de Logytel.

- Conjunto Suelo Técnico/Estructura /Falso-techo.

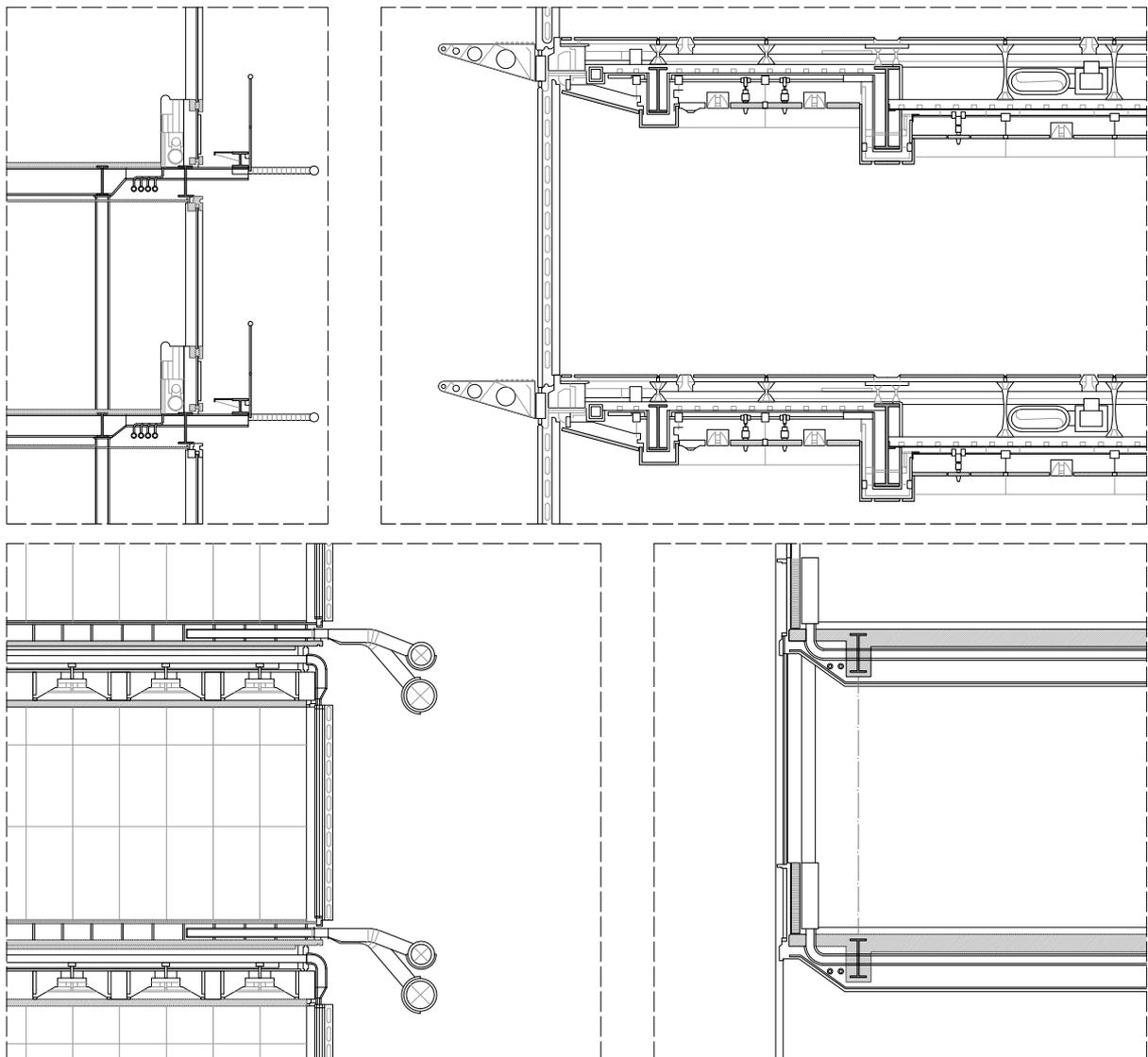
Normalmente las soluciones de falsos-techos y de estructura/falso-techo alojan los conductos de aire y las tuberías que van a acondicionar las plantas de oficinas situadas bajo la cámara. Un tercer grado de complejidad es cuando el conjunto suelo-técnico/ estructura/ falso-techo forman un solo elemento integrado en la distribución horizontal de los fluidos de climatización.

El origen de esta simbiosis lo podemos encontrar en uno de los primeros edificios climatizados artificialmente, en el *edificio de las Naciones Unidas*, que utilizaba el sistema “Carrier Weathermaster” descrito en el *Capítulo 3. Las instalaciones (apartado 3.2.1.)*. En este ejemplo los conductos de aire primario traspasan el forjado para servir a los inductores dispuestos en la planta superior. Este hecho implica la previsión de los conductos antes de hormigonar los forjados. La solución no dispone de suelo técnico, pero la relación entre las redes dispuestas en la cámara de falso techo y las unidades terminales situadas en el perímetro del piso superior implica la concepción de los forjados piso y las redes de climatización como un único elemento. El modelo, como ya se ha dicho, se traspasó a los primeros rascacielos en España como la *Torre del BBVA* de Sáez de Oiza, esta vez con estructura metálica.

Louis Khan, partidario de la integración de elementos como planteamiento imprescindible en la arquitectura escribe en relación con este tema, aunque no hablaba de un edificio administrativo sino de la *Biblioteca de la Washington University* en St. Louis:

*“Deberíamos preocuparnos más por diseñar los elementos estructurales que pueden contener las necesidades mecánicas de las habitaciones y espacios, sin esconderlas. Los cielorrasos suspendidos que ocultan la estructura tienden a borrar la escala. La sensación que nuestra arquitectura actual necesita ser embellecida deriva, en parte, de nuestra tendencia a ocultar los encuentros y las articulaciones, a esconder la forma en que las cosas están ensambladas. Si nos enseñan a dibujar siguiendo los modos de construcción, desde el basamento para arriba y deteniendo la punta del lápiz en las juntas, el ornamento se desenvolvería desde nuestro amor por la perfección de la construcción y desarrollaríamos nuevos modos de edificación. Resultaría intolerable pegotear las luminarias y el material acústico, enterrar los conductos y las cañerías. Cómo fue hecho y cómo funciona debe infiltrar todo el proceso de construcción”.*⁵³

Como no cabe de otra forma ha sido R. Rogers quien mejor ha sabido integrar todos los elementos que conforman la separación entre unas plantas de oficinas y otras y ha vuelto a ser en el referente del edificio administrativo, en el *edificio Lloyd's*: El elemento estructural lo constituye un entramado de vigas de hormigón que quedan vistas en las oficinas de la planta inferior, cuyo valor formal es una reinterpretación del techo visto ya utilizado por Kahn. En los cruces del entramado de vigas surgen unos pivotes que elevan y soportan el otro elemento estructural, una losa de hormigón sobre un encofrado metálico mediante un panel sandwich, que es el único elemento físico que separa físicamente, barrera acústica e ignífuga, el suelo técnico del falso-techo. El suelo elevado incluye la inducción de aire, las instalaciones de electricidad y las de telecomunicaciones. En el espacio entre los pivotes se sitúa el sistema de detección, la extinción de incendios y el retorno a través de las luminarias –impulsión por el suelo, retorno por el techo-. En la estructura principal, entramado de vigas, se sitúan las luminarias y los reflectores.⁵⁴



[4.62]. Sede de las Naciones Unidas.

[4.63]. Torre BBVA.

[4.64]. Lloyd's.

[4.65]. Banco de Hong Kong.

Todas estos sistemas que pretenden la integración física estructura-instalaciones pueden ser costosas y las que no son industrializadas de difícil puesta en obra y requieren además de un esfuerzo de ideación por encima de la resolución de las necesidades tecnológicas mediante la superposición de sistemas. Pero esta búsqueda de sistemas integrados, hoy casi perdida, es necesario recuperarla en base a la formación global del arquitecto y en respuesta a la complejidad interdisciplinar que debe dar la arquitectura en el ámbito de la edificación. Es impensable que con el actual desarrollo de la tecnología los arquitectos y los ingenieros se preocupen tan poco por reflexionar e inventar soluciones conjuntamente que integren arquitectura e instalaciones.

4.3.4. Espacios habitados.

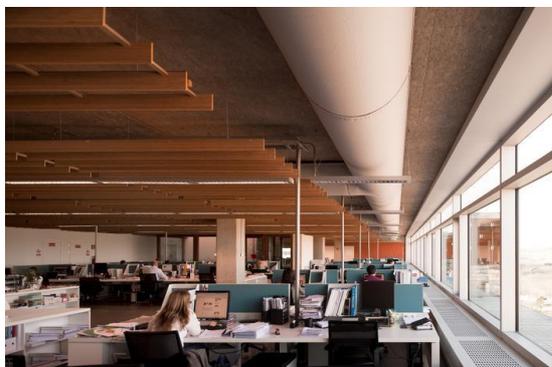
El propio espacio de trabajo, las áreas de circulación o espacios más representativos de un edificio de oficinas pueden ser también los lugares donde se alojen los equipos o unidades terminales de la instalación de climatización. En tal caso se requiere especial cuidado para conseguir el confort acústico de los usuarios, previendo velocidades adecuadas de circulación del aire o medidas correctoras de transmisión del ruido y de las vibraciones a la hora de alojar las máquinas y conductos.

- El espacio de oficinas.

En este apartado no se trata de hablar de la importancia de la ubicación de los difusores y las rejillas para garantizar una correcta distribución del aire en la zona de trabajo, puesto que la localización de dichos elementos no ocupa más volumen que el ya considerado en los techos y suelos. Sino por ejemplo de considerar la ocupación de fancoils o inductores en el espacio de oficinas.

Aunque el fin del arquitecto siempre ha sido diseñar plantas diáfanas libres de obstáculos estructurales y mecánicos, desde los años cincuenta hasta nuestros días, la situación de las unidades terminales de clima en los perímetros de las plantas de oficinas ocupando una franja de 30-40 cm de ancho ha sido una gran solución para contrarrestar las enormes pérdidas de las superficies acristaladas de fachadas.

La longitud de los equipos define claramente no sólo el interior de las oficinas sino también la modulación exterior de los muros cortina. Estas limitaciones pueden dar como resultado espacios aburridos o contribuir al orden general que requieren los sitios de trabajo.

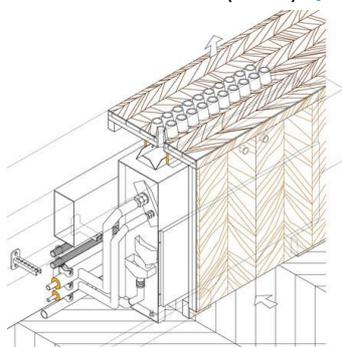


[4.66], [4.67]. Interior y exterior Oficinas de Idom.

En las oficinas, con envolvente totalmente acristalada, se suelen colocar elementos tipo consola y preferiblemente a cuatro tubos para poder adaptarse a las diferentes necesidades del espacio acondicionado.

Pocas son las variaciones que podemos encontrar en el mercado para responder a las necesidades específicas de climatización de los perímetros de las plantas de trabajo, en todo caso unidades terminales con carácter lineal incluidas en suelo o techo o algunas piezas con estéticas más cuidadas, o preparadas para revestir, que se pudieran alojar de forma exenta sin configurar el característico zócalo. En las imágenes [4.49] [4.50] se muestra el interior y el exterior de la *Sede de Idom* (Madrid, 2012) donde se puede ver la repercusión del zócalo perimetral en la modulación de la fachada.

Y algunos ejemplos aislados para pequeñas oficinas como el trabajo integrador entre las unidades terminales de clima y el mobiliario llevado a cabo por en *la nueva Sucursal de la Caja de Arquitectos de Madrid*, Luís Martínez Santa-María (Madrid, 2004) publicado en el nº 21 de la revista *Tectónica* (1995), [4.51] [4.52].



[4.68] [4.69]. *Fancoils integrados en oficina de la Caja de arquitectos en Madrid.*

[4.70]. *Unidad terminal control individual clima.*

Con la colocación de los elementos que ceden calor y frío localizados en los espacios vivideros hay que considerar que ninguna de las superficies en contacto con los usuarios podrá alcanzar temperaturas elevadas.⁵⁵

El otro gran elemento de las instalaciones de climatización que puede repercutir tanto formal como espacialmente en el ámbito de las oficinas es el trazado de conductos y/o el alojamiento de las máquinas vistas. No es una tendencia muy extensiva entre los arquitectos, por el gran esfuerzo que requiere del diseñador pero sobre todo por un tema económico, pero hay algunos ejemplos relevantes.

En la planta baja del edificio *Media-TIC* del estudio de Enric Ruiz Geli, [4.71], se asumen con total normalidad y se dejan vistos los materiales de los conductos y los difusores de la climatización por techo. De igual forma en el *Boutique Ad Agency*, StudioLAB (New York, 2011), [4.72], se hace no sólo con los conductos de aire acondicionado sino también con el resto de las instalaciones.

Por último configurarán el espacio de trabajo los elementos de medida, regulación, protección y maniobras de la instalación de clima que han de ser fácilmente accesibles para los responsables del mantenimiento de la instalación o para los usuarios en casos de control individualizado de la instalación, cada día más extendido para garantizar los niveles máximos de confort. [4.53].



[4.71]. Interior Mediativ

[4.72]. Oficina MPD Studio LAB.



- Pasillos.

En los edificios descritos los pasillos pueden utilizarse como elementos de distribución solamente cuando sirvan de paso del aire de las zonas acondicionadas hasta los locales de servicio, offices de planta, aseos o almacenes.⁵⁶

- Patios y atrios.

Como hemos visto en el estudio de las tipologías del edificio de oficinas los atrios centrales han sido un elemento muy presente en muchos referentes arquitectónicos y en un número importante de edificios administrativos actuales. El gran vestíbulo de entrada y el hecho de volcar los espacios de trabajo hacia un gran patio interior iluminado normalmente de forma cenital, ha sido una constante proyectual que se repite a lo largo de la historia de estos edificios: desde uno de nuestros primeros referentes, *la Administración Larkin*, a otro de los edificios más repetidos en esta tesis, el *edificio Lloyds*, en España el *edificio Caja Madrid* [4.73], [4.74], o más recientemente la *Torre de Telefónica*, ambos en Barcelona, son ejemplos de edificios cuyas oficinas se configuran en torno a un atrio interior.

El tema de los patios y atrios aparece en este apartado no tanto por tratarse de un espacio donde se alojan las instalaciones de climatización del edificio, sino porque por su particular forma condicionan la disposición de difusores y rejillas o inciden propiamente en la circulación del aire.

Los grandes espacios de representación en el edificio administrativo, que favorecen la circulación del aire caliente por convección natural y por tanto la estratificación del aire tratado, debe permitir la correcta colocación de las tomas de impulsión y retorno para conseguir una correcta distribución del aire en las zonas ocupadas de trabajo.

En el patio interior del *edificio Caja Madrid* se pueden observar los conductos verticales de distribución de aire de igual forma expresiva que en las fachadas del edificio, antes y después de la reforma de Jordi Badía.

Todos y cada uno de los espacios que requiere la instalación de climatización, y que se han visto en este capítulo, tienen que estar debidamente encajados con el resto de los elementos que componen el edificio administrativo. Las redes, los conductos, los equipos y los espacios donde se ubican son sistemas tridimensionales que se entrelazan con muros, forjados, espacios habitados... y es necesario que convivan con ellos con normalidad. A propósito de la importancia de esta interrelación L.R. Bachman en su libro comenta:

“La integración física tiene lugar cuando los sistemas comparten espacio arquitectónico ocupando un área o un volumen. Ésta es la actividad fundamental de integración y debe ser considerada para todos los componentes de la construcción”.⁵⁷

La postura ante la integración puede ser diferente: formando una red, en capas o plegándose unos elementos con otros, pero cada pieza debe tener su lugar. Las repercusiones arquitectónicas de las instalaciones de aire acondicionado son tan grandes que no se deben relegar a los sótanos y las cámaras ocultas, más aún si en esta imbricación se consideran otros elementos tecnológicos del edificio como la iluminación, la electrónica o el confort acústico, por ejemplo.



[4.73] [4.74]. Interior del Edificio Caja Madrid antes y después de la reforma.

4.4 Diseño de las instalaciones de climatización.

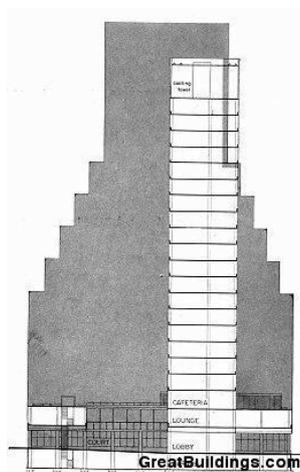
El recorrido por el edificio ha permitido definir las tipologías edificatorias más frecuentes en la arquitectura de oficinas contemporánea. La clasificación de las instalaciones de acondicionamiento ambiental establecer los sistemas más utilizadas para dichos edificios y sus requerimientos principales que pueden afectar a las estructuras arquitectónicas en las que se implantan. El [Apartado 4.3](#) tipificar los espacios dentro del edificio ocupados por los equipos y las redes de los sistema de clima. Se trata ahora de **establecer las relaciones entre todos estos compartimentos estancos y valorar cuáles son los parámetros más relevantes en la determinación del volumen ocupado por las instalaciones de aire acondicionado.**

Aunque el planteamiento inicial de las instalaciones de climatización de los edificios de oficinas tiene un claro carácter centralizado, con sistemas de generación de frío y calor concentrados en un punto del edificio, existen diversos factores que implican diferentes grados de sectorización de los sistemas. Unas veces están relacionados sólo con la tipología, otras con el sistema de climatización elegido y la mayoría con una combinación de ambos. Esta subdivisión de la instalación es determinante en el número de máquinas a colocar y por tanto en el espacio reservado en los edificios. Los **parámetros más importantes que determinan la sectorización de las instalaciones** están a su vez relacionados con las tipos edificatorios descritos en el [Capítulo 2_ Apartado 2.2. Tipologías Arquitectónicas. Clasificación](#), y son los siguientes:

- **Volumen construido y dimensiones.**

La envergadura del edificio determina inicialmente el grado de centralización de la instalación: ejemplos como el [edificio Expo 2008](#) con una superficie en torno a los 5.000 m² (20.000 - 25.000 m³) permiten planteamientos globales de la instalación. Estas concentraciones en un lugar (o dos como máximo) de todas las máquinas necesarias para la climatización del edificio, se refiere no sólo a la generación de energía sino también al tratamiento del aire. Edificios de mayor tamaño implican planteamientos generales de instalaciones más divididas. **El grado de sectorización de la instalación es directamente proporcional al volumen construido.** Se comprueba de forma experimental sí se mantiene este crecimiento lineal en el ratio $V_{residual\ instalaciones\ clima} / V_{construido}$ en los edificios analizados.

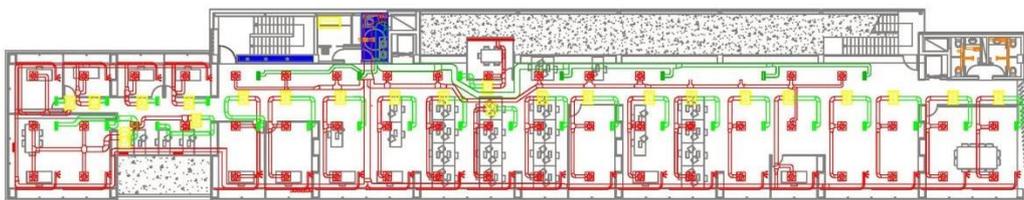
El principal parámetro dimensional determinante de la sectorización de la instalación depende directamente de la geometría del edificio.



[4.75]. Sección Lever House, 21 plantas servidas desde una central térmica.

En las torres, la **altura** condiciona la partición de los circuitos de distribución vertical de energía, que normalmente son tuberías de agua. El equilibrio entre el correcto funcionamiento de las bombas y su coste económico determina la longitud hidráulica de los circuitos. La necesidad de ubicar los generadores de presión y los intercambiadores en lugares adecuados que faciliten su mantenimiento es una de las razones por las que aparecen espacios técnicos intermedios.

En relación con las dimensiones de la planta de los edificios de uso administrativo no son las instalaciones de aire acondicionado el factor que determina la organización de los núcleos de comunicaciones, servicios e instalaciones, sino la limitación de los recorridos de evacuación. Espacios de trabajo con una **longitud** mayor de 25 m, ya sea en bloque o torre, implican doble salida de planta que normalmente se traduce en dos escaleras. En tal caso, los patinillos verticales de las instalaciones de climatización podrían estar ligados a los núcleos de comunicaciones; disminuyendo así las pérdidas de presión en la circulación del aire y del agua en conductos y tuberías responsables de la distribución horizontal de la energía. No siempre es necesario los espacios de distribución vertical de las instalaciones de aire acondicionado, a pesar de que el edificio disponga de dos escaleras, tal y como muestra la imagen [4.76] del *edificio corporativo de Saica* en Zaragoza.



[4.76]. Edificio corporativo Saica. Dimensiones de 50 m en planta se pueden resolver con un único punto de distribución horizontal de aire.

- **Usos diferenciados.**

Las instalaciones de climatización en estos edificios contemplan zonificaciones de las áreas acondicionadas de acuerdo con la organización funcional de las oficinas y de otros usos diferenciados vinculados a la actividad principal. La existencia de usos más o menos públicos dentro de un edificio de uso administrativo es un aspecto determinante en la sectorización de las instalaciones de acondicionamiento ambiental teniendo en cuenta las diferentes condiciones de confort que pueden requerir unos y otros espacios. En los grandes edificios de oficinas las salas de conferencias, reuniones o la cafetería por ejemplo, con unas dimensiones, una densidad de ocupación elevada y unos requisitos de ventilación diferentes a los espacios de trabajo precisan máquinas propias de tratamiento del aire.

Es preciso identificar estos espacios con usos claramente diferenciados y asociarles a cada uno de ellos las máquinas y los espacios requeridos para su correcta climatización. Normalmente los sistemas son semi-centralizados, con generadores de energía centralizados y unidades de tratamiento del aire específicas para estos usos especiales. Por sus dimensiones estos climatizadores requieren espacio en las cubiertas o estancias propias para su implantación, que deben permitir la toma de aire exterior y la de extracción del aire viciado.

En las torres y en los bloques de oficinas, los espacios más públicos suelen situarse en la planta baja del edificio con un acceso muy directo desde la entrada del mismo y con una clara diferenciación volumétrica. Las plantas más altas suelen ser un buen sitio para ubicar espacios que pretenden ser representativos y en los edificios de gran tamaño podrían existir plantas intermedias que alojaran estos usos.

Ejemplos de estos compartimentos particulares que determinan particiones en los planteamientos iniciales de la instalación son: la *Torre Agbar* en 2005, el remate acristalado que incluye varias plantas comunicadas, es el lugar en donde se ubican los despachos de dirección y los espacios más representativos del edificio; o en el caso de la *Torre Caja Madrid* en 2009, donde la caja vidriada colgada sobre el hall de entrada contiene el auditorio. La rehabilitación de la *Sede Central del Instituto Nacional de Estadística* en 2007 [4.77], [4.78], [4.79], ha permitido ampliar el programa del edificio administrativo, situando la zona de dirección y un jardín bajo la marquesina superior y los usos más públicos en la planta baja. En estas mismas localizaciones se disponen las máquinas de aire acondicionado integradas en el conjunto de la construcción.



[4.77], [4.78], [4.79]. Rehabilitación Sede Central del Instituto Nacional de Estadística. 2007. Ruiz Larrea & Asociados. Detalle Ubicación máquinas en planta superior y baja.

- **Orientación.**

La mayoría de los edificios analizados en la tesis cualquiera que sea su tipología funcional, su forma de organizar el espacio de trabajo o su tipología arquitectónica, se caracterizan por fachadas acristaladas, tipo muro cortina principalmente, en todas sus orientaciones. La implantación de esta tecnología responde a planteamientos claves proyectuales basados en la uniformidad. Esta resolución unitaria de las fachadas implica, que en épocas intermedias, algunas partes del edificio demanden calefacción mientras que otras requieran refrigeración. Con estos planteamientos es frecuente la sectorización por orientaciones de las instalaciones de acondicionamiento ambiental. Así los equipos diferenciados estén dimensionados para las cargas térmicas resultantes en el sector norte, sur, este u oeste y permiten dar respuesta a las necesidades térmicas de cada zona. No tanto por el tamaño o potencia de los equipos sino por el número a colocar es determinante en el volumen ocupado por la instalación la sectorización de ésta en base a las diferentes orientaciones.

En relación con estas correcciones del sistema de climatización en las torres, Ken Yeang considera que *“Es preciso configurar la forma e implantación del rascacielos...en el solar, de manera que pueda funcionar con un bajo consumo de energía....Si el edificio no está configurado u orientado con vistas a obtener el máximo aprovechamiento pasivo, se deben incluir necesariamente sistemas electromecánicos que “corrijan” algunos de los “errores” iniciales de proyecto...”*⁵⁸. Y esto implica que hay que prever la reserva de espacios de las instalaciones a colocar.

No sólo el modelo por excelencia, la torre prismática acristalada, sino planteamientos formales más singulares como la *Torre de oficinas en el Campus Audiovisual* de Carlos Ferrater, Patrich Genard y Xavier Marti (Barcelona, 2008) [4.80], [4.81], [4.82], responden al planteamiento general de la envolvente acristalada resuelta de forma uniforme para todo el volumen. Estas soluciones implican diferencias térmicas por orientación que se deben resolver con la sectorización de la instalación.



[4.80], [4.81], [4.82]. Torre de oficinas en el Campus Audiovisual de Barcelona. Uniformidad para la fachada acristalada en todas las direcciones.

Algunos ejemplos de bloque como el *edificio corporativo de Saica* en Zaragoza o la *Sede del Sede Central del Instituto Nacional de Estadística* en Madrid optan por soluciones constructivas diferenciadas para cada orientación, aunque el criterio no responde claramente a razones de equilibrio térmico u optimización de espacios en las instalaciones.



[4.83] [4.84] [4.85] [4.86]. Planteamiento diferenciados de envolventes en el edificio Saica y en la sede del INE.

Adaptar la proporción de superficies acristaladas en cada fachada a las diferencias térmicas por orientación, criterio éste más extendido en el uso residencial que en el administrativo, es una buena estrategia que permite globalizar las instalaciones y reducir las reservas de espacio a considerar. La incorporación de vidrios con diferentes respuestas a la acción solar en cada orientación es también una práctica adecuada.

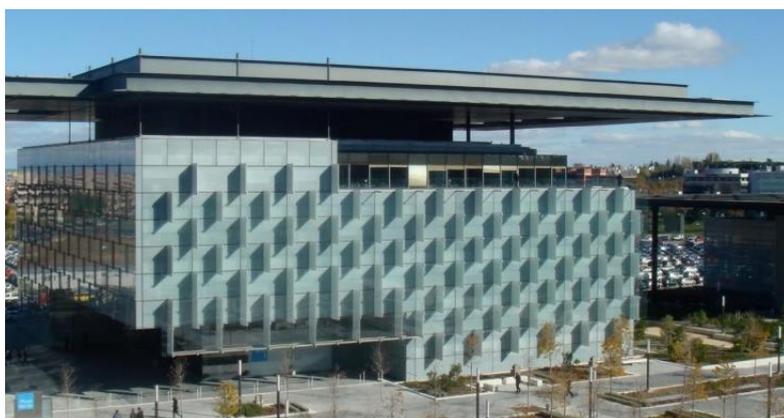
La articulación de los programas organizando los núcleos de comunicaciones, servicios e instalaciones en volúmenes más opacos también permite amortiguar estas diferencias climáticas y resolver las instalaciones con planteamientos más centralizados.

- **Necesidades de ventilación.**

Si en el apartado anterior se valoraba la uniformidad de la envolvente acristalada en los edificios de oficinas, la hermeticidad del muro cortina ha sido también constante en los planteamientos de estos proyectos. Las exigencias de ventilación de los espacios habitados obligan a romper esa continuidad inicial. La forma de entrada de aire exterior (y salida del aire viciado) del edificio va a condicionar el volumen ocupado por las instalaciones de climatización.

Que la entrada de aire exterior sea centralizada en un punto o esté sectorizada por zonas o por plantas es decisivo a la hora de reservar los espacios ocupados por las Unidades de tratamiento de aire, recuperadores de energía y los conductos de distribución del fluido.

Los bloques, por su tamaño intermedio y proporción de la superficie de cubierta permiten centralizar la entrada de aire primario en los edificios desde un único punto. En las torres, normalmente de mayor volumen construido, puede ser una solución que optimice la ocupación de los conductos la entrada sectorizada del aire de ventilación. Tipologías menos compactas a la manera de bloque o torres con patios permiten con facilidad tomas de aire próximas a cualquier punto del edificio. En la *Sede de Telefónica* en Madrid, situar las tomas de aire en la planta remate del edificio, permiten la uniformidad de la envolvente de vidrio. En la *Torre de oficinas del complejo Aragonia* en Zaragoza, las rejillas de aire en cada planta están integradas en la retícula que define la envolvente.



[4.87] [4.88]. Sede de telefónica en Madrid y Torre de oficinas en el complejo Aragonia en Zaragoza.

Tomas de aire y climatizadores centralizados exigirán grandes cuartos o la propia cubierta para la situación de los equipos y patinillos verticales que alojen conductos de gran sección. Entradas de aire en cada planta permiten reducir la sección de los conductos de distribución vertical pero exigen una reserva espacial en cada piso para la ubicación de las máquinas, pudiéndose resolver con máquinas de baja silueta alojadas en falsos techos, según los casos.

- **Organización funcional y configuración del espacio de trabajo.**

Varios son los aspectos a estudiar que puedan influir en el espacio ocupado por las instalaciones de climatización en lo que a la organización de las plantas de oficinas se refiere:

Organización funcional. En este apartado se trata de analizar si el edificio tiene carácter corporativo o está destinado a oficinas de alquiler. En este último caso el establecimiento de la unidad mínima de alquiler es determinante en el grado de sectorización de la instalación de climatización. En los edificios pensados para el alquiler de las oficinas, la posibilidad de una ocupación variable o incluso nula en algunos sectores del edificio, implica la necesidad de instalaciones de aire acondicionado que se adapten a esta situación. Aunque una parte de la instalación sea centralizada el sistema debe permitir la puesta en funcionamiento diferenciada de las posibles particiones de las plantas.

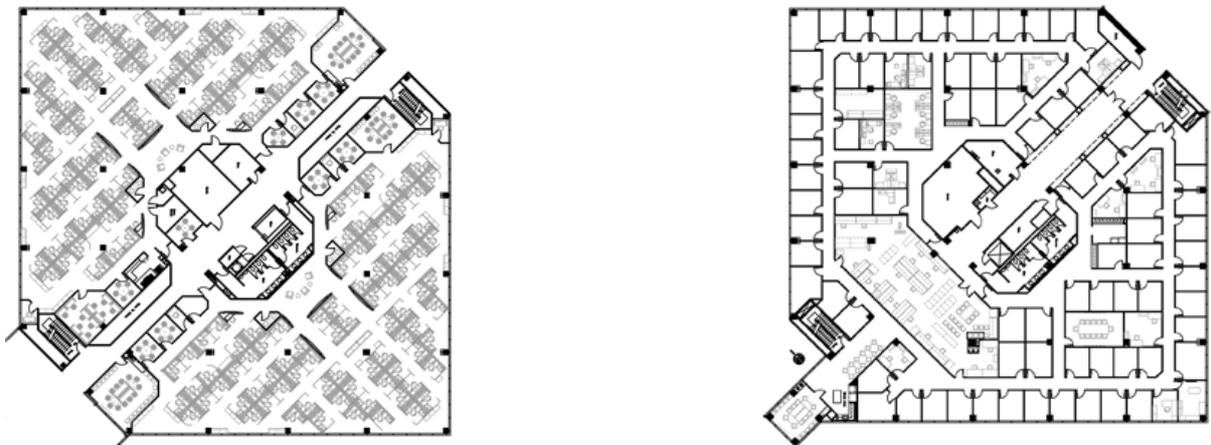
En el caso de estudio *–Torre de Cristal–* toda la instalación de climatización, salvo la generación de calor y frío que es unitaria, está duplicada correspondiéndose con las posibles divisiones en planta. Existen dos cuartos para alojar los correspondientes climatizadores que sirven

a cada una de las dos unidades mínimas de alquiler de la planta, que además tienen orientaciones diferenciadas.

Esta idea junto con la compartimentación de los diferentes establecimientos (cada una de las unidades mínimas de alquiler) en base a la seguridad frente al incendio son contrarias a la tan ansiada idea de flexibilidad total en los edificios de uso administrativo pero garantizan la seguridad y el confort de todos los usuarios.

Grado de compartimentación. En este apartado se refiere a la incidencia que puede llegar a tener en el volumen ocupado por las instalaciones la configuración del espacio de trabajo en plantas diáfanas o divididas en despachos.

Para garantizar el confort térmico del usuario final es necesario adecuar la elección y la ubicación de las unidades terminales a la organización concreta de los puestos de trabajo.



[4.89] [4.90]. Planta diáfana y compartimentación en despachos, dos soluciones para una misma planta en un edificio de oficinas.

Soluciones de plantas diáfanas pueden funcionar correctamente con distribuciones extensivas de conductos de aire y unidades terminales mediante difusores colocados de forma más o menos uniforme en el espacio de trabajo, reforzando aquellas zonas próximas a las fachadas acristaladas. Distribuciones compartimentadas requieren un replanteo pormenorizado de las cargas térmicas de cada una de las estancias a considerar. Planteamientos iniciales de proyecto con plantas diáfanas y resoluciones en obra de distribuciones compartimentadas pueden dar lugar a situaciones de dis-comfort térmico del usuario final por no proyectar correctamente la instalación de climatización.

Sin embargo, a pesar de la importancia de la adecuación de la instalación a la situación de los puestos de trabajo, no es éste un factor excesivamente relevante en la determinación del mayor o menor volumen ocupado por las instalaciones. Como se ha visto en el [Apartado 4.3.3 Espacios para distribución horizontal](#), el reparto de la energía es extensiva en cada planta, con el fin de llegar a todos y cada uno de los puestos de trabajo y ocupa prácticamente la totalidad del espacio del falso-techo. Como la mayor parte de las soluciones empleadas hoy en día para esta distribución compagina conductos de aire, difusores y unidades terminales de agua, prácticamente con la misma sección de falso-techo se podrían resolver correctamente ambos tipos de plantas. Si bien es verdad que organizaciones con pasillos centrales y despachos a ambos lados podrían optimizar el espacio ocupado por los conductos situándolos sobre el corredor. La

colocación de unidades terminales que permitan regular la temperatura de forma individual en cada despacho podría requerir mayores ocupaciones de espacio.

Usos de trabajo y circulaciones. En el caso particular de la planta por excelencia para la torre de oficinas, diáfana y con núcleo central, hay que diferenciar a la hora del planteamiento general de la instalación de climatización el espacio de trabajo, exterior, y las zonas comunes, por su diferente carga térmica. Las zonas de circulación siempre son zonas interiores a las que no llega la radiación y requieren sistemas de refrigeración durante todo el año, lo que supone un nuevo factor que condiciona la sectorización de las instalaciones de climatización.

Todos y cada uno de los factores descritos influyen en **la sectorización de la instalación**. En principio una mayor división supone una mayor ocupación. Pero no todos los factores que influyen en la determinación del volumen ocupado por las instalaciones de climatización dependen de cuestiones arquitectónicas ligadas a la tipología edificatoria; este volumen también depende del sistema y equipos elegidos, tal y como hemos visto en el [Capítulo 3. Las instalaciones](#).

Por toda esta complejidad de factores determinantes se hace difícil medir cuánto ocupan las instalaciones de climatización en los edificios de oficinas, pero se va a tratar de establecer unos ratios de ocupación en base a estos principios generales y a los casos experimentales analizados.

De todas las alternativas posibles de instalaciones de aire acondicionado descritas, sólo se pueden considerar adecuadas las que permitan un control zonal y la máxima eficiencia energética y eso implica instalaciones con cierto grado de descentralización.

El grado de confort del usuario final, cada día más exigente, lleva a la ubicación de máquinas individuales en cada puesto de trabajo o instalaciones de regulación y control que permitan el accionamiento particular de cada individuo.

Por considerarlos singulares y con niveles de sectorización particularmente altos de la generación de energía para la climatización del edificio señalamos la [nueva sede de Gas Natural](#) en Barcelona y la [Torre Picasso](#) de Madrid. El edificio de Barcelona dispone de un sistema VRV con máquinas exteriores colocadas en cada una de las plantas, ubicadas en salas que ventilan a través de grandes ventanales en los que se han dispuesto rejillas especiales proyectadas por el equipo de arquitectura. La [Torre Picasso](#) es el caso más extremo analizado ya que dispone de una instalación de climatización unitaria con bombas de calor para cada uno de los despachos, condensadas por agua con un circuito hidráulico único conectado a las torres de refrigeración y a las calderas del edificio. El sistema es muy versátil permitiendo a cada una de las unidades encontrarse en régimen de calefacción o refrigeración en función de la orientación del despacho y del confort del usuario.

Sin embargo, altos grados de sectorización de la instalación de aire acondicionado, como los citados, no significan necesariamente mayores ratios de ocupación, pero sí un importante esfuerzo de integración entre la arquitectura y la técnica.

Como se ha visto el grado de sectorización de la instalación va más allá de lo recogido en la zonificación del R.I.T.E.: *“Cada sistema se subdividirá en subsistemas, teniendo en cuenta la compartimentación de los espacios interiores, orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento”*⁵⁹ y está muy ligado con la configuración volumétrica del edificio y el volumen destinado a la ocupación de las instalaciones de climatización en los edificios.

Referencias.

1. Diccionario de la Real Academia Española, vigésimo segunda edición.
2. Serra, R. *Arquitectura i màquina*. Barcelona, Edicions UPC, 2001. Pág. 23.
3. Vergara, E.P., Vergara, D.; Nájera, P.; Otaño, L. *Simulación virtual mediante modelos 3d para el aseguramiento de la calidad de la documentación en proyectos de construcción*. 18th International Congress on Project Management and Engineering Alcañiz, 16-18th July 2014.
4. Fumadó J.Ll. e Paricio I. *El tendido de las instalaciones*. Barcelona, Editorial Bisag, 1999. Pág. 5.
5. Artículo 47.5 del RD 1955/2000.
6. Sánchez, M. Ll.. *Criterios básicos en las instalaciones en los edificios de viviendas*. Barcelona, Colección Papers Sert, COAC, 2007. Pág. 57.
7. ITC-28 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
8. <http://torre-picasso.com/images/servicios/sala-de-control.jpg>.
9. REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. IT 1.3.4.1.2.1. Salas de máquinas. Ámbito de aplicación.
10. Oscar Tusquets, publicado en ABC.es 25/10/2001 a raíz de la exposición "Réquiem por la escalera" que se exhibió en el Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona en octubre 2001-Enero del 2002.
11. Roberts B. "The Story of Comfort Air Conditioning". Libro electrónico editado por CIBSE Heritage Group, 2009, http://www.hevac-heritage.org/electronic_books/. Parte-2 The Air Conditioned Building 1900-1939.
12. "Edificios Trade 1968-1998". Libro publicado por los propietarios con motivo del 30 aniversario de las Torres. Coordinador Ferrán Martorell Basurte (periodista). <http://www.edificiostrade.com>.
13. IT.1.3.4.1.2.3. Salas de máquinas con generación de generadores de calor de gas. Año 2007.
14. RD 1027/2007. IT. 1.3.4.4.3. Accesibilidad.
15. ATECYR, "Guía técnica de Instalaciones de climatización por agua". 3.2.1. Accesibilidad a las enfriadoras. Edita IDAE. Madrid, 2012. Pág. 46.
16. CTE. DB-SI. S1 Propagación interior. 2. Locales y zonas de riesgo especial. Año 2010.
Tabla 2.1 Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios.
Tabla 2.2 Condiciones de las zonas de riesgo especial integradas en edificios.
17. Varios, "Arquitectura singular 01: tipos de oficinas.". Editorial Pencil s.l., 2008.
18. <http://www.factoriaurbana.com/ciudades/edificios.php?id=3>
19. Pérez Gutiérrez, M^a C. Tesis doctoral: "Evolución del tipo estructural Torre en España". Madrid, 2009. Director de la Tesis: Ricardo Aroca Hernández-Ros.
20. Lakota G., Alarcón A. "Torre Caja Madrid: Cálculo de estructuras de un edificio singular de 250 m en Madrid". Revista: "Hormigón y Acero". Vol. 59. N° 249. Madrid, 2008. Pág. 188.
21. IT.1.3.4.1.2.5. Equipos autónomos de generación de calor. Año 2007.
22. Souto de Moura, AV Monografías n° 151. Madrid, 2011. Págs. 66-73.
23. RD 1027/2007. IT. 1.2.4.2.7. Redes de tuberías. Año 2007.
24. RD 1027/2007. IT. 1.3.4.4.3. Accesibilidad. Año 2007.
25. RD 1027/2007. IT. 1.3.4.1.3.1. Evacuación de los productos de la combustión. Año 2007.
26. CTE. DB-SI. S1 Propagación interior. 3. Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios. Año 2010.
27. Yeang K. " El rascacielos ecológico". Editorial Gustavo Gili, 2001, Barcelona, pág.202-207.
28. Rogers Stirk harbour + Partners / Lloyd's of London, Londres/ www.rsh.p.com.

29. "Edificios Trade", Coordinador: Ferrán Martorell Basurte, Edita: Comunidad de propietarios de los Edificios Trade, Barcelona, 1998. Libro editado con motivo de los 30 años de la construcción de los Edificios Trade.
30. McGuinness W.J., Stein B., Reynolds John S. "Mechanical and Electrical Equipment for Buildings". 6ª Edición, por John Wiley & Sons Inc., Canadá, 1955. 1ª edición de 1935. Pág. 277 a 279.
31. Gallego J. Artículo: "Eriquer la arquitectura". Profesor de proyectos de instalaciones en la ETSAM. http://oa.upm.es/9167/1/INVE_MEM_2010_87585.pdf
32. <https://pgiengineering.wordpress.com/2012/01/11/revit-mep-cubierta-de-instalaciones-en-rehabilitacion/>
33. <http://www.hopkins.co.uk/projects/>
34. El término tecnófilo es con el que el nº 42 de la Revista Arquitectura Viva denomina a Norman Foster, Nicolas Grimshaw, Michael Hopkins y Richard Rogers por su proximidad a la técnica en el desarrollo de su arquitectura.
35. Louis Kahn, "Como desarrollar nuevas formas de construcción. Espacio, forma,, uso". Publicado en The Pennsylvania Triangle, 1956 en referencia al proyecto de la Biblioteca de la Washington University en St. Louis. Traducción A. Rigotti publicado en Reformulaciones, En la segunda era de la máquina. Fuente: <http://www.louiskahn.es/Conferencias.html>
36. Joseph Rosa, "Kahn".Köln, editado por Taschen, 2006.
37. Bachman L.R. "Integrated Buildings. The Systems Basis of architecture". Ed. John Wiley & sons, inc. , New Jersey, 2003. Pág. 29.
38. Paricio I. "El metaproyecto de oficinas". Rev. AV: "Tipos de Oficinas"nº 103, Madrid, 2003. Pág. 18.
39. Bachman L.R. "Integrated Buildings. The Systems Basis of architecture". Ed. John Wiley & sons, inc. , New Jersey, 2003. Pág. 374.
40. Pei Coob Freed. "Cohete celeste". Rev. AV: "Torres de España" nº 121, Madrid, 2008. Pág. 70-77.
41. Banham R., "La arquitectura del entorno bien climatizado". Buenos Aires, Ediciones Infinito, 1975. Pág. 236.
42. Fernández – Galiano L., "El edificio de oficinas. Análisis y criterios de diseño". Madrid, Edita Citema, 1977. Pág. 30 y Pág.33.
43. Ídem.
44. McGuinness W.J., Stein B., Reynolds John S. "Mechanical and Electrical Equipment for Buildings". 6ª Edición, por John Wiley & Sons Inc., Canadá, 1955. 1ª edición de 1935. Pág. 340 a 345.
45. Danz E. y Menges A., "La Arquitectura de Skidmore, Owings& Merrill, 1950-1973". Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1975.
46. Ábalos I. y Herreros J., "Técnica y arquitectura en la ciudad contemporánea, 1950-1990.". San Sebastián, Editorial Nerea, 1992. Pág.133.
47. ATECYR, "Guía Técnica de instalaciones de climatización por agua.". Madrid, Editorial Nerea, 2012. 3.2. Accesibilidad. Pág.44.
48. Datos obtenidos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_503.pdf.
49. Código Técnico de la Edificación. DB SI. Sección SI 1 Propagación interior. 3 Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios.
RD 1027/2007. IT. 1.3.4.2.10.2. Plenums.
RD 1027/2007. IT. 1.1.4.3.3.
RD 1027/2007. IT. 1.3.4.4.3. Accesibilidad.
50. Revistas Z-Arquitectura. Ciudad Expuesta [uno a cuatro]. Editadas por el Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón. (Zaragoza 2007-2008).
51. www.construible.es/noticias/36000-m2-de-techos-armstrong-en-la-nueva-ciudad-de
52. Ábalos I. y Herreros J., " Técnica y arquitectura en la ciudad contemporánea, 1950-1990.". San Sebastián, Editorial Nerea, 1992. Pág.135

53. Louis Kahn, "Como desarrollar nuevas formas de construcción. Espacio, forma, uso". Publicado en *The Pennsylvania Triangle*, 1956 Traducción A. Rigotti publicado en *Reformulaciones*, en la segunda era de la máquina. Fuente: <http://www.louiskahn.es/Conferencias.html>.
54. Ábalos I. y Herreros J., "Técnica y arquitectura en la ciudad contemporánea, 1950-1990.". San Sebastián, Editorial Nerea, 1992. Pág.150-153.
55. RD 1027/2007. IT. 1.3.4.4.1. Superficies calientes.
56. RD 1027/2007. IT. 1.3.4.2.10.4. Pasillos.
57. Bachman L.R. "Integrated Buildings. The Systems Basis of architecture". Ed. John Wiley & sons, inc. , New Jersey, 2003. Pág. 3.
58. Yeang K. " El rascacielos ecológico". Editorial Gustavo Gili, 2001, Barcelona, pág.202.
59. RD 1027/2007. IT. 1.2.4.5.4. Zonificación.

Imágenes.

- [4.01] http://www.aeipro.com/files/congresos/2014alcaniz/CIDIP2014_0763_0775.4201.pdf
- [4.02] Fuente: Cristina Cabello.
- [4.03] Elaboración propia.
- [4.04] <http://torre-picasso.com/images/servicios/sala-de-control.jpg>
- [4.05] <http://torre-picasso.com/images/servicios/sala-de-control.jpg>
- [4.06] <http://torre-picasso.com/images/servicios/sala-de-control.jpg>
- [4.07] http://iret-telecom.net/Sistemas-de-cableado-estructurado.php_files/CableadoEstructurado.jpg
- [4.08] Fuente: UNE 60.601
- [4.09] <https://www.construible.es/comunicaciones/ii-congreso-eeen-torre-auditori-porta-firal-de-iberdrola>
- [4.10] <https://www.construible.es/comunicaciones/ii-congreso-eeen-torre-auditori-porta-firal-de-iberdrola>
- [4.11] <https://www.construible.es/comunicaciones/ii-congreso-eeen-torre-auditori-porta-firal-de-iberdrola>
- [4.12] Fuente: <http://megacostruccion.es>
- [4.13] Fuente: Revista Hormigón y Acero. Nº 245. Tercer trimestre 2007.
- [4.14] Fuente: <http://www.skyscrapercity.com>.
- [4.15] Fuente: "Arquitectura singular. Tipos de oficinas". Editorial Pencil.
- [4.16] Fuente: <http://www.torreiberdrola.es>
- [4.17] Fuente: Francisco Valbuena.
- [4.18] Fuente: <http://www.wikipedia.com>
- [4.19] Fuente: <http://www.fotomadrid.com/verArticulo/204>
- [4.20] Fuente: Sebastián Cueva.
- [4.21] Fuente: Mcguinness W.J., Stein B., Reynolds John S. "Mechanical and Electrical Equipment for Buildings". 6ª Edición, por John Wiley & Sons Inc., Canadá, 1955. 1ª edición de 1935. Pág. 287.
- [4.22] Fuente: <http://www.ondisenio.com/proyecto.php>
- [4.23] Fuente: <http://www.ondisenio.com/proyecto.php>
- [4.24] Fuente: <http://www.designboom.com/architecture/eduardo-souto-de-moura-wins-the-2011-pritzker-prize/>
- [4.25] Elaboración propia.
- [4.26] Elaboración propia.
- [4.27] Fuente: <http://www.greatbuildings.com>
- [4.28] Elaboración propia.
- [4.29] Proyecto de climatización Torre de Cristal. Ingeniería: Promec S.A.
- [4.30] Mcguinness W.J., Stein B., Reynolds John S. "Mechanical and Electrical Equipment for Buildings". 6ª Edición, por John Wiley & Sons Inc., Canadá, 1955. 1ª edición de 1935. Pág. 277 a 279.
- [4.31] Mcguinness W.J., Stein B., Reynolds John S. "Mechanical and Electrical Equipment for Buildings". 6ª Edición, por John Wiley & Sons Inc., Canadá, 1955. 1ª edición de 1935. Pág. 277 a 279.
- [4.32] <http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/patrimonio/rutas/Arquitectura-ciudad/Paseos/imagenes/castellana/Bankunion.jpg>
- [4.33] http://www.conorseguros.es/web/c/document_library/get_file?uuid=2e532ec8-0ce3-43b0-b618-c03df3dea2b2
- [4.34] Fuente: <https://pgiengineering.wordpress.com/2012/01/11/revit-mep-cubierta-de-instalaciones-en-rehabilitacion/>
- [4.35] Fuente: <https://pgiengineering.wordpress.com/2012/01/11/revit-mep-cubierta-de-instalaciones-en-rehabilitacion/>
- [4.36] Fuente: Philip Halling.
- [4.37] Fuente: Conferencia "La arquitectura como proceso de integración" de N. Foster en Chile.
- [4.38] Fuente: www.wikipedia.org

- [4.39] Fuente: <http://myarchitecturalvisits.com/2014/10/24/lloyds-building-lloyds-of-london/>
- [4.40] Fuente: <http://myarchitecturalvisits.com/2014/10/24/lloyds-building-lloyds-of-london/>
- [4.41] Fuente: <http://myarchitecturalvisits.com/2014/10/24/lloyds-building-lloyds-of-london/>
- [4.42] Fuente: <http://ezrastoller.com/portfolio/connecticut-general>.
- [4.43] Fuente: <http://ezrastoller.com/portfolio/connecticut-general>.
- [4.44] McGuinness W.J., Stein B., Reynolds John S. "Mechanical and Electrical Equipment for Buildings". 6ª Edición, por John Wiley & Sons Inc., Canadá, 1955. 1ª edición de 1935. Pág. 340 a 345.
- [4.45] McGuinness W.J., Stein B., Reynolds John S. "Mechanical and Electrical Equipment for Buildings". 6ª Edición, por John Wiley & Sons Inc., Canadá, 1955. 1ª edición de 1935. Pág. 340 a 345.
- [4.46] https://books.google.es/books?id=RalDFRIwofgC&pg=PA121&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false.
Imagen publicada en: Lipman, J. "Frank Lloyd Wright and the Johnson Wax Building". 1ª Edición, Publicado por Rizzoli International Publications, Inc., New York, 1986.
- [4.47] <http://www.steinerag.com/flw/Artifact%20Images/SCJohnsonGreatRm1953.jpg>.
Imagen publicada en: Lipman, J. "Frank Lloyd Wright and the Johnson Wax Building". 1ª Edición, Publicado por Rizzoli International Publications, Inc., New York, 1986.
- [4.48] Fuente: http://www.hermartasl.com/_imgbd/productos/techos-registrables/techos_registrables-principal-1.jpg
- [4.49] Fuente: http://www.hermartasl.com/_imgbd/productos/techos-registrables/techos-registrables-detalle.jpg
- [4.50] Fuente: www.mundohvacr.com.mx/mundo/wp-content/uploads/2012/07/Principios-de-Aire-Acondicionado.jpg
- [4.51] Fuente: www.espaciosdeoficina.es/var/plain_site/storage/images/servicios/techo-registrable/techo-registrable/2271-1-esl-ES/techo-registrable_image_home.jpg
- [4.52] http://www.elblogdelinstalador.com/wp-content/uploads/2012/07/conductos_ursa_01.jpg
- [4.53] <https://www.construible.es/noticias/36000-m2-de-techos-armstrong-en-la-nueva-ciudad-de>
- [4.54] Fuente: <https://proyectos4etsa.wordpress.com/2012/02/15/laboratorios-de-biotecnologia-richards-louis-i-kahn-philadelphia-eeuu-1957-1965/>
- [4.55] Fuente: <https://proyectos4etsa.wordpress.com/2012/02/15/laboratorios-de-biotecnologia-richards-louis-i-kahn-philadelphia-eeuu-1957-1965/>
- [4.56] Fuente: <https://proyectos4etsa.wordpress.com/2012/02/15/laboratorios-de-biotecnologia-richards-louis-i-kahn-philadelphia-eeuu-1957-1965/>
- [4.57] Fuente: Tesis Doctoral: Sica Palermo, Humberto Nicolás. "Forma y Tectonicidad: Estructura y Prefabricación en la obra de Gordon Bunshaff". Barcelona, 2012. Directora: Cristina Gastón Guirao.
- [4.58] Fuente: Tesis Doctoral: Sica Palermo, Humberto Nicolás. "Forma y Tectonicidad: Estructura y Prefabricación en la obra de Gordon Bunshaff". Barcelona, 2012. Directora: Cristina Gastón Guirao.
- [4.59] Fuente: http://espaciosenconstruccion.blogspot.com.es/2012_06_01_archive.html
- [4.60] http://arqlantia.blogspot.com.es/2012/07/blog-post_04.html
- [4.61] <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-334004/logytel-i-d-alarcon-asociados-2>
- [4.62] Elaboración propia.
- [4.63] Elaboración propia.
- [4.64] Elaboración propia.
- [4.65] Elaboración propia.
- [4.66] <http://www.lamp.es>
- [4.67] <http://www.lamp.es>
- [4.68] Fuente: Tectónica nº 21.
- [4.69] Fuente: Tectónica nº 21.
- [4.70] http://2.bp.blogspot.com/_N7yoXYmPWJw/TNnyo30Xoll/AAAAAAAALtM/TzljMDY8k8c/s200/IMG_0550.jpg
- [4.71] Fuente: Cristina Cabello.

- [4.72] <http://blog.studiolabdesign.com/post/9139881297/mpd-office> Fuente: Studio LAB.
- [4.73] <http://www.epdlp.com/fotos/fargas6-1.jpg>
- [4.74] <http://barcelona.b-guided.com/noticias/b-ing/reocupando-espacio-urbano-alta-diagonal-403.html>
- [4.75] Fuente: <http://www.greatbuildings.com>
- [4.76] Proyecto de climatización Edificio Corporativo Saica. Idom-ACXT
- [4.77] Fuente: www.madrid.es
- [4.78] <http://www.technal.es>.
- [4.79] <http://www.technal.es>.
- [4.80] <http://aibarchitecture.blogspot.com.es/2010/07/x-bienal-de-arquitectura-y-urbanismo.html>.
- [4.81] <http://aibarchitecture.blogspot.com.es/2010/07/x-bienal-de-arquitectura-y-urbanismo.html>.
- [4.82] <http://aibarchitecture.blogspot.com.es/2010/07/x-bienal-de-arquitectura-y-urbanismo.html>.
- [4.83] Fuente: Idom-ACXT
- [4.84] Fuente: Idom-ACXT
- [4.85] www.fundacion.arquia.es
- [4.86] Fuente: www.madrid.es
- [4.87] <http://arquitecturaespectacular.blogspot.com.es>
- [4.88] <http://www.ceramicarchitectures.com>
- [4.89] Fuente: <http://www.universityparklsc.com/>
- [4.90] Fuente: <http://www.universityparklsc.com/>

Tablas.

[Tabla 4.01]. Elaboración propia.

**Capítulo 5. OCUPACION DE LAS INSTALACIONES DE ACONDICIONAMIENTO EN
LOS EDIFICIOS DE OFICINAS.**

“But while pipes and the machines they connect are part of buildings, they are often left out of architecture”.

Volumen 37. Is this not a pipe?

Publicación de C-Lab. Universidad de Columbia.

5.1. Sobre la superficie y el volumen.

Si los arquitectos dispusieran de un patrón que les permitiera establecer los espacios que son necesarios reservar en sus edificios para implantar las instalaciones se habrían evitado muchos conflictos entre la arquitectura y la técnica desde tiempos anteriores a Kahn hasta nuestros días.

Como se ha podido comprobar en el [Capítulo 1. Apartado 1.5. Antecedentes](#), muy pocos son los estudios o referencias que se han hecho en relación con el porcentaje de ocupación de las instalaciones de climatización respecto al total construido, y casi siempre estas pautas se han obtenido en concepto de superficie.

Al observar dos torres de oficinas, [la Torre Picasso](#) del arquitecto Minoru Yamasaki (Madrid, 1988) [5.01], y [la Torre de Cristal](#) (Madrid, 2008) [5.02], se nos plantean algunas dudas en relación con el espacio ocupado por las instalaciones.

[La Torre Picasso](#) con sus 45 plantas sobre rasante tiene una altura¹ de 157 m y [la Torre de Cristal](#) de aproximadamente 230 m hasta la última planta² (73 m de diferencia). Ambas cuentan con más de 40 plantas de oficinas, 42 para el caso de la [Torre Picasso](#) (con aproximadamente 80.000 m² destinado a oficinas) y 45 plantas para la de Cesar Pelli (con aproximadamente 70.000 m² de superficie útil). [La Torre Picasso](#) tiene una superficie construida en cada planta de 1900 m² y por tanto cuenta con un volumen construido de 298.000 m³ y [la Torre de Cristal](#) con un volumen construido sobre rasante³ de 338.670 m³.

Al comparar estos datos y observar las diferencias surgen algunas preguntas... ¿se pueden deber las variaciones exclusivamente a los espacios destinados a las instalaciones? ¿Cada vez son más las exigencias normativas y la necesidad de reservar más espacios para instalaciones?... y además para un modelo tan tipificado como la Torre prismática acristalada, ¿se puede llegar a plantear un patrón óptimo de espacios destinados a alojar las instalaciones en general, y las de aire acondicionado en particular?



[5.01]. Torre Picasso.

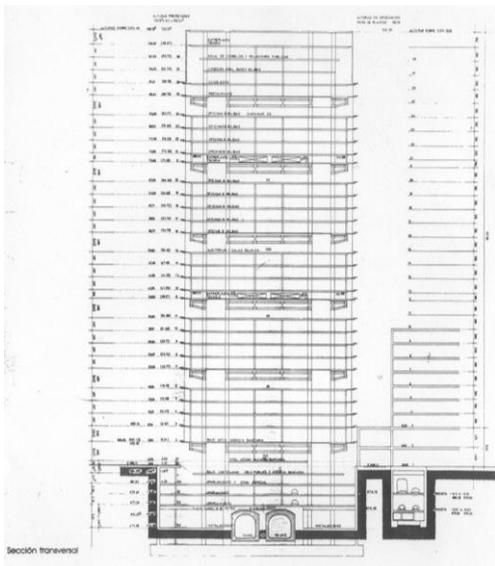


[5.02]. Torre de Cristal.

Pero si valoramos el espacio destinado a instalaciones en uno de los referentes de la arquitectura española en torres de oficinas, *la Torre del BBVA* [5.04], situada junto a *la Torre Picasso*, y construida 7 años antes, con sus 107 m de altura, 27 plantas de oficinas y sus tres plantas técnicas, todavía la incertidumbre es mayor respecto al patrón óptimo que debería dirigir a los arquitectos en las reservas espaciales destinadas a instalaciones.

La respuesta pasa sin lugar a duda por un análisis tridimensional de cómo funcionan las redes en los edificios de oficinas, fundamentalmente en la tipología por excelencia para este uso: *la Torre prismática acristalada*.

En la presente tesis se buscan estos ratios ocupados por las instalaciones de climatización para los edificios de oficinas, aun conscientes de la dificultad que eso conlleva.



[5.03]. Sección Torre BBVA.



[5.04]. Torre BBVA.

5.2. Medición de volúmenes.

El objetivo de este apartado es llegar a medir el espacio ocupado por las instalaciones de clima en un edificio de oficinas y el porcentaje que representa respecto al volumen total construido.

Los resultados obtenidos se muestran por medio de cuatro fichas [5.05], una por cada uno de los casos estudiados –5.3. Fichas simplificadas-. El trabajo experimental resumido en estas cuatro fichas se complementa en los Anexo 1 casos de estudio.

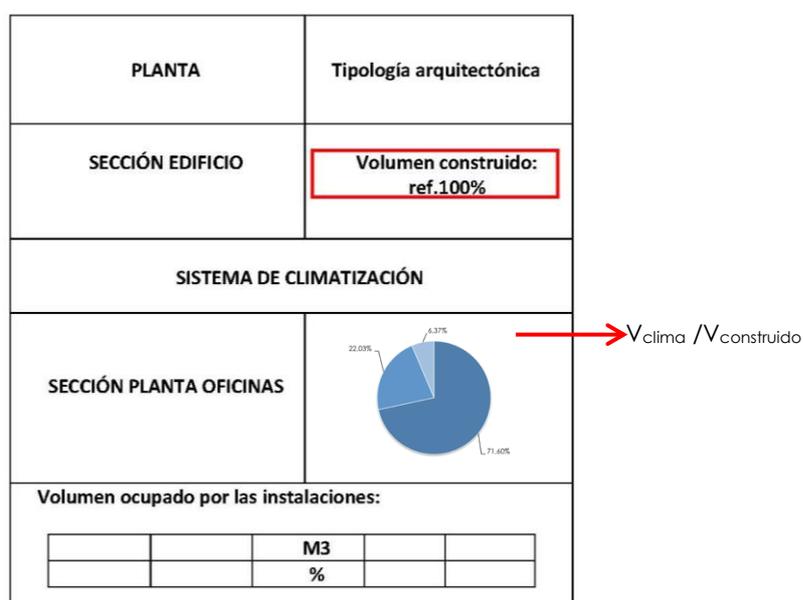
Cada una de las fichas muestra la tipología arquitectónica, el sistema de climatización y el volumen ocupado por las instalaciones en cada uno de los cuatro edificios analizados.

De la tipología arquitectónica se define si se trata de una torre o un bloque, su tipología funcional y la forma de configurar el espacio de trabajo. Además se fijan los parámetros básicos para realizar las mediciones: nº de plantas y altura de cada planta, superficie construida y volumen construido utilizados para referenciar los ratios de la ocupación de las instalaciones.

En relación con el sistema de climatización se define brevemente el mismo y se enumeran los espacios ocupados principalmente por el sistema de aire acondicionado.

El volumen ocupado por las instalaciones se obtiene en m³ y en ratio respecto al volumen construido en las categorías descritas en el apartado 5.2 Mediciones de volúmenes y en un gráfico que refleja la repercusión espacial de la implantación de la instalación de clima, del resto de espacio ocupado por otras instalaciones y del conjunto de espacios públicos o servidos considerados.

Fichas simplificadas casos de estudio.



[5.05]. Abstracción ficha simplificada.

METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA OBTENCIÓN DE VOLÚMENES.

5.2.1. Bases generales del procedimiento.

La metodología que se describe tiene las siguientes reglas generales del procedimiento:

La medición (tanto de superficies como de volúmenes) se realiza por plantas, siendo la suma de todas ellas el total del edificio.

En cuanto a los ratios de error admisibles se está en lo dispuesto en el Estándar AEO*:

*“Aunque se intenta clarificar los conceptos y parámetros geométricos de forma que las mediciones resultantes de dos técnicos diferentes resulten exactamente iguales, se asume que diferencias inferiores al 2% resultan posiblemente inevitables, se recomienda por tanto someter a arbitraje las que superen dicho valor”.*¹



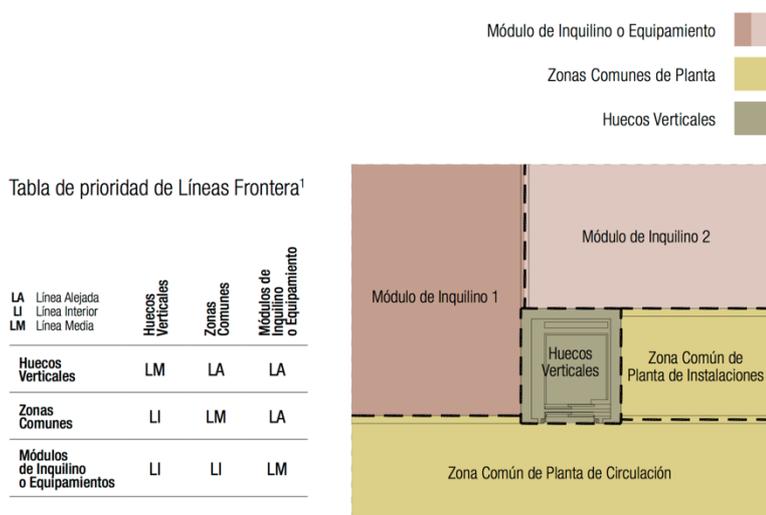
[5.06]. Unidades de medición.

Los resultados obtenidos, en metros cúbicos, después de aplicar la metodología de medición son las siguientes *Unidades de Medición (UM)* [5.06]:

- **Volumen construido.**
- **Espacios públicos.**
 - **Espacios públicos sobre rasante.**
 - Espacio de trabajo o de OFICINAS.
 - **Espacios públicos bajo rasante.**
- **Espacios de instalaciones.**
 - **Espacio de INSTALACIONES DE CLIMA.**

El concepto de *Línea Frontera (LF)* para delimitar unos y otros “huecos”, es la línea o líneas poligonales cerradas, que delimitan una *Unidad de Medición (UM)*, coincidiendo con la *Cara Media* del elemento constructivo que separa los espacios a medir. Esta idea se adapta del Manual del Estándar AEO [5.07], sólo considerando la posibilidad de medir incluyendo la mitad del volumen ocupado por el cerramiento delimitador en cada unidad de medición.²

- La disposición exacta de la LF entre *Módulos (MI y ME)*, *Zonas Comunes* y *Huecos Verticales* se seleccionará en función de la siguiente tabla de prioridad atendiendo a tres posibilidades diferentes:



- La disposición exacta de las LF que delimitan *Área Bruta Exterior* y *Área Bruta Interior* se determina atendiendo a sus definiciones respectivas.

[5.07]. Estándar AEO.

5.2.2. Elección del edificio.

La metodología que se describe es válida para cualquier edificio de uso administrativo de los descritos en el apartado 2.2. *Tipologías arquitectónicas. Clasificación.*

5.2.3. Parámetros que definen el edificio [5.08].

Tipología arquitectónica.

Número de plantas. Con diferenciación tipos –sótano, técnicas, baja, oficinas, otros usos-

Superficie Construida. Suma de SC bajo rasante y SC sobre rasante.

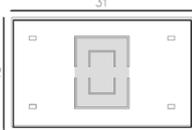
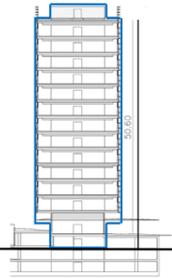
- **Superficie construida bajo rasante.** Con diferenciación de plantas de diferente altura.
- **Superficie construida sobre rasante.** Con diferenciación de plantas de diferente altura.
- **Superficie construida pública sobre rasante.** Se diferencia este concepto para definir la superficie de las plantas servidas por las instalaciones del edificio –oficinas principalmente -, a diferencia de aquellas que son espacios servidores exclusivamente.

Altura de planta. Con diferenciación de cada tipo de planta.

Volumen Construido. Suma de VC bajo rasante y VC sobre rasante.

- **Volumen construido bajo rasante.**
- **Volumen construido sobre rasante.**
- **Volumen construido público sobre rasante.** Se diferencia este concepto para definir el volumen de las plantas servidas por las instalaciones del edificio –oficinas principalmente- a diferencia de aquellas que son espacios servidores exclusivamente.

Superficie Envolvente. Este parámetro se define con el fin de valorar cuanto incide el tipo de envolvente en el volumen ocupado por las instalaciones de climatización del edificio.

	<p>Tipología edificatoria: Tipología funcional: Torre prismática.</p> <p>Configuración del espacio de trabajo: Planta libre y núcleo central.</p> <p>Plantas: 13 SR + 3 sótanos. 12 plantas de oficinas de 31x19 m</p> <p>Altura sobre rasante: 50,60 m</p>	
	<p>Superficie construida: SC PÚBLICO sobre rasante:</p> <p>Volumen construido: ref.100% VC PÚBLICO sobre rasante:</p> <p>VC sobre rasante: VC sótano:</p> <p>Superficie envolvente: Factor de forma = $\frac{S_{env.}}{VCP}$ Esbeltez (h/d) Compacidad ($\frac{Seq}{Sg}$)</p>	<p>10.706,08 m² 7.542,65 m²</p> <p>38.560,00 m³ 29.067,54 m³</p> <p>29.427,00 m³ 9.133,00 m³</p> <p>6.185,45 m² 0,21 0,98 0,75</p>

[5.08]. Primera parte de la ficha elaborada para cada caso de estudio: Parámetros definidores del edificio.

• PROCEDIMIENTO.

La metodología que se describe para calcular las superficie construida del edificio analizado y de la altura de cada una de las plantas se sigue lo establecido para este concepto en el Plan General de Ordenación Urbana del municipio de Zaragoza.

5.2.4. Parámetros que definen el sistema de climatización [5.09].

Se identifican los siguientes dispositivos y redes del sistema de climatización:

- **Producción de energía (frío-calor).**
- **Sistema de distribución.**
- **Unidades terminales.** – climatizadores, fancoils, inductores, difusores...-

Se acompaña el análisis con un esquema de principio de la instalación y una breve descripción de la misma.

Es necesario determinar si la ventilación del edificio –espacio de trabajo- se realiza con un sistema exclusivo o compartiendo elementos con el sistema de calefacción y refrigeración del edificio.

Sistema de climatización:

Generación de frío y calor desde la central térmica de la Expo. Distribución de energía mediante cuatro tubos a Climatizador de cubierta y a fancoils con aire primario en falso-techo de oficinas. El suelo técnico no se emplea como espacio propio de clima, y en sótano sólo están los equipos y conductos propios de la ventilación de los sótanos.

[5.09]. Segunda parte de la ficha elaborada para cada caso de estudio: Parámetros definidores del sistema de climatización.

Las instalaciones de clima analizadas se refieren al sistema de acondicionamiento ambiental de los espacios públicos del edificio –oficinas, entrada y usos singulares, principalmente-. Diferente consideración (aunque consideradas dentro de las instalaciones del edificio) tienen la extracción de aire viciado de los aseos o vestuarios, la ventilación de escaleras, vestíbulos y pasillos protegidos o la ventilación de los sótanos destinados a aparcamientos.

5.2.5. Identificación de espacios ocupados por las instalaciones [5.10].

Se trata de identificar y medir en este apartado el volumen ocupado por los espacios servidores del edificio. Restando este volumen del volumen construido del edificio se obtiene por defecto los metros cúbicos ocupados por los espacios públicos.



[5.10]. Identificación de espacios públicos y servidores.

Se incluyen dentro de los espacios servidores los destinados a instalaciones propiamente dichas, servicios y comunicaciones –escaleras, ascensores y montacargas-.

Puesto que muchas instalaciones comparten cámaras y cuartos de uso no exclusivo, se mide en una primera etapa (m3) conjuntamente los siguientes espacios ocupados por las instalaciones, comunicaciones y servicios de cada uno de los edificios de acuerdo con la siguiente relación de huecos o unidades de medición [5.11]:

- **Núcleo de servicios, comunicaciones e instalaciones. (NSCI)**
- **Falsos-techos. (FT)**
- **Suelos técnicos. (ST)**
- **Plantas técnicas. (PT)**. Se excluyen de este concepto las salas en sótano y las salas cerradas en la planta de cubierta.
- **Instalaciones en cubierta.** Este concepto incluye las salas cerradas en cubierta. **(IC)**
- **Instalaciones en sótano. (IS)**
- **Otros.** Se prevé este concepto para acoger espacios singulares del edificio destinados a alojar instalaciones.



[5.11]. Identificación de espacios servidores.

Se resta al volumen construido del edificio el espacio no destinado a instalaciones. Obteniéndose el volumen destinado a usos públicos (oficinas, entrada, usos específicos, e incluso aparcamiento).

5.2.6. Identificación de espacios ocupados por las instalaciones de clima.

Se trata de identificar y medir en este apartado el volumen ocupado por los espacios ocupados por las instalaciones de climatización, para por defecto obtener el volumen de los espacios invadidos por el resto de instalaciones, incluidos servicios y comunicaciones.

Los espacios a identificar y medir son los definidos en el [apartado 4.3. Repercusión arquitectónica de las instalaciones de acondicionamiento ambiental](#).

No se valora las instalaciones exclusivas de ventilación en sótanos, servicios, almacenes, aparcamientos, ni la ventilación de escaleras, vestíbulos y pasillos protegidos. Obteniéndose los siguientes huecos específicos de clima [5.12]:

- **Patinillos o cuartos destinados a clima.** Este concepto incluye los muros técnicos o cualquier otro sistema de distribución vertical. (PC / CC)
- **Falsos-techos destinados a clima.** (FTC).
- **Suelos técnicos destinados a clima.** (STC).
- **Plantas técnicas destinadas a clima.** (PTC).
- **Instalaciones en cubierta destinadas a clima.** Este concepto incluye las salas cerradas en cubierta y un volumen virtual de lo que ocupan los equipos situados en cubierta. (ICC) (VVC).
- **Instalaciones en sótano destinadas a clima.** (ISC).



[5.12]. Identificación de espacios servidores y espacios destinados a clima.

5.2.7. Identificación de espacios ocupados por las instalaciones sin clima.

Con objeto de obtener una relación de espacios servidores del edificio y unos ratios respecto al volumen total construido se restan a los espacios calculados de instalaciones generales los huecos exclusivos de clima, obteniéndose los espacios destinados al resto de instalaciones [5.13]:

- **Núcleo de servicios sin clima.** (NSCI)-(PC / CC)= (NSCI)*
- **Falsos-techos destinados a clima.** (FTC). En todo caso se ha considerado el global de las cámaras del falso techo repercutidas en las instalaciones de clima.
- **Suelos técnicos sin clima.** (ST)-(STC) = (ST)*
- **Plantas técnicas sin clima.** (PT)-(PTC)= (PT)*
- **Instalaciones en cubierta sin clima.** (IC)-(ICC)= (IC)*
- **Instalaciones en sótano sin clima.** (IS)-(ISC)= (IS)*



[5.13]. Identificación del Volumen Virtual de cubierta destinado a instalaciones.

5.2.8. Cálculo de porcentajes [5.14].

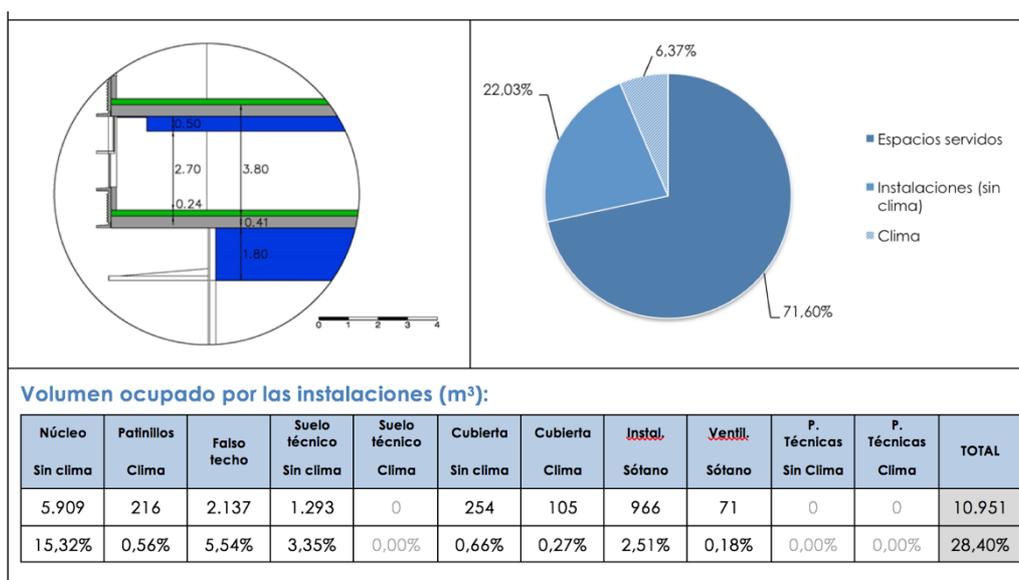
De esta forma la relación de usos y sus correspondientes ratios en m³ respecto al volumen total construido del edificio [Tabla 5.01] se obtienen de acuerdo con el siguiente listado de espacios:

Usos públicos	%
Núcleo de servicios y clima	%
Patinillos o cuartos destinados a clima	%
Falsos-techos destinados a clima	%
Suelos técnicos sin clima	%
Suelos técnicos destinados a clima	%
Plantas técnicas sin clima	%
Plantas técnicas destinadas a clima	%
Instalaciones en cubierta sin clima	%
Instalaciones en cubierta destinadas a clima	%
Instalaciones en sótano sin clima	%
Instalaciones en sótano destinadas a clima	%
Volumen construido del edificio	100,00%

Espacios servidos	
Instalaciones	
Volumen construido del edificio	100,00%

Espacios servidos	
Clima	
Instalaciones sin clima	
Volumen construido del edificio	100,00%

[Tabla 5.01]. Cálculo de porcentajes.



[5.14]. Tercera parte de la ficha elaborada para cada caso de estudio: Volumen ocupado por el sistema de climatización.

En cada uno de los cuatro casos estudiados se han medido los siguientes volúmenes y se han identificado en unos gráficos con los siguientes colores:

1 	Espacios servidos: Uso de oficina y usos públicos del edificio: vestíbulo de entrada, salones o restaurante.
2 	Núcleo de comunicaciones, servicios e instalaciones. (Con excepción de los espacios destinados a instalaciones de clima).
3 	Patinillos y cuartos de uso exclusivo de la instalación de climatización.
4 	Falsos-techos.
5 	Suelos-técnicos. Con diferenciación, si cabe, del espacio destinado a climatización.
6 	Espacios servidos en sótanos, destinado principalmente aparcamiento.
7 	Espacio para instalaciones en sótanos.
8 	Espacio para instalaciones de clima en sótanos.
9 	Plantas técnicas.
10 	Cuartos destinados a la instalación de clima en plantas técnicas.
11 	Volumen virtual de cubierta destinado a ubicar equipos de climatización.

[Tabla 5.02]. Leyenda de colores para la distinción de volúmenes.

5.3. Casos de estudio, fichas simplificadas.



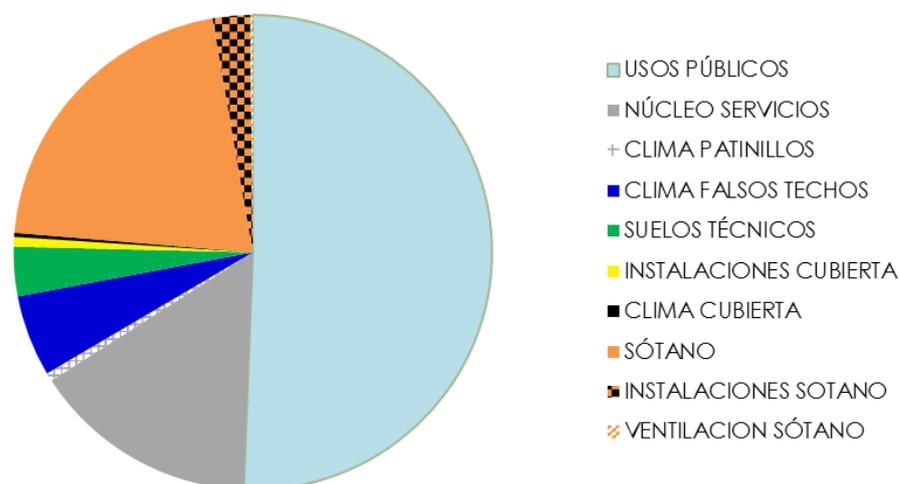
5.3.1. TORRE LLACUNA-GRAN VIA. Barcelona.

Del estudio de la instalación de aire acondicionado de *Torre Llacuna* se pueden deducir algunas conclusiones particulares:

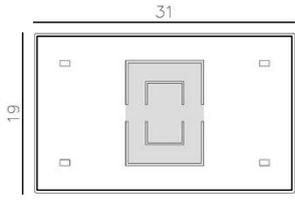
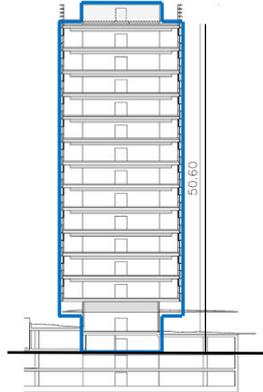
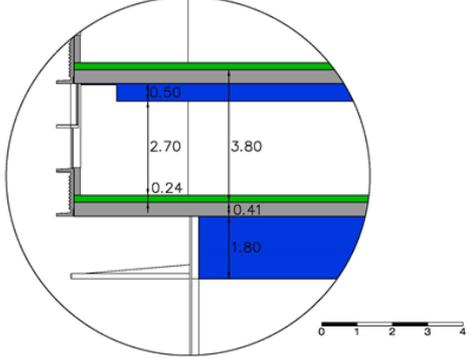
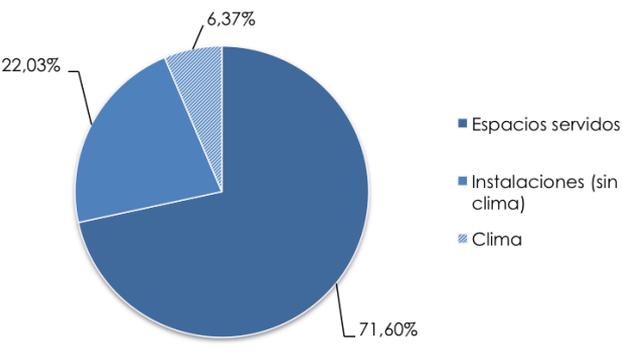
- En torres de pequeña y mediana envergadura, se puede resolver la ubicación de todos los equipos de las instalaciones de climatización, que requieran estar en contacto con el exterior, en la cubierta del edificio. Así pues, para la implantación de la instalación de Aire Acondicionado se puede evitar reservar cuartos en el sótano del edificio. Se soslaya de esta forma la ventilación de los espacios servidores situados bajo rasante.
- En edificios de envergadura similar a la Torre Llacuna (Volumen construido y dimensiones), es adecuada la climatización de los espacios de trabajo con un sistema *Volumen Refrigerante Variable*.
- El tamaño y la tipología compacta del edificio analizado, permite distribuciones arbóreas tanto para las tuberías de distribución de energía cómo para los conductos de aire sin necesidad de cuartos ni plantas técnicas intermedias.
- En el espacio de trabajo, las unidades interiores se disponen ubicadas en el falso techo de las plantas. Es preciso el empleo de toda la cámara de cielo raso para la colocación de las unidades terminales y para la distribución horizontal de los conductos de aire. Dicho espacio es compartido para el paso de otras instalaciones, principalmente las eléctricas. El edificio dispone de suelo técnico que se reserva principalmente para la distribución de las telecomunicaciones.

La solución adoptada para la climatización del edificio mediante un sistema VRV y la toma del aire primario en un solo punto, facilita la solución constructiva de la piel continua de la torre. Aunque obliga a una textura diferente en la parte superior de la envolvente, debido a las lamas horizontales que disminuyen el impacto formal de la implantación de las máquinas en cubierta. Y que prácticamente configuran una planta remate de la Torre.

En relación con cambios posteriores para adaptarse a nuevas exigencias normativas se considera que la optimización de los espacios ocupados por la instalación de clima, sólo permitiría soluciones similares a la actual, sustituyendo los equipos por otros de mejor rendimiento.



Ficha simplificada Torre Llacuna.

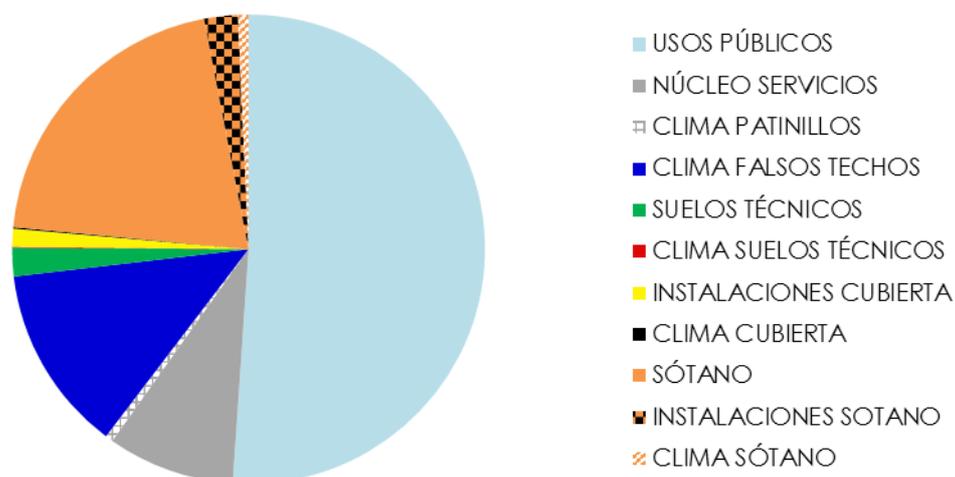
	<p>Tipología edificatoria: Tipología funcional: Torre prismática. Configuración del espacio de trabajo: Planta libre y núcleo central. Plantas: 13 SR + 3 sótanos. 12 plantas de oficinas de 31x19 m Altura sobre rasante: 50,60 m</p>										
	<p>Superficie construida: SC PÚBLICO sobre rasante:</p> <p>Volumen construido: ref.100% VC PÚBLICO sobre rasante: VC sobre rasante: VC sótano:</p> <p>Superficie envolvente: Factor de forma = $S_{env.}/VCP$ Esbitez (h/d) Compacidad (S_{eq}/S_g)</p>	<p>10.706,08 m² 7.542,65 m²</p> <p>38.560,00 m³ 29.067,54 m³ 29.427,00 m³ 9.133,00 m³</p> <p>6.185,45 m² 0,21 0,98 0,75</p>									
<p>Sistema de climatización:</p> <p>Sistema Volumen Refrigerante Variable, tipo bomba de calor. Las UE se sitúan en cubierta, y las UI en el falso-techo de cada planta. El caudal de aire primario se toma en cubierta en dos puntos, donde se dispone de recuperadores de energía, y se distribuye por dos patinillos, uno para cada semi-planta.</p> <p>El suelo técnico no se emplea como espacio propio de clima, y en sótano sólo están los equipos y conductos propios de la ventilación de los sótanos.</p>											
											
<p>Volumen ocupado por las instalaciones (m³):</p>											
<p>Núcleo Sin clima</p>	<p>Patinillos Clima</p>	<p>Falso techo</p>	<p>Suelo técnico Sin clima</p>	<p>Suelo técnico Clima</p>	<p>Cubierta Sin clima</p>	<p>Cubierta Clima</p>	<p>Instal. Sótano</p>	<p>Ventil. Sótano</p>	<p>P. Técnicas Sin Clima</p>	<p>P. Técnicas Clima</p>	<p>TOTAL</p>
<p>5.909</p>	<p>216</p>	<p>2.137</p>	<p>1.293</p>	<p>0</p>	<p>254</p>	<p>105</p>	<p>966</p>	<p>71</p>	<p>0</p>	<p>0</p>	<p>10.951</p>
<p>15,32%</p>	<p>0,56%</p>	<p>5,54%</p>	<p>3,35%</p>	<p>0,00%</p>	<p>0,66%</p>	<p>0,27%</p>	<p>2,51%</p>	<p>0,18%</p>	<p>0,00%</p>	<p>0,00%</p>	<p>28,40%</p>

5.3.2. EDIFICIO DE OFICINAS DE LA SOCIEDAD EXPO 2008. Zaragoza.

Del estudio de la instalación de aire acondicionado del *Edificio Expo 2008*, se pueden deducir algunas conclusiones particulares:

- Es un edificio de pequeño tamaño, compacto. Por su superficie y volumen construido sobre rasante, se emplean máquinas centralizadas para el sistema de climatización. Además de los intercambiadores de calor y frío, la ventilación del edificio se hace a través de un sólo climatizador situado en cubierta.
- Al estar la central de frío y calor fuera del edificio, los intercambiadores se sitúan en la sala de máquinas situada en el sótano. No se dan las servidumbres que podrían suponer la presencia de chimeneas y no hay necesidad de refrigerar máquinas que estén situadas en el sótano.
- La superficie ocupada por los equipos de climatización es menor que la superficie de una planta tipo del edificio.
- Las soluciones consideradas en las diferentes fachadas de muro cortina no son suficientes para equilibrar las cargas térmicas en las diferentes zonas térmicas de la planta, lo que obliga a un planteamiento perimetral del sistema de clima.
- Desde los puntos clave de sótano y cubierta, parte un patinillo que distribuye verticalmente los fluidos caloportadores y el aire de ventilación a todas las unidades terminales del edificio, lo que le permite disponer de una envolvente totalmente estanca. Al reducir el caudal de aire al estrictamente necesario para la renovación de aire se reduce considerablemente la sección del patinillo.
- En las plantas de oficinas, la distribución horizontal del agua y el aire para climatización se hace a través del falso techo que ocupa la totalidad de la superficie útil de oficinas y cuya altura viene condicionada por los fancoils situados en el mismo (aprox. 1 m ± 0.20 cm) y los cruces de conductos.

Las cuestiones más arquitectónicas que determinan la solución empleada para climatización en este edificio son: la doble piel de vidrio, la flexibilidad de la planta y la distribución correcta del aire en el espacio ocupado. Desde el proyecto arquitectónico la idea es ocultar todas las redes y dispositivos que formen parte de las instalaciones del edificio, con el consiguiente esfuerzo proyectual, constructivo y económico.



Ficha simplificada edificio EXPO 2008.

	<p>Tipología edificatoria: Tipología funcional: Bloque sobre plinto.</p> <p>Configuración del espacio de trabajo: Planta libre y núcleo central. Posibilidad de compartimentaciones</p> <p>Plantas: PB+ 4 + 1 sótano. Planta baja 60x25 m Plantas de oficinas de 20x30 m</p> <p>Altura sobre rasante: 27,00 m</p>																																													
	<p>Superficie construida: SC PÚBLICO sobre rasante:</p> <p>Volumen construido: ref.100% VC PÚBLICO sobre rasante:</p> <p>VC sobre rasante: VC sótano:</p> <p>Superficie envolvente: Factor de forma = $S_{env.}/VCP$ Esbeltez (h/d) Compacidad (Seq/Sg)</p>	<p>5.434,68 m² 3.836,95 m²</p> <p>24.170,00 m³ 18.166,90 m³</p> <p>18.490,00 m³ 5.680,00 m³</p> <p>5.289,68 m² 0,29 0,86 0,64</p>																																												
<p>Sistema de climatización:</p> <p>Generación de frío y calor desde el <i>District Heating</i> de la Expo. Distribución de energía mediante cuatro tubos a Climatizador de cubierta y a fancoils con aire primario en falso-techo de oficinas. El suelo técnico no se emplea como espacio propio de clima, y en sótano sólo están los equipos y conductos propios de la ventilación de los sótanos.</p>																																														
<p>Volumen ocupado por las instalaciones (m³):</p>																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Núcleo Sin clima</th> <th>Patinillos Clima</th> <th>Falso techo</th> <th>Suelo técnico Sin clima</th> <th>Suelo técnico Clima</th> <th>Cubierta Sin clima</th> <th>Cubierta Clima</th> <th>Instal. Sótano</th> <th>Ventil. Sótano</th> <th>P. Técnicas Sin Clima</th> <th>P. Técnicas Clima</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.105</td> <td>126</td> <td>3.100</td> <td>475</td> <td>15</td> <td>300</td> <td>23</td> <td>555</td> <td>174</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>6.873</td> </tr> <tr> <td>8,71%</td> <td>0,52%</td> <td>12,83%</td> <td>1,97%</td> <td>0,06%</td> <td>1,24%</td> <td>0,09%</td> <td>2,30%</td> <td>0,72%</td> <td>0,00%</td> <td>0,00%</td> <td>28,44%</td> </tr> </tbody> </table>	Núcleo Sin clima	Patinillos Clima	Falso techo	Suelo técnico Sin clima	Suelo técnico Clima	Cubierta Sin clima	Cubierta Clima	Instal. Sótano	Ventil. Sótano	P. Técnicas Sin Clima	P. Técnicas Clima	TOTAL	2.105	126	3.100	475	15	300	23	555	174	0	0	6.873	8,71%	0,52%	12,83%	1,97%	0,06%	1,24%	0,09%	2,30%	0,72%	0,00%	0,00%	28,44%										
Núcleo Sin clima	Patinillos Clima	Falso techo	Suelo técnico Sin clima	Suelo técnico Clima	Cubierta Sin clima	Cubierta Clima	Instal. Sótano	Ventil. Sótano	P. Técnicas Sin Clima	P. Técnicas Clima	TOTAL																																			
2.105	126	3.100	475	15	300	23	555	174	0	0	6.873																																			
8,71%	0,52%	12,83%	1,97%	0,06%	1,24%	0,09%	2,30%	0,72%	0,00%	0,00%	28,44%																																			

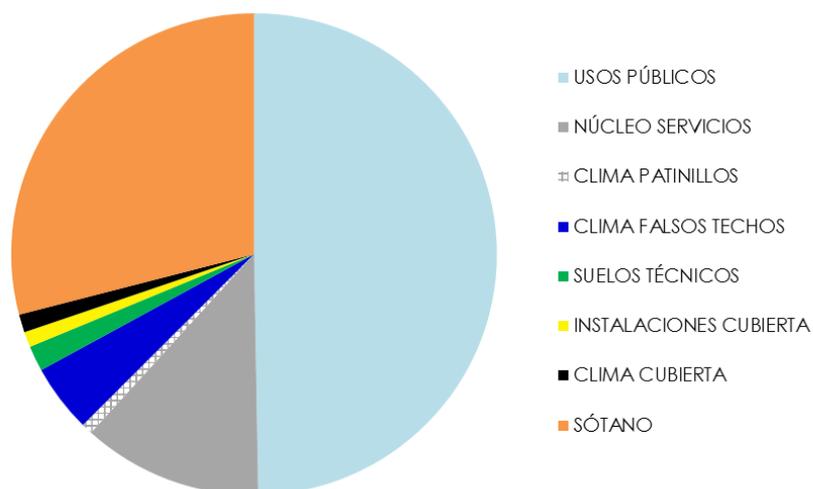
5.3.3. TORRES ESTE Y OESTE WTCZ. Zaragoza.

Del estudio de la instalación de aire acondicionado del *World Trade Center Zaragoza*, se pueden deducir algunas conclusiones particulares:

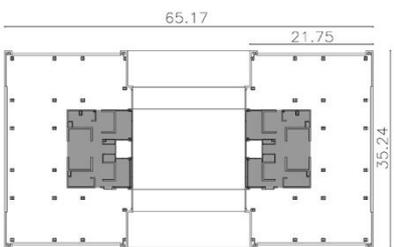
- Aunque forma parte de un conjunto arquitectónico compuesto por tres torres de oficinas y un hotel, el estudio se ha centra en las dos torres gemelas. El análisis se puede hacer porque la instalación de clima está sectorizada y es independiente para el volumen construido estudiado.
- El salto de escala que supone la climatización de un volumen construido por encima de los 100.000 m³, aun manteniendo la producción de energía centralizada, obliga a planteamientos para la ventilación mediante instalaciones partidas: Climatizadores con puntos diferenciados para la toma y expulsión de aire primario en las cubiertas de las torres y en la cubierta del cuerpo central.
- Todos los equipos se colocan en las plantas remate de los edificios y en las cubiertas, repartiendo las tuberías de agua y los conductos de aire de forma ascendente y descendente a lo largo de las torres.
- Al disponer de una superficie suficiente de cubierta, todos los equipos se pueden colocar sobre rasante, concentrados en dos puntos del edificio y no se requieren cuartos específicos de clima en cada planta.

La solución adoptada para la climatización del edificio mediante un sistema *Aire-Agua* con instalación partida, es un sistema muy adecuado para las torres de oficinas. En este caso, la ocupación del volumen para la instalación de clima podría considerarse un porcentaje bastante optimizado. De esta forma, se resuelve cómodamente el acondicionamiento de las plantas de oficinas, minimizando el coste de bombas y ventiladores y la sección de los conductos verticales de aire.

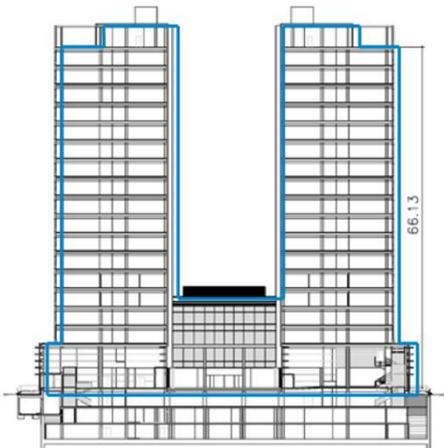
La ocupación casi completa de las cubiertas del edificio, requerirá ocupación de espacios en sótano para la ubicación de nuevos generadores, pero el espacio destinado a patinillos y cuartos por planta se prevé suficiente para adaptarse a los cambios. Prueba de ello es la reforma que ha experimentado la Torre Sur al implantarse en ella la *Sede de DKV* en Zaragoza (Aguirre Newman, 2013).



Ficha simplificada WTCZ.



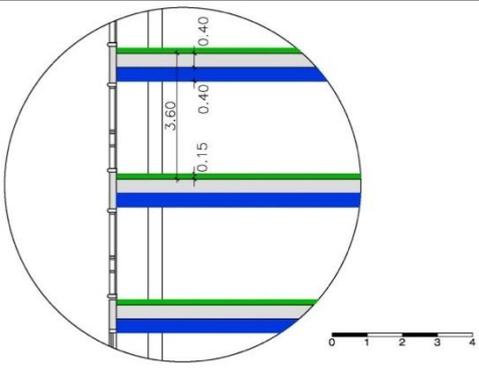
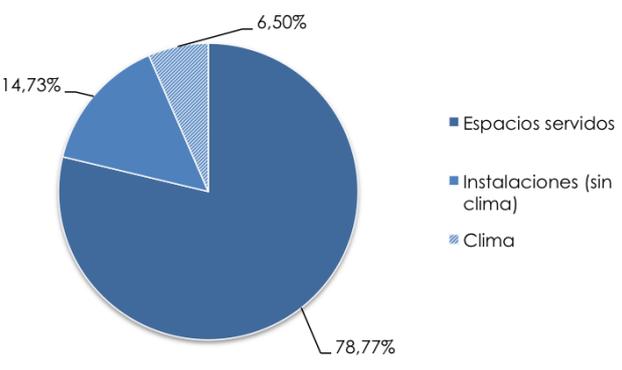
Tipología edificatoria:
 Tipología funcional: Torres prismáticas gemelas.
Configuración del espacio de trabajo:
 Planta libre y núcleo lateral.
Plantas: Plantas: PB + altillo + 16 Alz.+ 3 sótanos.
 16 plantas de oficinas 22x35 m. por torre.
Altura sobre rasante: 67,43 m



Superficie construida: **42.417,65 m²**
SC PÚBLICO sobre rasante: **28.662,01m²**
 (* se considera la torre este y oeste y la p.p. de espacios comunes.
Volumen construido:
ref.100% **158.369,44 m³**
VC PÚBLICO sobre rasante: **109.436,10 m³**
 VC sobre rasante: 112.975,84 m³
 VC sótano: 45.998,70 m³
 Superficie envolvente: 20.287,97 m²
 Factor de forma = $S_{env.}/VCP$ 0,18
 Esbeltez (h/d) 0,96
 Compacidad (Seq/Sg) 0,56

Sistema de climatización:

Generación de frío y calor mediante calderas y enfriadoras situadas en cubierta. Toma, extracción y tratamiento del aire mediante instalación partida. Climatizadores situados en cubierta de las torres, para suministro de las plantas de oficinas superiores y climatizadores situados en cubierta del cuerpo central para servir a las plantas públicas y primeras plantas de oficinas. Unidades terminales a cuatro tubos, tipo fan-coils con aire primario, situadas en falso techo. Distribución del aire mediante difusores rotacionales y lineales en perímetro. Retorno por plenum.

Volumen ocupado por las instalaciones (m³):

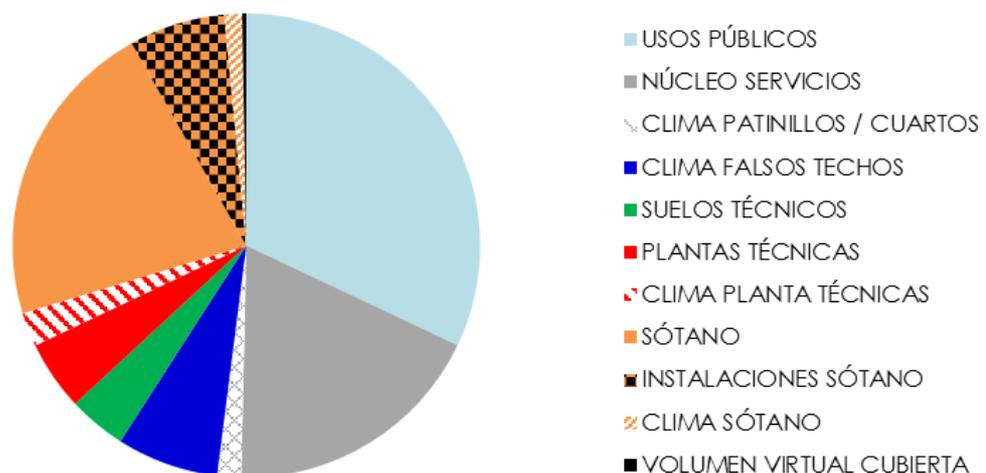
Núcleo Sin clima	Patinillos Clima	Falso techo	Suelo técnico Sin clima	Suelo técnico Clima	Cubierta Sin clima	Cubierta Clima	Instal. Sótano	Ventil. Sótano	P. Técnicas Sin Clima	P. Técnicas Clima	TOTAL
19.002	1.160	7.215	2.705	0	1.626	1.914	0	0	0	0	33.622
12,00%	0,73%	4,56%	1,71%	0,00%	1,03%	1,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	21,23%

5.3.4. TORRE DE CRISTAL. Madrid.

Del estudio de la instalación de aire acondicionado de la *Torre de Cristal*, se pueden deducir algunas conclusiones particulares:

- En la Torre de Cristal su envergadura, su tipología arquitectónica y su tipología funcional, condicionan el volumen ocupado por las instalaciones de climatización y la disposición del mismo. Con un claro aumento del espacio ocupado respecto a otros edificios de menor tamaño.
- Con una elección de un sistema de climatización híbrido *Aire-Agua* con fancoils perimetrales, muy común para el acondicionamiento artificial de los edificios de oficinas, son necesarias disponer plantas técnicas para ubicar los dispositivos que requieren estas instalaciones. Además de las plantas intermedias que sectorizan la torre en tres partes, se requieren espacios en sótano y en cubierta para alojar las máquinas. En total cinco plantas técnicas, de forma que las bombas e intercambiadores dan servicio tanto de forma ascendente como descendente a 15 pisos como máximo.
- La ventilación del edificio se sectoriza al máximo, disponiendo de tomas de aire primario y extracción independientes para cada semi-planta. La elección de los climatizadores, dos independientes para cada unidad mínima de alquiler, obliga a la disposición de cuartos técnicos en cada una de las plantas de oficinas.
- La distribución horizontal de energía y del aire de ventilación se realiza de forma extensiva a través del falso-techo y del suelo-técnico.
- La utilización de fachadas activas como parte del sistema de climatización (volumen no considerado en este estudio) visualiza la interrelación volumétrica de la climatización con el propio edificio que acondiciona.

Desde el proyecto arquitectónico la idea es ocultar todas las redes y dispositivos que formen parte de las instalaciones del edificio, con el consiguiente esfuerzo proyectual, constructivo y económico. Exteriormente una piel continua, acristalada, configura el obelisco, no dejando ver ni plantas técnicas ni máquinas situadas en cubierta. La aparición de "volúmenes virtuales" en cubierta, la complejidad de las instalaciones y la interconexión de las diferentes redes, dificultan la cuantificación del volumen ocupado por las instalaciones de clima en la torre.



Ficha simplificada Torre de Cristal.

Tipología edificatoria:
Tipología funcional: Torre acristalada.

Configuración del espacio de trabajo:
Planta libre y núcleo central.

Plantas: PB+ 52 + 6 sótanos. Planta baja 60 x 25 m.
Plantas de oficinas: 45; de 20 x 30m.
Plantas técnicas: 5; Restaurante: 1.
12 plantas de oficinas de 31x19 m

Altura sobre rasante: 250 m (215 m).

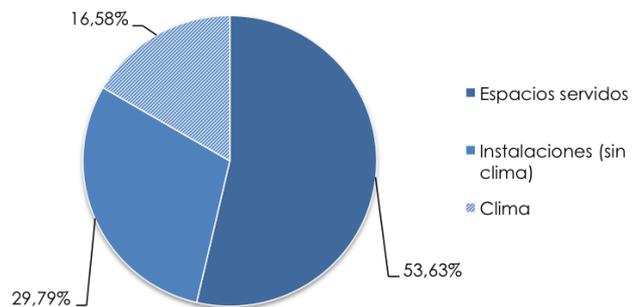
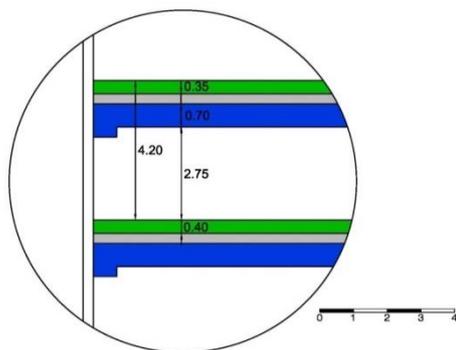
Superficie construida:	123.622,00 m²
SC PÚBLICO sobre rasante:	79,615,00 m²
Volumen construido:	
ref.100%	479.932,51 m³
VC PÚBLICO sobre rasante:	302.716,20 m³
VC sobre rasante:	338.670,08 m ³
VC sótano:	141.262,43 m ³
Superficie envolvente:	44.146,45 m ²
Factor de forma = Senv./VCP	0,13
Esbeltez (h/d)	1,00
Compacidad (Seq/Sg)	0,53

Sistema de climatización:

Generación de frío mediante enfriadoras y calor desde calderas.

Sistema híbrido aire/agua con aire exterior de ventilación por falso suelo. Fancoils sin condensación para la climatización de las zonas perimetrales de oficinas. Sistemas todo aire de caudal variable para las zonas centrales de las mismas.

Ahorro de energía: recuperadores, free-cooling, fachada activa, equipos de alto rendimiento, sistema de regulación y control, bombas de caudal variable.



Volumen ocupado por las instalaciones (m³):

Núcleo Sin clima	Patinillos Clima	Falso techo	Suelo técnico Sin clima	Suelo técnico Clima	Cubierta Sin clima	Cubierta Clima	Instal. Sótano	Ventil. Sótano	P. Técnicas Sin Clima	P. Técnicas Clima	TOTAL
87.814	7.908	33.804	0	19.317	1.366	0	31.874	5.879	23.265	11.323	222.550
18,30%	1,65%	7,04%	0,00%	4,02%	0,28%	0,00%	6,64%	1,22%	4,85%	2,36%	46,37%

Referencias.

1. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE OFICINAS (Dirección y Coordinación). INMOSPACE Y BLÁZQUEZ ARQUIMIA, J. L. Guillermo (Redacción y desarrollo técnico). GARCÍA GONZALEZ, Alejandro (Arquitectura). SAVILLS CONSULTORES (Traducción al inglés). "Estándar AEO para la Medición de Espacios de Oficinas". Marzo de 2014.
2. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE OFICINAS.

Imágenes.

- [5.01] http://es.wikipedia.org/wiki/Torre_Picasso.
- [5.02] <http://www.torredecristal.com>
- [5.03] <https://www.pinterest.com/pin/461619030528155480/>
- [5.04] http://es.wikipedia.org/wiki/Torre_del_Banco_de_Bilbao
- [5.05] *Elaboración propia.*
- [5.06] *Elaboración propia.*
- [5.07] *Estándar AEO. Definición Línea Frontera. Pág. 24.*
- [5.08] *Elaboración propia.*
- [5.09] *Elaboración propia.*
- [5.10] *Elaboración propia.*
- [5.11] *Elaboración propia.*
- [5.12] *Elaboración propia.*
- [5.13] *Elaboración propia.*
- [5.14] *Elaboración propia.*

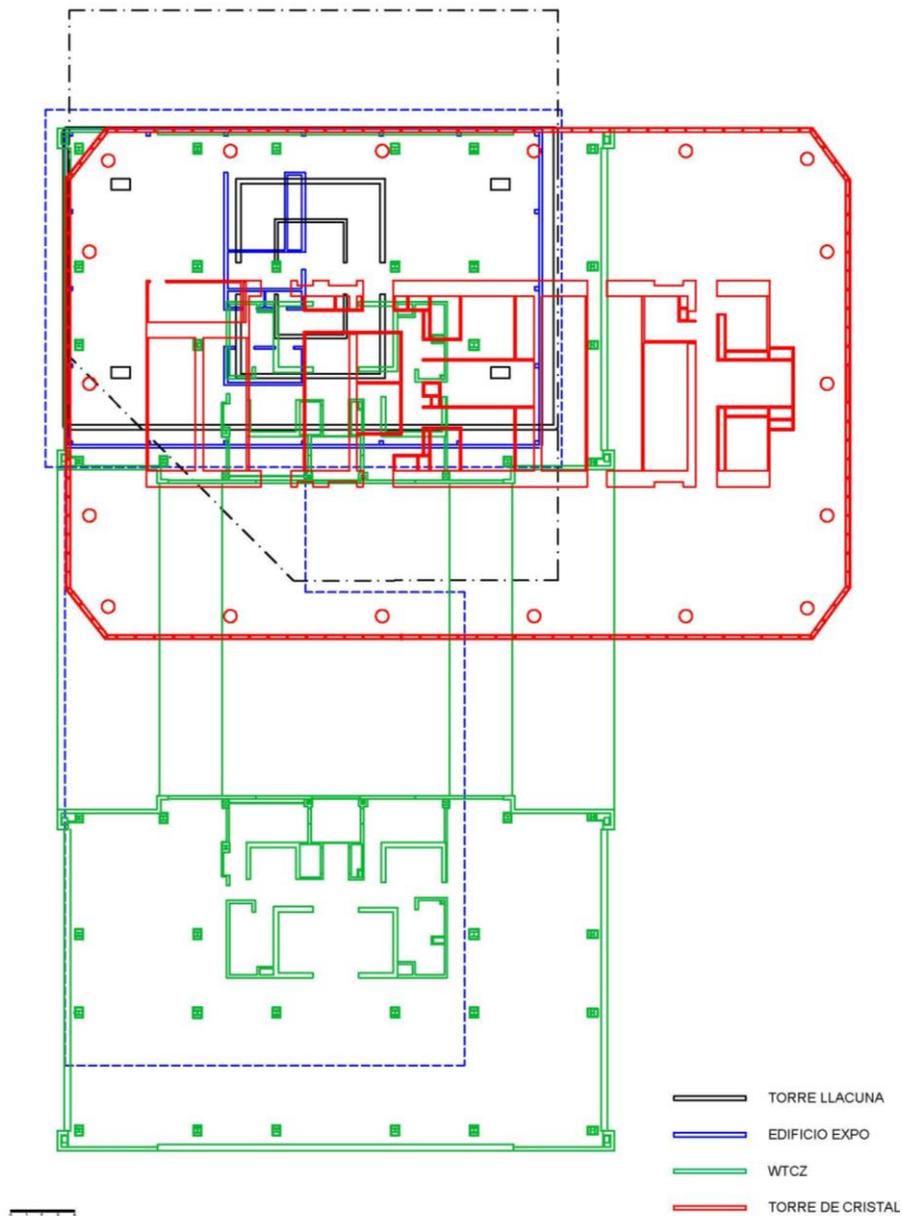
Tablas.

- [Tabla 5.01]. *Elaboración propia.*
- [Tabla 5.02]. *Elaboración propia.*

Capítulo 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

“El arquitecto debe tener bases técnicas y humanísticas para poder dialogar con los especialistas que trabajan con él y tomar decisiones.”

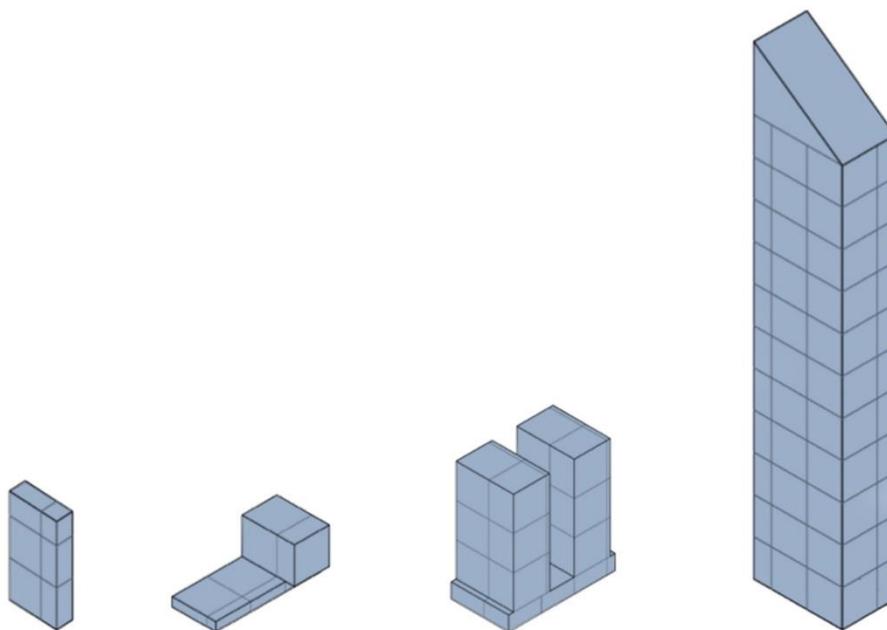
José Antonio Coderch.



[6.01]. Solapamiento de la planta tipo de los cuatro casos analizados.

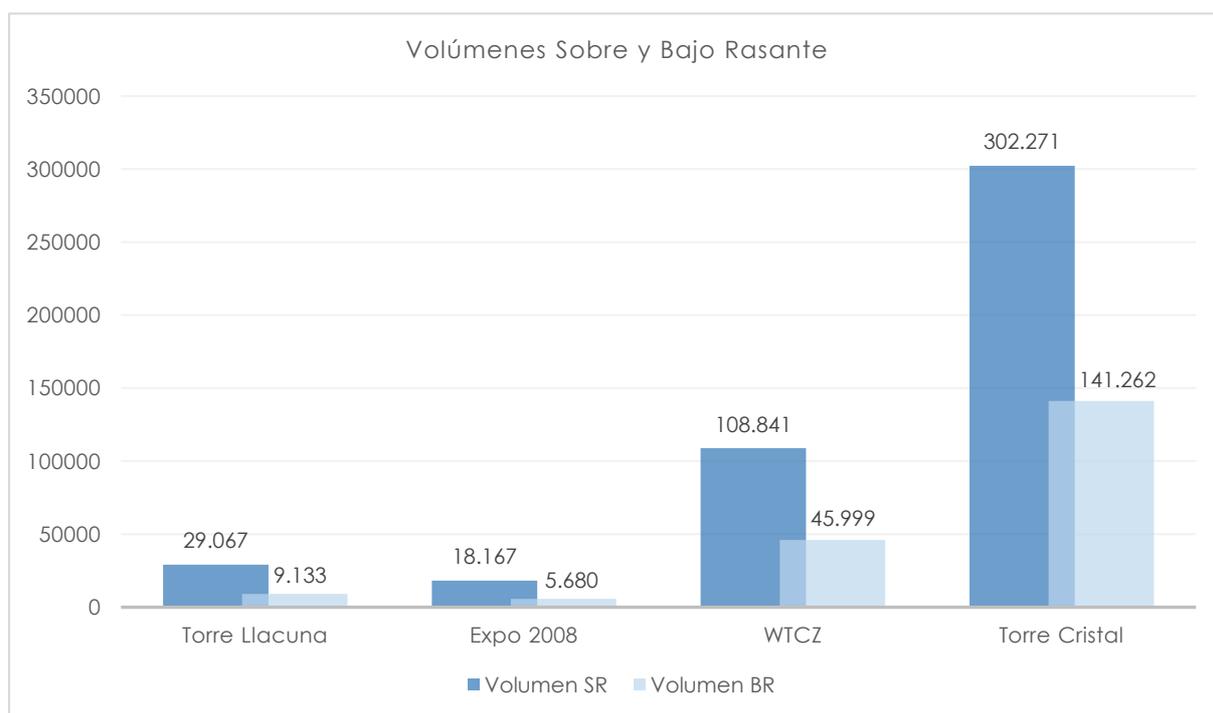
Del solapamiento de las plantas tipo de los cuatro edificios estudiados [6.01], se comprueba que:

- El tamaño y las dimensiones de la planta tipo de la *Torre Llacuna* y de las plantas 1 a 4 del *Edificio Expo 2008* son muy similares.
- Que la planta tipo del edificio *WTCZ* es aproximadamente un 20% mayor que la de los dos edificios anteriores.
- Que algunas de las plantas de la *Torre de Cristal* pueden alcanzar el doble de superficie que las plantas tipo de los dos edificios estudiados más pequeños.



[6.02]. Geometría Torre Llacuna, Edificio Expo 2008, WTCZ y Torre de Cristal.

A la misma conclusión se llega con una visión volumétrica de los cuatro edificios [6.02]: la *Torre de Cristal* responde a otro orden de magnitud que los otros tres edificios considerados.



[Tabla 6.01]. Comparativa volúmenes construidos sobre y bajo rasante de los cuatro casos.

Se sitúan a continuación los cuatro ejemplos dentro de la clasificación tipológica obtenida en el *Capítulo 2. Apartado 2.2. Tipologías arquitectónicas. Clasificación*. Los cuatro casos estudiados son ejemplos características de los edificios actuales de oficinas. De esta forma, al analizar los resultados, se pueden asociar conclusiones parciales a tipos concretos.

Los cuatro edificios tienen envolvente acristalada, y todos tienen núcleo central, salvo las torres del *WTCZ* en las que se sitúa en posición lateral. En cuanto a la organización de la planta, en todos se han concebido como espacio flexible diáfano. Y a excepción del *Edificio Expo 2008*, las tres torres son de titularidad privada y se han planteado como edificios de alquiler de oficinas.

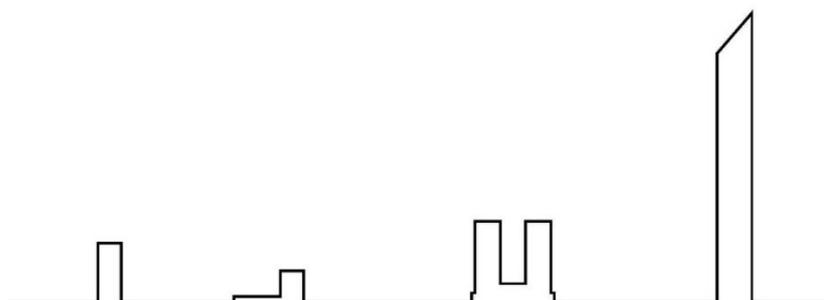
- **TORRE LLACUNA. (Barcelona, 2004).**
Su esbeltez es 0,98 [entre 0,9-1].
- **EDIFICIO DE OFICINAS DE LA SOCIEDAD EXPO 2008. (Zaragoza, 2008).**
Yuxtaposición de dos BLOQUES. La esbeltez del conjunto es de 0,86.
- **TORRES ESTE Y OESTE WTCZ. (Zaragoza, 2008).**
DOS TORRES GEMELAS, unidas por un BLOQUE a modo de plinto. La esbeltez del conjunto es 0,96.
- **LA TORRE DE CRISTAL. (Madrid, 2008).**
TORRE de gran envergadura. Su esbeltez es 1,00 [entre 0,9-1].

Se resume a continuación las superficies construidas conforme a las mediciones, y los volúmenes construidos valorados de la misma forma.

Superficies y volúmenes construidos		
Edificios estudiados	Superficie construida [m ²]	Volumen construido [m ³]
Torre Llacuna (1)	10.706,08	38.560,00
Edificio Expo 2008 (2)	5.434,68	24.170,00
WTCZ (3)	42.417,65	158.369,44
Torre de Cristal (4)	123.622,00	479.932,51

[Tabla 6.02]. Superficies y Volúmenes construidos casos de estudio.

Los casos 1, 3 y 4 [Tabla 6.02], aun correspondiéndose a la misma tipología edificatoria, LA TORRE, presentan tamaños diferenciados. Si clasificáramos los edificios de oficinas por su envergadura Torre Llacuna y el edificio de la Expo –con su tipología de bloque–, serían pequeños¹. El *WTCZ*, considerando que se trata de dos torres gemelas, estaría en un orden intermedio. La *Torre de Cristal* con sus 300.000 m³ definiría un orden en el que se encontrarían las grandes torres de España (>250.000 m³), por ejemplo las 4 *Torres del CTBA* y la *Torre Picasso* en Madrid o la *Torre Diagonal Zero* de EMBA, (Barcelona, 2011); las denominadas en esta investigación TORRE HIGH.



6.1. Análisis de resultados.

La confrontación de los resultados obtenidos en los cuatro edificios analizados y medidos se realiza en este apartado. Dicha revisión se realiza de acuerdo a los siguientes aspectos:

- Patrón resultante.
- Superficie y volumen.
- Parámetros que determinan el volumen de ocupación.
 - o Incidencia de la tipología.
 - o Sobre la sectorización.
 - o Sobre la distribución de fluidos

6.1.1. Patrón resultante.

En esta parte se analizan los ratios obtenidos ($V_{residual\ instalaciones\ clima} / V_{construido}$) para los cuatro casos estudiados. Aunque no se pueden considerar datos extrapolables a la totalidad de los edificios de oficinas, sí permiten avanzar en la búsqueda de las leyes generales que llevan a la ocupación del espacio por parte de las redes de servicios y acondicionamiento necesarias.

Se transcriben a continuación los porcentajes de ocupación de los diferentes espacios destinados a ubicar las instalaciones para los cuatro edificios medidos en el apartado anterior de la tesis. Además se ha conformado un PATRÓN resultante cotejando los resultados obtenidos en los edificios analizados y realizando una media aritmética de cada una de las categorías en las que se han cuantificado los volúmenes.

Ratios y patrón resultante					
Tipo zona	T. Llacuna	E. Expo 2008	WTCZ	T. Cristal	Patrón
Núcleo sin clima	15,32%	8,71%	12,00%	18,30%	13,58%
Patinillos clima	0,56%	0,52%	0,73%	1,65%	0,87%
Falso techo	5,54%	12,83%	4,56%	7,04%	7,49%
Suelo-técnico sin clima	3,35%	1,97%	1,71%	0,00%	2,34%
Suelo-técnico clima	0,00%	0,06%	0,00%	4,02%	2,04%
Plantas técnicas sin clima	0,00%	0,00%	0,00%	4,85%	4,85%
Plantas técnicas	0,00%	0,00%	0,00%	2,36%	2,36%
Instalación Cubierta	0,66%	1,24%	1,03%	0,00%	0,98%
Clima Cubierta	0,27%	0,09%	1,21%	0,28%	0,46%
Instalación Sótano	2,51%	2,30%	0,00%	0,00%	2,40%
Vent. / Clima Sótano	0,18%	0,72%	0,00%	1,22%	0,71%
INSTALACIONES	28,40%	28,44%	21,23%	46,37%	31,11%
CLIMA	6,37%	14,23%	6,50%	16,58%	10,92%

[Tabla 6.03]. Ratios obtenidos y patrón resultante.

De las mediciones realizadas [Tabla 6.03], se puede afirmar que la única referencia volumétrica de la ocupación de las instalaciones de climatización reflejada en los antecedentes de esta investigación (2%-3%² de ocupación respecto al volumen construido), está muy debajo de los ratios obtenidos en los cuatro casos de estudio.

En las dos torres de oficinas de mediana envergadura los m³ destinados a alojar las instalaciones de climatización se encuentran en torno al **6%** del volumen construido, igual a los ratios en superficie³ establecidos en algunos manuales americanos, que también se han citado en la introducción de esta investigación.

En los edificios de oficinas muy altos, las instalaciones de aire acondicionado pueden llegar a ocupar el **17%** del volumen construido.

Aunque la cuantificación de volúmenes que se ha realizado pretende identificar espacios ocupados por las instalaciones de clima, se ha hecho patente la dificultad de separar estos huecos de los empleados para implantar el total de las instalaciones de un edificio.

Cuando el estudio volumétrico se realiza midiendo los espacios en general, comunicaciones, servicios e instalaciones, en los casos analizados la ocupación es como mínimo un **20%**, que era el rango superior⁴ establecido como referencia volumétrica para las instalaciones de transporte a comienzos del siglo XXI por el profesor Rafael Serra. Pudiendo llegar esta ocupación a más del **40%** del volumen construido en los edificios en altura.

Cabe señalar que la repercusión analizada en porcentaje respecto al volumen construido es mayor que los ratios en superficie identificados por I. Ábalos y J. Herreros [Tabla 1.03] en pág. 14, sólo superados por un edificio de 60 plantas como es el *Chase Manhattan Bank*.

Del mismo análisis experimental, se puede visualizar que el porcentaje de ocupación de las instalaciones de climatización respecto al volumen ocupado por los espacios servidores en general, es variable. Para los cuatro edificios analizados, la relación **Instalaciones/ Clima** varía entre un valor mínimo del **22%**, para Torre Llacuna, hasta a un **50%**, en el caso del Edificio Expo 2008. Lo que pone de manifiesto la acción combinada de diferentes parámetros (edificio, instalación...etc.) para determinar la ocupación de la instalación de aire acondicionado de un edificio.

La cuantificación de volúmenes en los cuatro casos estudiados indica que establecer un PATRÓN BASE que permita determinar las reservas espaciales óptimas desde el proyecto arquitectónico ($V_{residual\ instalaciones\ clima} / V_{construido}$) para la ubicación de las instalaciones de climatización en un edificio de oficinas es una cuestión compleja por la gran cantidad de factores que influyen en la determinación de estos ratios.

En los porcentajes plasmados en la [Tabla 6.03], se percibe claramente que el ratio referido a los **falsos-techos** es el que más incide en el porcentaje final. En los edificios de mayor envergadura puede corresponder a un **40-50%** de la ocupación global de estas instalaciones; en los dos casos estudiados más pequeños, puede representar hasta el **90%** de la ocupación de las instalaciones.

La proporción de la ocupación de las **plantas técnicas** del total de la ocupación de las instalaciones en general, y de las instalaciones de clima en particular, es un valor relevante. Pero sólo cuantificable en aquellos edificios que por su tipología requieren plantas específicas para alojar dispositivos propios de las instalaciones.

6.1.1.1. TORRE LLACUNA. Ocupación Clima.

En la *Torre Llacuna*, la ocupación del **6,37%** del volumen construido destinado a las instalaciones de clima es el menor de los ratios obtenidos en los cuatro casos estudiados respecto al global del volumen construido.

Respecto al porcentaje ocupado por las instalaciones en general, se encuentra junto con el Edificio Expo 2008 en el nivel intermedio, con un índice del 28,40% del volumen construido.

Los patinillos por los que discurren los conductos de impulsión y retorno de aire primario, y las líneas frigoríficas, ocupan un **0,56%** del volumen construido, uno de los ratios más ajustados, junto con el *Edificio Expo*, de los ejemplos estudiados.

Aunque no se han considerado las instalaciones de ventilación exclusiva de los sótanos, si se ha diferenciado una ocupación del **0,18%** del volumen ocupado por los patinillos de la planta baja relativos a esta instalación.

En la cubierta –cuya superficie está en torno al 5,5% de la superficie de plantas sobre rasante– se colocan todas las máquinas necesarias para climatizar las 13 plantas de la torre. Se contabilizan en estos ratios únicamente la superficie cerrada construida en la cubierta del edificio: correspondiendo un 0,66% a los espacios destinados a instalaciones que no son clima y un **0,27%** a los habitáculos donde se sitúan conductos y dispositivos de la instalación de aire acondicionado

6.1.1.2. Edificio Expo 2008. Ocupación Clima.

El *Edificio Expo 2008* es un edificio singular en cuanto al volumen ocupado por su instalación de climatización. El ratio de **14,23%**, comparándolo con los otros tres casos analizados, sobre todo con la Torre Llacuna y el WTCZ, resulta elevado dado que se trata del edificio de menor tamaño. Inicialmente se podría pensar que se debe a su tipología de bloque pero comparando el resto de porcentajes analizados la respuesta hay que buscarla en el alto índice de ocupación relativa a los falsos techos. Las instalaciones en general ocupan un volumen construido de aproximadamente del 28,44% del volumen total del edificio. El sistema de climatización AIRE-AGUA requiere prácticamente la mitad del espacio destinado a instalaciones.



[6.03]. Sala de intercambiadores en el sótano del Edificio Expo 2008.

Dispone de un cuarto térmico (subestación del District Heating de la zona de la Expo) en el sótano de 174,30 m³ (aproximadamente 50 m² de superficie construida y una altura libre de 3,60 m). La repercusión volumétrica de este espacio respecto del total del volumen construido es un **0,72%**. No debería de ser este porcentaje muy elevado en comparación con otro edificio de la misma envergadura que dispusiera de calderas y enfriadoras en sótano. El índice es bastante inferior respecto el caso de la Torre de Cristal, con generación de frío en sótano. Se ha planteado la consideración de la parte proporcional del volumen de la central térmica que le corresponde al caso analizado, pero se ha desestimado por considerar que se desvirtuarían los resultados obtenidos. El volumen de dicho habitáculo es muy similar a la sala de calderas del WTCZ y suministra tanto calor como frío a todo el edificio.

El 1,24% del volumen construido se corresponde con el casetón cubierto en la terraza destinado a instalaciones y cuyo volumen coincide con el núcleo del edificio, del cual un **0,09%** corresponde con el patinillo vertical que distribuye los conductos y las tuberías de clima. En el **0,52%** destinado a patinillos de clima se incluyen los espacios de distribución vertical de agua y aire por todas las plantas del edificio. El **0,06%** de la ocupación del suelo técnico para la instalación de clima se refiere a las unidades terminales situadas en el perímetro de la planta baja del edificio.

Hay un ratio que destaca por su valor sensiblemente menor al resto de los otros tres casos estudiados, se trata de lo que se ha denominado *Núcleo sin clima*. No se debe a una razón relacionada con la instalación de aire acondicionado, sino a un tema de seguridad en caso de incendio. Al tratarse de un bloque pequeño, con una ocupación no muy elevada es el único de los cuatro casos estudiados que dispone de una única escalera como vía de ocupación.

6.1.1.3. Torres WTCZ. Ocupación Clima.

En las *Torres WTCZ* analizadas, la ocupación del **6,50%** del volumen construido destinado a las instalaciones de clima respecto al global del edificio construido, es muy similar al ratio obtenido en la *Torre Llacuna*. Para la Torre Este y la Torre Oeste el porcentaje ocupado por las instalaciones que no son de climatización es del 21,23%. Estos porcentajes de ocupación de las instalaciones se consideran bastante óptimos.



[6.04] [6.05]. Calderas y enfriadoras (en Planta Torreón).

En la cubierta, cuya superficie está en torno al 8% de la superficie de plantas sobre rasante, se colocan los generadores de calor y frío y los climatizadores para tratamiento del aire. Hay que tener en cuenta que no sólo se dispone de la cubierta de las dos torres, sino también de la del plinto, lo que facilita la colocación de las máquinas que requiere la torre. Esta ocupación importante en las cubiertas permite reducir otros espacios destinados a instalaciones, tal y como se puede ver en el ratio del 12,00% destinado a núcleo central sin clima y un **0,73%** a los patinillos de climatización. En la cubierta se contabilizan un **1,21%** de habitáculos ocupados por las calderas.

6.1.1.4. Torre de Cristal. Ocupación Clima.

En la *Torre de Cristal*, la ocupación del **16,58%** del volumen construido destinado a las instalaciones de clima es el mayor de los ratios obtenidos en los cuatro casos estudiados respecto al total del volumen construido. El alto porcentaje se debe fundamentalmente a los falsos-techos (**7,04%**), a los suelos-técnicos (**4,02%**) y a las plantas técnicas (**2,36%**); estas dos últimas categorías de huecos no valorados en los otros tres edificios de oficinas.

Respecto al porcentaje ocupado por las instalaciones en general, también es el mayor considerado; con un 46,37% supera en algo menos de 18 puntos a la *Torre Llacuna* o al edificio *Expo 2008*. Un porcentaje de casi el 50% del volumen construido está destinado en este ejemplo a espacios servidores de instalaciones, ratio suficientemente considerable para hacer una reflexión acerca de las repercusiones espaciales que pueden llegar a tener las instalaciones en los edificios en altura. Este ratio podría considerarse algo mayor para esta gran torre si se incorporara el perímetro de fancoils que rodean todas las plantas útiles del edificio y el global de la fachada activa, en un espesor de 30 cm, huecos que no se han tenido en cuenta en la medición realizada.

Dispone de una sala de calderas de 200 m² y 3,60 m de altura libre y una sala en sótano de cinco veces más de superficie a doble altura (1.040 m² y 6,40 m) para ubicar las enfriadoras. Ambas centrales suponen un **1,50%** (1,22% +0,28%) del volumen construido de la torre.

La sectorización del doble tratamiento del aire, para servir a cada una de las dos mínimas unidades de alquiler previstas, suponen la presencia de dos cuartos destinados a la climatización en cada planta que corresponde con un porcentaje del **1,65%** del volumen global, constituyendo el edificio de los cuatro casos estudiados que más volumen reserva a el aire acondicionado en el espacio del núcleo central de comunicaciones, servicios e instalaciones. Los espacios servidores centrales corresponden un 18,30% del volumen construido.

En un edificio en altura de superficie construida pública sobre rasante de 70.968 m² con una superficie de cubierta inferior al 2% de dicha área, requiere de otros espacios, además de la cubierta para la colocación de máquinas y torres de refrigeración que necesita el sistema de climatización planteado. Aproximadamente un **0,28%** del volumen global se destina a instalaciones en la planta de cubierta –en habitáculo cerrado–.

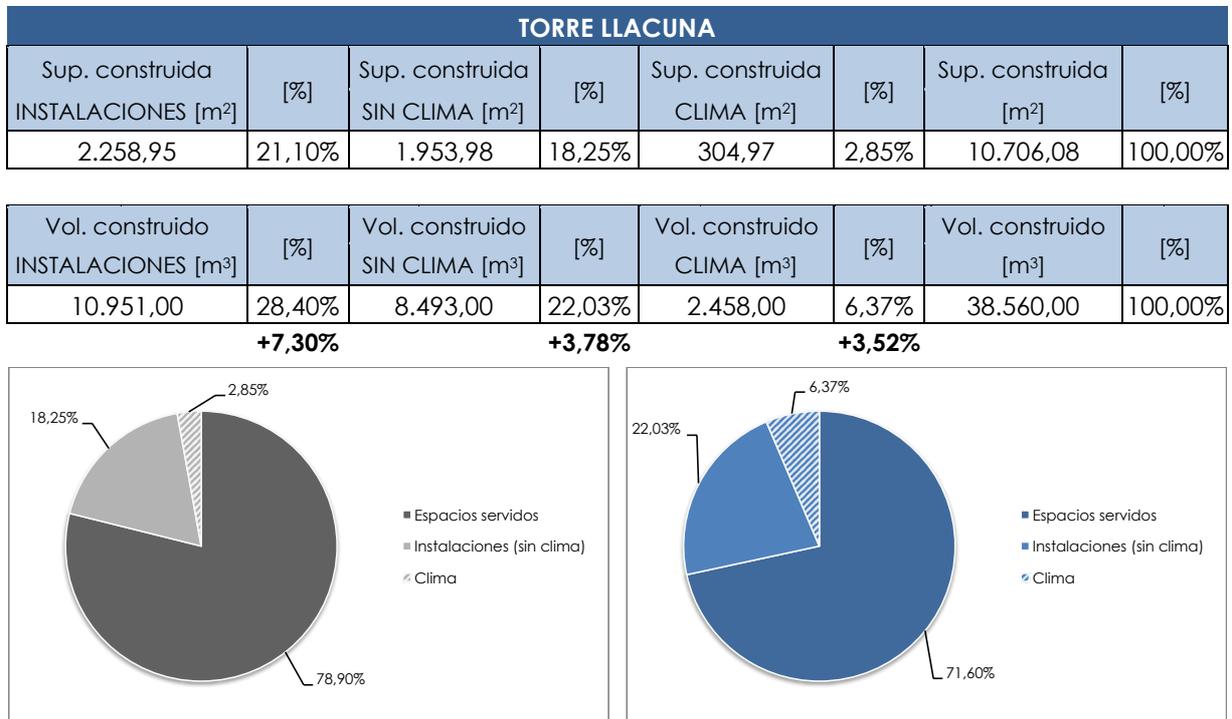
El último gran dilema al medir volumétricamente los espacios ocupados por las instalaciones de clima es el considerar el 100% de las cámaras de los falsos-techos (con 0,70 m de altura) y en el caso de este edificio el **100% de la cámara de suelo-técnico** (con 0,40 m de espesor y un funcionamiento de plenum de impulsión) como espacio destinado íntegramente a instalación de climatización.

6.1.2. Superficie y volumen.

En este análisis se pretende comprobar si los resultados obtenidos en la medición en volumen de espacios de instalaciones en el apartado anterior, serían similares si la contabilización se hubiera realizado en superficie, tal y como se venía realizado hasta esta investigación y se había reflejado en el *apartado 1.5. Antecedentes*. Se plasman a continuación los resultados obtenidos para cada uno de los cuatro casos de estudio, teniendo siempre en cuenta los mismos parámetros definidores de los huecos de instalaciones tanto en la medición en metros cuadrados como en metros cúbicos (superficie o volumen construido, consideración de recintos bajo rasante y ocupación en cubierta):

6.1.2.1. Comparativa medición en superficie o en volumen: Torre Llacuna.

Se ha medido la ocupación de las instalaciones de clima en el Caso 1 de estudio en superficie y en volumen, teniendo siempre en cuenta los mismos parámetros definidores de los huecos. Se ha obtenido el ratio de ocupación respecto a la superficie construida y respecto al volumen construido. Se observa un **aumento del 3,52%** del índice de porcentaje considerado cuando el análisis se hace espacialmente. Sin duda este incremento en el ratio se debe a no tener en cuenta en la medición en metros cuadrados la implantación de estas instalaciones en la cámara del falso-techo. No coincide este aumento de índice con la repercusión de la ocupación volumétrica del 5,54% de los falsos techos reflejado en la tabla resumen de los resultados, [Tabla 6.03].



[Tabla 6.04]. Comparativa medición en superficie (GRIS) y medición en volumen (AZUL) del espacio ocupado por las instalaciones en Caso 1 estudiado: Torre Llacuna.

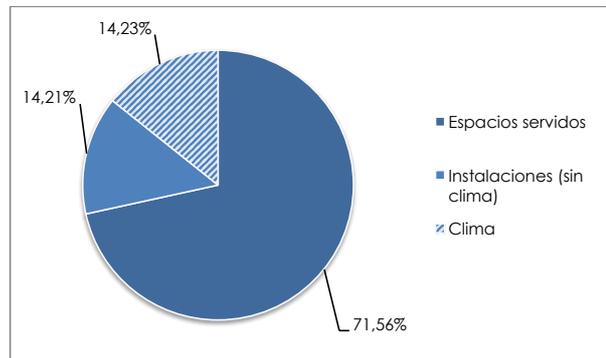
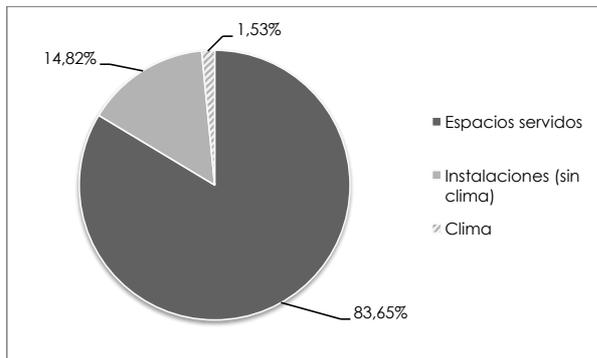
6.1.2.2. Comparativa medición en superficie o en volumen: Edificio Expo 2008.

Se ha medido la ocupación de las instalaciones de clima en el Caso 2 de estudio en superficie y en volumen. Se ha obtenido el ratio de ocupación respecto a la superficie construida y respecto al volumen construido. Se observa un **aumento del 12,70%** del índice de porcentaje considerado cuando el análisis se hace espacialmente.

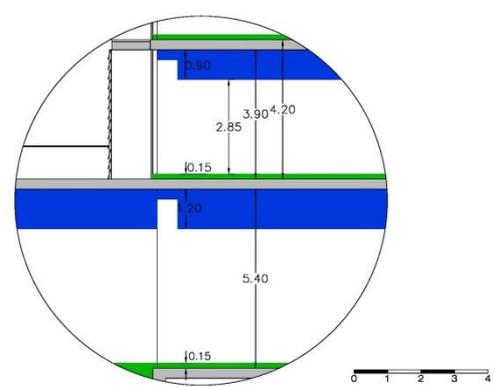
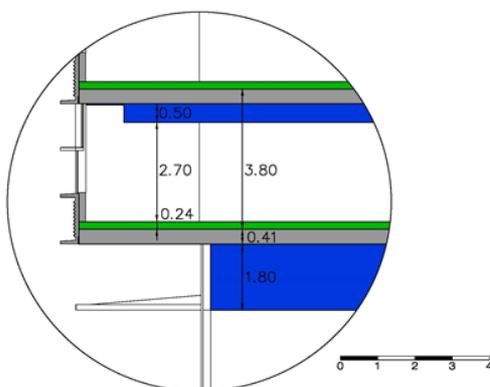
Sin duda este incremento en el ratio se debe a no tener en cuenta en la medición en metros cuadrados la implantación de estas instalaciones en la cámara del falso-techo. Este aumento de índice es del mismo orden que la repercusión de la ocupación volumétrica del 12,83% de los falsos techos reflejado en la tabla resumen de los resultados, [Tabla 6.03]. La mayor parte de las máquinas y conductos necesarios para la instalación de climatización en este edificio se implantan en los falsos-techos del mismo.

EDIFICIO EXPO 2008							
Sup. construida INSTALACIONES [m ²]	[%]	Sup. construida SIN CLIMA [m ²]	[%]	Sup. construida CLIMA [m ²]	[%]	Sup. construida [m ²]	[%]
874,34	16,35%	792,75	14,82%	81,59	1,53%	5.434,68	100,00%

Vol. construido INSTALACIONES [m ³]	[%]	Vol. construido SIN CLIMA [m ³]	[%]	Vol. construido CLIMA [m ³]	[%]	Vol. construido [m ³]	[%]
6.873,94	28,44%	3.434,93	14,21%	3.439,01	14,23%	24.170,00	100,00%
+12,09%		-0,61%		+12,70%			



[Tabla 6.05]. Comparativa medición en superficie (GRIS) y medición en volumen (AZUL) del espacio ocupado por las instalaciones en Caso 2 estudiado: Edificio Expo 2008.



[6.06] [6.07]. Sección planta de oficinas de la Torre Llacuna y del Edificio Expo 2008.

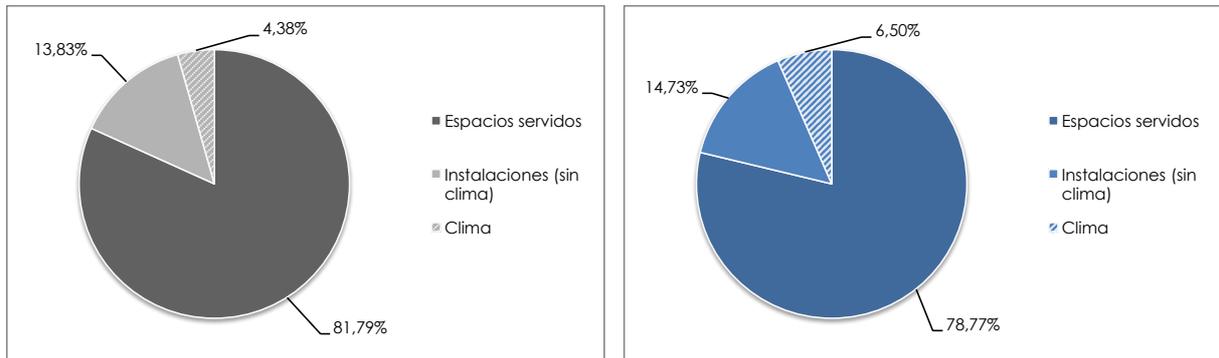
6.1.2.3. Comparativa medición en superficie o en volumen: WTCZaragoza.

Se ha medido la ocupación de las instalaciones de clima en el Caso 3 de estudio en superficie y en volumen. Se ha obtenido el ratio de ocupación respecto a la superficie construida y respecto al volumen construido. Se observa un **aumento del 2,12%** del índice de porcentaje considerado cuando el análisis se hace espacialmente.

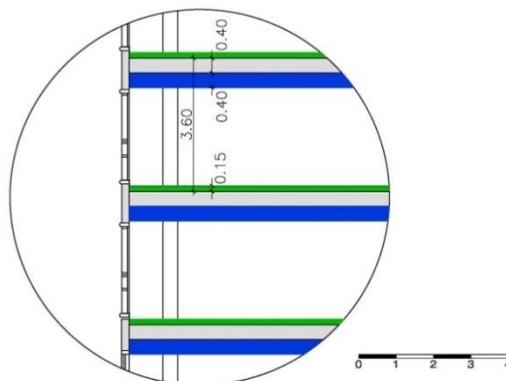
Sin duda este incremento en el ratio se debe a no tener en cuenta en la medición en metros cuadrados la implantación de estas instalaciones en la cámara del falso-techo. No coincide este aumento de índice con la repercusión de la ocupación volumétrica del 4,56% de los falsos techos reflejado en la tabla resumen de los resultados, [Tabla 6.03].

WORLD TRADE CENTER ZARAGOZA							
Sup. construida INSTALACIONES [m ²]	[%]	Sup. construida SIN CLIMA [m ²]	[%]	Sup. construida CLIMA [m ²]	[%]	Sup. construida [m ²]	[%]
7.891,41	18,21%	5.994,20	13,83%	1.897,21	4,38%	42.417,65	100,00%

Vol. construido INSTALACIONES [m ³]	[%]	Vol. construido SIN CLIMA [m ³]	[%]	Vol. construido CLIMA [m ³]	[%]	Vol. construido [m ³]	[%]
33.621,51	21,23%	23.333,30	14,73%	10.288,21	6,50%	158.369,44	100,00%
+3,02%		+0,90%		+2,12			



[Tabla 6.06]. Comparativa medición en superficie (GRIS) y medición en volumen del espacio (AZUL) ocupado por las instalaciones en Caso 3 estudiado: WTCZ.



[6.08] Sección planta de oficinas de la Torre Este del WTCZ.

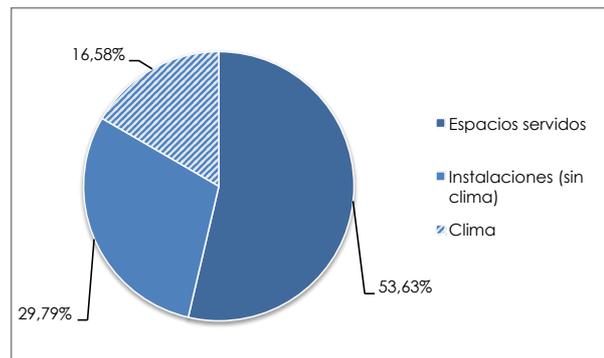
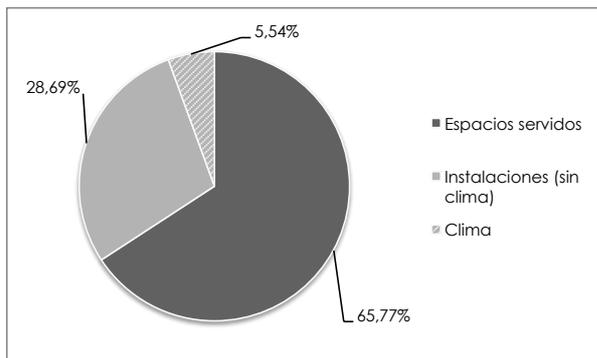
6.1.2.4. Comparativa medición en superficie o en volumen: Torre de Cristal.

Se ha medido la ocupación de las instalaciones de clima en el Caso 4 de estudio en superficie y en volumen. Se ha obtenido el ratio de ocupación respecto a la superficie construida y respecto al volumen construido. Se observa un **aumento del 11,04%** del índice de porcentaje considerado cuando el análisis se hace espacialmente.

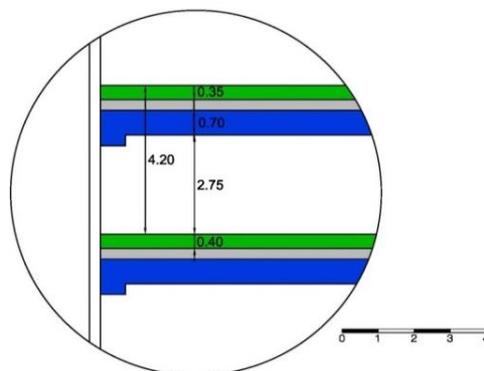
Sin duda este incremento en el ratio se debe no sólo a no tener en cuenta la medición en metros cuadrados la implantación de estas instalaciones en la cámara del falso-techo, sino también a no valorar el plenum del suelo técnico. Este aumento de índice coincide prácticamente con la repercusión de la ocupación volumétrica del 11,06% de falsos techos y suelos técnicos reflejada en la tabla resumen de los resultados, [Tabla 6.03].

TORRE DE CRISTAL							
Sup. construida INSTALACIONES [m ²]	[%]	Sup. construida SIN CLIMA [m ²]	[%]	Sup. construida CLIMA [m ²]	[%]	Sup. construida [m ²]	[%]
42.317,40	34,23%	35.468,40	28,69%	6.849,00	5,54%	123.622,00	100,00%

Vol. construido INSTALACIONES [m ³]	[%]	Vol. construido SIN CLIMA [m ³]	[%]	Vol. construido CLIMA [m ³]	[%]	Vol. construido [m ³]	[%]
222.549,57	46,37%	142.953,39	29,79%	79.596,18	16,58%	479.932,51	100,00%
	+12,14%		+1,10%		+11,04%		



[Tabla 6.07]. Comparativa medición en superficie y medición en volumen del espacio ocupado por las instalaciones en Caso 4 estudiado: Torre de Cristal.



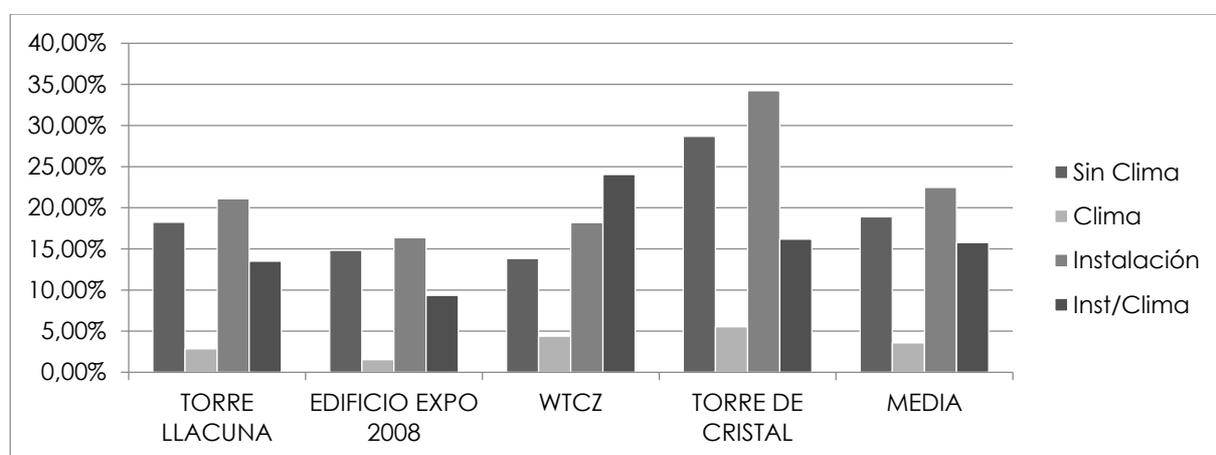
[6.09] Sección planta de oficinas de la Torre de Cristal..

6.1.2.5. Espacios ocupados por instalaciones. Medición en volumen.

En los cuatro casos analizados, independientemente de la tipología del edificio o del sistema de climatización elegido, es mayor el porcentaje del espacio ocupado por las instalaciones de climatización respecto al total del volumen construido, cuando la contabilización se realiza en metros cúbicos que cuando se realiza en metros cuadrados.

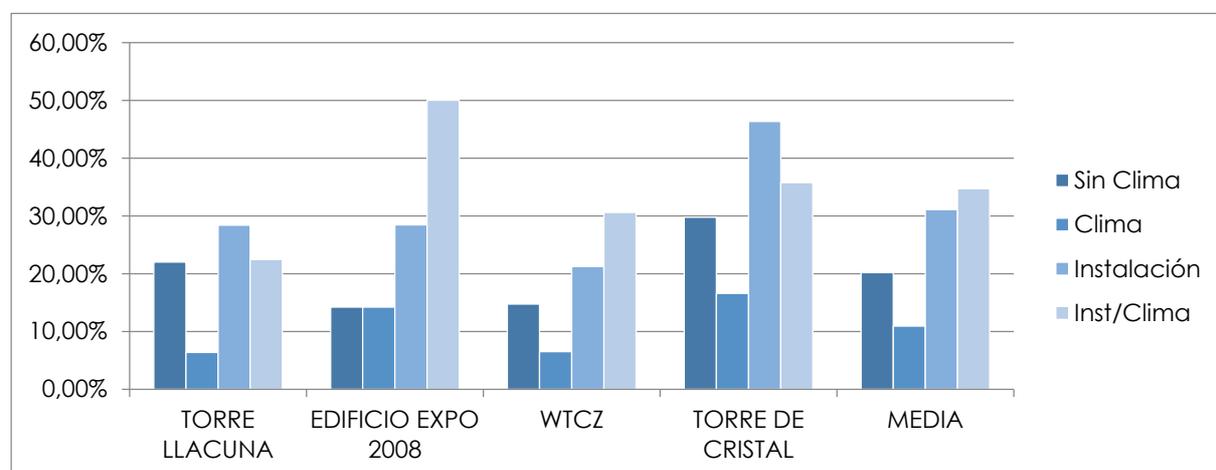
Esto se debe sobre todo a que los edificios de oficinas cuentan con una o dos láminas horizontales distribuidoras de energía de determinado grosor dentro de cada una de las plantas del edificio ocupando la totalidad de la superficie considerada.

SUPERFICIE	TORRE LLACUNA	EDIFICIO EXPO 2008	WTCZ	TORRE DE CRISTAL	MEDIA
Sin Clima	18,25%	14,82%	13,83%	28,69%	18,90%
Clima	2,85%	1,53%	4,38%	5,54%	3,58%
Instalaciones	21,10%	16,35%	18,21%	34,23%	22,47%
Inst/Clima	13,51%	9,36%	24,05%	16,18%	15,78%



[Tabla 6.08]. Medición en SUPERFICIE del espacio ocupado por las instalaciones en los cuatro casos estudiados.

VOLUMEN	TORRE LLACUNA	EDIFICIO EXPO 2008	WTCZ	TORRE DE CRISTAL	MEDIA
Sin Clima	22,03%	14,21%	14,73%	29,79%	20,19%
Clima	6,37%	14,23%	6,50%	16,58%	10,92%
Instalaciones	28,40%	28,44%	21,23%	46,37%	31,11%
Inst/Clima	22,45%	50,03%	30,60%	35,77%	34,71%



[Tabla 6.09]. Medición en VOLUMEN del espacio ocupado por las instalaciones en los cuatro casos estudiados.

Para cada uno de los edificios estudiados, tanto la [Tabla 6.08] como la [Tabla 6.09] recogen los porcentajes de ocupación de las instalaciones del edificio que no son de climatización, de las instalaciones de clima y de las instalaciones en general. La cuarta columna relaciona el porcentaje que representan las instalaciones de climatización respecto del resto de instalaciones. Dicha relación es variable.

El análisis de los resultados que se reflejan en la [Tabla 6.08] y [Tabla 6.09] permite afirmar que en el momento inicial del diseño sería conveniente establecer las reservas espaciales destinadas a la implantación de las instalaciones pero con un carácter volumétrico, no sólo considerando metros cuadrados “inútiles” por planta sino también el porcentaje de altura de la sección de planta destinada a cámaras de falsos-techo y suelo técnico. **Todos los casos reflejan ocupaciones mayores para la valoración de la ocupación de las instalaciones en general y de las instalaciones de climatización en particular, cuando la medición se hace en volumen que en superficie.**

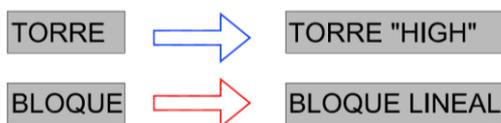
Hay una segunda reflexión importante que se ha de hacer comparando la [Tabla 6.08] y [Tabla 6.09]. Se trata del porcentaje ocupado por las instalaciones de clima en el global del cómputo de espacios destinados a instalaciones del edificio, cuando la valoración se hace en metros cuadrados o metros cúbicos. Es mucho mayor la repercusión de la ocupación de las instalaciones de clima, respecto a las instalaciones en general, cuando el análisis se hace en volumen, frente a las consideraciones hechas en superficie, tal y como refleja la cuarta barra en la [Tabla 6.08] y [Tabla 6.09], para todos los casos estudiados. La menor relación se encuentra en la *Torre Llacuna*, con un índice del 22%, llegando hasta el 50% en el *Edificio Expo 2008*.

6.1.3. Parámetros que determinan el volumen de ocupación.

6.1.3.1 Incidencia de las tipologías.

Existe una clara complejidad para establecer que factores definen el grado de crecimiento de la ocupación de las instalaciones, por las relaciones entre unos y otros. Por eso, éste análisis de resultados se lleva a cabo manteniendo constante todos los parámetros a excepción del factor analizado. Se trata de establecer criterios generales con vocación integradora y arquitectónica para ser empleados desde el momento inicial del diseño de los edificios.

En todos los análisis de los dos apartados anteriores, así como en las discusiones teóricas sobre el edificio (*Capítulo 2*) y los sistemas de climatización (*Capítulo 3*) podemos considerar que LA GEOMETRÍA Y EL TAMAÑO DEL EDIFICIO son factores que influyen en el grado de ocupación de las instalaciones. Para las dos tipologías relevantes en el edificio de oficinas, el bloque y la torre, el paso de la consideración de edificios normales a edificios de "gran envergadura" influye en un aumento importante del volumen ocupado por las instalaciones analizadas.



BLOQUE

En la tipología de BLOQUE, sus proporciones y la superficie de cubierta, con un porcentaje sobre la superficie edificada que puede ser del 15%-20%, permite la colocación de todas las máquinas necesarias para la instalación de climatización (bombas de calor, unidades de tratamiento del aire...etc.), requiriéndose dentro del edificio únicamente patinillos y falsos-techos para la ubicación de conductos y de unidades terminales.

BLOQUE LINEAL

Edificios longitudinales con recorridos de evacuación mayores de 50m requieren por condicionamientos de seguridad plantearse dos núcleos de comunicaciones. Con la sectorización de dos núcleos para la distribución vertical de energía y del aire de ventilación, la distribución horizontal de fluidos se puede realizar con facilidad ocupando exclusivamente las cámaras de los falsos-techos.

TORRE

Alturas superiores a veinte plantas (80m) determinan la necesidad de plantear plantas técnicas intermedias. Entre 15-20 plantas se podría considerar un número adecuado de pisos que permite la climatización de una torre de oficinas con un único punto de distribución de energía mediante agua y de aire de ventilación. Esta situación no conlleva unos costes excesivos en los elementos que garantizan el transporte, pudiendo ser el doble el número de plantas servidas empleando distribuciones ascendentes y descendentes, u otros fluidos refrigerantes.

GRAN ENVERGADURA

Torres de mayor altura a las descritas en el apartado anterior requieren de plantas intermedias para la ubicación de dispositivos que garanticen el transporte vertical de energía. Las plantas técnicas, además, son necesarias en estas grandes torres para establecer zonas de refugio para los ocupantes en caso de incendio, sectorización de las baterías de ascensores y colocación de otras instalaciones.

La articulación de torres y de bloques, con núcleos diferenciados de comunicaciones, servicios e instalaciones, ayudan a la configuración de la instalación de aire acondicionado, permitiendo organizar las conexiones entre el núcleo central y las plantas de oficinas.

CONFIGURACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO

En la tendencia actual a proyectar edificios de oficinas con planta libre y la máxima flexibilidad posible, es necesario contabilizar en el volumen ocupado por las instalaciones de clima el total del espacio ocupado por el falso-techo, por tratarse de una instalación de acondicionamiento que ha de permitir un confort térmico uniforme en todos y cada uno de los puestos de trabajo.

Si por el contrario la distribución de los puestos de trabajo es compartimentada, podría implicar menor ocupación en la distribución horizontal del aire acondicionado, ya que el punto final de la red de clima se podría situar en la partición de separación de los despachos.

Para una mejor optimización del sistema de climatización propuesto es clave en el momento del diseño arquitectónico del edificio de oficinas el conocimiento del usuario final y el posicionamiento de los puestos de trabajo.

Si no se conocen la ubicación de los lugares donde se situarán los usuarios, las unidades terminales y los sistemas de control deben de plantearse lo más flexibles posibles.

TIPOLOGIA FUNCIONAL

En lo que al tipo funcional se refiere el hecho de que haya muchos usuarios diferentes en un edificio de oficinas, obliga a establecer la unidad mínima de alquiler y reservar los cuartos por planta para la localización de UTAs y los armarios destinados a la centralización de contadores para la contabilización de consumos.

El *Edificio de oficinas de la Expo 2008* es un bloque compacto (con podio). Sus dimensiones son 30 x 20 x 17 m para las plantas alzadas y 25 x 60 x 5,70 m para la planta baja. Con una superficie de 5.434,68 m² y un volumen de 24.170 m³, se puede considerar un edificio PEQUEÑO; el de menor tamaño de los cuatro ejemplos estudiados.

Para este volumen construido se emplean máquinas centralizadas para el sistema de climatización: los intercambiadores de calor y frío, y sus correspondientes bombas, son únicos y están situados en el sótano. La toma de aire de ventilación se hace a través de un sólo climatizador situado en cubierta. Los focos de la instalación de aire acondicionado se relacionan con todas las plantas a través de un único patinillo vertical.

En la *Torre Llacuna*, su consideración de TORRE PEQUEÑA (31 x 19 x 50,60 m), permite un sistema de climatización de expansión directa, tipo VRV, sin que se requiera ningún tipo de cuarto técnico en las plantas de oficinas del edificio, ni reservas espaciales en los sótanos del mismo.

Utilizando la cubierta como único recinto para la colocación de las máquinas precisas – unidades exteriores refrigeradas por aire, ventiladores y recuperadores de energía – no se requiere ninguna sala de máquinas. La colocación de 72 unidades interiores en las plantas de oficinas posibilita la climatización completa del edificio, hecho que no sería posible en otros casos de estudio de mayor envergadura.

En el caso del *WTCZ*, su consideración de TORRE MEDIANA (22 x 35 x 66 m cada Torre) y 16 plantas de oficinas, requiere un punto central para la producción de calor y frío. Dispone de una sala de calderas de tamaño intermedio, en torno a 50 m² de superficie y altura libre 3,90 m. No tiene ningún habitáculo destinado a clima en el sótano del edificio. En las plantas remate de las torres se sitúan las enfriadoras con un espacio virtual ocupado en cubierta de cinco veces más que el destinado a los generadores de calor.

Para la distribución vertical de aire, la instalación de ventilación se organiza como una instalación partida, con dos puntos de toma y expulsión del aire primario (climatizadores en la cubierta de las torres y la cubierta del cuerpo central). Este mismo esquema, con instalaciones servidas desde un punto intermedio, ya se había visualizado en uno de los primeros referentes de la torre de oficinas, la *PSFS*, y será utilizado con frecuencia en torres de mediana envergadura.

Parece lógico pensar que a mayor tamaño del edificio crece la ocupación de las instalaciones en general y de las de clima en particular. Aunque se dan casos singulares como la *Torre Picasso* cuya elección del sistema de climatización y de los espacios ocupados permite una reducción considerable del volumen destinado a instalaciones respecto de edificios de similar número de plantas y superficie útil de oficinas.

La *Torre de Cristal*, el edificio de mayor tamaño estudiado en esta tesis, 215 m de altura y casi 479.932 m³ de volumen construido (TORRE HIGH), dimensiones que permiten una centralización global para la producción de calor y frío, pero requieren una sectorización mediante intercambiadores en las diferentes plantas técnicas para la distribución de energía a lo largo del edificio.

La ventilación del edificio se resuelve con tomas de entrada de aire primario y extracción en cada planta, evitando así la gran sección de los conductos de aire verticales.

Pero no solo en los edificios estudiados sino en muchos de los ejemplos vistos en esta tesis la consideración de la altura es uno de los factores claves de crecimiento de ocupación de las instalaciones de climatización. Ver [Tabla 1.03] que recoge algunas conclusiones del libro *Técnica y Arquitectura en la ciudad contemporánea* y la [Tabla 4.01] *Análisis experimental de las plantas de oficinas servidas desde una planta técnica en 15 torres del eje Barcelona-Zaragoza-Madrid*. Del recorrido histórico y contemporáneo de los edificios estudiados en la tesis podríamos deducir que de 15 a 20 plantas se pueden servir con continuidad y con costes económicos razonables a la tecnología desde un único punto.

Características generales				
	Torre Llacuna	Expo 2008	WTCZ	Torre Cristal
Planta Baja [m²]	305,28	1.783,80	1.980,19	2.022,30
Superficie envolvente total	383,20	1.075,44	-	-
Planta Tipo [m²]	604,09	597,80	1.532,51	1.471,80
Superficie envolvente total	4.781,86	1.721,62	-	-
Planta Torreón [m²]	119,82	83,12	443,77	1.284,22
Superficie envolvente total	111,02	111,02	-	-
Sótano	305,28	1.783,80	-	-
Cubierta	604,09	597,80	-	-
Superficie envolvente	6.185,45	5.289,68	20.287,97	44.146,45
Volumen Construido	29.427,00	18.490,00	112.975,84	338.670,08
Factor de Forma	0,21	0,29	0,18	0,13
Altura edificio [h]	50,60	27,00	67,43	226,53
Altura edificio con torreón [h]	54,83	30,00	70,30	249,00
Superficie ocupada media [s ₀]	343,06	821,57	1.318,82	1.592,77
Radio del círculo de s ₀ [r ²]	109,20	261,51	419,79	506,99
d	51,67	31,47	70,47	227,65
Coefficiente esbeltez [e]	0,98	0,86	0,96	1,00
Superficie equivalente [Seg]	4.609,46	3.381,51	11.301,69	23.496,55
Volumen total [V _T]	29.427,00	18.490,00	112.975,84	338.670,08
Superficie global [S _g]	6.185,45	5.289,68	20.287,97	44.146,45
Compacidad [c]	0,75	0,64	0,56	0,53

[Tabla 6.10]. Datos generales formales de los cuatro casos estudiados.

6.1.3.2 Sobre la sectorización.

El grado de sectorización o la división en sectores con características comunes es una cualidad que presentan todas las instalaciones de un edificio. Unas veces por diferentes necesidades o regímenes de funcionamiento, otras por seguridad, por control de consumos o por requerimientos tecnológicos... hay que dividir en partes cada instalación.

En las instalaciones de climatización la división de las instalaciones afecta a dos aspectos: la producción de energía y la toma de aire para la ventilación del edificio.

Los parámetros que condicionan principalmente el grado de sectorización de las instalaciones de climatización se han analizado en el [Capítulo 4. Apartado 4.4 Diseño de las instalaciones de climatización](#).

Este es factor es el que más va a influir en el volumen final ocupado por las instalaciones de clima y determina la organización de dichos espacios en el edificio.

En general instalaciones centralizadas requieren pocos espacios pero grandes, e instalaciones muy divididas más huecos pudiendo ser de menor tamaño. Normalmente un mayor grado de sectorización, implica un mayor número de máquinas, pero menor sección en los conductos. Y una concentración de estos puntos claves en la instalación, supone un menor número de huecos considerados y mayor tamaño de los espacios reservados para distribución. Sin embargo no se puede afirmar categóricamente que un mayor grado de sectorización suponga mayor espacio residual ocupado, porque todo depende del sistema elegido, entre otros factores.

La sectorización en la instalación depende de factores muy importantes en el campo de la arquitectura. Se enumeran a continuación los que se consideran, tras la investigación realizada, los más relevantes:

- La envergadura del edificio (pequeño, mediano y grande) y la tipología arquitectónica (torre o bloque, diáfano o compartimentado, corporativo o de alquiler) determina el espacio destinado a salas y plantas técnicas.
- La orientación del edificio y la forma del tratar la envolvente condiciona una de los primeros planteamientos de división de la instalación de climatización. En cada planta se debe analizar las zonas diferenciadas por este factor para establecer el número y ubicación de climatizadores, determinando así el número de patinillos adecuado.
- Los usos diferenciados al propiamente de oficinas, (restaurante, salas de conferencias, auditorios, etc.) y sus regímenes de funcionamiento diferenciados, definen la consideración de espacios exclusivos para los climatizadores que acondicionen estos recintos con exigencias térmicas singulares.
- La unidad mínima de alquiler fija el número de unidades terminales y el espacio para las unidades de tratamiento del aire particulares de cada zona. Se debe incluir también la reserva espacial para huecos accesibles donde se coloquen los sistemas de medición de energía.
- En edificios con envolvente totalmente acristalada la división de la planta en zona perimetral y zona central, para cada una de las orientaciones es otro factor determinante de la ocupación en planta.

- El control individual en cada puesto de trabajo, garantiza el confort de los usuarios, y puede ser determinante en el espacio ocupado por las instalaciones de climatización.

Una organización de espacios destinados a las instalaciones de climatización y un planteamiento inicial del sistema, teniendo en cuenta criterios arquitectónicos, garantiza mejores resultados en la suma edificación + sistema de clima, siendo uno de los factores que pueden llegar a ser relevantes en la arquitectura de los edificios de oficinas. Pero a estas alturas de investigación se es consciente de la interconexión entre todos los factores que determinan esta ocupación.

Las instalaciones no son una ciencia exacta, pero las decisiones responden a criterios sencillos y bastante objetivos, a diferencia por ejemplo de la estructura, e implica una gran complicidad entre arquitecto e ingeniero en edificios de oficinas de una cierta envergadura.

Termino parafraseando y reconvirtiendo una de las frases de Alejandro Bernabeu en las conclusiones de su tesis doctoral ⁵, en este caso referida la interrelación estructura-edificio mucho más condicionada por la carga formal y conceptual de ambos:

Para cada proyecto pueden existir numerosos sistemas de aire acondicionado posibles, buenos, malos o indiferentes. Ingeniero y arquitecto deben elegir aquella solución más adecuada, en función de criterios técnicos y constructivos, pero también espaciales y conceptuales que son los que se han repasado en esta tesis. La elección de la solución correcta pasa, sin lugar a dudas, por la reserva de los espacios necesarios y con la calidad adecuada en armonía con el conjunto arquitectónico al que pertenecen.

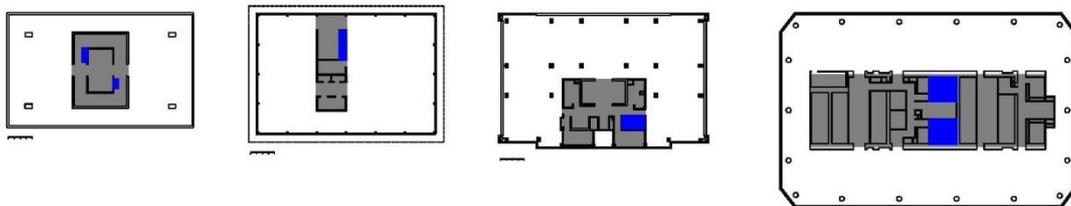
6.1.3.3. Sobre la distribución de fluidos.

- Distribución vertical de energía y aire.

El análisis de la incidencia de los huecos de distribución vertical en el volumen ocupado por las instalaciones de clima se realiza inicialmente en superficie.

Con una planta de oficinas tipo de superficie similar en los dos primeros casos de estudio, la superficie del núcleo de comunicaciones, servicios e instalaciones, ocupa un 6,16% de la superficie de planta más en la *Torre Llacuna* que en el *Edificio de Oficinas de la Sociedad Expo 2008*. Con ratios con diferencias no relevantes en los patinillos de clima estas diferencias de ocupación se deben a otras instalaciones del edificio, fundamentalmente a la necesidad de colocar una doble salida de planta que garantice la evacuación de los ocupantes del edificio.

Existe un claro predominio del núcleo central en las torres, salvo el ejemplo de las *Torres del WTCZ* con núcleo descentralizado.



Comparativa entre ocupación núcleos y zonas instalaciones					
Tipo zona	T. Llacuna	E. Expo 2008	WTCZ	T. Cristal	Patrón
Superf. Const. Planta tipo [m ²]	602,80	613,09	760,00	1.602,25	-
Superf. Const. Núcleo [m ²]	119,82	84,15	152,44	486,14	-
Porcentaje [%]	19,88%	13,72%	20,05%	30,34%	21,00%
Superf. Const. Patinillos Clima [m ²]	3,62	5,62	8,77	40,06	-
Porcentaje [%]	0,60%	0,92%	1,15%	2,50%	1,29%
Cuartos técnicos Clima	NO	NO	SI	SI	-

[Tabla 6.11]. Comparativa en SUPERFICIE; planta tipo de oficinas, ocupación de los núcleos centrales y superficies destinadas a patinillos y cuartos de clima.

Superficie Construida núcleo / Superficie Construida planta			
Caso	Sup. Const. Pl. tipo [m ²]	Sup. Const. Núcleo [m ²]	[%]
Torre Llacuna	602,80	119,82	19,88%
Edificio Expo 2008	613,09	84,15	13,73%
WTCZ (Torre Este)	760,00	152,44	20,06%
Torre de Cristal (pl. 11)	1.602,25	486,14	30,34%
Torre de Cristal (pl. 31)	1.482,04	435,31	29,37%

[Tabla 6.12]. Comparativa entre la superficie construida del núcleo y la superficie construida en la planta de los edificios.

Del análisis de las plantas en este apartado [Tabla 6.11] y [Tabla 6.12], podemos deducir que plantas con una superficie por encima de los 1000 m² correspondientes a las **grandes torres** requieren del orden de un **30%** de su superficie destinada a núcleo central. La tipología en altura obliga a destinar un mayor espacio a recintos servidores como consecuencia de incorporar baterías diferenciadas de ascensores y una exigente normativa de incendios que requiere doble vía de evacuación en edificios con altura de evacuación mayor de 28 m.

Entre los edificios pequeños (con un porcentaje variable entre un **10%-20%**) también se puede percibir un aumento considerable de espacio ocupado por el núcleo en la Torre Llacuna frente a los bloques, ya sean más compactos como el *edificio de la Expo* o más extensivos como el edificio corporativo de Saica. El *WTCZ* se mantiene en una posición intermedia con el **20%**.

Superficie Construida núcleo / Superficie Construida planta espacios clima			
Caso	Sup. Const. Pl. tipo [m ²]	Sup. Const. Clima [m ²]	[%]
Torre Llacuna	602,80	3,62	0,60%
Edificio Expo 2008	613,09	5,62	0,92%
WTCZ (Torre Este)	760,00	8,77	1,15%
Torre de Cristal	1.602,25	40,06	2,50%

[Tabla 6.13]. Comparativa entre la superficie construida del núcleo y la superficie construida en planta destinados a los espacios de clima.

La [Tabla 6.13] refleja la medición en superficie construida del núcleo y de las zonas destinadas a la instalación de clima. La repercusión en superficie ocupada es del orden del **0,60%-2,50%** de la planta tipo, aumentando el porcentaje a medida que es mayor el área destinada a oficinas.

Pero este incremento en el espacio ocupado por las instalaciones de clima tiene que ver con las dimensiones del edificio y con el sistema elegido (VRV, agua, aire...). Parece lógico pensar que cuanto más grandes son los edificios mayor necesidad de descentralizar máquinas y colocar climatizadores intermedios en algunas o en todas y cada una de las plantas de oficinas.

Los casos con más del **1%** disponen de **cuartos** para las máquinas en cada planta además del correspondiente patinillo para la ubicación de conductos y tuberías. Las repercusiones en m³ de estos espacios no presentan valores relevantes respecto a las estudiadas en superficie.

Superficie Construida núcleo / Superficie Construida planta espacios clima					
Caso	Volumen Constr. [m ³]	Volumen Constr. Núcleo [m ³]	[%]	Volumen Constr. Núcleo [m ³]	[%]
Torre Llacuna	29.067,19	6.125,20	21,07%	185,05	0,64%
Edificio Expo 2008	18.096,10	2.231,04	12,33%	126,45	0,70%
WTCZ (Torre Este)	108.841,00	20.161,71	18,52%	1159,92	1,07%
Torre de Cristal	304.146,00	21.908,50	7,20%	7907,84	2,60%

Nota: El caso del WTCZ se refiere a las torres Este y Oeste.

Los datos de la Torre de Cristal provienen de la memoria del proyecto.

[Tabla 6.14]. Comparativa entre el volumen construido del edificio, el volumen construido del núcleo y el volumen construido en planta destinados a los espacios de clima.

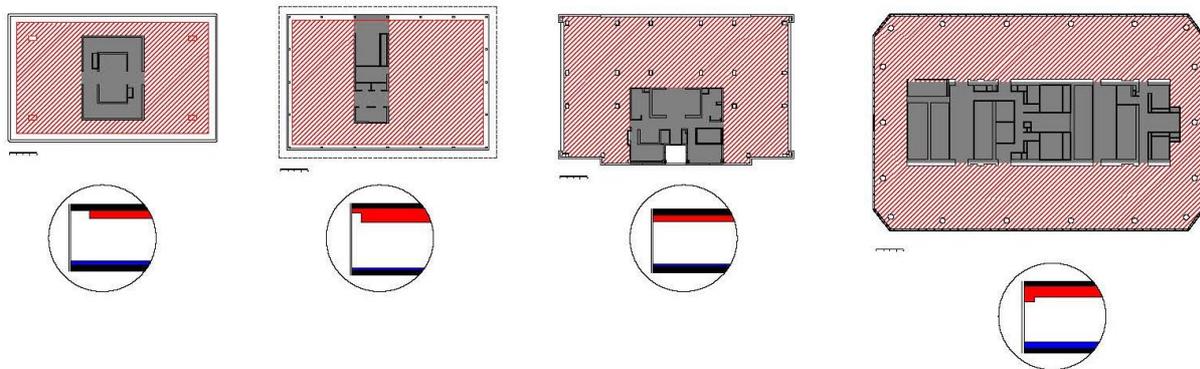
Como conclusión final se podría decir, que aunque existen otras formas de distribución de la energía y el aire más distribuidas, vistas en el *Capítulo 4*, para los cuatro casos de estudio, la distribución vertical de fluidos se hace a través un eje o dos. Cuando se eligen dos patinillos de distribución corresponden con plantas de oficinas donde se identifican dos zonas térmicas diferenciadas, que coinciden con las unidades mínimas de alquiler.

- *Distribución horizontal de energía y aire.*

El análisis de la incidencia de las láminas de distribución horizontal en el volumen ocupado por las instalaciones de clima, se realiza inicialmente comparando la sección de la planta de oficinas de los cuatro ejemplos estudiados, imágenes [6.06], [6.07], [6.08] y [6.09].

En los cuatro casos estudiados, la distribución de energía y de aire es extensiva y con criterios de uniformidad y flexibilidad, como corresponde a planteamientos proyectuales de edificios de oficinas con plantas diáfanas. En el análisis pormenorizado de cada uno de los casos, *Anexo 1. Casos de Estudio*, queda suficientemente justificada la ocupación del **100% de las cámaras de falsos-techos** por la instalación de clima.

Además en el caso de la *Torre de Cristal*, la difusión del aire primario de ventilación emplea como plenum de impulsión el **100% de la cámara del suelo-técnico**.



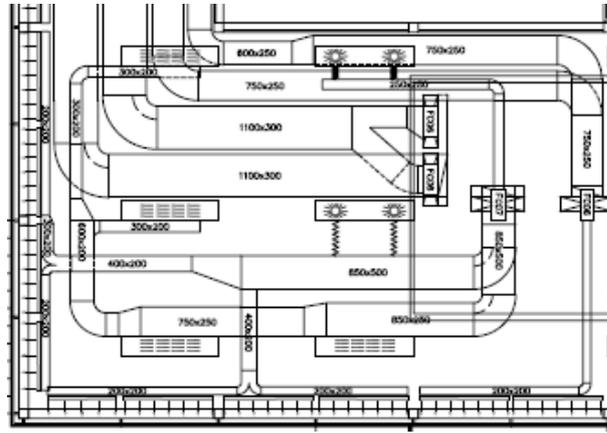
Volumen Construido planta/ Volumen Construido planta espacios clima				
Caso	Volumen Constr. [m³]	Falsos techos [m³]	Suelos técnicos [m³]	[%]
Torre Llacuna	29.067,19	2.136,78	1.293,12	11,80%
Edificio Expo 2008	18.096,10	3.100,45	490,24	19,84%
WTCZ (Torre Este)	108.841,00	7.214,59	2.705,47	9,11%
Torre de Cristal	304.146,00	48.262,20	27.578,40	24,94%

[Tabla 6.15]. Comparativa volumen construido una planta de oficinas y volumen de los falsos-techos y de suelos técnicos considerados de los cuatro casos analizados. Porcentaje ocupado por los espacios de clima respecto a la planta de referencia.

Relación de alturas edificios					
Alturas [m]	T. Llacuna	E. Expo 2008	WTCZ	T. Cristal	Patrón
Planta tipo	3,80	4,20	3,60	4,20	-
Planta tipo entre forjados	3,44	3,90	3,20	3,85	-
Planta tipo libre	2,70	2,85	2,65	2,75	-
Porcentaje [%]	71,05%	67,86%	73,61%	65,48%	69,50%
Falso techo	0,50	0,90	0,40	0,70	-
Porcentaje [%]	13,16%	21,43%	11,11%	16,67%	15,59%
Suelo técnico	0,24	0,15	0,15	0,40	-
Porcentaje [%]	6,32%	3,57%	4,17%	9,52%	5,89%
	90,53%	92,86%	88,89%	91,67%	90,98%

[Tabla 6.16]. Relación de espacios en la sección de una planta de oficinas de cada uno de los edificios estudiados.

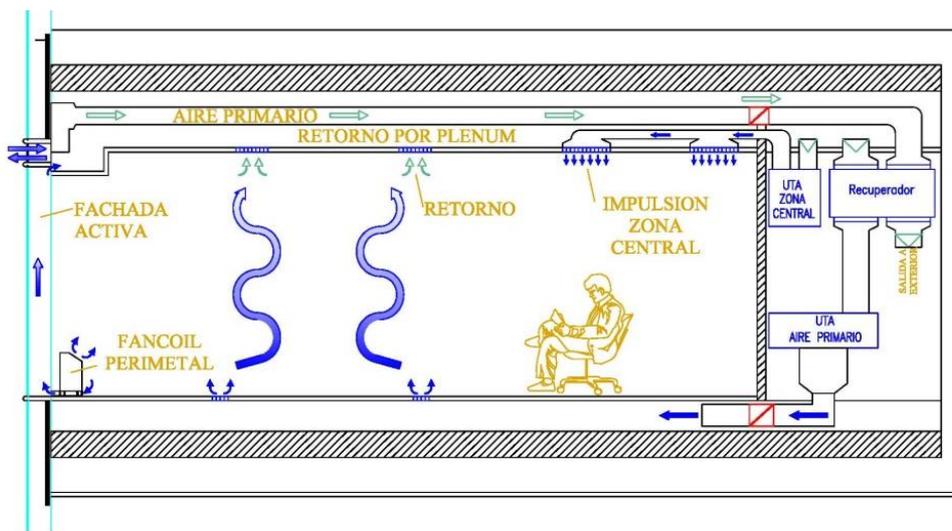
En la *Torre Llacuna*, los 0,50 m de espesor de su cámara de falso-techo está determinada por las dimensiones de las unidades terminales de climatización. En el *Edificio de Expo 2008*, edificio con mayor amplitud en la cámara de cielo raso de los cuatro analizados, los 0,90 m de cámara en las cuatro plantas de oficinas (1,20 m en la planta baja) está condicionada además de por la implantación de las UTAs por los cruces que se producen entre los conductos de impulsión y retorno de la instalación de aire acondicionado.



[6.10]. Detalle cruces conductos en falso-techo de planta baja. Edificio Expo 2008.

Las Torres del *WTCZ*, al igual que en otros huecos destinados a la implantación de clima, sus 0,40 m de espesor es la dimensión más optimizada para las cámaras destinadas a la distribución de fluidos. También presenta una dimensión muy comedida para su suelo técnico (0,15 m).

La Torre de Cristal, con su aporte de aire primario en cada una de las plantas y su difusión por el suelo técnico, requiere casi un 25% de su altura por planta para las láminas de distribución de fluidos.



[6.11]. Sección planta tipo de oficinas y distribución del aire de climatización en la Torre de Cristal.

6.2. Conclusiones finales y líneas de investigación.

6.2.1. Conclusiones finales.

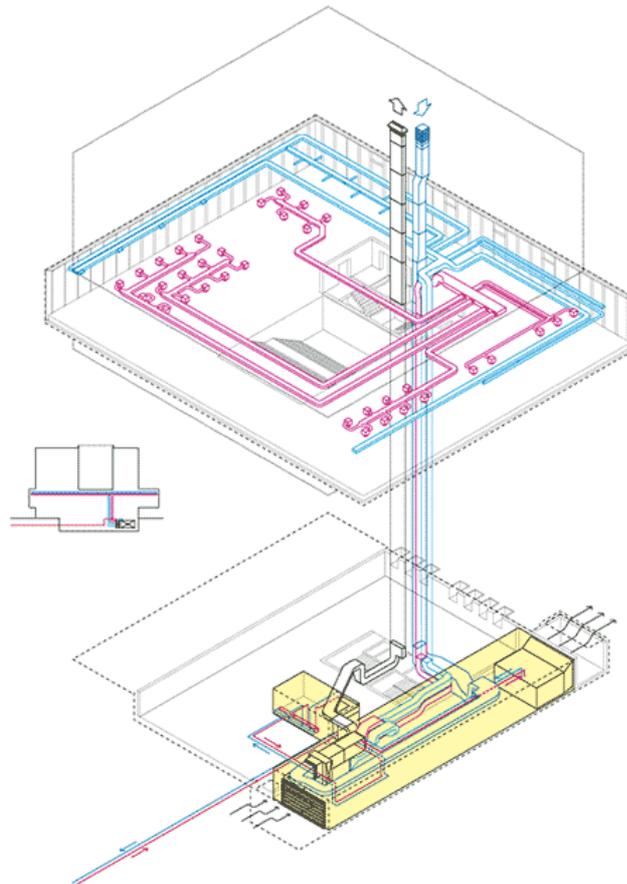
6.2.1.1. Sobre la implantación de las instalaciones de clima en los edificios de oficinas.

La investigación realizada permite afirmar que el estudio de **la ocupación de las instalaciones de climatización en los edificios de oficinas debe hacerse como elementos volumétricos** que se interrelacionan con la arquitectura. Y no como superficie ocupada como se venía haciendo hasta ahora, siempre de forma muy somera y no suficientemente valorada en el programa funcional de los edificios.

La arquitectura es espacio y como tal, todos los elementos que la componen también. La ocupación de las instalaciones empieza a tener dimensiones relevantes, que influyen considerablemente en la toma de decisiones. Las instalaciones son un elemento constructivo volumétrico más, como la estructura o la fachada, que hay que valorar en m^3 , y no en m^2 , que es como se ha cuantificado hasta ahora, tal y como reflejan los antecedentes de esta tesis.

Las mediciones realizadas en esta tesis demuestran que la relevancia del espacio ocupado por las instalaciones de un edificio en general, y de las instalaciones de climatización en particular, es mucho mayor si el estudio se hace en volumen que si se hace en superficie.

Sólo un estudio de estas características desde el proyecto de los edificios permitirá algo más que el puro compromiso entre las recomendaciones del ingeniero y la acomodación del arquitecto. Se trata de dar a las instalaciones su lugar a la hora de implantarlas en el edificio, y que constituyan junto con la arquitectura un único organismo con un funcionamiento óptimo.



[6.12]. Esquema axonométrico de instalaciones en edificio.

6.2.1.2. Sobre los parámetros de los que depende el volumen ocupado por las instalaciones de clima en los edificios de oficinas.

El análisis de los factores que determinan la ocupación de las instalaciones de clima en los edificios de oficinas, ha de hacerse con carácter tridimensional, no sólo por el ratio numérico considerado en el apartado anterior, sino por **las interconexiones espaciales que tiene la implantación de las instalaciones de aire acondicionado con los distintos sistemas que componen el edificio.**

Para identificar el volumen ocupado por las instalaciones de clima respecto al total del volumen construido ($V_{residual\ instalaciones\ clima} / V_{construido}$) se ha de tener en cuenta multitud de parámetros.

De todos ellos, los estudiados en esta tesis por tener relevante carácter arquitectónico son:

- **LA TIPOLOGÍA ARQUITECTÓNICA.**
- **LA SECTORIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN.**
- **LA DISTRIBUCIÓN VERTICAL.**
- **LA DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL.**

Y un **análisis metodológico** de las cuatro variables combinadas garantiza la correcta integración de las instalaciones en los edificios.

De la multitud de tipos formales que se pueden dar en el edificio de oficinas, se han definido las dos tipologías que realmente son relevantes en la determinación del espacio ocupado por las instalaciones de clima: **TORRE y BLOQUE**. La consideración de Sede Corporativa o edificio destinado a oficinas de alquiler, y la organización del espacio de trabajo en plantas diáfanas o compartimentadas en despachos, son los seis parámetros tipológicos que van a determinar el volumen ocupado por las instalaciones de climatización. Las posibles combinaciones de tres elementos de estos seis parámetros determinarán además la organización de dicho volumen dentro del edificio.

La sectorización de la instalación de climatización incide notablemente en la ocupación de volumen de las redes. Afecta a dos aspectos fundamentales que se han de conocer al inicio del diseño del edificio por parte del arquitecto: la centralización o no de la producción de energía y la toma de aire primario de ventilación en un único punto o de forma distribuida.

En los edificios de oficinas, aun tratándose de arquitecturas (tipologías) o sistemas de aire acondicionado diferentes, lo que se mantiene en el planteamiento general de las instalaciones de climatización es la categorización de los espacios establecida en esta tesis. Y una identificación de estos espacios servidores desde el momento inicial del diseño arquitectónico, fundamentalmente los de distribución horizontal y vertical de fluidos, garantiza una correcta integración de la instalación con el edificio.

6.2.1.3. Algo sobre ratios.

Establecer un patrón de ocupación de las instalaciones de clima, como una pauta exacta que permita a los arquitectos determinar las reservas espaciales necesarias para la ubicación de los dispositivos y las redes, en base a un **estudio estadístico-experimental**, sin un desarrollo completo del proyecto técnico, es una tarea compleja. Puesto que no hay una única solución para un planteamiento correcto de la instalación de climatización de un determinado edificio de oficinas. Los volúmenes exactos ocupados sólo se podrían obtener dimensionando todos y cada uno de los dispositivos de la instalación, lo que responde a otra etapa del proceso; y realizado de forma estanca, sin unos planteamientos generales, no garantiza la correcta colocación de dispositivos y redes.

En el ámbito analizado en la tesis, tanto temporal (construcción de edificios durante la década 2000-2015) como espacial (eje Barcelona – Zaragoza – Madrid) el tipo más característico es la TORRE PRISMÁTICA ACRISTALADA de tamaño medio (hasta 100.000 m³) con núcleo central y planta diáfana destinada a alquiler de oficinas. En cuanto al sistema de climatización se considera que para este periodo los sistemas híbridos aire-agua, con fancoils perimetrales y UTAs centralizadas es el tipo más común, y por tanto que más puede facilitar el encuentro de este ratio buscado.

De los cuatro edificios estudiados en esta tesis, el que más se ajusta al que debe de ser el modelo más fiable para comparar es el **WTCZ**. Este caso nos indica que el **$V_{residual\ instalaciones} / V_{construido}$ para el tipo característico está próximo al 20% y los espacios destinados a clima podrían requerir entre el 6-7% del volumen construido.**



[6.13]. World Trade Center Zaragoza.

En todo caso, una vez elegido el conjunto edificio-sistema a medir y comparar, la cuestión es establecer la **metodología de medición clara** de los espacios ocupados por las instalaciones de clima. No se ha encontrado en la investigación bibliográfica llevada a cabo una metodología lo suficientemente rigurosa en este campo.

Por lo que en cualquier medición de los espacios ocupados por las instalaciones, si se quiere garantizar el éxito de los ratios obtenidos, **el Método de cuantificación ha de ser sustractivo**, asegurando siempre los ratios generales del 100% y permitiendo fácilmente correcciones posteriores.

6.2.2. Líneas de investigación futuras

A partir de la investigación, y quedando patente la importancia de los espacios destinados a instalaciones en la arquitectura, dos son las líneas que a la doctoranda le interesaría seguir investigando:

Por un lado se trataría de la aplicación de la **Metodología de medición sustractiva** descrita en el [Capítulo 5](#), a un número comparable de edificios de oficinas. Eligiendo el número adecuado de edificios con una misma tipología arquitectónica y el mismo sistema de climatización elegido, la doctoranda considera que sí que es posible encontrar esos ratios de referencia ($V_{residual\ instalaciones\ clima} / V_{construido}$).

La metodología se podría aplicar por separado a cada uno de los tipos de edificios de uso administrativo y a cada uno de los sistemas de aire acondicionado posible. Y evidentemente se da la posibilidad a que otros investigadores puedan aportar conocimiento a partir de esta tesis siguiendo sus propias vías de estudio en otras tipologías y usos.

Las herramientas de dibujo que se perfilan para el futuro, la utilización de *Herramientas BIM*, para identificar sistemas y huecos de forma volumétrica garantizaría la exactitud de las mediciones realizadas.

Con la correspondiente labor experimental se podrían llegar a obtener los ratios buscados que permitirían al arquitecto reservar los espacios adecuados desde el momento inicial del proyecto.

Por otro lado, y tras el conocimiento de casi cien edificios de oficinas y sus instalaciones de climatización artificial, muchos de ellos contemporáneos, y tras la crisis económica del momento, a la doctoranda se le plantea la necesidad de investigar en **la evolución de dichos edificios y sus instalaciones** para adaptarse a los requerimientos normativos, sobre todo en lo que se refiere a la eficiencia energética exigida al uso terciario administrativo.

Se abre la posibilidad de que otros investigadores trabajen no solo en cómo estos edificios, contruidos en épocas de mayor auge económico, responden no sólo a su rehabilitación energética sino también a la conversión hacia edificios cercanos al consumo de energía nulo. Se trata, por un lado, de valorar si los espacios reservados para instalaciones son suficientes para adaptar los edificios a la normativa vigente. Y por otro cómo influyen las repercusiones espaciales de las instalaciones de climatización actuales en la integración de energías renovables en los edificios ya contruidos. Se valora si los espacios reservados son suficientes para adaptar los edificios hacia edificios próximos a cero emisiones.

Las futuras investigaciones en este campo deberían de considerar que las instalaciones son técnica y son arquitectura y se debe conseguir la tan ansiada unión de las dos disciplinas. Es el momento de aprovechar las ideas, la innovación tecnológica, las nuevas energías,...etc. como formas de conseguir que las instalaciones generen arquitectura y no se consideren un elemento molesto dentro del edificio.

Referencias.

1. Se correspondería con el ámbito de estudio del IDAE sobre el potencial de la climatización en los edificios de oficinas. Ver [Tabla 2.01] del Capítulo 2. El Edificio.
2. Serra R. "Arquitectura i màquina". Barcelona, Edicions UPC, 2001. Apartado 2.1. El elemento transportado.
3. Sauer Jr. Harry J., Howell Ronald H. y Coad William J., "Principles of Heating Ventilating and air conditioning" 2001. Editado por American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Apartado 11.14.
4. Serra R. "Arquitectura i màquina". Barcelona, Edicions UPC, 2001. Apartado 2.1. El elemento transportado.
5. Bernabeu A., de su tesis doctoral "Estrategias del diseño estructural en la arquitectura contemporánea. El trabajo de Cecil Balmond". Director Ricardo Aroca, Madrid, 2007. 5. Conclusiones. Pág.117

Imágenes.

- [6.01] Elaboración propia.
- [6.02] Elaboración propia.
- [6.03] Fuente: Cristina Cabello.
- [6.04] Fuente: Cristina Cabello.
- [6.05] Fuente: Cristina Cabello.
- [6.06] Elaboración propia.
- [6.07] Elaboración propia.
- [6.08] Elaboración propia.
- [6.09] Elaboración propia.
- [6.10] Fuente: Basilio Tobías Pintre. Arquitecto.
- [6.11] http://www.torredecristal.com/pdf/Torredecristal_Dossier.pdf (2016).
- [6.12] Fuente: Tectónica 31. Energía 2
- [6.13] https://es.wikipedia.org/wiki/World_Trade_Center_Zaragoza (2016).

Tablas.

- [Tabla 6.01]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.02]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.03]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.04]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.05]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.06]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.07]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.08]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.09]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.10]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.11]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.12]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.13]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.14]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.15]. Elaboración propia.
- [Tabla 6.16]. Elaboración propia.

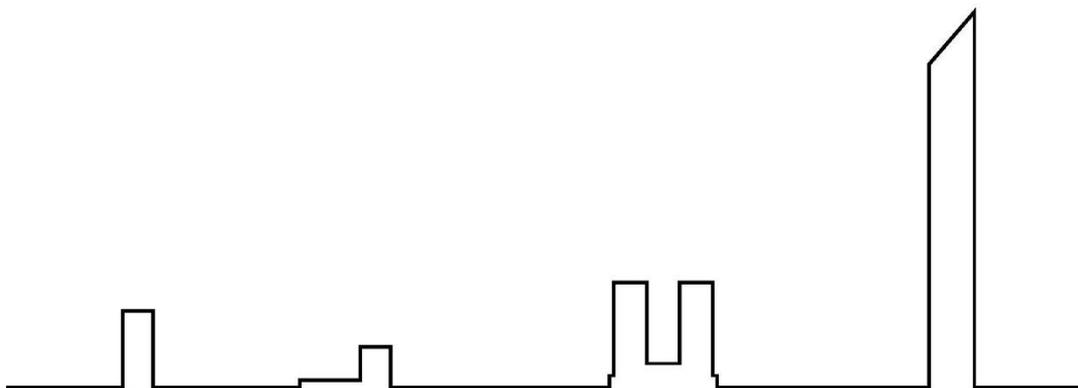


**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA**

Repercusión arquitectónica del volumen de las instalaciones en los edificios de oficinas. Análisis de las instalaciones de aire acondicionado.

ANEXOS



Tesis presentada por:

CRISTINA CABELLO MATUD

Arquitecta por la Universidad Politécnica de Cataluña.

Directora:

HELENA COCH ROURA

Doctora Arquitecta por la Universidad Politécnica de Cataluña.

Anexo 1. CASOS DE ESTUDIO.



I. TORRE LLACUNA.



[I.01] [I.02]. Torre Llacuna, vista desde la c/ Gran Vía de las Corts Catalanes y alzado frontal.

A. Datos generales del edificio.

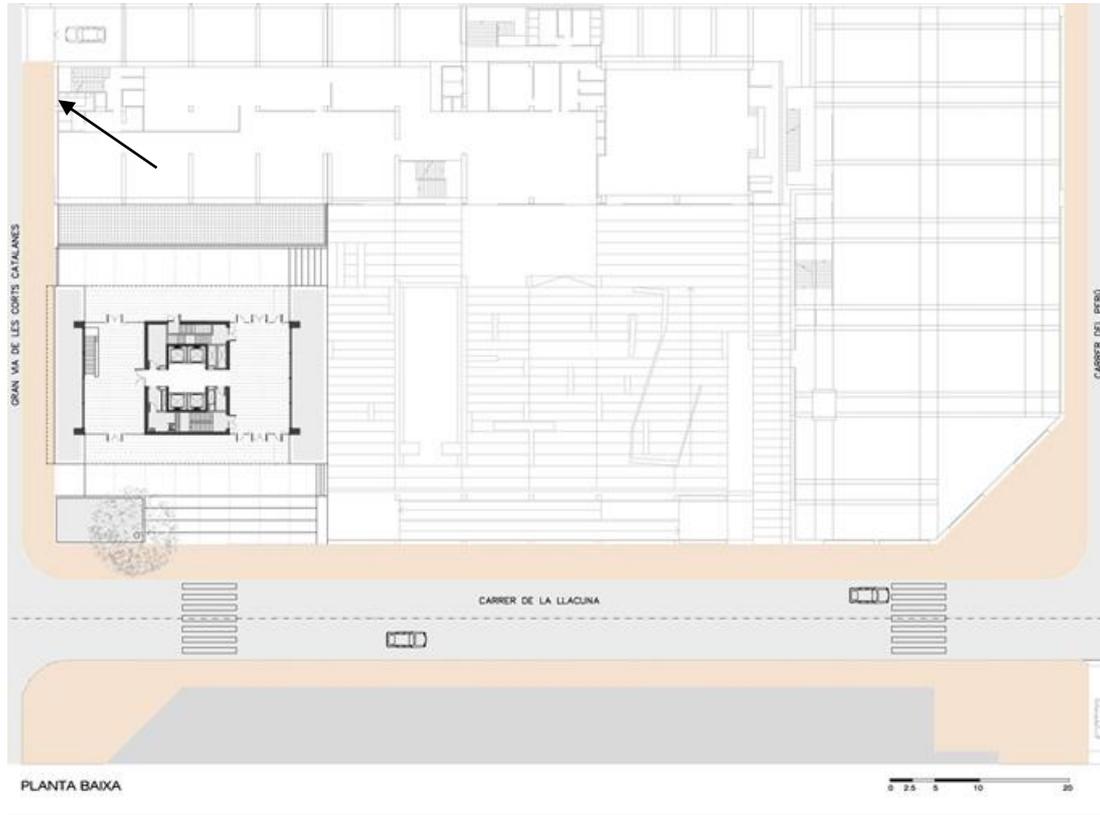
Ubicación:	Gran Vía de las Corts Catalanes 890 / Calle de la Llacuna 164. Barcelona
Arquitecto:	TAC Arquitectes
Ingeniería:	JSS. Ingeniería y Arquitectura
Propietario:	Servihabitat - Barcelona Activa
Año de terminación de la obra:	2004

B. Descripción general del edificio.

Forma parte de un conjunto empresarial formado por dos volúmenes, la torre a estudiar y un cuerpo de tres plantas con configuración de bloque. La construcción analizada es un ejemplo representativo de la tipología por excelencia para el edificio de oficinas: *La Torre vidriada*. Constituye un único volumen apoyado en el nivel de acceso de menor dimensión que el resto de las plantas.

Se construye con el fin de ser una torre de oficinas de alquiler: cada planta de 589 m² puede organizarse como un único espacio diáfano o dividirse en dos semi-plantas, que a su vez se pueden subdividirse en otros espacios menores. Hoy en día se alquilan espacios de 300 m² o 160 m², que se adaptan en mayor o menor medida a las instalaciones de climatización de cada una de las plantas.

La fachada [I.01], [I.02] está formada por bandas alternadas horizontales de muro cortina y aluminio de color gris que se distribuyen de forma homogénea a lo largo de toda la envolvente de la torre. Se diferencian claramente las lamas horizontales metálicas de remate de la torre que sirven para reducir la repercusión formal de la implantación de las máquinas en la cubierta del edificio.



[I.03]. Planta baja.

Superficies construidas globales		
Plantas edificio	Volumen [m ²]	Porcentaje [%]
Superficie construida Planta Baja	309,05	2,89%
Superficie construida 12 plantas	7.233,60	67,57%
Superficie construida sótano	3.044,33	28,44%
Superficie construida cubierta	119,10	1,11%
Total	10.706,08	100,00%

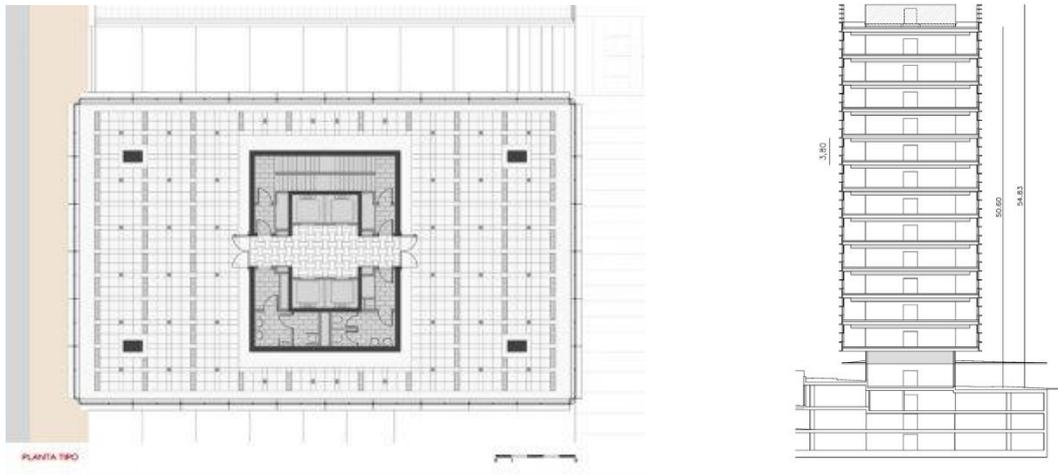
[Tabla I.01]. Superficies construidas globales.

Volúmenes construidos globales			
Plantas edificio	h libre [m]	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Volumen construido Plantas Sótano	3,00	9.133,00	23,69%
Volumen construido Planta Baja	5,58	1.724,54	4,47%
Volumen construido Plantas Tipo (12)	3,78	27.343,00	70,91%
Volumen construido Cubierta	3,00	359,46	0,93%
Total volumen construido sobre rasante		29.427,00	76,31%
Total volumen construido		38.560,00	100,00%

[Tabla I.02]. Volúmenes construidos globales.

C. Organización de usos.

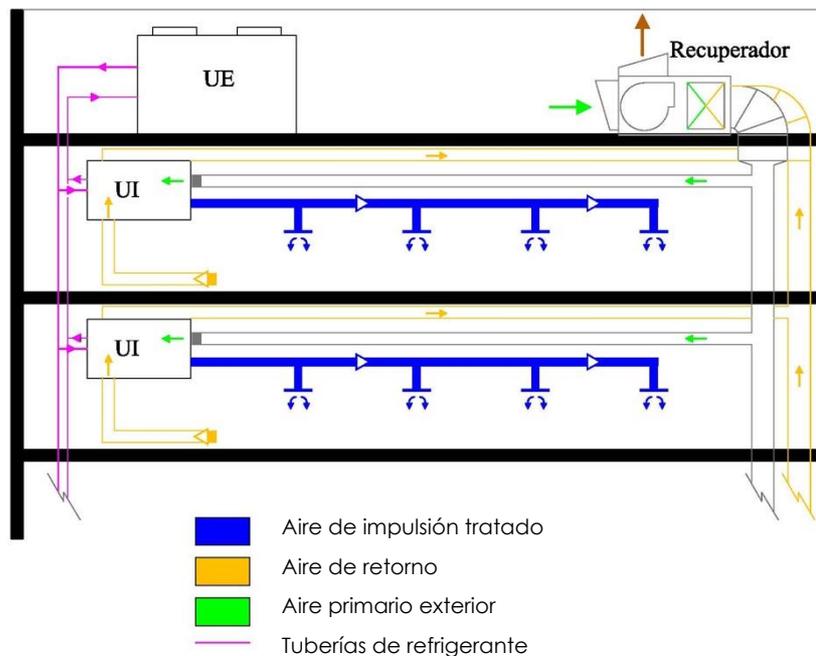
El edificio de 59 m de altura, cuenta con un nivel de acceso, 12 plantas de oficinas y 3 plantas sótanos [I.04]. El origen de la planta tipo es un rectángulo de 31 x 19 m.



[I.04]. Planta tipo de oficinas y sección torre.

D. Instalación de clima.

Sistema Volumen Refrigerante Variable [I.05], tipo bomba de calor. Las UE se sitúan en cubierta, y las UI en el falso-techo de cada planta. El caudal de aire primario se toma en cubierta en dos puntos, donde se dispone de recuperadores de energía, y se distribuye por dos patinillos, uno para cada semi-planta.



[I.05]. Esquema de principio del sistema volumen refrigerante variable y de ventilación.

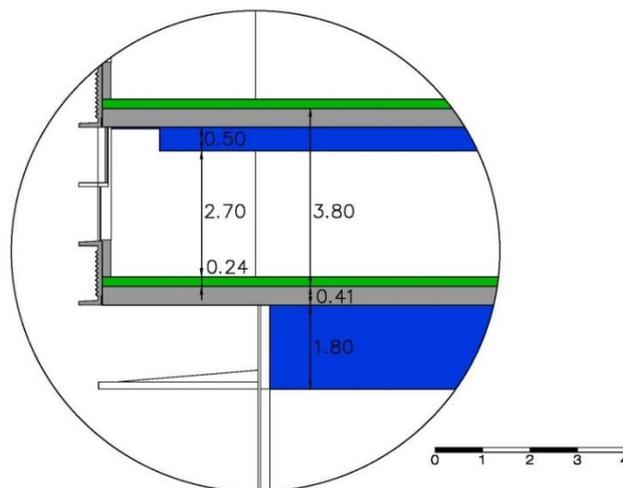
para cada una de las zonas del edificio: el ala noroeste se atiende desde los equipos situados en el cuadrante norte de la cubierta y el lado sureste desde los ventiladores y extractores situados en la esquina sur de la cubierta. La disposición de los conductos que transportan el aire primario y el de retorno se hace a través de un doble patinillo según la zona a la que den servicio (*patinillo 1 para el ala noroeste y patinillo 8 para el ala sureste*) [1.07].

Cada conjunto que sirve a cada una de las zonas está formado por ventilador de aspiración, extractor, recuperador y conducto vertical de impulsión y extracción (*cuatro de estos sistemas para todo el edificio*). Con los recuperadores se prevé la recuperación del 40% de la energía que se pierde con el aire de ventilación.

La distribución horizontal del aire de ventilación [1.08], al igual que la climatización, se realiza con tres climatizadores independientes por cada media planta. La red de conductos de impulsión y retorno son de fibra de vidrio de una altura igual o inferior a 25 cm exteriores para permitir cruces de instalaciones que también discurran por el cielo raso.



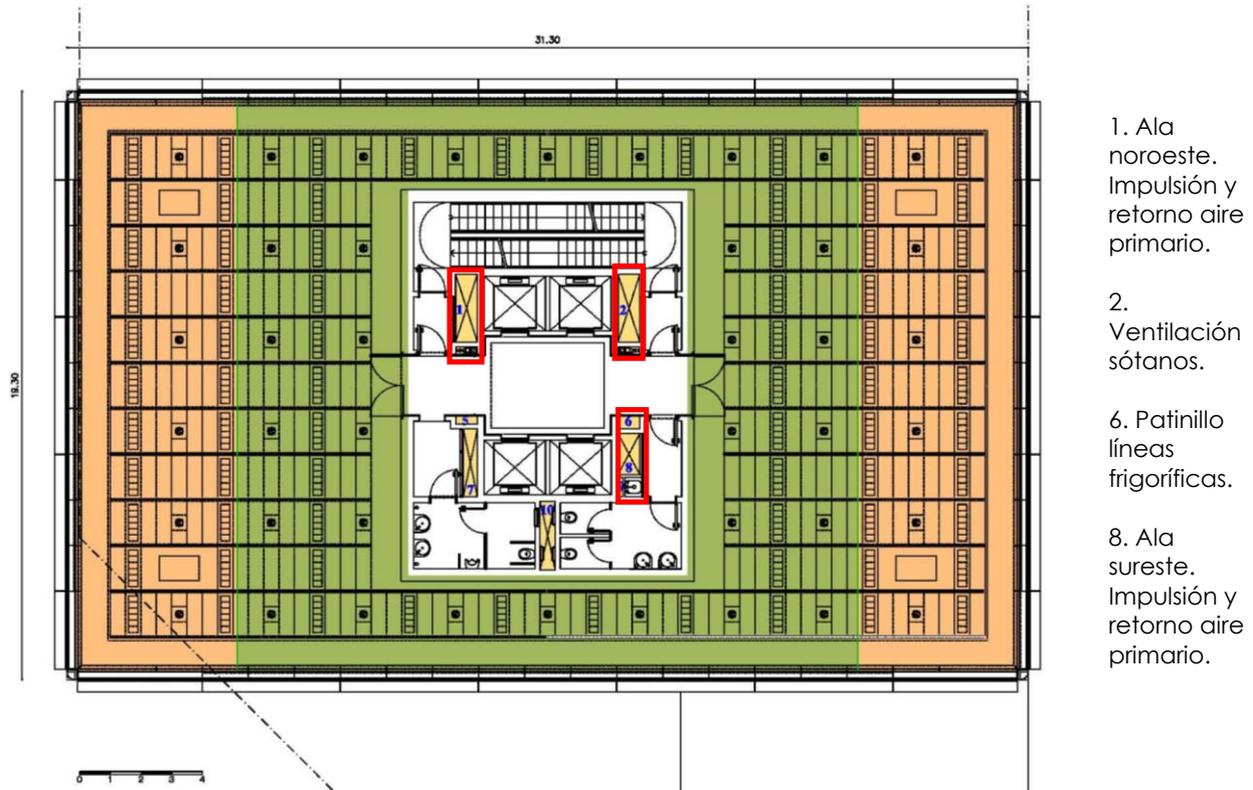
[1.07] [1.08]. Construcción de la Torre Llacuna.



[1.09]. Sección representativa de la torre Llacuna.

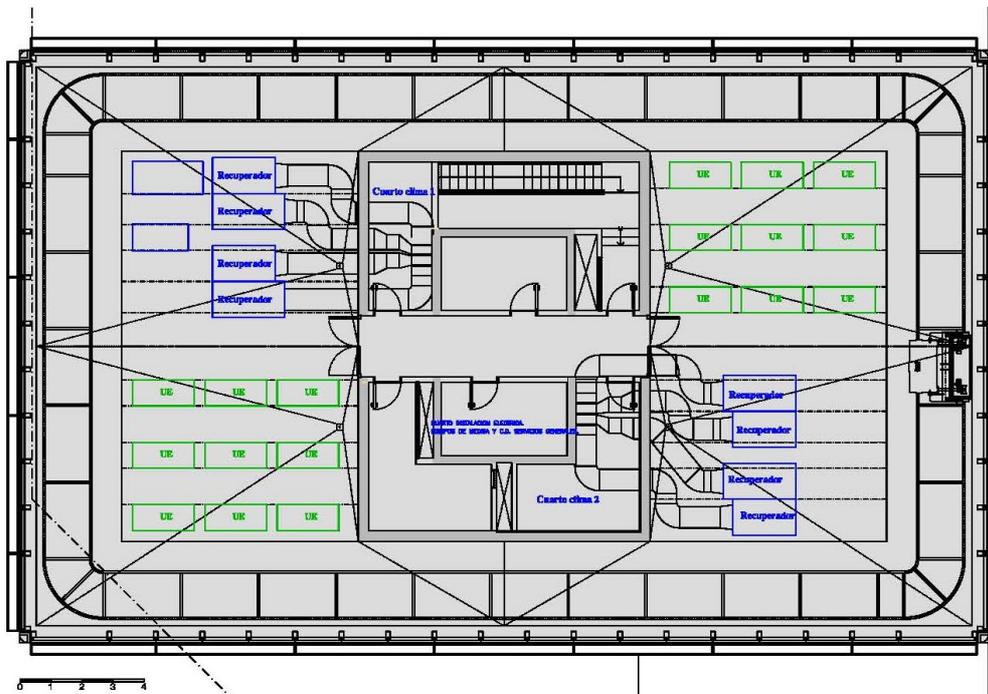
E. Espacios ocupados por la instalación de clima.

- Identificación de los espacios ocupados por las instalaciones.

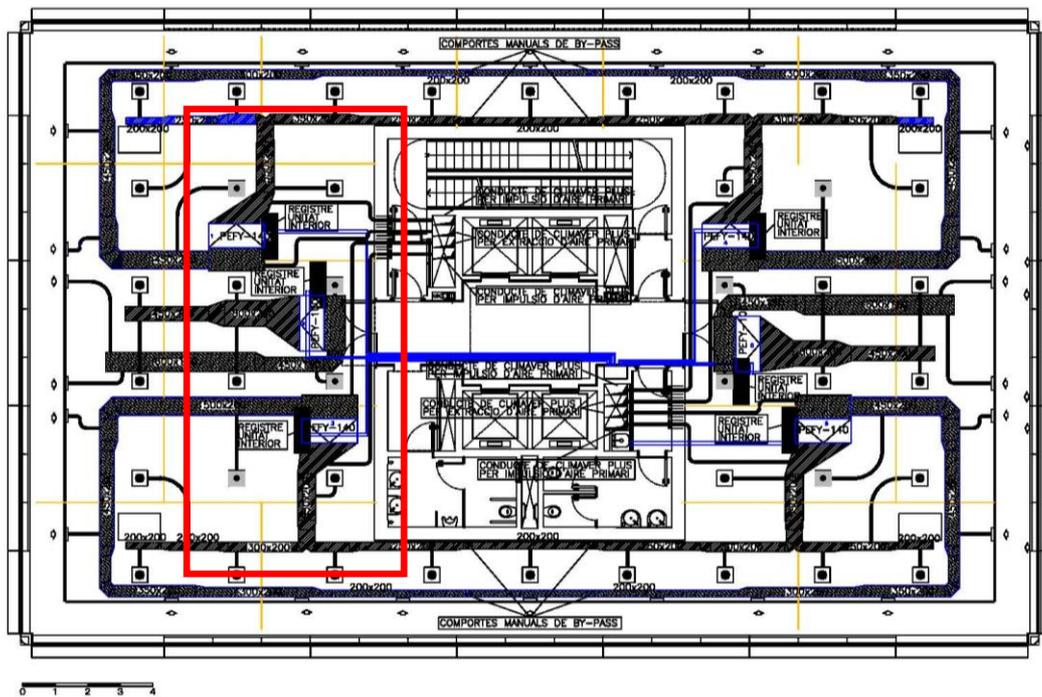


- 1. Ala noroeste. Impulsión y retorno aire primario.
- 2. Ventilación sótanos.
- 6. Patinillo líneas frigoríficas.
- 8. Ala sureste. Impulsión y retorno aire primario.

[I.10]. Distribución de patinillos y diferenciación de zonas a climatizar en planta de oficinas.



[I.11]. Planta de cubierta. En verde, unidades exteriores de climatización. En azul, posición de los ventiladores y recuperadores para ventilación.



[I.12]. Ocupación completa del cielorraso por los equipos y los conductos de impulsión y retorno. Patinillos donde se ubican los conductos verticales para la ventilación de las plantas de oficinas: dos de ida y dos de retorno en cada hueco.



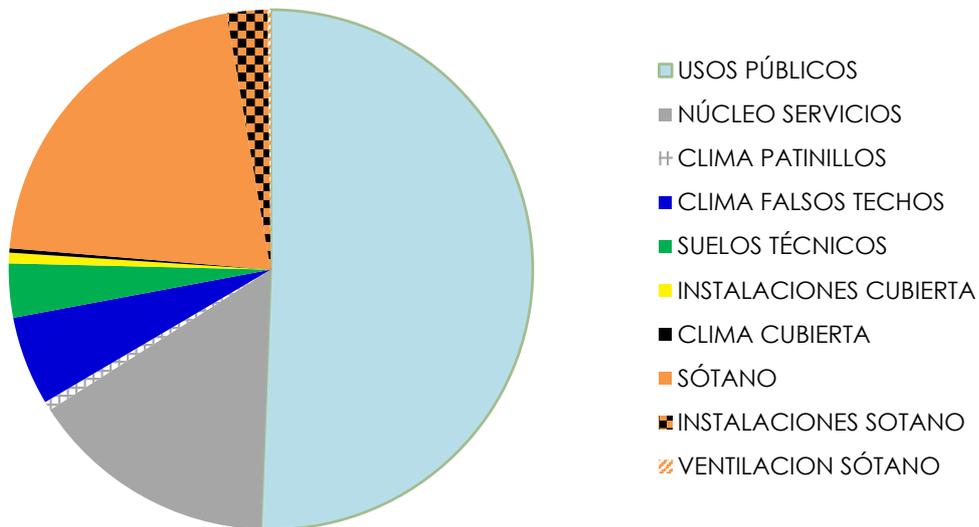
[I.13]. Imagen interior de la planta de oficinas. Distribución de difusores de impulsión y rejillas de retorno.

- Volumen ocupado por las instalaciones.

Torre Llacuna		
Tipo zona	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Usos públicos	19.513,00	50,60%
Núcleo servicios	5.909,00	15,32%
Clima Patinillos	216,00	0,56%
Clima Falsos Techos	2.137,00	5,54%
Suelos técnicos	1.293,00	3,35%
Instalaciones cubierta	254,00	0,66%
Clima Cubierta	105,00	0,27%
Sótano	8.096,00	21,00%
Instalaciones sótano	966,00	2,51%
Ventilación sótano	71,00	0,18%
Total volumen construido	38.560,00	100,00%

Nota: Supuesto 1

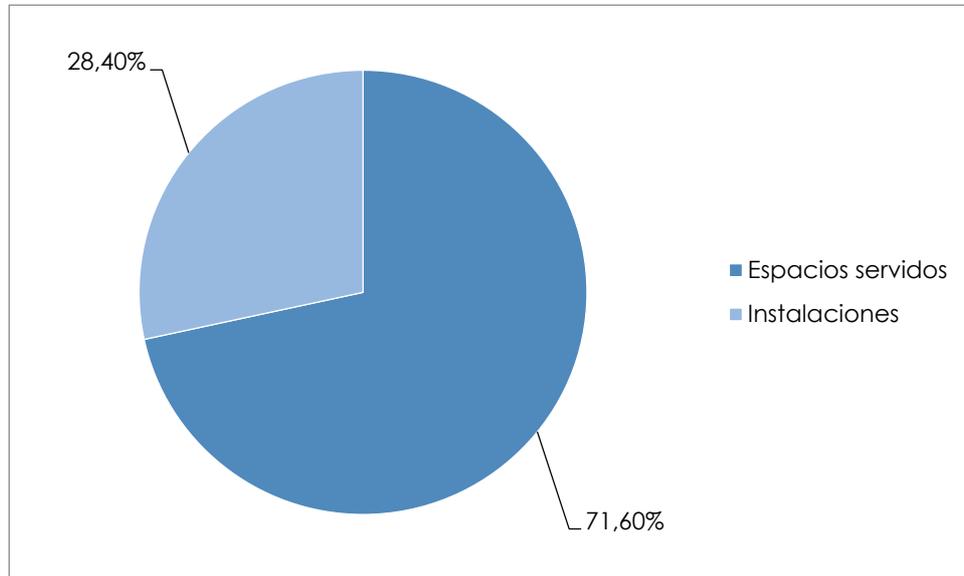
[Tabla I.03]. Volumen ocupado por diferentes espacios de instalaciones.



En la Torre Llacuna, las instalaciones ocupan un **28,40%** respecto al total del volumen construido, 38.560 m³. De los cuales un **6,37%** son espacios ocupados por las instalaciones de climatización.

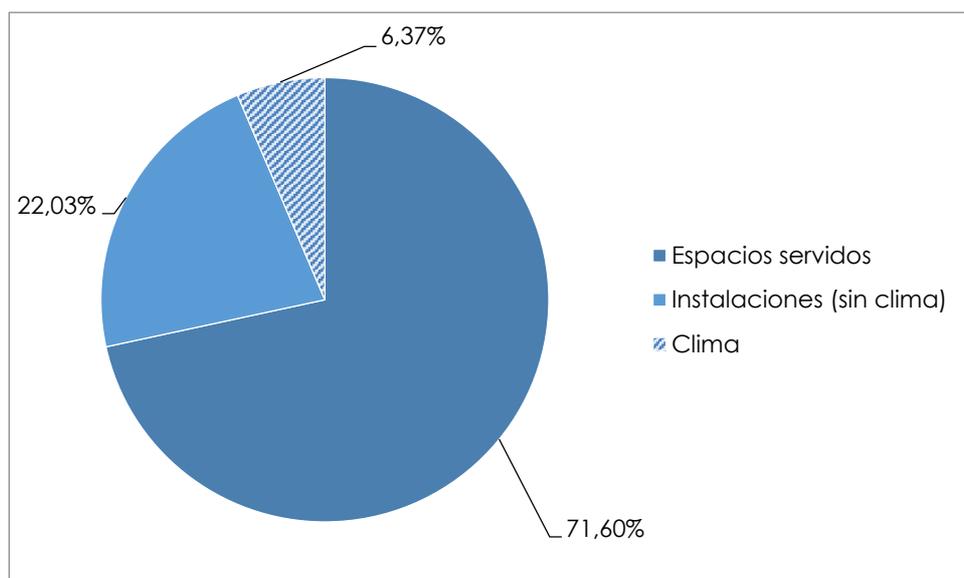
Torre Llacuna		
Tipo zona	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Espacios servidos	27.609,00	71,60%
Instalaciones	10.951,00	28,40%
Total volumen construido	38.560,00	100,00%

[Tabla I.04]. Volumen ocupado por las instalaciones.



Torre Llacuna		
Tipo zona	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Espacios servidos	27.609,00	71,60%
Instalaciones (sin clima)	8.493,00	22,03%
Clima	2.458,00	6,37%
Total volumen construido	38.560,00	100,00%

[Tabla I.05]. Volumen ocupado por las instalaciones de clima.



- *Repercusión instalaciones respecto al volumen total construido público sobre rasante.*

Cuando el análisis se realiza en relación al volumen construido útil, esto es, respecto a los espacios de oficinas y a los más públicos del edificio, descontando las plantas bajo rasante destinadas a aparcamiento [Tabla I.06], el porcentaje se eleva hasta un 33,69% para los espacios servidores y un 8,35% para el volumen ocupado por la instalación de clima.

Torre Llacuna (sin sótano)		
Tipo zona	Volumen [m³]	Porcentaje [%]
Usos públicos	19.513,00	66,31%
Núcleo servicios (sin clima)	5.909,00	20,08%
Suelos técnicos	1.293,00	4,39%
Instalaciones cubierta	254,00	0,86%
Clima	2.458,00	8,35%
Total volumen construido Sobre Rasante Público	29.427,00	100,00%

Nota: Supuesto 3

[Tabla I.06]. Ratios de ocupación sin considerar volumen construido de sótano.

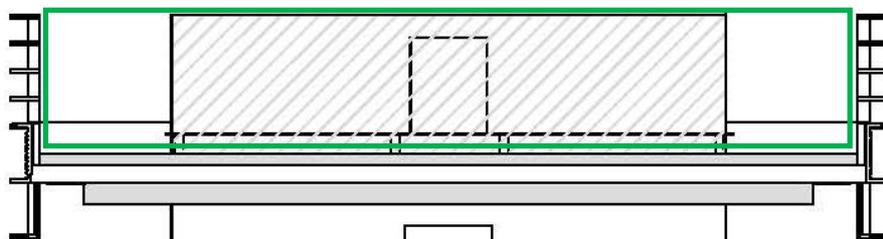
- *Consideración del volumen virtual de cubierta.*

Se podría hablar de un volumen virtual ocupado por las instalaciones de clima en cubierta [Tabla I.07], que representa 600 m³ (2 x 100 m² y 3 m) y que habría que sumar al volumen ocupado por las instalaciones de clima, lo que supone un incremento del volumen destinado a clima del 1,53%.

Torre Llacuna		
Tipo zona	Volumen [m³]	Porcentaje [%]
Espacios servidos	27.609,00	70,50%
Instalaciones	8.493,00	21,69%
Clima	2.458,00	6,28%
Volumen Virtual cubierta	600,00	1,53%
Total volumen construido	39.160,00	100,00%

Nota: Supuesto 2

[Tabla A1.07]. Ratios de ocupación considerando el volumen virtual de cubierta.



[I.14]. Volumen virtual de cubierta.

Si no consideramos el sótano [Tabla I.08] y valoramos el volumen virtual de cubierta ocupado por las máquinas de clima obtenemos un incremento considerable del volumen ocupado por las instalaciones de clima:

Torre Llacuna (sin sótano)		
Tipo zona	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Usos públicos	19.513,00	64,98%
Instalaciones	7.456,00	24,83%
Clima	2.458,00	8,19%
Volumen Virtual cubierta	600,00	2,00%
Total volumen construido (sin sótano)	30.027,00	100,00%

Nota: Supuesto 4

[Tabla I.08]. Ratios de ocupación considerando el volumen virtual de cubierta y sin sótano.

Dos son los debates abiertos a la hora de establecer el volumen ocupado por las instalaciones de clima en el edificio analizado:

- ¿El volumen construido de la torre ha de ser considerado de forma global bajo rasante y sobre rasante? ¿Aun cuando las instalaciones de ventilación y climatización son completamente independiente?
- ¿El volumen "virtual" ocupado por las máquinas en cubierta se tendría que considerar en la suma global?

Se simplifican a continuación los cuatro supuestos realizados [Tabla I.09], de menor a mayor volumen ocupado por las instalaciones de clima:

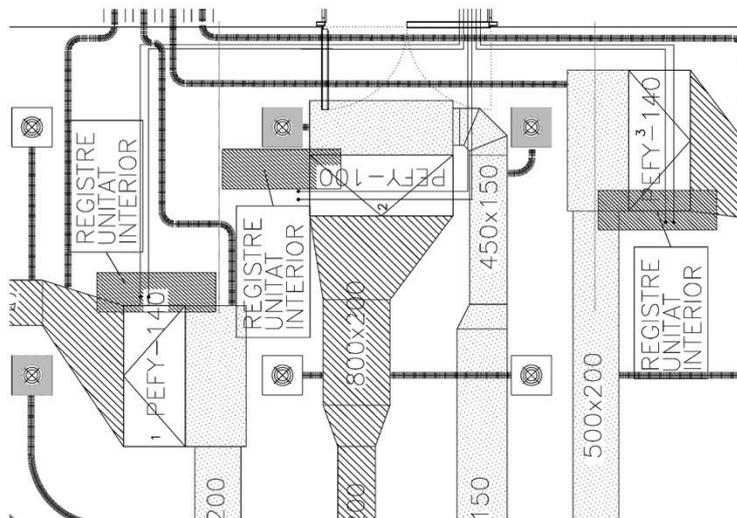
- 1- Considerando sótano y sin considerar volumen virtual de cubierta.
- 2- Considerando sótano y considerando volumen virtual de cubierta.
- 3- Sin considerar sótano y sin considerar volumen virtual de cubierta.
- 4- Sin considerar sótano y considerando volumen virtual de cubierta.

	1	2	3	4
	Porcentaje [%]	Porcentaje [%]	Porcentaje [%]	Porcentaje [%]
Espacios servidos	71,60%	70,50%	66,31%	64,98%
Instalaciones	22,03%	21,69%	25,34%	24,83%
Clima	6,37%	7,81%	8,35%	10,18%

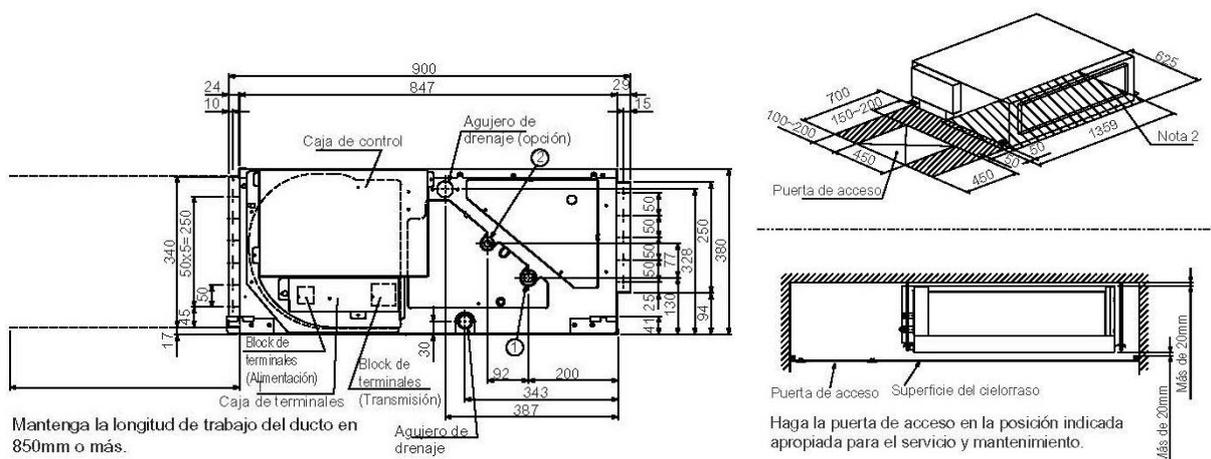
[Tabla I.09]. Resumen ratios de ocupación en las diferentes hipótesis.

- Consideración de la ocupación del falso-techo.

Se analiza con más detalle los equipos y conductos de climatización ubicados en el espacio de cielorraso en una planta de oficinas [I.15]. En lo que se refiere a los conductos, tanto los de impulsión como los de retorno, tienen una altura máxima de 200 mm, y como puede verse en la planta no hay un solo cruce de conductos en todo el trazado. Pero lo que realmente determina la amplitud de la cámara son las unidades terminales colocadas en el falso-techo. Para este caso se trata de unidades interiores, para colocar ocultas en cielorraso, de Mitsubishi Electric serie PEFY, concretamente los modelos P-100 y P-140 que tienen una altura de 380 mm. Si se consideran además los márgenes de espacio necesario para su colocación, mantenimiento, pendiente de la posible tubería de drenaje y espesor de la placa de falso-techo, el espacio requerido está próximo a los 50 cm que es la altura de esta cámara en Torre Llacuna. En este caso de estudio, con la doble sectorización de unidades terminales, el trazado de conductos propuestos y los plenums necesarios por encima de los difusores, la ocupación del falso-techo por la instalación de climatización se podría considerar completa al 100%.

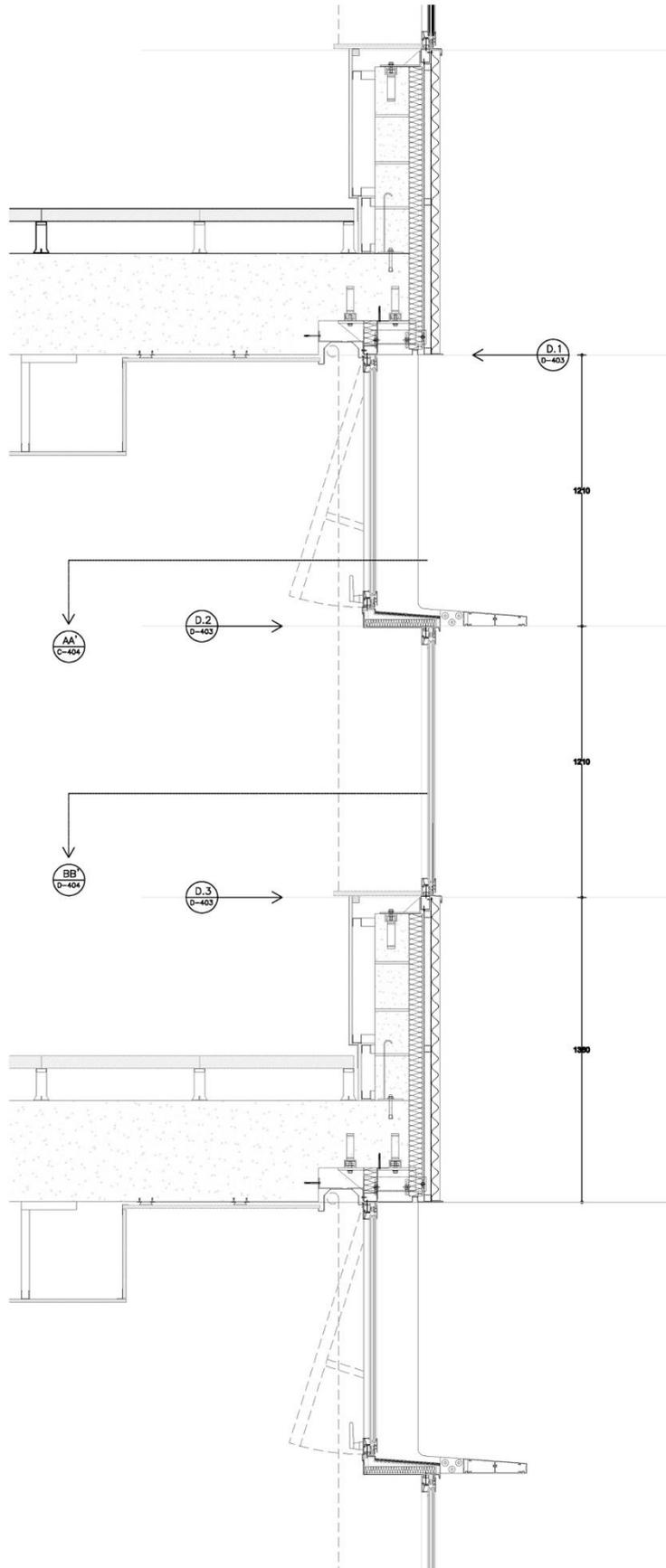


[I.15]. Ocupación completa del cielorraso por los conductos de impulsión y retorno.



[I.16]. Dimensiones y requerimientos necesarios para la colocación y el mantenimiento de las unidades interiores de Mitsubishi Electric colocadas en las plantas de oficinas de Torre Llacuna.

F. Sección constructiva.



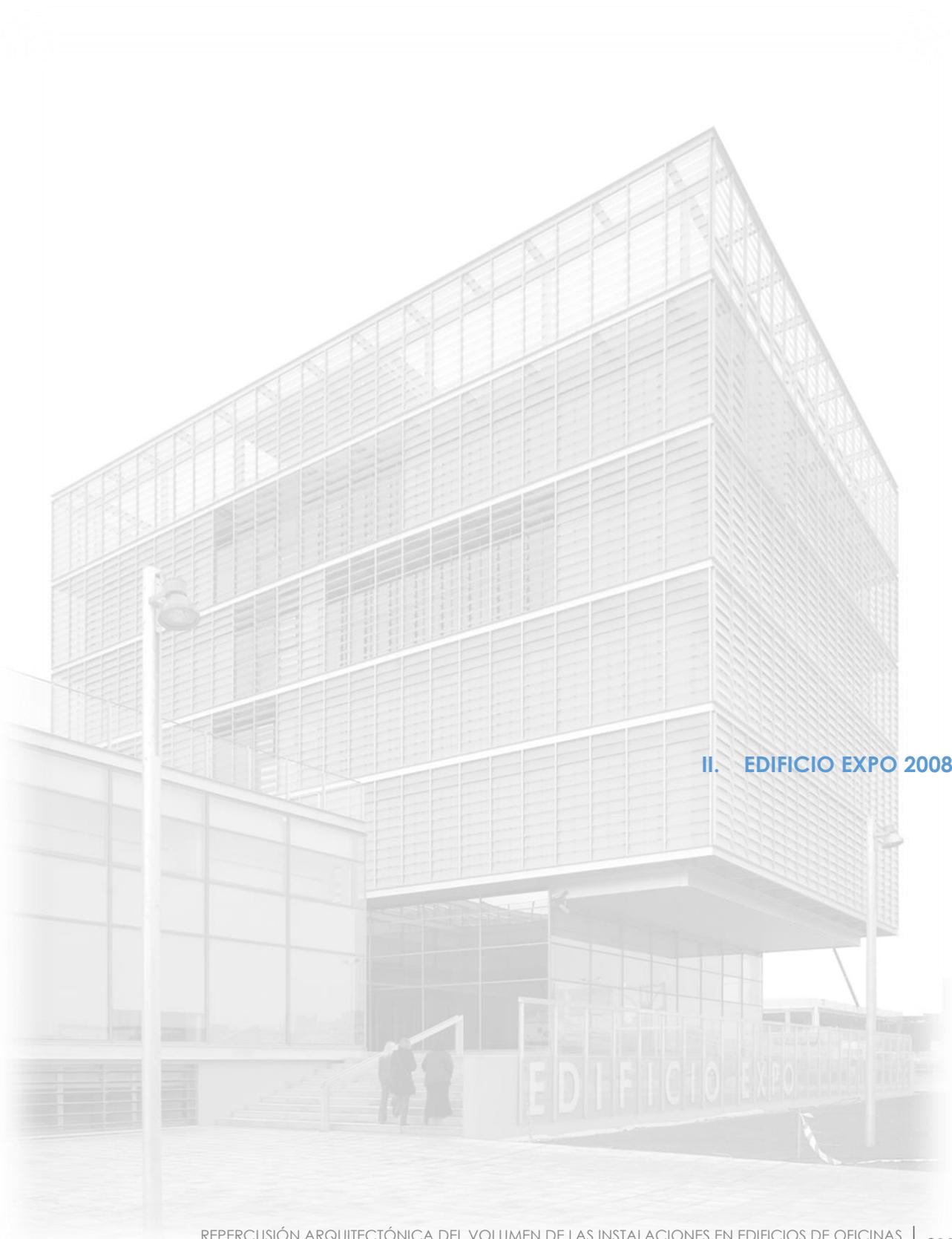
[I.17]. Sección constructiva por fachada.

Imágenes.

- [I.01] <http://www.tacarquitectes.com>
- [I.02] <http://www.tacarquitectes.com>
- [I.03] <http://www.tacarquitectes.com>
- [I.04] <http://www.tacarquitectes.com>
- [I.05] *Elaboración propia.*
- [I.06] *Fuente: Ingeniería JSS.*
- [I.07] *Fuente: EMPORIS.*
- [I.08] *Fuente: EMPORIS.*
- [I.09] *Elaboración propia.*
- [I.10] *Fuente: Ingeniería JSS.*
- [I.11] *Fuente: Ingeniería JSS.*
- [I.12] *Fuente: Ingeniería JSS.*
- [I.13] <http://www.tacarquitectes.com>
- [I.14] *Elaboración propia.*
- [I.15] *Fuente: Ingeniería JSS.*
- [I.16] *Fuente: Mitsubishi Electric.*
- [I.17] <http://www.tacarquitectes.com>

Tablas.

- [Tabla I.01]. *Elaboración propia.*
- [Tabla I.02]. *Elaboración propia.*
- [Tabla I.03]. *Elaboración propia.*
- [Tabla I.04]. *Elaboración propia.*
- [Tabla I.05]. *Elaboración propia.*
- [Tabla I.06]. *Elaboración propia.*
- [Tabla I.07]. *Elaboración propia.*
- [Tabla I.08]. *Elaboración propia.*
- [Tabla I.09]. *Elaboración propia.*



II. EDIFICIO EXPO 2008.



[II.01] [II.02]. Edificio de oficinas de la sociedad EXPO 2008.

A. Datos generales del edificio.

Ubicación:	Avenida de Ranillas. Zaragoza
Arquitecto:	Basilio Tobías Pintre
Ingeniería:	Pedro Bellido Núñez, INCO, Grupo JG
Propietario:	Consortio Expo Zaragoza 2008
Dirección Facultativa:	TYPSA
Asesoría técnica:	Basilio Tobías Pintre
Año de terminación de la obra:	2008

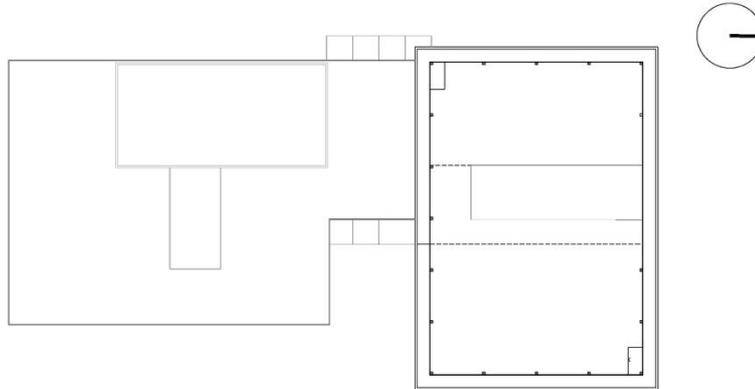
B. Descripción general del edificio.

Este edificio de oficinas se construye con motivo de la *Exposición Internacional de Zaragoza 2008* para alojar las oficinas del Consorcio de la Expo así como servir de Centro de Prensa del evento. El Consorcio de la Expo, que es el propietario del inmueble, es un organismo formado por entidades públicas y privadas para el desarrollo del Plan de Acompañamiento de la Exposición.

Formalmente este edificio está configurado por la yuxtaposición de dos volúmenes: La caja que actúa como plinto o base, retranqueada para definir la entrada del edificio y el bloque de oficinas de cuatro plantas que se apoya en el anterior y se desplaza hacia el este del conjunto.

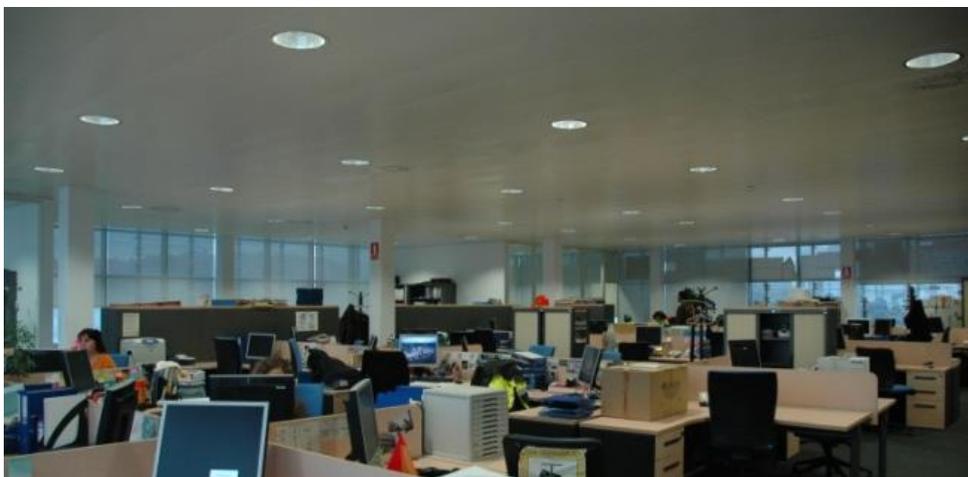
La envolvente de la totalidad del edificio está formada por un muro cortina, con diferentes características del vidrio en función de la orientación [II.01], [II.02]. El bloque elevado dispone además de una segunda piel exterior, de lamas de vidrio móviles, que se disponen en el límite de las pasarelas perimetrales que rodean las plantas superiores del edificio, constituyendo el conjunto un elemento de control acústico y térmico.

Todo el espacio de oficinas se concibe como plantas diáfanas y flexibles en las que se pueden organizar diferentes configuraciones de los puestos de trabajo en función de las necesidades de los usuarios [II.03]. La organización de las cuatro plantas alzadas responde al esquema representativo de planta de oficinas, diáfana, con cerramiento acristalado y núcleo central que aloja los servicios, las comunicaciones verticales y las instalaciones del edificio.



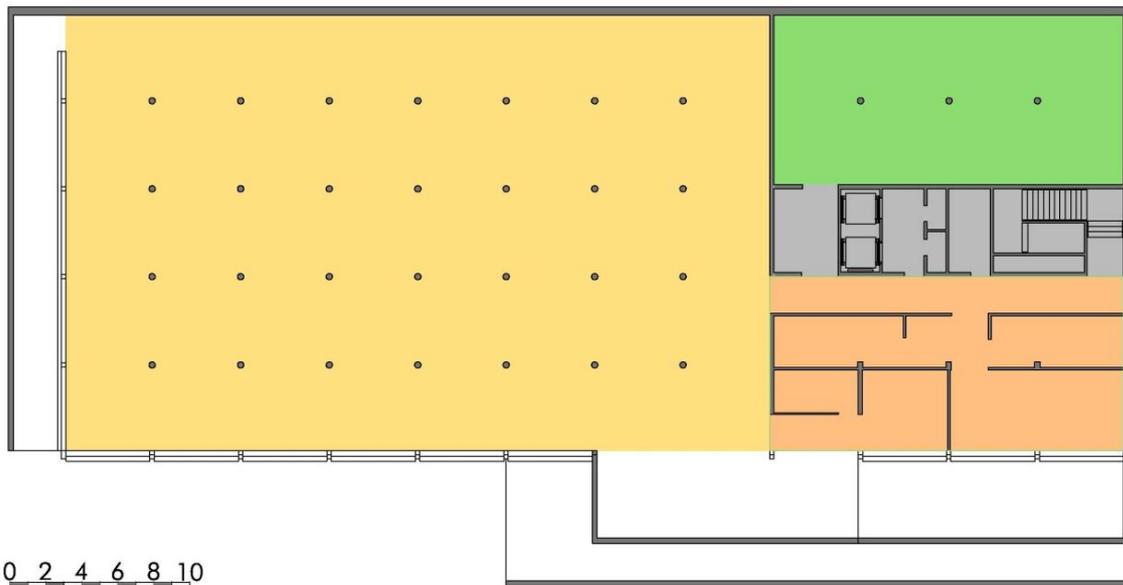
[II.03]. Planta esquemática del edificio EXPO 2008.

“La asunción de las condiciones volumétricas planteadas en el proyecto del Parque Metropolitano del Agua ha llevado a procurar activarlas, fomentando una relación complementaria, entre los dos volúmenes prismáticos que componen el edificio. Así, el correspondiente a la planta baja, establece la relación más próxima con la Avenida, planteándose la entrada como un recorte en la envolvente continua de vidrio. Sus proporciones dotan a este volumen inferior de una condición netamente horizontal, con un plano superior sobre el que emergen elementos ligeros de cubierta. Sobre el volumen apaisado de la planta baja, que constituye la zona de uso más público del edificio, se apoya, deslizándose ligeramente hacia el este, el volumen de cuatro plantas con una disposición del núcleo central de comunicaciones, instalaciones y servicios que permite una organización flexible de las diferentes plantas o su posterior compartimentación y cuya envolvente refuerza su verticalidad al englobar el espacio de la cubierta. Este volumen está caracterizado por la autonomía que le proporciona su vuelo respecto al cuerpo inferior, y por su doble piel vítrea, formada por el cerramiento acristalado interior y la envolvente de lamas de vidrio, que se disponen en el límite de la pasarela perimetral que rodea a las plantas superiores.” Basilio Tobías Pintre.

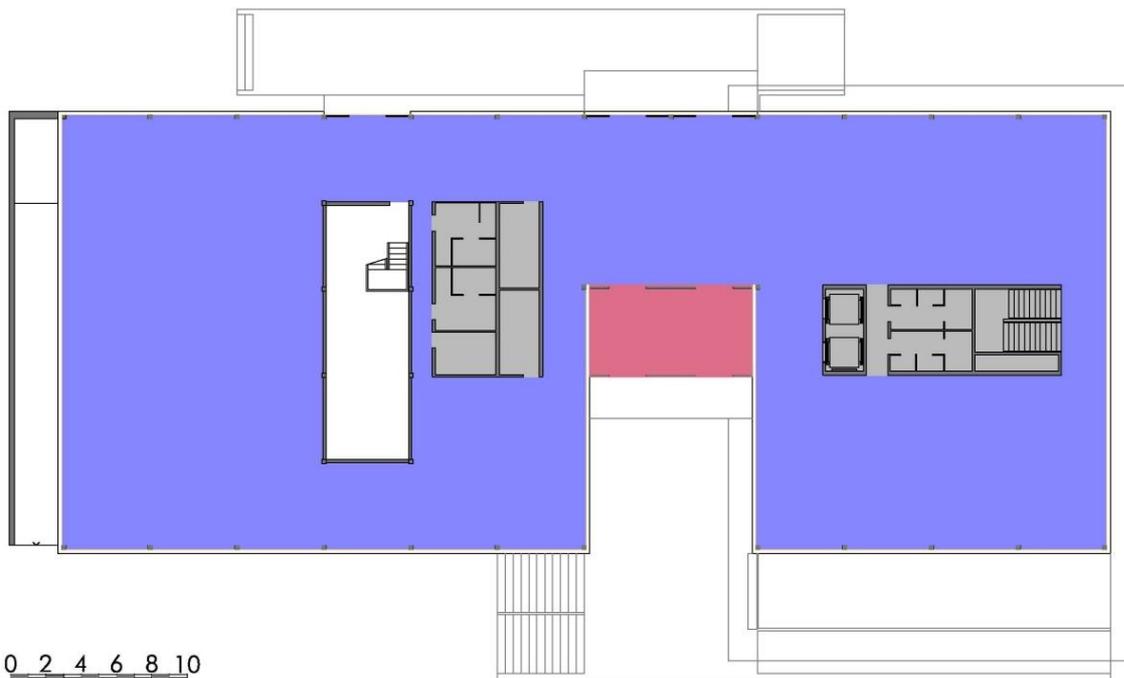


[II.04]. Planta tipo oficinas. Visita realizada en Noviembre de 2008.

C. Organización de usos.



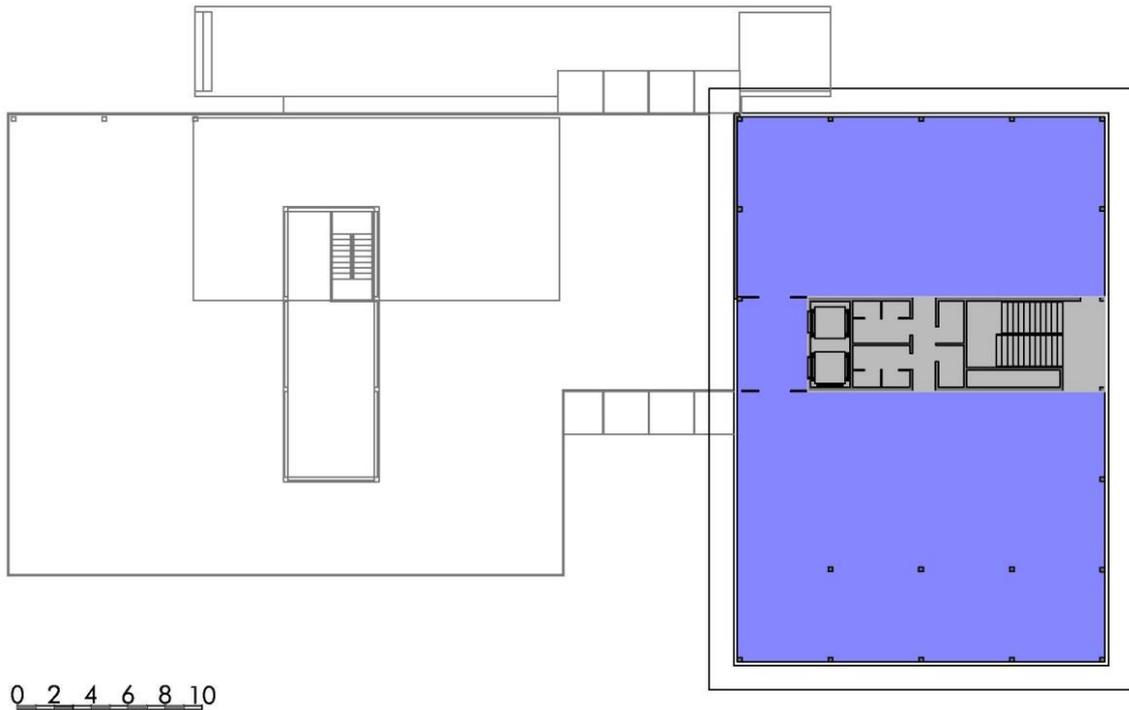
[II.05]. Planta sótano edificio EXPO 2008.



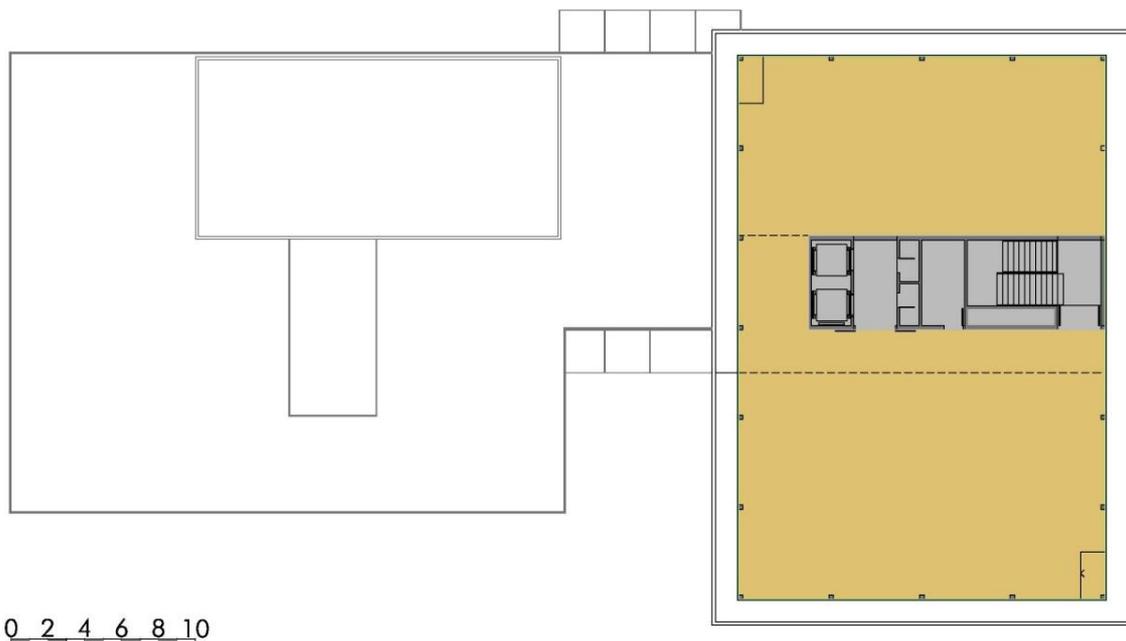
[II.06]. Planta baja edificio EXPO 2008.

La planta baja destinada durante la Expo 2008 a Centro de Prensa. Queda dividida por la entrada en dos zonas diferenciadas, una en torno al patio interior, con núcleo de servicios propio, y otra de esquema similar al resto de plantas superiores.

Las cuatro plantas alzadas de oficinas se organizan en dos alas diferenciadas a cada lado del núcleo situado en la crujía central. La ala este, más amplia, y la oeste, con menor superficie. El núcleo de servicios, comunicaciones verticales e instalaciones atraviesa el edificio desde la planta sótano a la planta de cubiertas.



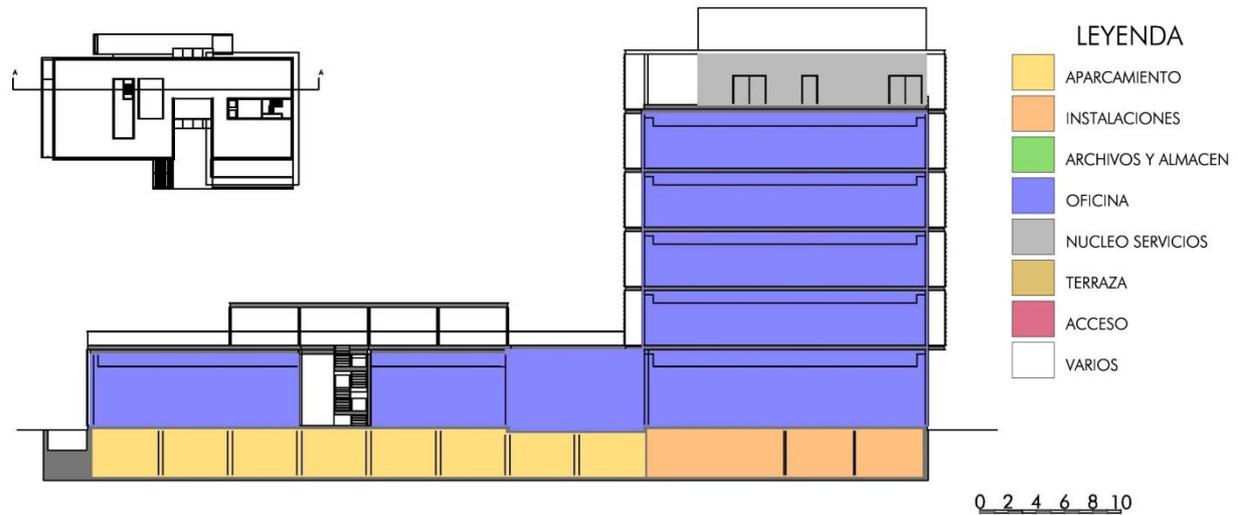
[II.07]. Planta oficinas (1º a 4º) edificio EXPO 2008.



[II.08]. Planta cubierta (terrace) edificio EXPO 2008.

La planta sótano destinada a aparcamiento, dispone de un espacio para archivo y almacenaje y en ella se sitúan los cuartos de instalaciones del edificio [II.05].

La cubierta transitable, con función de terraza para alojar eventos, como corresponde a la tipología funcional del edificio, completa el programa del mismo.



[II.09]. Sección edificio EXPO 2008.

Edificio Expo 2008		
Plantas edificio	Superficie [m ²]	Volumen [m ³]
Planta sótano	1.514,60	5.680,00
Planta baja	1.367,75	7.796,26
Planta tipo	617,30	2592,66
4 planta tipo	2.469,20	10.370,64
Planta cubierta	83,13	323,10
Público sobre rasante	3.836,95	18.166,90
Total	5.434,68	24.170,00

[Tabla II.01]. Superficies y volúmenes construidos.

El edificio tiene una superficie construida de 5.350 m² y un volumen construido de 24.170 m³ [Tabla II.01].

Aproximadamente el 75% de ese volumen se destina al USO PRINCIPAL, esto es, a oficinas: concretamente 18.167 m³, descontando la planta sótano destinada a aparcamiento, espacios de almacenaje y cuartos de instalaciones y el volumen que ocupa el torreón de cubierta.

La planta baja tiene una altura libre, entre forjados, de 5.40 m y una altura útil desde el pavimento a falso techo de 4.05 m. Las cuatro plantas superiores tienen una altura entre forjados de 3.90 m quedando 2.85 m libres una vez descontada la altura del falso-techo y el suelo técnico.

D. Instalación de clima.

Sistema "Agua-Aire" con fancoils a cuatro tubos con aporte de aire primario.

GENERACIÓN DE FRÍO Y CALOR:

La generación de energía se encuentra fuera del propio edificio. Al igual que en todos los edificios de la Expo 2008 todo el calor y el frío necesario para climatizar proviene de una *Central Térmica* que abastece al recinto ferial. Desde las enfriadoras y calderas de la central llegan cuatro tubos al edificio objeto de análisis (dos de agua caliente –ida y retorno- y dos de agua fría- ida y retorno-) que constituyen el circuito primario de la instalación.

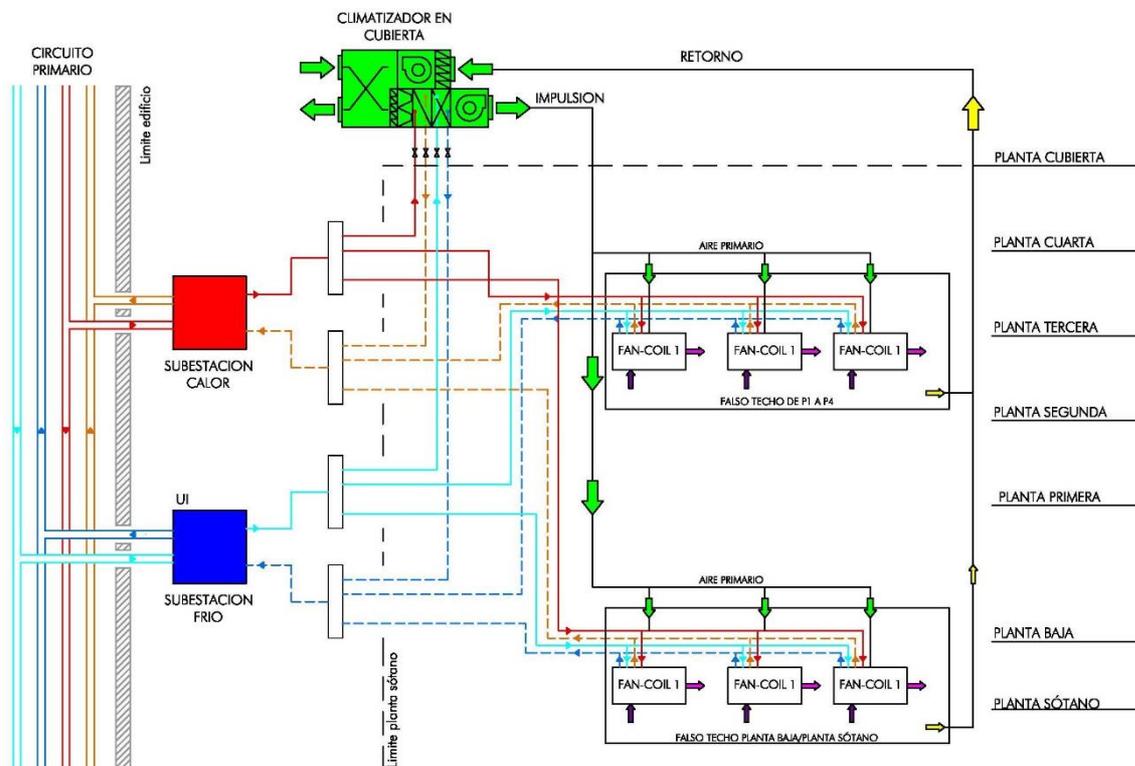
El edificio dispone en sótano de una *Subestación de producción de frío y calor –Cuarto Térmico-* con DOS INTERCAMBIADORES (agua-agua, uno para agua caliente, otro para agua fría).

En el cuarto existen cuatro colectores que organizan TRES CIRCUITOS SECUNDARIOS DEL EDIFICIO:

- Circuito 1: Al CLIMATIZADOR de Cubierta.
- Circuito 2: A las UNIDADES DE TRATAMIENTO DEL AIRE (UTAs) de Planta Sótano y Baja.
- Circuito 3: A los fancoils de P1 a P4.

VENTILACIÓN: SISTEMA VAV –AP.

La renovación del aire del edificio se hace de forma centralizada mediante el Climatizador situado en la cubierta del torreón [II.09], que aprovecha la energía contenida en la vena de aire expulsada. Extracción independiente de garaje, aseos, vestuarios y cuartos de sótano.



[II.10]. Esquema de principio.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL:

La distribución vertical de tuberías de agua y conductos de aire se realiza a través de un gran patinillo situado junto a la escalera del edificio y de uso exclusivo para las instalaciones de clima.

Los tres circuitos secundarios diferenciados se distribuyen por todo el edificio desde el cuarto del sótano a las diferentes plantas del edificio.

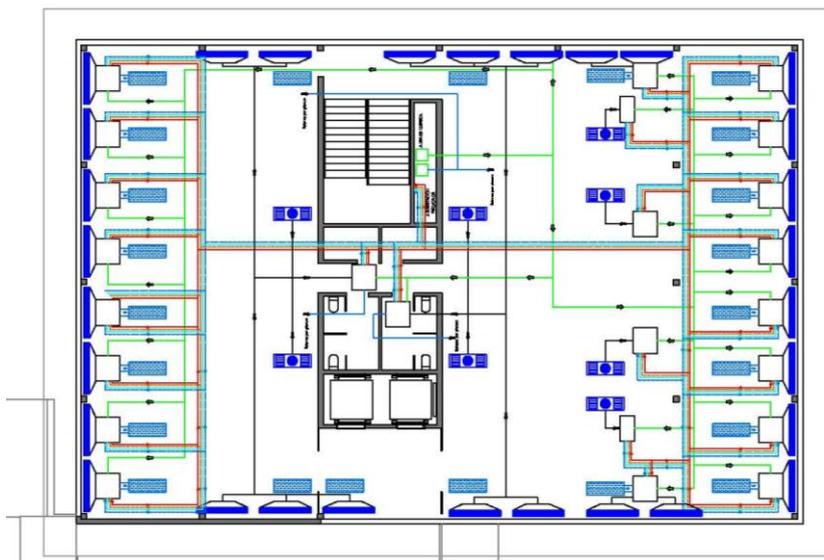
Desde cubierta y hasta cada una de las plantas del edificio salen dos conductos de aire (impulsión –aire primario o de renovación- y retorno, de sección de salida 800 x 600 mm) hasta los diferentes equipos situados en los falsos-techos de cada una de las plantas.

Existen compuertas cortafuegos en los conductos para sectorizar zonas de incendios.

DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL:

Es un claro ejemplo de ENERGÍA OCULTA POR FALSO-TECHO Y SUELO. La diferenciación funcional de la planta baja, de carácter más público que el resto de plantas de oficinas y sus mayores dimensiones en planta y altura, hacen que la forma de acondicionar los espacios presente algunas diferencias respecto a las plantas superiores.

En los falsos-techos de las plantas tipo de oficinas (1ª a 4ª) se encuentran los FANCOILS A CUATRO TUBOS PROVISTOS DE AIRE PRIMARIO [II.10]. En el ala este se diferencian puestos de trabajo perimetrales, puestos interiores y zonas de paso; en el lado oeste solo existen puestos perimetrales y zonas de paso. Es en base a esta organización interna el criterio para determinar el número y posición de las UTAs y la posición de las UNIDADES TERMINALES DE DIFUSIÓN. La existencia de ocho fancoils, con control individual, junto a las envolventes acristaladas da una gran flexibilidad a la planta permitiendo la compartimentación en oficinas perimetrales de menores dimensiones. La correcta aportación de aire al plenum de las máquinas se realiza con un sistema Volumen Aire Variable que se adapta a las diferentes circunstancias. La conexión de los fancoils con los elementos de difusión se realiza mediante conductos.



[II.11]. Ocupación completa del cielorraso por los conductos de impulsión y retorno. Patinillos donde se ubican los conductos verticales para la ventilación de las plantas de oficinas: dos de ida y dos de retorno en cada hueco.

En la Planta Baja la distribución horizontal es similar en la zona bajo el bloque. En la zona del Centro de Prensa, en torno al patio, el número de fancoils es menor y se sitúan en el falso-techo de los servicios, disponiéndose de una distribución con conductos y control más centralizado.

Existe un aporte por suelo para calefacción mediante convectores perimetrales discurriendo las tuberías de agua caliente en la franja de suelo-técnico situada junto a la envolvente del edificio.

En todo edificio puede existir la demanda simultánea de calor o frío individualizada por zonas según la demanda del edificio.

Las dimensiones de los fancoils varían desde 220 hasta 380 mm, lo que determina junto con las necesidades espaciales de las conexiones de los conductos y tuberías a las máquinas la altura necesaria de los falsos-techos.

UNIDADES TERMINALES DE DIFUSION:

El número y la posición de las unidades terminales para difusión del aire responden al criterio de conseguir la correcta distribución del aire, considerando que existen oficinas perimetrales, puestos interiores y zonas de paso. En el edificio existen las siguientes:

- Difusor lineal de impulsión, con dos filas de toberas. Están situados en el perímetro del edificio en todas las plantas destinadas a oficinas, para "efecto cortina".
- Difusión lineal de retorno. Están situados en el perímetro del edificio en todas las plantas destinadas a oficinas para garantizar una buena distribución del aire en los puestos de trabajo perimetrales.
- Difusión rotacional impulsión + retorno. Integrado en la placa 2460 x 492 mm. Deflectores orientables. En las zonas de paso de las oficinas y oficinas interiores. El retorno de aire desde las estancias se realiza mediante micro-perforaciones o aberturas integradas en el falso techo (difusores impulsión +retorno), esto es, por plenum.
- Difusión especial rotacional de impulsión. Integrado en la placa de falso-techo. Deflectores orientables. En las zonas comunes o interiores en planta baja y zonas de prensa.
- Difusor especial lineal retorno integrado en placa de falso-techo con deflectores o placa micro perforada. En las zonas comunes o interiores en planta baja y zonas de prensa.
- Convector de calor empotrado en suelo para perímetro lineal de muro cortina en planta baja, sólo calor, dos tubos.
- Cortinas de aire en entradas de P. Baja, sólo calor, dos tubos. En las entradas del edificio.

POTENCIAS:

REFRIGERACIÓN, 593kW.

CALEFACCIÓN, 490kW.

SISTEMA DE REGULACION Y CONTROL:

Aunque la regulación global de la instalación de clima del Edificio de Oficinas de la Expo se hace desde el *Centro de coordinación de operaciones del recinto* existe una *Subcentral del Edificio* y *Subestaciones en cada planta*. La regulación de climatización está correlacionada con el sistema de detección de incendios.

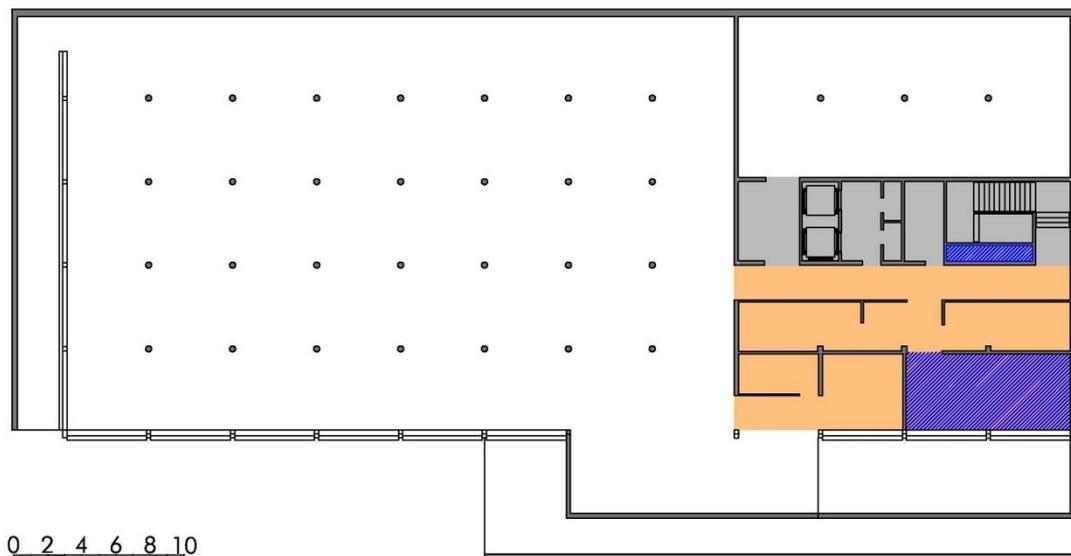
Existe además, como se ha dicho, control individual de cada uno de los fancoils.

E. Espacios ocupados por la instalación de clima.

- Identificación de los espacios ocupados por las instalaciones.

Se trata en primer lugar de identificar los espacios del edificio ocupado por las instalaciones del mismo, esto es, el volumen destinado a cuartos de instalaciones, patinillos y falsos-techos. Se trata de analizar cuanto de ese volumen es necesario para implantar las instalaciones de climatización.

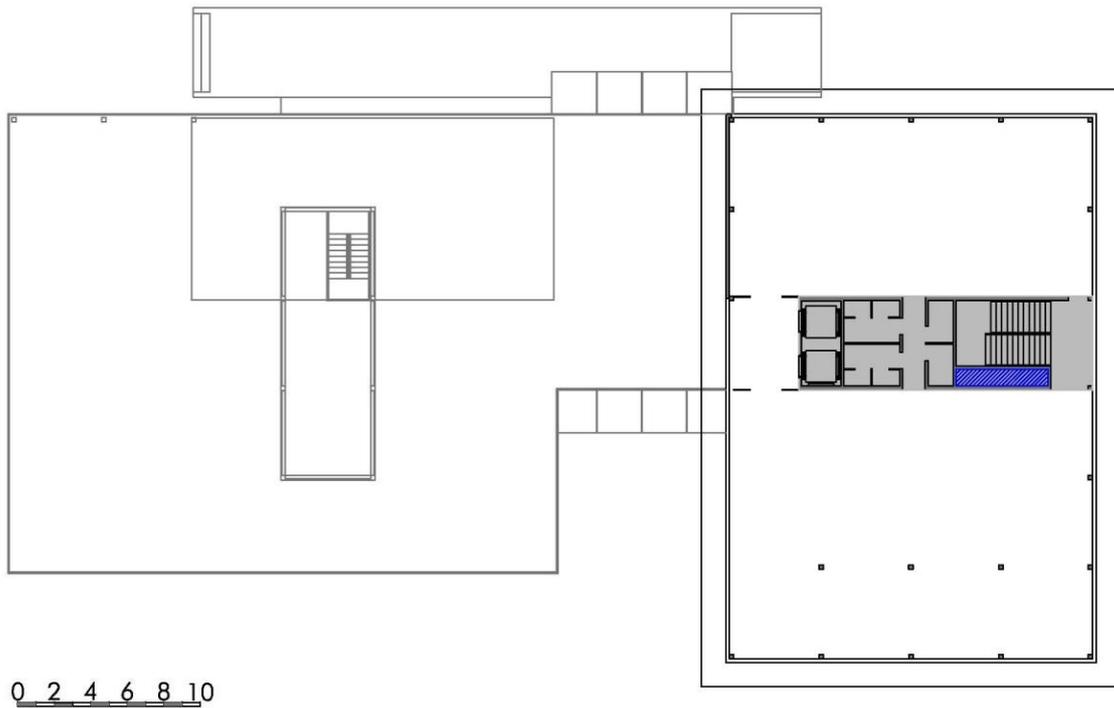
En la Planta Sótano [II.12], toda la zona Este junto al núcleo de servicios se encuentran ubicados los cuartos de instalaciones (*Centro de Transformación, Grupo Electrónico, C.G.D., SAI y Cuarto Térmico*).



[II.12]. Planta sótano edificio EXPO 2008.

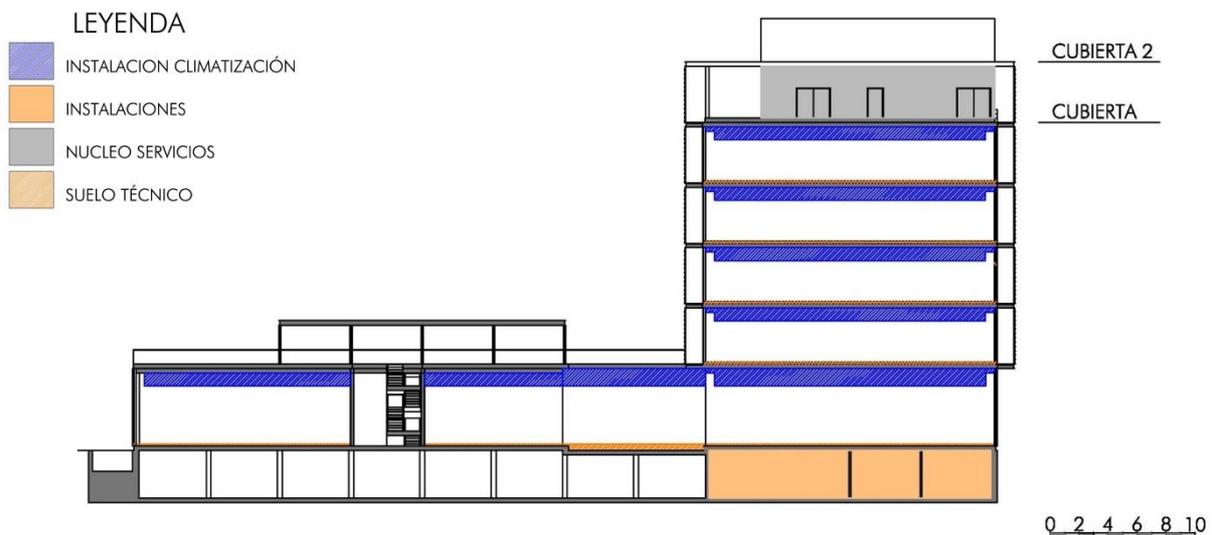


[II.13]. Planta baja edificio EXPO 2008.



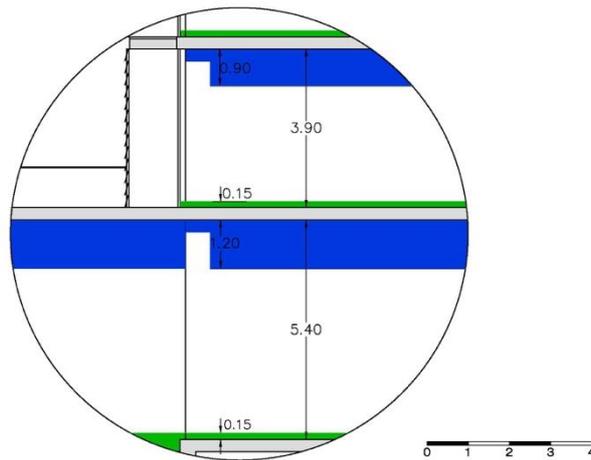
[II.14]. Planta oficinas (1ª a 4ª) edificio EXPO 2008.

El núcleo central formado por la escalera, dos ascensores, servicios, office, cuartos y patinillo de instalaciones atraviesa todo el edificio desde el sótano hasta la cubierta transitable. La superficie sobre el torreón (nivel cubierta 2) sirve para ubicar el Climatizador de cubierta.



[II.15]. Sección edificio EXPO 2008.

Toda la superficie destinada a oficinas dispone de falso techo (en altura variable desde 0.80 a 1.20 m) y suelo técnico de 0.15 m de altura como espacio distribuidor de las instalaciones del edificio.

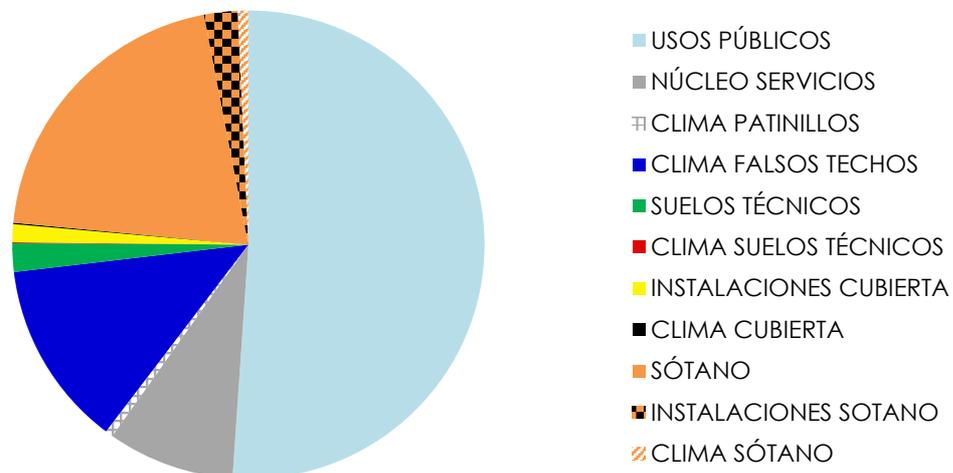


[Il.16]. Sección representativa de edificio EXPO 2008.

- Volumen ocupado por las instalaciones.

Edificio Expo 2008		
Tipo zona	Volumen [m³]	Porcentaje [%]
Usos públicos	12.345,17	51,08%
Núcleo servicios	2.104,59	8,71%
Clima Patinillos	126,45	0,52%
Clima Falsos Techos	3.100,45	12,83%
Suelos técnicos	475,24	1,97%
Clima Suelos Técnicos	15,00	0,06%
Instalaciones cubierta	300,29	1,24%
Clima Cubierta	22,81	0,09%
Sótano	4.950,89	20,48%
Instalaciones sótano	554,81	2,30%
Clima Sótano	174,30	0,72%
Total volumen construido	24.170,00	100,00%

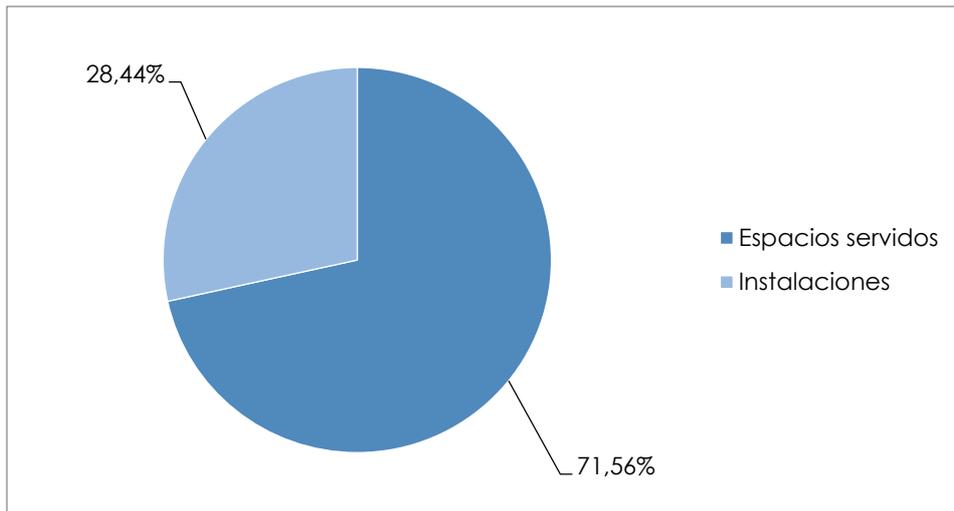
[Tabla II.02]. Volumen ocupado por diferentes espacios de instalaciones.



- Espacios ocupados por la instalación de clima.

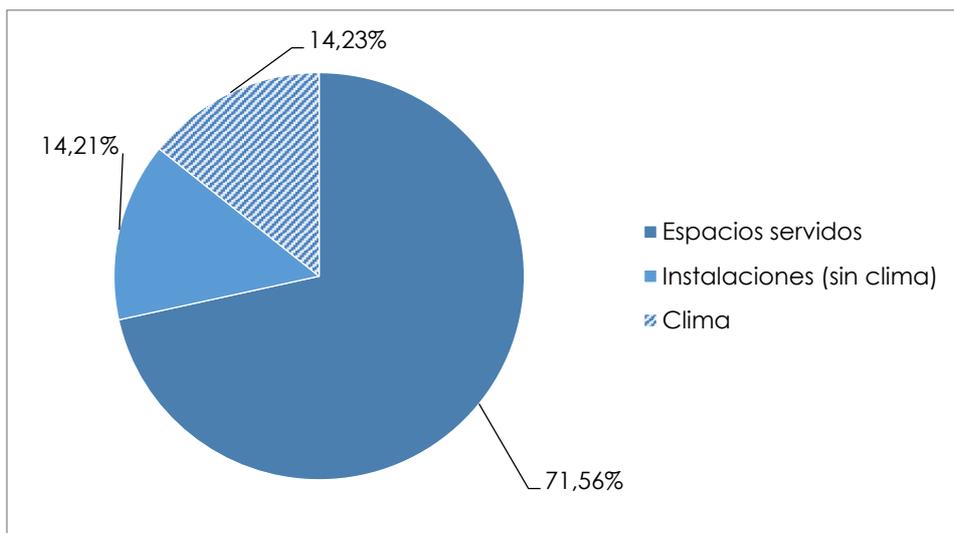
Edificio Expo 2008		
Tipo zona	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Espacios servidos	17.296,06	71,56%
Instalaciones	6.873,94	28,44%
Total volumen construido	24.170,00	100,00%

[Tabla II.03]. Volumen ocupado por las instalaciones.



Edificio Expo 2008		
Tipo zona	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Espacios servidos	17.296,06	71,56%
Instalaciones (sin clima)	3.434,93	14,21%
Clima	3.439,01	14,23%
Total volumen construido	24.170,00	100,00%

[Tabla II.04]. Volumen ocupado por las instalaciones de clima.



El volumen construido ocupado por todas las instalaciones del edificio representa el 28,44% del volumen total construido. Dicho volumen está constituido por los cuartos de instalación del

edificio situados en planta sótano, el núcleo de servicios y los falsos-techos y suelos-técnicos en las zonas de trabajo.

Dentro de la zona destinada a cuartos de instalaciones existe un cuarto específico para la instalación de climatización que hemos denominado *cuarto térmico* (23,9% del volumen de los cuartos) y dentro del volumen del núcleo central se encuentra el *patinillo* de considerables dimensiones (5,7% del volumen del núcleo) para distribución vertical de los fluidos que transportan calor y frío y del aire de renovación al edificio.

El espacio ocupado por la instalación de clima representa el 14,23% del volumen construido del edificio. Este porcentaje está constituido por el cuarto y el patinillo de uso exclusivo y el espacio de los falsos-techos, compartido con otras instalaciones. Se considera además una pequeña proporción perimetral del suelo técnico necesaria para la distribución de la calefacción adicional y el volumen de la máquina de cubierta.

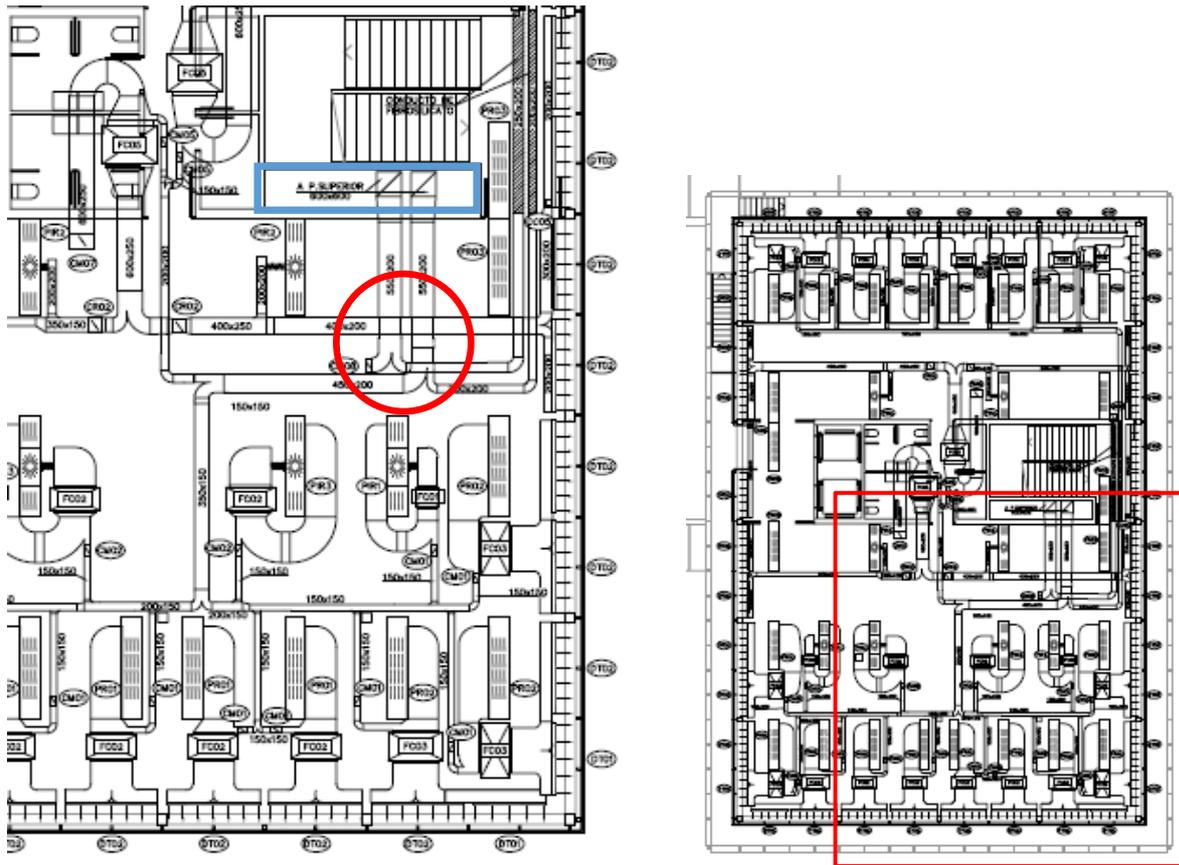
No se han incorporado el volumen de los falsos-techos de los baños, en los que se ubican algunos equipos de clima, por considerar que estos espacios no surgen por una necesidad explícita de implantar las instalaciones de clima.

- *Consideración de la ocupación del falso-techo.*

Al medir volumétricamente los espacios ocupados por las instalaciones de clima se ha considerado el 100% de las cámaras de los falsos-techos como espacio destinado a esta instalación. Se analiza con más detalle los equipos y conductos de climatización ubicados en el espacio de falso-techo con una altura de 0,90 m en las cuatro plantas alzadas y de 1,20 m en la planta baja del bloque.

La altura libre de 2,85 m holgada de cada planta de oficinas, así como la amplitud de los falsos-techos, seguramente responde al carácter representativo de este edificio dentro del recinto de la Expo 2008 de Zaragoza, sin condicionantes rigurosos urbanísticos en lo que a la altura del edificio se refiere, más que a una necesidad funcional de la implantación de los conductos de aire acondicionado. Sin embargo las dimensiones de esta cámara permiten ubicar con comodidad los conductos de la instalación de climatización, incluso aunque en algún punto se produzcan cruces a tres niveles como el reseñado en la imagen [II.16] que requiere una dimensión mínima de 0,60 m de conductos (200mm + 200mm + 200mm), a los que hay que añadir las holguras necesarias para colocar los soportes de montaje, la separación propia entre conductos y la placa de falso-techo.

En la planta estudiada del edificio de la Expo –planta segunda- se colocan un gran número de las unidades terminales tipo fancoils a cuatro tubos con aire primario: concretamente los modelos FCX-24PO, FCX-24PO y FCX-62PO de la marca AERMEC, instalados horizontalmente que tienen una altura de 220 mm para climatizar el espacio de trabajo próximo a la zona de la envolvente y el modelo HYDRONIC CTB2-40 de CIATESA con una altura de 380 mm para climatizar la zona central y situado en la zona de los baños.

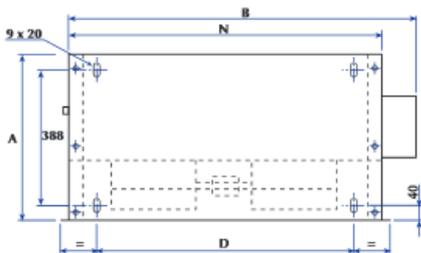


[II.17]. Planta segunda, proyecto de climatización. Ocupación completa del cielorraso por las unidades terminales y por los conductos de impulsión y retorno. Se destaca el patinillo destinado a clima y zona de cruce de conductos a tres niveles.

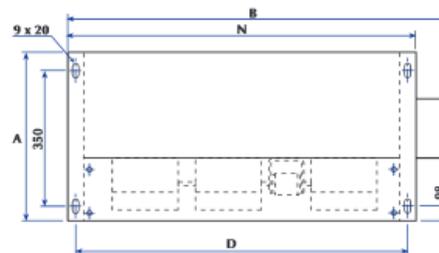
	Designación proyecto	Modelo comercial	Marca	Ejecución	Envolvente	Atura (mm)	Ancho (mm)
Fancoils Edificio Expo	FC01	FCX-24PO	ARMEC	Horizontal	SI	220	457
	FC02	FCX-44PO	ARMEC	Horizontal	SI	220	563
	FC03	FCX-62PO	ARMEC	Horizontal	SI	220	688
	FC05	HYDRONIC CTB2-40	CIATESA	Horizontal	NO	380	1.335

[Tabla II.05]. Características fancoils Edificio Expo, planta segunda.

FCX 17 - 22 / 24 - 32 / 34 / 36 - 42 / 44 - 50 / 54 / 56

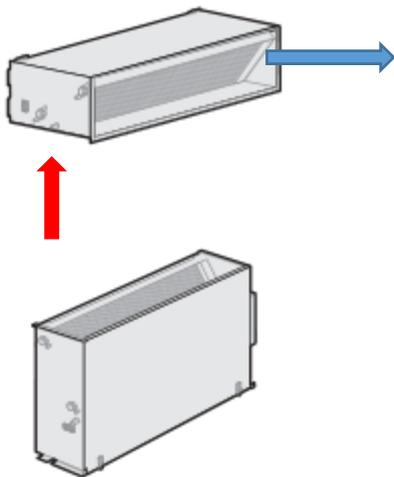


FCX 62 / 64 - 82 / 84 - 102



FCX	17	22 / 24	32 / 34 / 36	42 / 44	50 / 54 / 56	62 / 64	82 / 84
A	453	453	453	453	453	558	558
B	452	562	793	1013	1013	1147	1147
C	216	216	216	216	216	216	216

[II.18]. Dimensiones fancoils instalados en disposición horizontal en Edificio Expo.

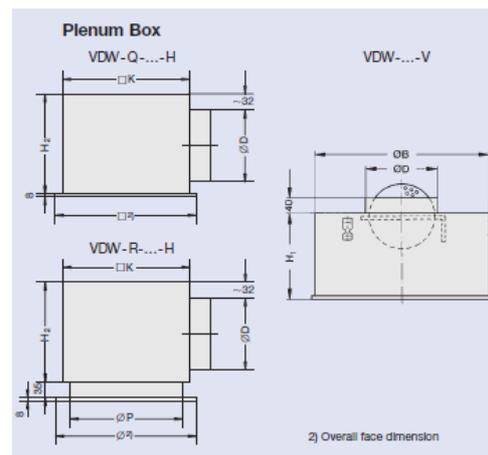
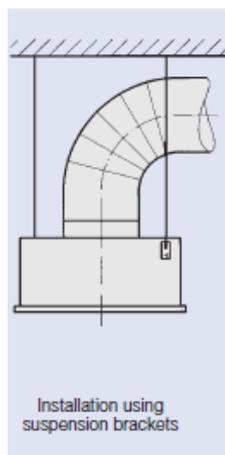
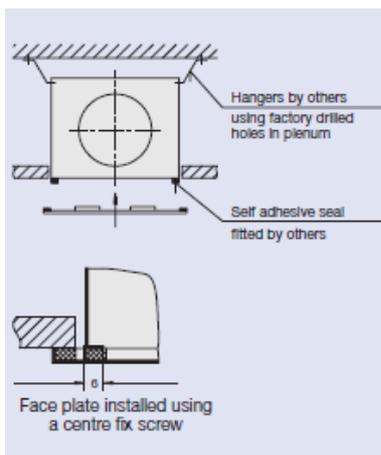


En el caso de los fancoils perimetrales, si se descuenta su altura, se dispone de 680 mm para poder maniobrar con facilidad y resolver correctamente las curvas de los conductos de impulsión hasta las rejillas situadas en la faja perimetral del falso-techo y los conductos de retorno hasta cada máquina.

Con un alto grado de sectorización que permite una uniformidad en la distribución del aire y un control individual de los equipos desde cada puesto de trabajo. En los fancoils situados en segunda línea permite disponer los plenums requeridos por los difusores rotacionales.



Size	B	D	H ₁	H ₂	P	K	AK Code for 1) Diffuser Face	
							Circular	Square
300 x 8	280	158	200	250	278	290	AK 013	AK 001
400 x 16	364	198	200	295	362	372	AK 014	AK 002
500 x 24	462	198	200	295	460	476	AK 015	AK 003
600 x 24	559	248	200	345	557	567	AK 016	AK 004
600 x 48	580	248	300	345	578	590	AK 017	AK 005
625 x 24	559	248	200	345	557	567	AK 016	AK 004
625 x 54	605	248	300	345	-	615	-	AK 006
825 x 72	796	313	300	410	-	806	-	AK 007



[Il.19]. Dimensiones fancoils instalados en disposición horizontal en Edificio Expo.

Imágenes.

- [II.01] Fuente: Basilio Tobías Pintre. Arquitecto.
- [II.02] Fuente: Basilio Tobías Pintre. Arquitecto.
- [II.03] www.basiliotobias.com
- [II.04] Fuente: Cristina Cabello.
- [II.05] Elaboración propia.
- [II.06] Elaboración propia.
- [II.07] Elaboración propia.
- [II.08] Elaboración propia.
- [II.09] Elaboración propia.
- [II.10] Elaboración propia.
- [II.11] Elaboración propia.
- [II.12] Elaboración propia.
- [II.13] Elaboración propia.
- [II.14] Elaboración propia.
- [II.15] Elaboración propia.
- [II.16] Elaboración propia.
- [II.17] Fuente: Basilio Tobías Pintre. Arquitecto.
- [II.18] http://planetaklimata.com.ua/instr/Aermec/Aermec_FCX_TECHNICAL_MANUAL_Eng.pdf
- [II.19] http://planetaklimata.com.ua/instr/Aermec/Aermec_FCX_TECHNICAL_MANUAL_Eng.pdf

Tablas.

- [Tabla II.01]. Elaboración propia.
- [Tabla II.02]. Elaboración propia.
- [Tabla II.03]. Elaboración propia.
- [Tabla II.04]. Elaboración propia.
- [Tabla II.05]. Elaboración propia.

III. WORLD TRADE CENTER ZARAGOZA.





[III.01] [III.02]. Edificio de oficinas WTCZ.

A. Datos generales del edificio.

Ubicación:	C/María Zambrano 31. Zaragoza. <i>Margen izquierda del río Ebro, entre las avenidas María Zambrano y Gertrudis Gómez de Avellaneda, frente al Centro Comercial GranCasa.</i>
Arquitectos:	José Antonio Aranaz de Motta y Eduardo Martín Correas
Ingeniería:	Alfonso Ruíz
Propietario:	WTC
Año de terminación de la obra:	2008

B. Descripción general del edificio.

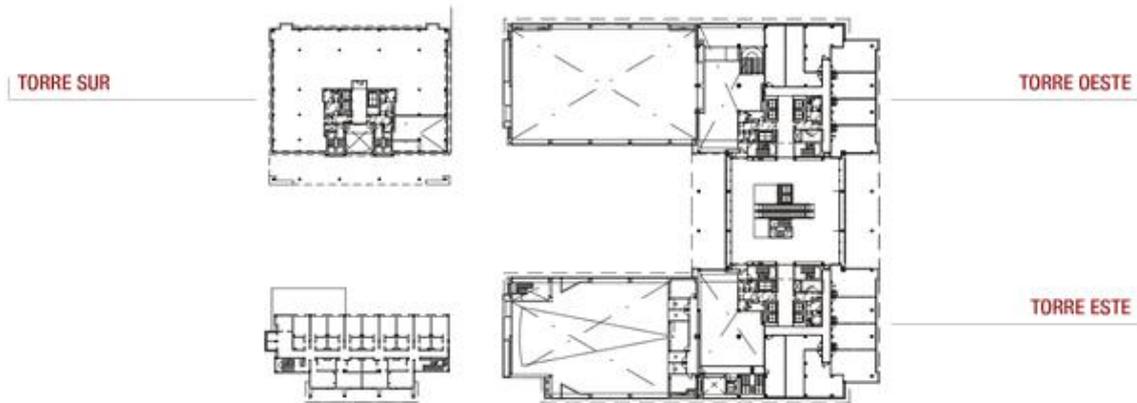
World Trade Center Zaragoza es un conjunto arquitectónico formado por tres torres, la Este y la Oeste de (77 m)¹ de altura, que constituyen el principal complejo empresarial ubicado en el centro de la ciudad de Zaragoza [III.01] [III.02], con una superficie total de (60.000 m²)². El conjunto cuenta también con un auditorio y diversas salas de uso flexible, así como con un hotel situado en la cuarta esquina de la parcela. Tres plantas de sótano, destinado principalmente a aparcamiento, cierra el programa de este conglomerado.

Para Zaragoza el *WTCZ* es un edificio emblemático por su altura -es el edificio más alto de la ciudad, detrás de la Torre de Telefónica, pirulí-, porque significó una de las infraestructuras importantes que se generaron junto al evento de la Expo 2008 y porque como complejo empresarial ha sido uno de los que más éxito ha tenido de la ciudad.³

Para esta tesis la elección del *WTCZ* como caso de estudio era obvia. Además de por las razones anteriores, la accesibilidad a la información y al edificio fue completa: se contó con la información aportada por arquitecto *Eduardo Martín* y el ingeniero *Alfonso Ruíz*, así como con las explicaciones de *Sergio Novales*, Jefe de Operaciones del *WTCZ*. Asimismo, en este análisis sobre las imbricaciones entre las tipologías de los edificios de oficinas y sus instalaciones, analizar una estructura miembro de la *World Trade Centers Association* podría aportar trazas relevantes.

El estudio de este conjunto se ha centrado en las dos torres destinadas a oficinas de alquiler y al vestíbulo de acceso que las conecta [III.03].

Es un ejemplo representativo de la tipología por excelencia para el edificio de oficinas: La Torre prismática vidriada, en su sub-tipo las torres gemelas. La envolvente la constituye un muro cortina de tono gris oscuro en todas sus orientaciones rematados en las esquinas y en la parte superior de la torre con aplacado de piedra perfilando claramente las aristas de los volúmenes.



[III.03]. Plantas del conjunto de oficinas WTCZ.

Algunas de las firmas que se han instalado en las oficinas del WTCZ: Adidas, consultoras internacionales como Deloitte, Accenture o Nespresso, de cafetería y restauración.

C. Organización de usos.

Los edificios analizados son las dos torres situadas al norte del solar, se les denomina Torre Este y Torre Oeste. Tienen Planta baja con atilillo destinada a vestíbulo de entrada y usos comunes, 16 plantas de oficinas y una planta torreón para instalaciones. Ambas torres se unen en un cuerpo común formado por las tres primeras plantas sobre rasante, que permite plantas de oficinas de mayor superficie para el espacio de trabajo.

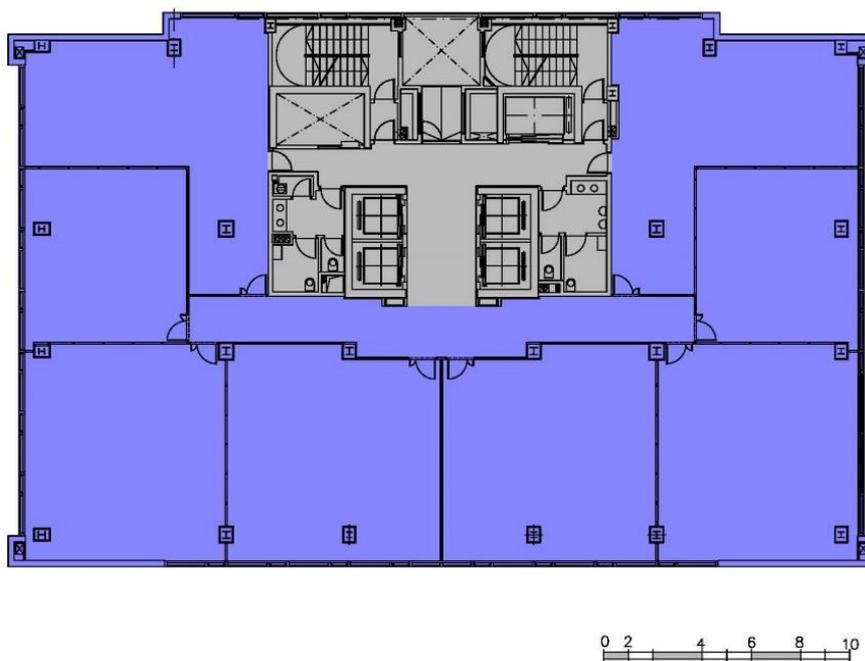


[III.04]. Planta sótano -1. Ocupación completa del solar. Aparcamientos, comunicaciones y servicios y en rojo centro de transformación.

Las dos torres comparten la construcción bajo rasante junto con la Torre Sur, no analizada en este estudio, que ocupa la totalidad del solar y que se desarrolla en tres plantas: semisótano [III.04], sótano 1 y sótano 2, estas dos últimas plantas destinadas a aparcamiento. En estas plantas además de las zonas de circulación, disponen de muelles, almacenes y cuartos de servicios.



[III.05]. Diferentes compartimentaciones de la planta de oficinas del WTCZ, torre Este.



[III.06]. Planta tipo oficinas. Espacio de trabajo y núcleo de. Comunicaciones, servicios e instalaciones.

Superficies construidas globales		
Plantas edificio	Superficie [m ²]	Porcentaje [%]
Superficie construida Planta Sótano	18.340,85	-
Superficie construida Torre Este	13.790,76	36,46%
Superficie construida Torre Oeste	13.721,33	36,28%
Superficie construida Torre Sur	9.160,98	24,22%
Superficie construida entre Torres	1.149,92	3,04%
Total Superficie Torres	37.822,99	100,00%
Superficie Construida considerada sótano ≈ (75%)	13.755,64	-
Superficie Construida considerada Torres (Este, Oeste, EntreTorres)	28.662,01	-
Total superficie construida	42.417,65	-

(*)Excluyendo torre sur que no se ha analizado los espacios de las instalaciones.

[Tabla III.01]. Superficies construidas y ratios respecto al total del WTCZ.

Volúmenes construidos globales			
Plantas edificio	h libre [m]	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Volumen construido Planta Sótano	3,30	45.393,60	42,26%
Volumen construido Torres	variable	109.436,10	100,00%

[Tabla III.02]. Volúmenes construidos y ratios respecto al total del WTCZ.

- La altura del sótano es la media aritmética entre 3,10 + 3,10 + 3,65/3 m.
- La altura de la planta tipo es de 3,60 m.
- La altura de la planta baja es de 5,00 m.
- La altura entre torres es igual a las torres.

Volúmenes construidos			
Torre Este	h libre [m]	Superficie [m ²]	Volumen [m ³]
Planta 18	-	-	-
Planta 11-17	3,60	5.035,80	18.128,88
Planta 10	3,60	719,40	2.589,84
Planta 9	3,60	719,40	2.589,84
Planta 6-8	3,60	2.158,20	7.769,52
Planta 5	3,60	718,85	2.587,86
Planta 4	3,60	718,85	2.587,86
Planta 3	3,60	726,18	2.614,25
Planta 2	3,60	718,15	2.585,34
Planta 1	3,60	701,57	2.525,65
Planta Baja	5,00	1.574,36	7.871,80
Total	-	13.790,76	51.850,84

[Tabla III.03]. Superficies y volúmenes construidos torre Este del WTCZ.

Volúmenes construidos			
Torre Oeste	h libre [m]	Superficie [m ²]	Volumen [m ³]
Planta 18	-	-	-
Planta 11-17	3,60	5.035,80	18.128,88
Planta 10	3,60	719,40	2.589,84
Planta 9	3,60	719,40	2.589,84
Planta 6-8	3,60	2.158,20	7.769,52
Planta 5	3,60	718,85	2.587,86
Planta 4	3,60	718,85	2.587,86
Planta 3	3,60	726,18	2.614,25
Planta 2	3,60	718,15	2.585,34
Planta 1	3,60	527,75	1.899,90
Planta Baja	5,00	1.678,75	8.393,76
Total	-	13.721,33	51.747,05

[Tabla III.04]. Superficies y volúmenes construidos torre Oeste del WTCZ.

Volúmenes construidos			
Entre-Torres	h libre [m]	Superficie [m ²]	Volumen [m ³]
Planta 4	3,60	182,55	657,18
Planta 3	3,60	452,72	1.629,79
Planta 2	-	-	-
Planta 1	7,20	444,54	3.200,69
Planta Baja	5,00	70,11	350,55
Total	-	1.149,92	5.838,21

[Tabla III.05]. Superficies y volúmenes construidos Entre-Torres del WTCZ.

D. Instalación de clima.

En este estudio se ha analizado exclusivamente el sistema de climatización de las zonas destinadas a oficinas en la Torre Este y Oeste, por ser estas instalaciones las que pudieron ser visitadas. La forma de acondicionar ambas torres es similar.

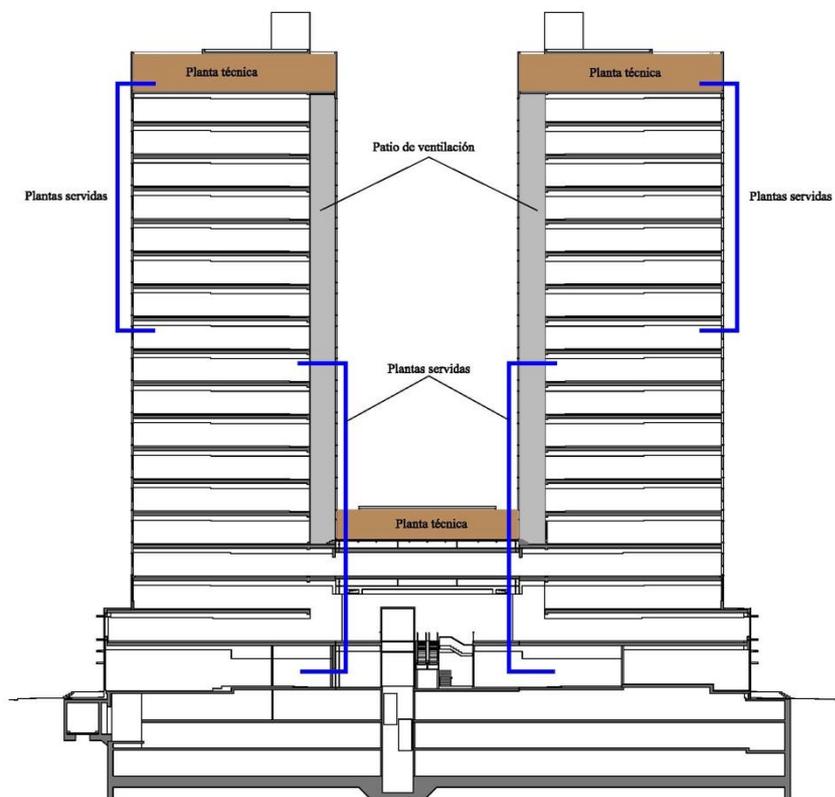
La generación de frío y calor de cada una de las torres se centraliza en la planta torreón –cerrada- y en la cubierta, donde se sitúan las calderas y las enfriadoras necesarias para climatizar cada una de los dos edificios. La energía producida se distribuye mediante cuatro tuberías de agua –dos de frío y dos de calor- hasta los climatizadores y los fancoils.

Existen cuatro climatizadores, uno situado en la planta torreón de la torre Este, otro en la planta torreón de la Torre Oeste y dos en la cubierta del cuerpo intermedio.

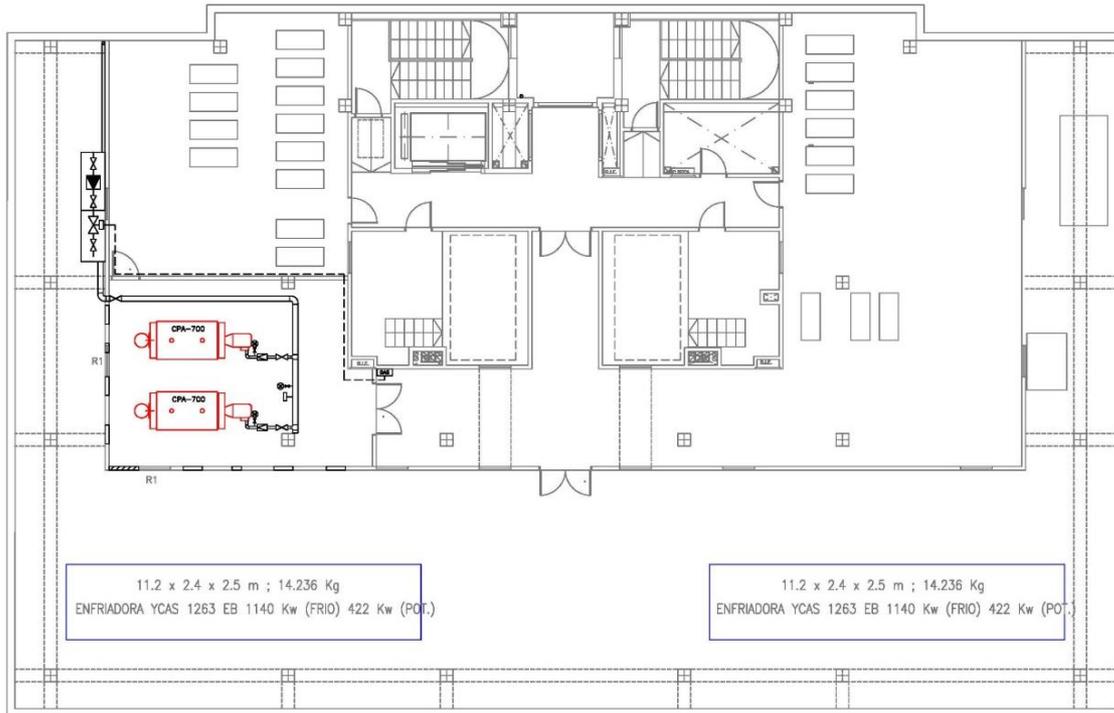
Para la ventilación de las torres la toma, extracción y tratamiento del aire se realiza mediante una instalación partida: Las Unidades de Tratamiento del Aire (UTAs) situados en cubierta de las torres se encargan del suministro de las plantas de oficinas superiores y los climatizadores situados en cubierta del cuerpo central sirve a las plantas públicas y primeras plantas de oficinas.

La sección del edificio [III.07] muestra la posición de las plantas donde se sitúan los climatizadores y la organización de las plantas de oficinas servidas.

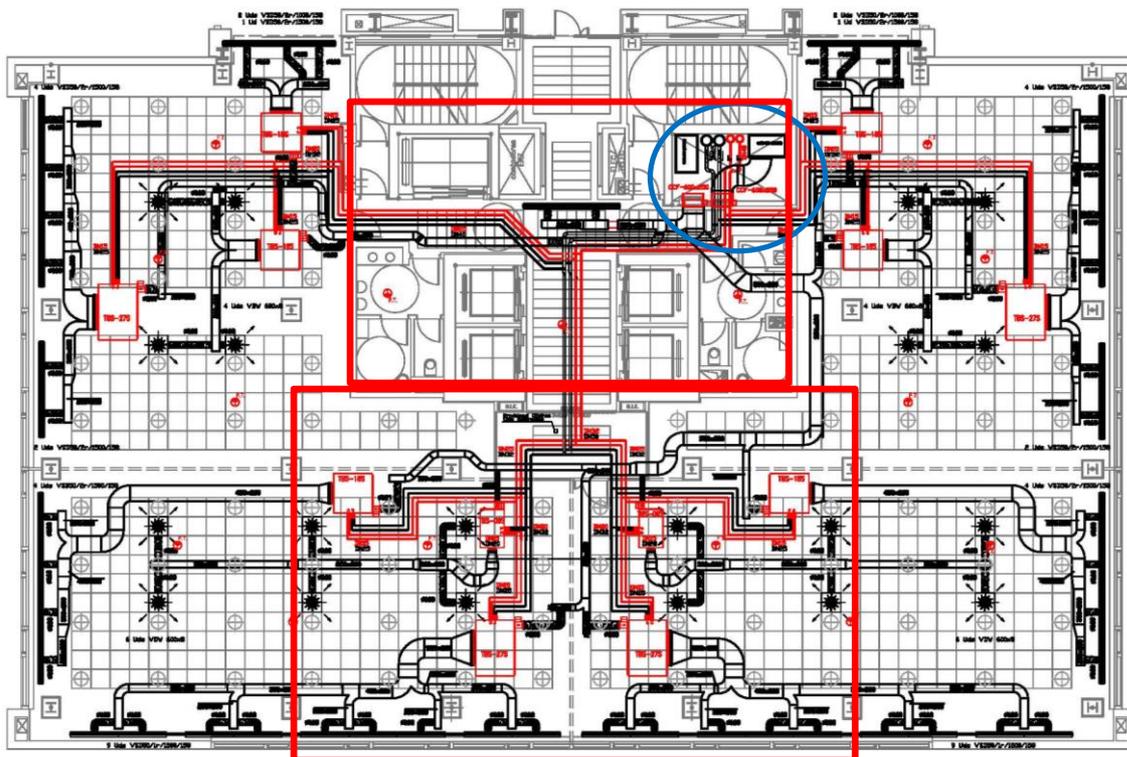
En el falso techo de las plantas de oficinas existen unidades terminales a cuatro tubos, tipo fancoils con aire primario, organizando zonas diferenciadas en función de las diferentes orientaciones y las posibles distribuciones de la planta libre. El aire se distribuye mediante difusores rotacionales y lineales en perímetro y el retorno por plenum.



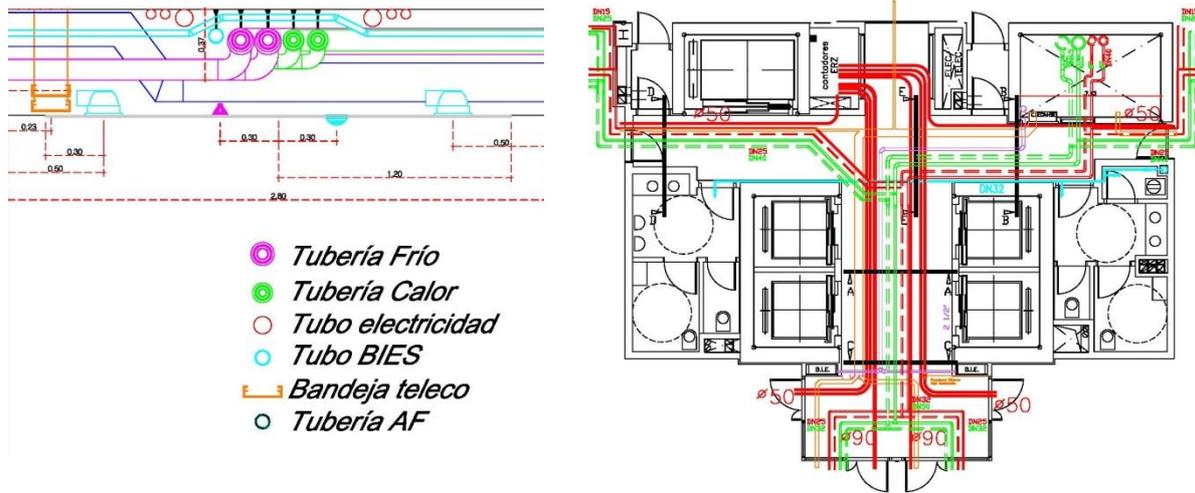
[III.07]. Sección de la Torre Este y Oeste. Organización de plantas técnicas y plantas de oficinas servidas.



[III.08]. Planta de cubierta.



[III.09]. Ocupación completa en falso-techo por la climatización. Posición del patinillo y diferenciación de zonas a climatizar en planta de oficinas. Planta 3°. Torre Este.



[III.10]. Detalle patinillo.

E. Espacios ocupados por la instalación de clima.

- *Identificación de los espacios ocupados por las instalaciones.*



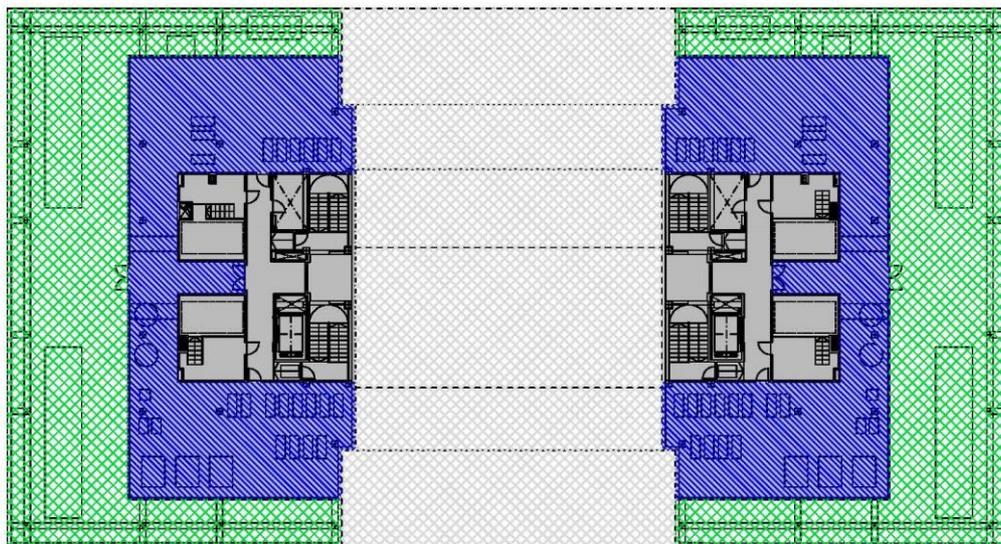
[III.11]. Núcleo de comunicaciones del WTCZ en construcción.



[III.12] [III.13]. Patinillo del WTCZ.



[III.14] [III.15]. Calderas y enfriadoras (en Planta Torreón).



-  Espacio exterior -enfriadoras-
-  Salas técnicas
-  Núcleo de servicios

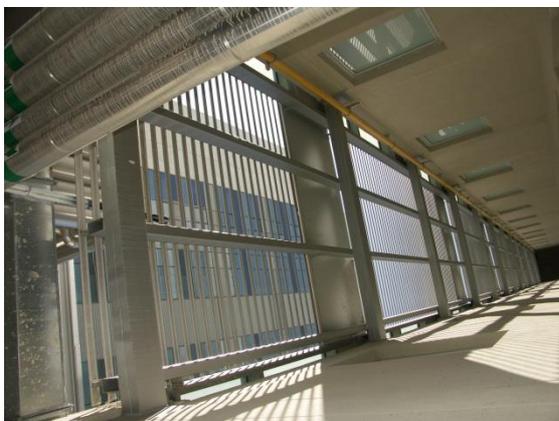
[III.16]. Planta Torreón.



[III.17]. Climatizador y circuitos hidráulicos (en planta técnica, bajo cubierta).



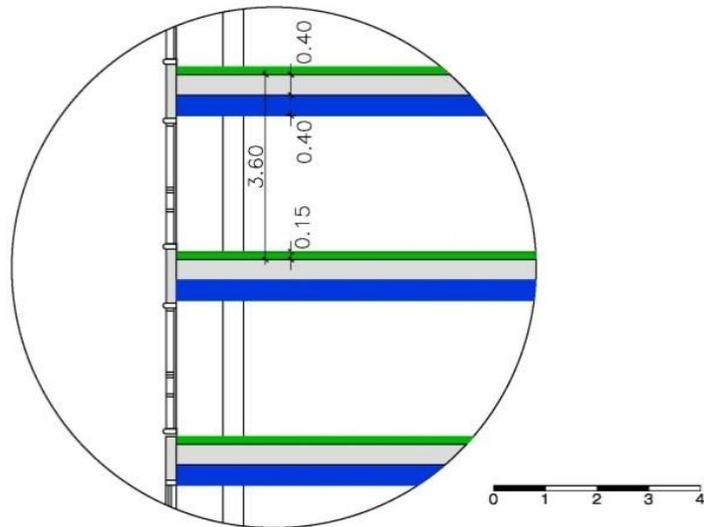
[III.18] [III.19]. Climatizadores (en cubierta bloque intermedio).



[III.20] [III.21]. Patio de ventilación.



[III.22] [III.23]. Falsos techos en las oficinas.



[III.24]. Sección representativa de WTCZ.

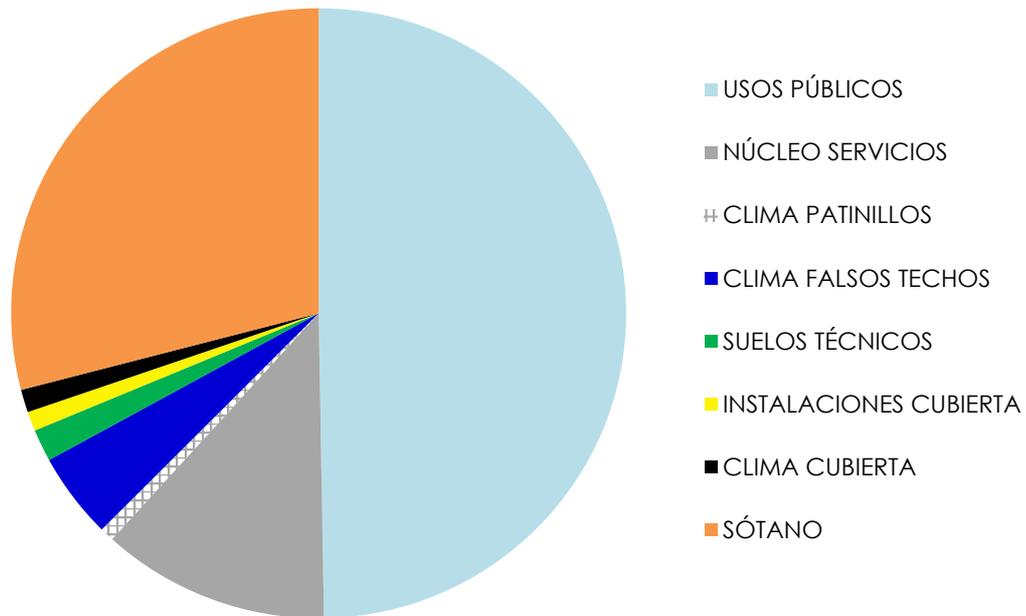


[III.25]. Sala de control.

- Volumen ocupado por las instalaciones.

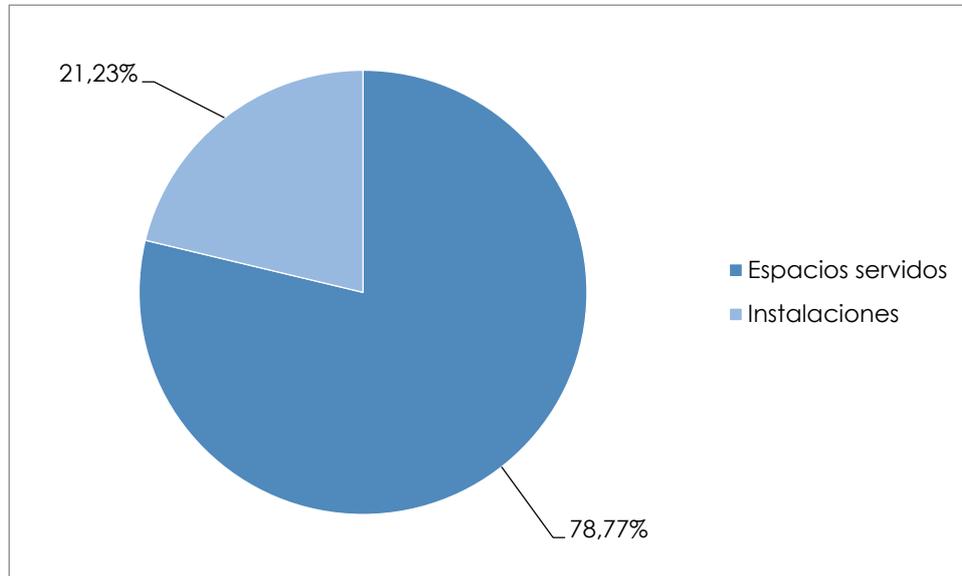
World Trade Center Zaragoza		
Tipo zona	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Usos públicos	78.749,23	49,73%
Núcleo servicios	19.001,79	12,00%
Clima Patinillos	1.159,92	0,73%
Clima Falsos Techos	7.214,59	4,56%
Suelos técnicos	2.705,47	1,71%
Instalaciones cubierta	1.626,04	1,03%
Clima Cubierta	1.913,70	1,21%
Sótano	45.998,70	29,05%
Instalaciones sótano	-	-
Ventilación Sótano	-	-
Total volumen construido	158.369,44	100,00%

[Tabla III.06]. Volumen ocupado por diferentes espacios de instalaciones.



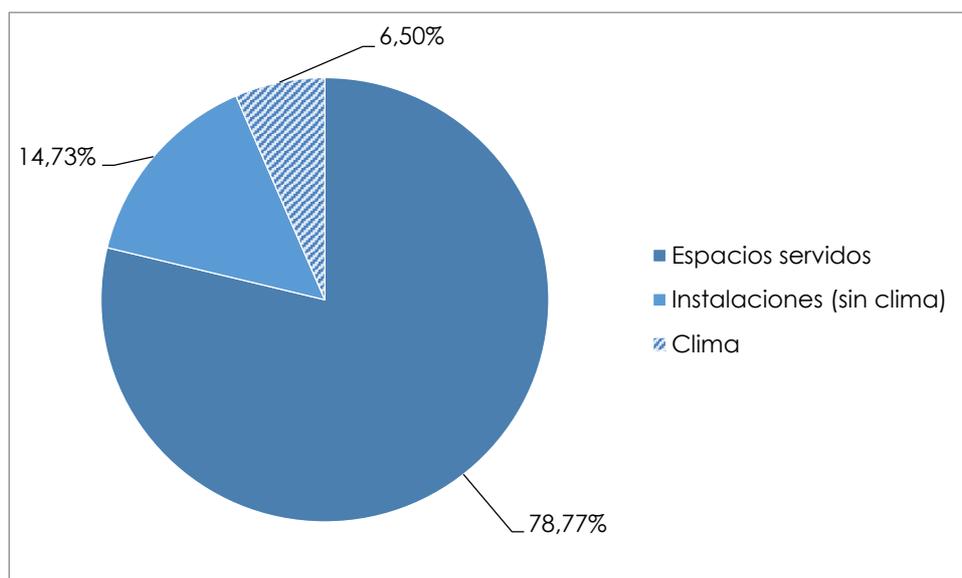
World Trade Center Zaragoza		
Tipo zona	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Espacios servidos	124.747,93	78,77%
Instalaciones	33.621,51	21,23%
Total volumen construido	158.369,44	100,00%

[Tabla III.07]. Volumen ocupado por las instalaciones.



World Trade Center Zaragoza		
Tipo zona	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Espacios servidos	124.747,93	78,77%
Instalaciones (sin clima)	23.333,30	14,73%
Clima	10.288,21	6,50%
Total volumen construido	158.369,44	100,00%

[Tabla III.08]. Volumen ocupado por las instalaciones de clima.



Para el Caso 3: Las Torres Este y Oeste WTCZ las instalaciones ocupan un 6,50% del volumen construido. Sólo se han considerado en la obtención del volumen los cuartos cerrados ocupados en la planta de cubierta (1,21% del total del volumen construido).

- *Repercusión instalaciones respecto al volumen total construido público sobre rasante.*

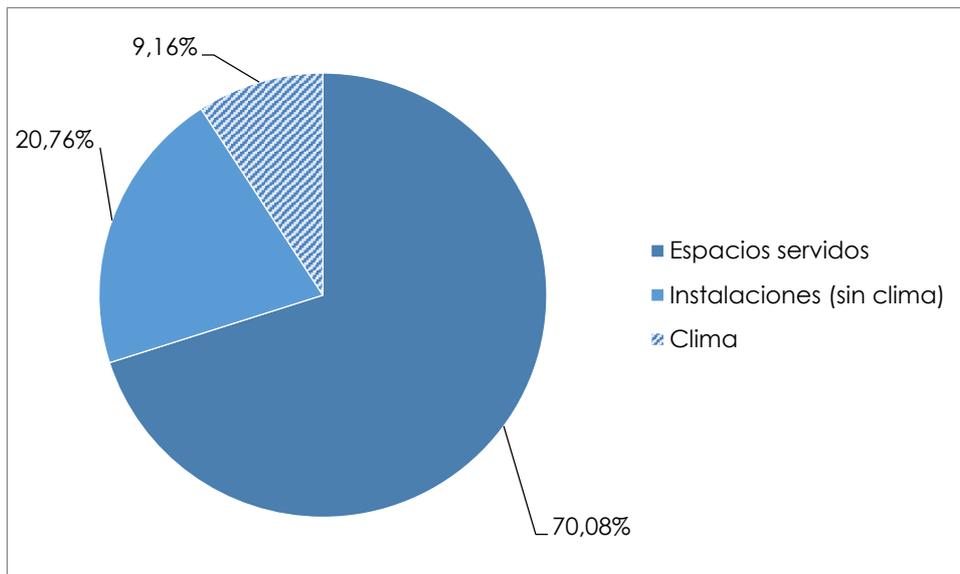
Cuando el análisis se realiza en relación al volumen construido útil, esto es, respecto a los espacios de oficinas y a los más públicos del edificio el porcentaje se eleva hasta un 9,15% para el volumen ocupado por la instalación de clima.

World Trade Center Zaragoza (sin sótano)		
Tipo zona	Volumen [m³]	Porcentaje [%]
Usos públicos	78.749,23	70,08%
Núcleo servicios	19.001,79	16,91%
Clima Patinillos	1.159,92	1,03%
Clima Falsos Techos	7.214,59	6,42%
Suelos técnicos	2.705,47	2,41%
Instalaciones cubierta	1.626,04	1,45%
Clima Cubierta	1.913,70	1,70%
Total volumen construido Sobre Rasante Público	112.370,74	100,00%

[Tabla III.09]. Volumen ocupado por diferentes espacios de instalaciones sin considerar el sótano.

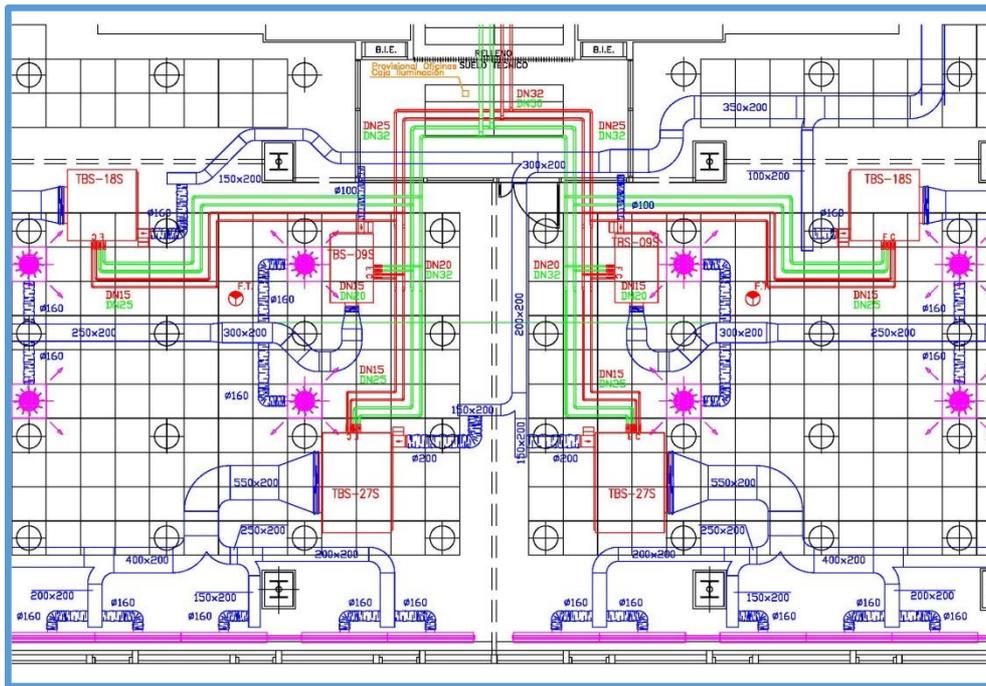
World Trade Center Zaragoza (sin sótano)		
Tipo zona	Volumen [m³]	Porcentaje [%]
Espacios servidos	78.749,23	70,08%
Instalaciones (sin clima)	23.333,30	20,76%
Clima	10.288,21	9,16%
Total volumen construido (sin sótano)	112.370,74	100,00%

[Tabla III.10]. Volumen ocupado por instalaciones de clima sin considerar sótano.



- *Consideración de la ocupación del falso-techo.*

Se analiza con más detalle los equipos y conductos de climatización ubicados en el espacio de cielorraso en una planta de oficinas. En lo que se refiere a los conductos, tanto los de impulsión como los de retorno, tienen una altura máxima de 200 mm, y como puede verse en la planta no hay un solo cruce de conductos en todo el trazado. Pero lo que realmente determina la amplitud de la cámara son las unidades terminales colocadas en el falso-techo. Para este caso se trata de unidades interiores, para colocar ocultas en cielorraso, de Mitsubishi Electric serie PEFY, concretamente los modelos P-100 y P-140 que tienen una altura de 380 mm si se consideran además los márgenes de espacio necesario para su colocación.

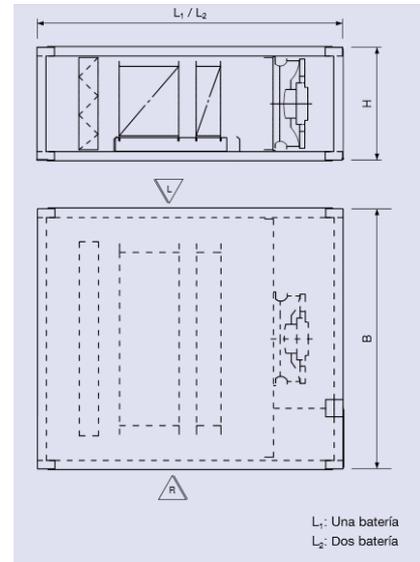
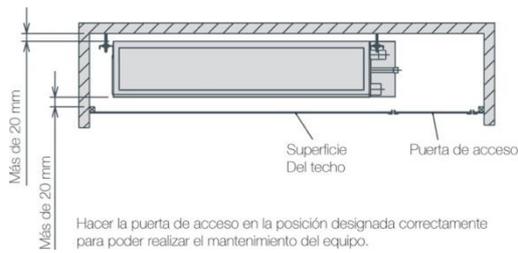
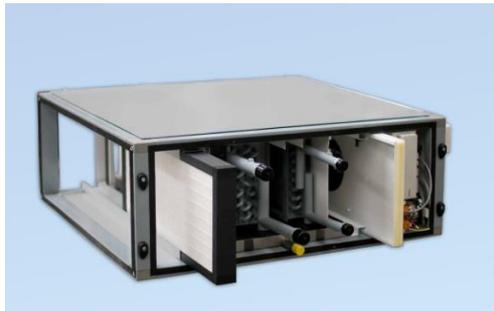


[III.26]. Detalle falso-techo planta de oficinas. Planta 3ª. Torre Este.



[III.27] [III.28]. Construcción WTCZ. Detalles falsos-techos.

Las unidades interiores son unidad de tratamiento de aire, climatizador, TROX, TBSN-S9, S18 y S27-CMM-6C-2H-00-RR-0, con silenciador en retorno y toma de aire con regulador de caudal constante.



Serie	Ventilador	B mm	H mm	L ₁ mm	L ₂ mm
9	NO	750	325	550	675
	SI			750	875
18	NO	1.250	325	550	675
	SI			750	875
23	NO	1.000	475	550	675
	SI			1.000	1.125
27	NO	1.750	325	550	675
	SI			750	875
47	NO	1.800	475	550	675
	SI			1.000	1.125

[III.29]. Unidades interiores de tratamiento de aire.

Referencias.

1. <http://www.wtczaragoza.com/wtcz/edificio-y-proyecto>.
2. http://es.wikipedia.org/wiki/World_Trade_Center_Zaragoza.
3. <http://www.aragondigital.es/noticia.asp?notid=44617&secid=6>

Imágenes.

- [III.01] Fuente: Eduardo Martín, arquitecto.
- [III.02] Fuente: Eduardo Martín, arquitecto.
- [III.03] <http://blogs.nologin.es/lfabiani/archives/77-Inauguracion-del-WTC-Zaragoza.html>
- [III.04] Elaboración propia.
- [III.05] <http://www.wtczaragoza.com>
- [III.06] Elaboración propia.
- [III.07] Elaboración propia.
- [III.08] Fuente: Alfonso Ruiz, ingeniero.
- [III.09] Fuente: Alfonso Ruiz, ingeniero.
- [III.10] Fuente: Alfonso Ruiz, ingeniero.
- [III.11] Fuente: Eduardo Martín, arquitecto.
- [III.12] Fuente: Cristina Cabello.
- [III.13] Fuente: Cristina Cabello.
- [III.14] Fuente: Cristina Cabello.
- [III.15] Fuente: Cristina Cabello.
- [III.16] Fuente: Basilio Tobías Pintre. Arquitecto.
- [III.17] Fuente: Cristina Cabello.
- [III.18] Fuente: Eduardo Martín, arquitecto.
- [III.19] Fuente: Eduardo Martín, arquitecto.
- [III.20] Fuente: Cristina Cabello y Eduardo Martín, arquitecto.
- [III.21] Fuente: Cristina Cabello y Eduardo Martín, arquitecto.
- [III.22] Fuente: Eduardo Martín, arquitecto.
- [III.23] Fuente: Eduardo Martín, arquitecto.
- [III.24] Elaboración propia.
- [III.25] Fuente: Cristina Cabello.
- [III.26] Fuente: Alfonso Ruiz.
- [III.27] Fuente: Eduardo Martín, arquitecto.
- [III.28] Fuente: Eduardo Martín, arquitecto.
- [III.29] <http://www.mitsubishielectric.es/aire-acondicionado/producto/city-multi/conductos-baja-silueta>

Tablas.

[Tabla III.01]. *Elaboración propia.*

[Tabla III.02]. *Elaboración propia.*

[Tabla III.03]. *Elaboración propia.*

[Tabla III.04]. *Elaboración propia.*

[Tabla III.05]. *Elaboración propia.*

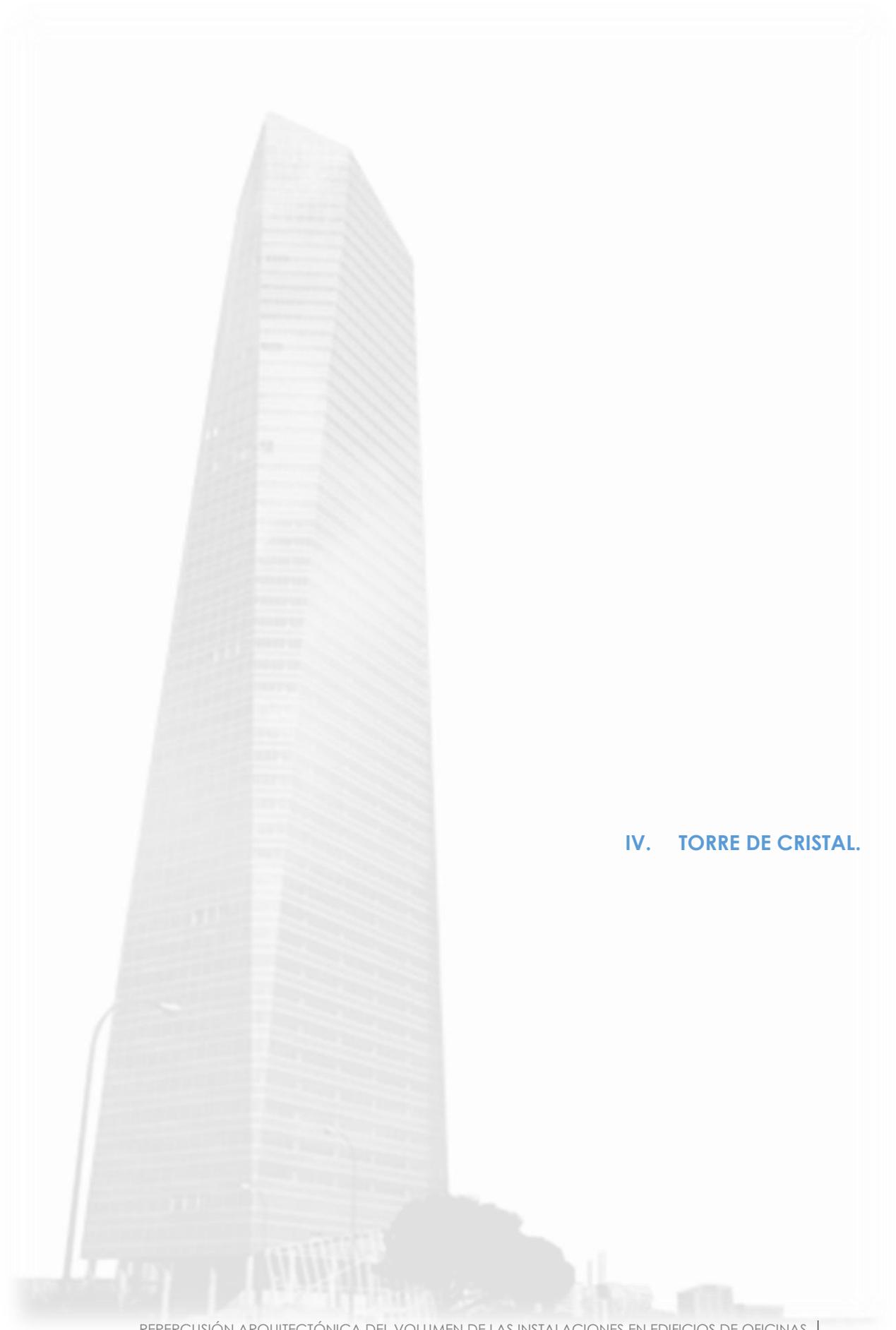
[Tabla III.06]. *Elaboración propia.*

[Tabla III.07]. *Elaboración propia.*

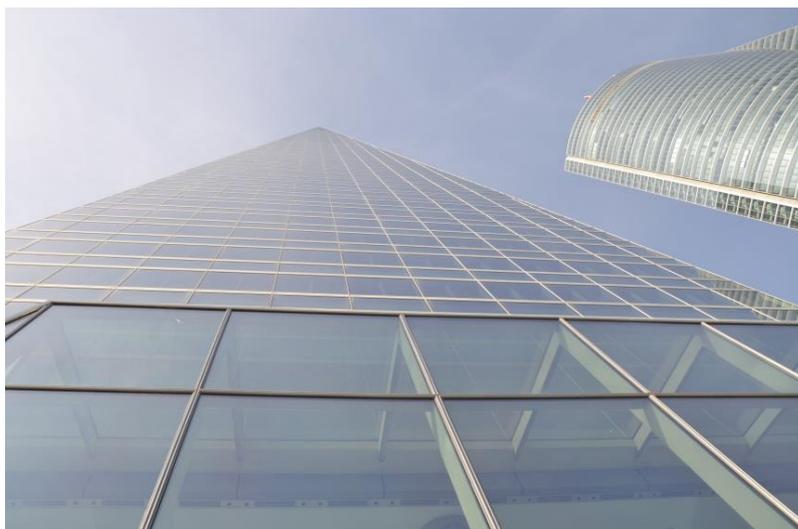
[Tabla III.08]. *Elaboración propia.*

[Tabla III.09]. *Elaboración propia.*

[Tabla III.10]. *Elaboración propia.*



IV. TORRE DE CRISTAL.



[IV.01] [IV.02]. Torre de Cristal.

A. Datos generales del edificio.

Ubicación:	Área Cuatro Torres, Paseo de la Castellana, Madrid.
Arquitectos:	Cesar Pelli, Fred W. Clarke, Rafael Pelli
Ingeniería:	Promec S.A.
Dirección Facultativa:	Iñigo Ortiz y Enrique León (arquitectos asociados)
Consultoría en fachada:	Emmer Pfenninger Partner
Año de terminación de la obra:	2008
Promotor:	Mutua Madrileña Automovilística

B. Descripción general del edificio.

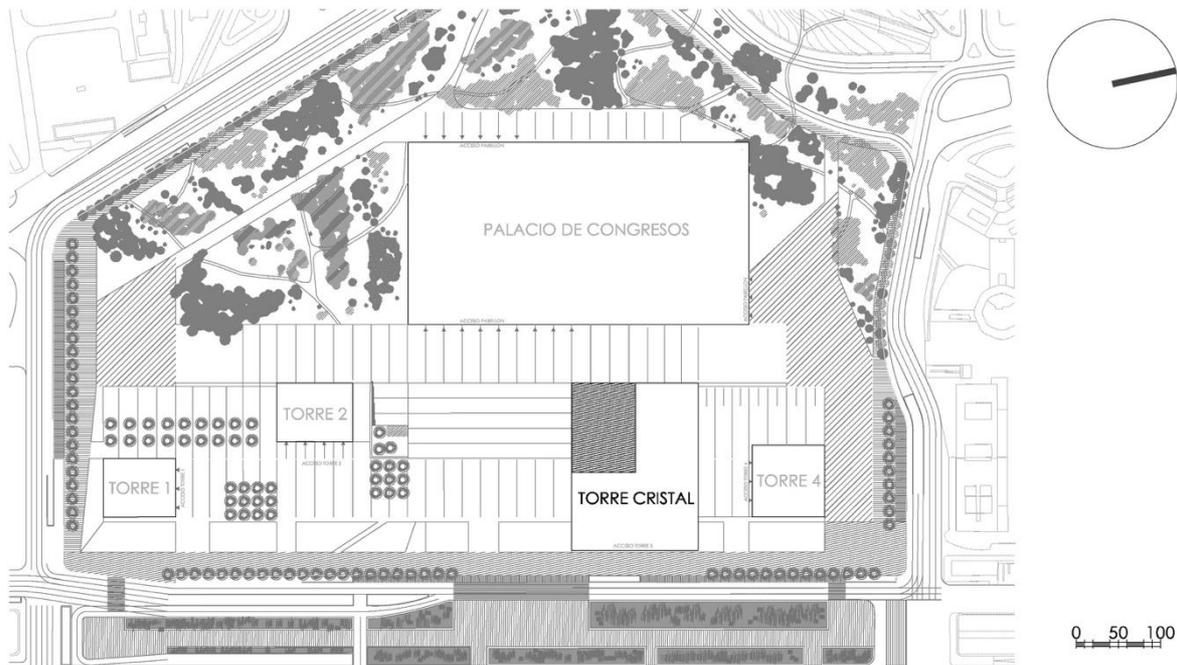
Forma parte del proyecto para Madrid: *Cuatro Torres* [IV.03] que pretende ser en el S.XXI lo que en su día representó el centro financiero y de negocios AZCA situado también en el eje del Paseo de la Castellana. Situado junto al Centro Internacional de Convenciones de Madrid en este centro de negocios se sitúan las torres más altas de España: *La Torre Foster o Caja Madrid* (N. Foster); *La Torre PwC* (C. Rubio Carvajal & E. Álvarez) y *la Torre Espacio* (Heny N. Coob), además de la torre a estudiar, *la Torre de Cristal*.

Esta última, de Mutua Madrileña se construye con el fin de ser un edificio de oficinas de alquiler. Cada planta de la torre se divide en dos semi-plantas que se consideran la unidad mínima de alquiler.

Es un ejemplo representativo de la tipología por excelencia para el edificio de oficinas: La Torre vidriada, y aunque su forma se asemeja más a un obelisco que a un prisma se adivinan sus trazas regulares iniciales. Constituye un único volumen apoyado en el nivel de acceso con unos sutiles resaltes que enmarcan el vestíbulo de entrada.

La envolvente, totalmente acristalada, está formada por una “fachada activa” con doble acristalamiento [IV.01] [IV.02], tipo muro cortina en el exterior y practicable en el interior. La imagen exterior del edificio es una envolvente continua que no diferencia la organización funcional interna. Entre los vidrios se han dispuesto un interesante sistema de persianas para control lumínico, reguladas automáticamente para poder aprovechar la luz natural, no analizado en este estudio. Dispone de paneles fotovoltaicos.

Todo el espacio de destinado a oficinas se concibe como plantas diáfanas y flexibles en las que se pueden organizar diferentes configuraciones de los puestos de trabajo en función de las necesidades de los usuarios.



[IV.03]. Emplazamiento de la Torre de Cristal dentro del Cuatro Torres Business Area (CTBA).

“Evoca a un obelisco que hubiera sido tallado en un bloque de vidrio. La variedad de los ángulos con los que se ha moldeado sus facetas posibilita que cada una de las caras refleje el cielo y los rayos solares de distinta manera, consiguiendo un aspecto cambiante y energético”¹

C. Organización de usos.

El edificio de 250 m de altura, cuenta con un nivel de acceso, 46 plantas de oficinas y 5 plantas técnicas, situadas dos de ellas sobre el vestíbulo principal (M1 y M2), otra entre las plantas 31 [IV.04] y 32 (M3) y finalmente dos más por encima del piso 46 (M4 Y M5). En el nivel 46 se sitúa un jardín en un invernadero. Por debajo de la cota cero, ocupando toda la superficie del solar se sitúan seis sótanos (44.000 m²).

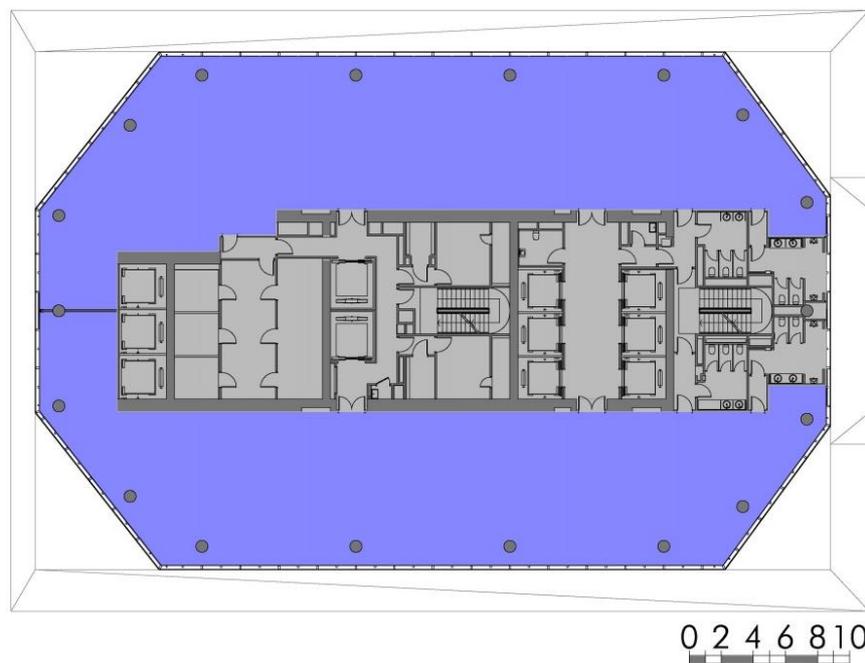
Como consecuencia de su concepción formal las superficies de los pisos varían desde 2.250 m² en planta baja hasta 1.370 m² en los niveles superiores.

El origen de la planta tipo es un rectángulo de 48,85 x 38,85 m cuyas esquinas se van achafalando aumentando el retranqueo conforme se asciende.

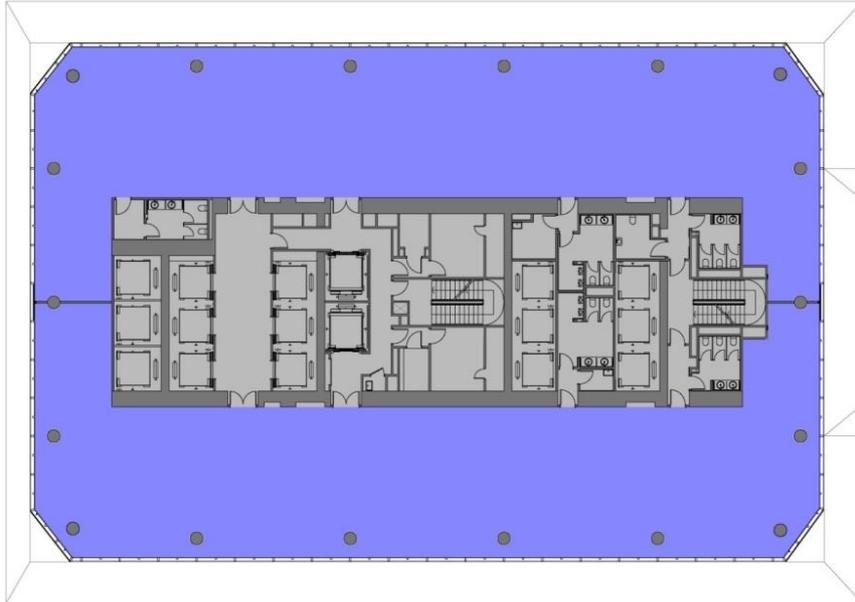
La organización interior responde al esquema representativo de planta de oficinas, diáfana, con cerramiento acristalado y núcleo central que aloja los servicios, las comunicaciones verticales y las instalaciones del edificio. Se deja una crujía de 9 m de espacio de trabajo (alquilable) de forma que todos los puestos tienen vistas y luz natural.

El edificio tiene una superficie construida de 123.622 m² y un volumen construido de 478.566,67 m³.

Aproximadamente el 60% de ese volumen se destina al USO PRINCIPAL, esto es, a oficinas: concretamente 289.573,20 m³, descontando el nivel de acceso, la plantas sótanos y las plantas técnicas.



[IV.04]. Planta n°31 de la Torre de Cristal.



[IV.05]. Planta nº11 de la Torre de Cristal.

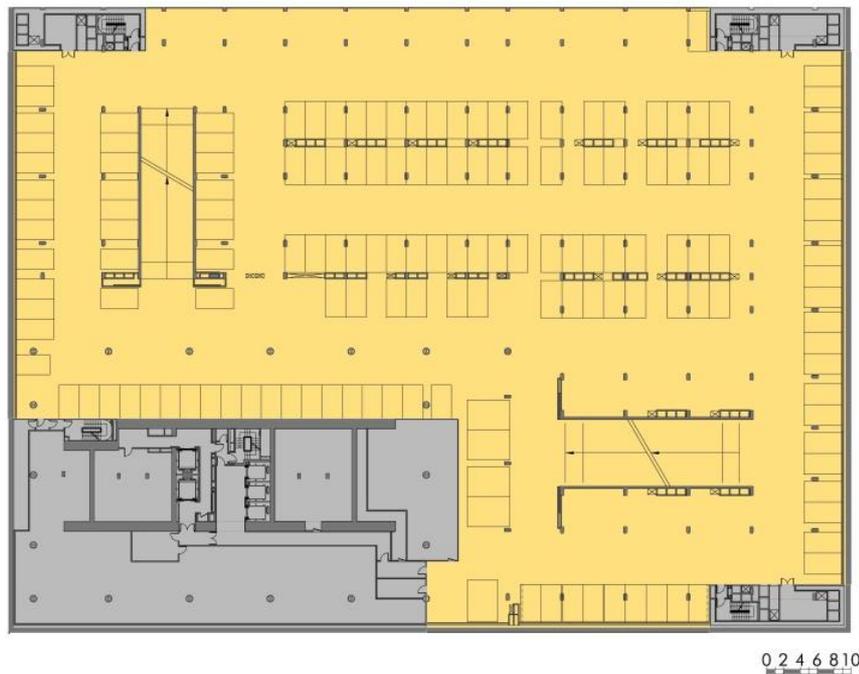


0 2 4 6 8 10

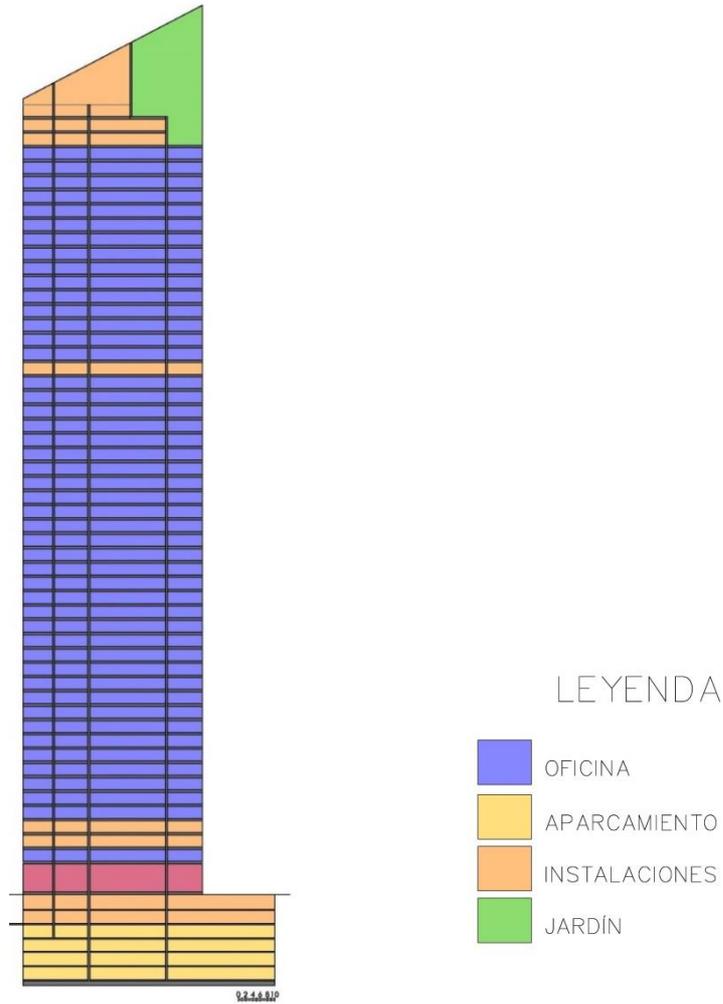
[IV.06]. Planta sótano -1 de la Torre de Cristal.



[IV.07]. Planta sótano -2 de la Torre de Cristal.



[IV.08]. Planta sótano -3, -4, -5 y -6 de la Torre de Cristal.



[IV.09]. Sección de la Torre de Cristal.

Superficies construidas globales		
Plantas edificio	Superficie [m ²]	Volumen [m ³]
Superficie construida Plantas Sótanos (S1 a S6)	44.007,00	141.262,47
Superficie construida Planta Baja	2.022,00	13.143,00
Superficie construida Plantas (P1 a P46)	68.946,00	289.573,20
Superficie construida Plantas Técnicas (M1 a M5, y Torreón)	8.647,00	34.588,00
Superficie Construida Total	123.622,00	478.566,67
Superficie Construida uso oficina	68.946,00	289.573,20

[Tabla IV.01]. Superficies calculadas según datos de proyecto y mediciones propias.

D. Instalación de clima.

Sistema híbrido "Aire-Agua" con aire exterior de ventilación por falso suelo, fancoils sin condensación para la climatización de las zonas perimetrales de oficinas y sistemas todo aire de caudal variable para las zonas centrales de las mismas.

Aspectos que condicionan la sectorización de la instalación:

- Organización de usos. El vestíbulo, cafetería y restaurante dispone de unidades de tratamiento del aire exclusivas para acondicionarlos.
- Tipología funcional: oficinas de alquiler. Cada semi-planta, considerada la unidad mínima de alquiler dispone de sus propias máquinas.
- Orientación. Las semi-plantas tienen orientaciones totalmente opuestas (norte-sur) con demandas térmicas diferenciadas que condicionan la subdivisión de la instalación.
- Organización en planta: cada planta por su orientación y el ser considerada la unidad mínima de alquiler se divide en dos semi-plantas. En cada semi-planta en función de la ocupación y a la actividad a realizar se organizan dos zonas: la perimetral, donde se ubican los puestos de trabajo y la central, de paso y acceso a las oficinas. Esta última división supone un nuevo grado de sectorización en la organización de los equipos por planta.

Ahorro de energía:

Los principales aspectos de la instalación de clima que proporcionan medidas de ahorro de energía son los siguientes:

- Free-cooling hidráulico. Empleando las torres de refrigeración como fuente de frío para los circuitos de agua de los fancoils en invierno y en épocas intermedias.
- Free-cooling de aire exterior directo. En restaurante.
- Recuperadores de energía del aire de extracción en las oficinas.
- Fachada activa.
- Equipos de alto rendimiento.
- Sistema de regulación y control.
- Circuitos secundarios de caudal variable con bombas con variador de frecuencia y electroválvulas conectadas al sistema de regulación y control.

Fachada activa:

Compuesta por muro cortina con doble vidrio y cámara ventilada desde el interior (active wall) y la correspondiente parte ciega para protección de los forjados resultante de las exigencias de la normativa de incendios.

Generación de calor:

Se dispone de tres calderas de tipo pirotubular, alimentadas con gas natural, de alto rendimiento y baja temperatura, con quemadores modulantes y control de nox. Están situadas en la planta técnica M4 que se ubica en la parte superior de la torre, con objeto de reducir la repercusión que en edificio tiene la implantación de chimeneas para la evacuación de humos de las mismas.

Las potencias de las calderas son: 2 calderas de 3.000 kW y 1 caldera de 1.500 kW.

Generación de frío:

La generación de frío se realiza mediante cuatro enfriadoras de agua, situadas en el sótano 2, refrigeradas por agua mediante torres de refrigeración con alto c.o.p. tanto a carga máxima como a carga parcial.

Las potencias de los equipos son: 3 unidades de 2.500 kW y 1 unidad de 1.200 kW.

Las torres de refrigeración para la recuperación del agua de condensación de los grupos están localizadas en la azotea y son 4 unidades.

Extracto del proyecto de Climatización.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL:

La Sala Técnica de producción de frío (S2), las Salas Técnicas intermedias (M1, M2 y M3) y las superiores (M4, M5 y Azotea), están comunicadas por dos patinillos hidráulicos (principalmente uno para las tuberías de la zona norte y otro para las de la zona sur) que recorren el edificio y por los que circularán los siguientes circuitos generales:

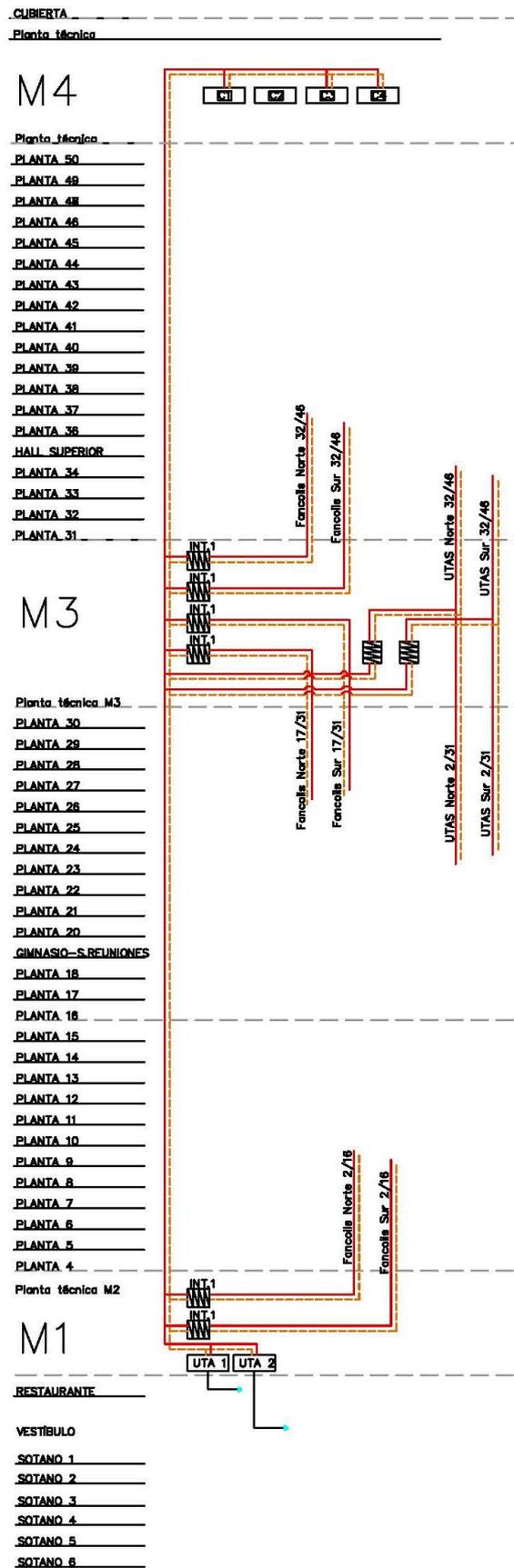
1. *Agua enfriada desde los grupos frigoríficos a los intercambiadores situados en la planta M1.*
2. *Agua enfriada circuito terciario, desde la planta M1 a la M5.*
3. *Agua enfriada de fancoils y UTAs para oficinas.*
4. *Agua de condensación desde las torres de refrigeración hasta la planta a M1.*
5. *Condensación modo freecooling.*
6. *Agua de condensación de M1 a S2.*
7. *Agua caliente de calderas.*
8. *Agua caliente de fancoils, UTAs, suelo radiante y convectores.*

Las dos verticales Norte y Sur (desde M1 a M5. Circuito 2) con sus respectivos retornos alimentan planta a planta a las UTAs Norte y Sur situadas en los cuartos técnicos de cada planta de oficinas.

El circuito de agua caliente parte de la planta M4 y discurre paralelo a los de agua fría por los dos patinillos verticales del edificio.

El circuito de agua de condensación discurre por patinillo independiente. En verano el recorrido es desde la azotea a la planta M1, donde se produce una ruptura de presión y desde M1 hasta los equipos de frío. En invierno y en épocas intermedias, y para tener la prestación de freecooling hidráulico dicho circuito discurre desde la azotea a plantas M3 y M1, para que mediante los correspondientes intercambiadores aporte frío a los circuitos terciarios de fancoils.

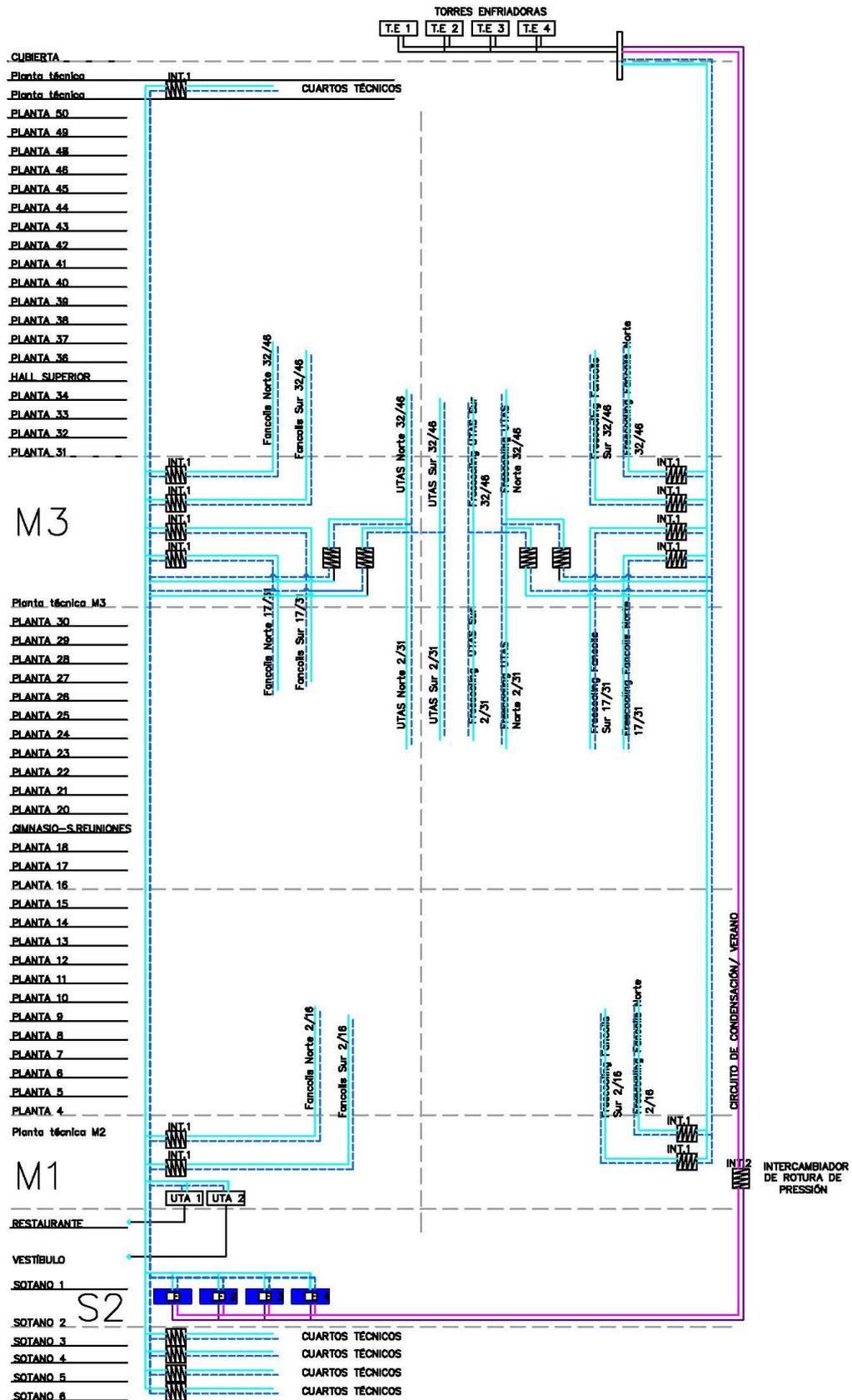
Esquema de principio. **Calor.**



[IV.10]. Esquema de principio

calor.

Esquema de principio. Frio.



[IV.11]. Esquema de principio frio.

MÁQUINAS:

Central de frío nivel sótano 2:

- Cuatro enfriadoras.
- 2 intercambiadores (PN 16 – Primario / Secundario) desde enfriadoras a UTAs y fancoils de plantas situadas bajo rasante.

Además se disponen en la misma sala:

- Bombas de primario y secundario, de agua enfriada, de condensación y de circuitos de frío de las unidades terminales bajo rasante.
- Sistemas de expansión, llenado y tratamiento de los circuitos de agua fría y de condensación entre M1 y S2.

Plantas mecánicas M1-M2:

Una de las funciones principales de esta planta es la ruptura de presión en los circuitos hidráulicos, mediante la colocación de dos intercambiadores de placas es la limitación de presión en los equipos de frío a valores normales, y la máxima en los circuitos en altura a 25 bares (PN25), lo que conllevaría un alto coste en componentes asociados.

El secundario de estos intercambiadores alimenta a los dos circuitos verticales, Norte y Sur de agua enfriada de UTAs de todas las semiplantas, Norte y Sur, y a los intercambiadores de fancoils de los dos tercios superiores del edificio (plantas 17 a 46 Norte y Sur), que se encuentran en la planta Mecánica 3.

Se dispone además en esta planta de:

- Intercambiadores (PN 16 - Primario / Secundario) para el circuito de fancoils perimetrales del tercio inferior del edificio, semiplantas 2 a 16 Norte (funcionamiento agua caliente y agua fría). Dos intercambiadores o cuatro.
- Intercambiadores (PN 16 - Primario / Secundario) para el circuito de fancoils perimetrales del tercio inferior del edificio, semiplantas 2 a 16 Sur (funcionamiento agua caliente y agua fría). Dos intercambiadores o cuatro.
- Un intercambiador (PN 25 - Primario / Secundario) para el suelo radiante Norte (funcionamiento AC).
- Un intercambiador (PN 25 - Primario / Secundario) para el suelo radiante Sur (funcionamiento AC).
- Un intercambiador (PN 25 - Primario / Secundario) para convectores Norte (funcionamiento AC).
- Un intercambiador (PN 25 - Primario / Secundario) para convectores Sur (funcionamiento AC).
- Un intercambiador (PN 25 - Primario / Secundario) para circuito de calor bajo rasante (funcionamiento AC).

- Dos intercambiadores (PN 25 - Primario / Secundario) para el circuito de condensación, funcionamiento verano para refrigeración de las enfriadoras.
- Y dos intercambiadores (PN 25 - Primario / Secundario) para el circuito de condensación, funcionamiento en freecooling.

Además aloja las siguientes unidades de tratamiento del aire:

- UTA vestíbulo de entrada.
- UTA vestíbulo de entrada norte.
- UTA vestíbulo de entrada sur.
- UTA cafetería.
- UTA restaurante.
- UTA de la sala de transformación.

Y los siguientes equipos:

- Bombas de circuitos primarios y secundarios –circuito de calor y frío-, circuito terciario principal de agua enfriada, circuitos de condensación y de freecooling.
- Depósitos de expansión para circuitos de agua caliente de suelo radiante, convectores y UTAs bajo rasante.
- Sistemas de tratamiento de agua.
- Sistemas de llenado.

Planta tipo de oficinas:

En cada cuarto técnico (dos por planta) existen dos UTAs exclusivas de la semi-planta: una unidad 100% aire exterior con recuperación entálpica y batería de calor y frío, y una unidad 100% recirculación para tratamiento de la zona central de oficinas –sólo frío-.

Plantas 18 y 33:

UTAs de enfriamiento de las salas de máquinas de ascensores.

Planta mecánica M3:

En esta planta se ubican las máquinas necesarias para servir a los circuitos terciarios de los fancoils de los dos tercios superiores, además de a las UTAs de los cuartos técnico. Se dispone de los siguientes intercambiadores:

- Intercambiadores (PN 16 - Primario / Secundario) para el circuito de fancoils perimetrales del segundo tercio del edificio, semi-plantas 17 a 31 Norte ((funcionamiento agua caliente y agua fría). Dos intercambiadores o cuatro.

- Intercambiadores (PN 16 - Primario / Secundario) para el circuito de fancoils perimetrales del último tercio del edificio, semiplantas 32 a 46 Norte (funcionamiento agua caliente y agua fría). Dos intercambiadores o cuatro.
- Intercambiadores (PN 16 - Primario / Secundario) para el circuito de fancoils perimetrales del segundo tercio del edificio, semiplantas 17 a 31 Sur (funcionamiento agua caliente y agua fría). Dos intercambiadores o cuatro.
- Intercambiadores (PN 16 - Primario / Secundario) para el circuito de fancoils perimetrales del último tercio del edificio, semiplantas 32 a 46 Sur (funcionamiento agua caliente y agua fría). Dos intercambiadores o cuatro.
- Dos intercambiadores (PN 16 - Primario / Secundario) para el circuito de condensación y aporte de frío circuito a los circuitos terciarios de los fancoils Norte.
- Y dos intercambiadores (PN 16 - Primario / Secundario) para el circuito de condensación y aporte de frío circuito a los circuitos terciarios de los fancoils Norte.

Además en esta planta se encuentran las siguientes unidades de tratamiento del aire.

- UTA tipo freecooling de la planta M3.
- UTA centro de transformación.
- UTA recinto de infraestructura de telecomunicaciones.

Además se disponen los equipos de bombeo necesarios, sistemas de expansión, llenado y tratamiento de los circuitos terciarios.

Planta mecánica M4:

Las calderas productoras de agua caliente se sitúan en la planta técnica M4.

Además se sitúan los siguientes equipos:

- UTA "sólo frío" para los centros de transformación y Rits.
- Bombas para los circuitos primarios de calderas y circuitos secundarios de calor.
- Sistemas de expansión para los circuitos de calor.

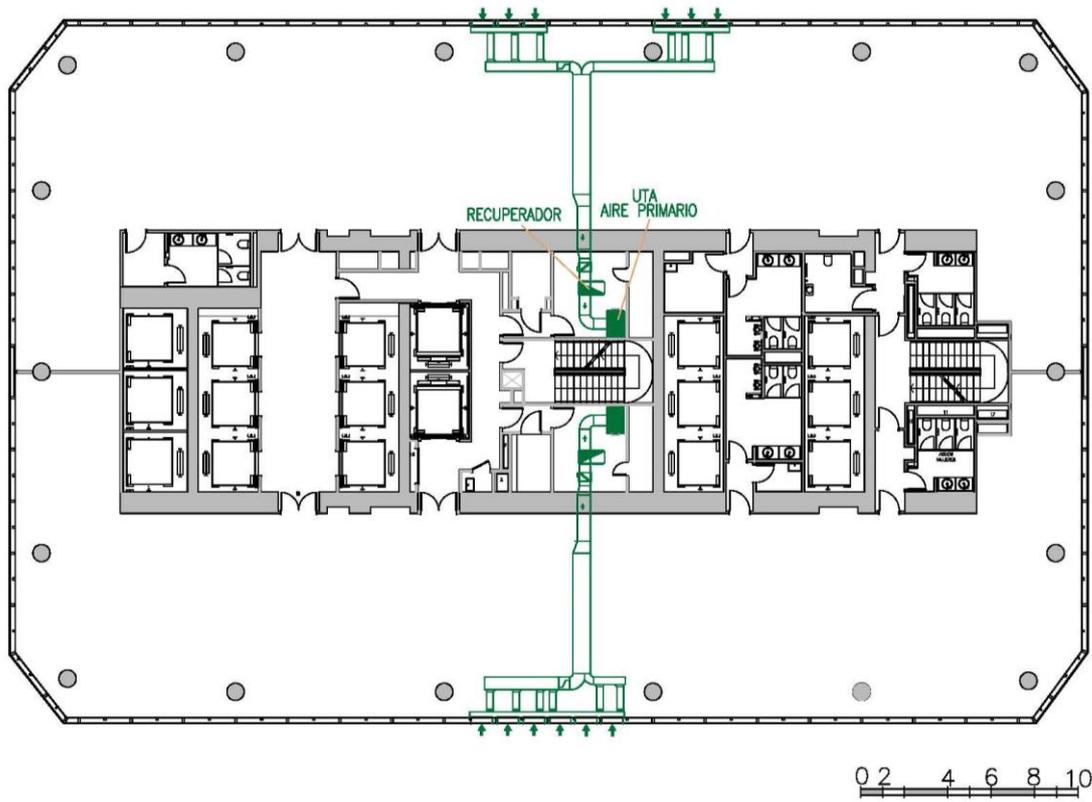
Planta mecánica M5:

En el nivel M5 se ubican los sistemas de llenado, purga, tratamiento químico y filtrado de las torres de enfriamiento, con sus respectivos equipos.

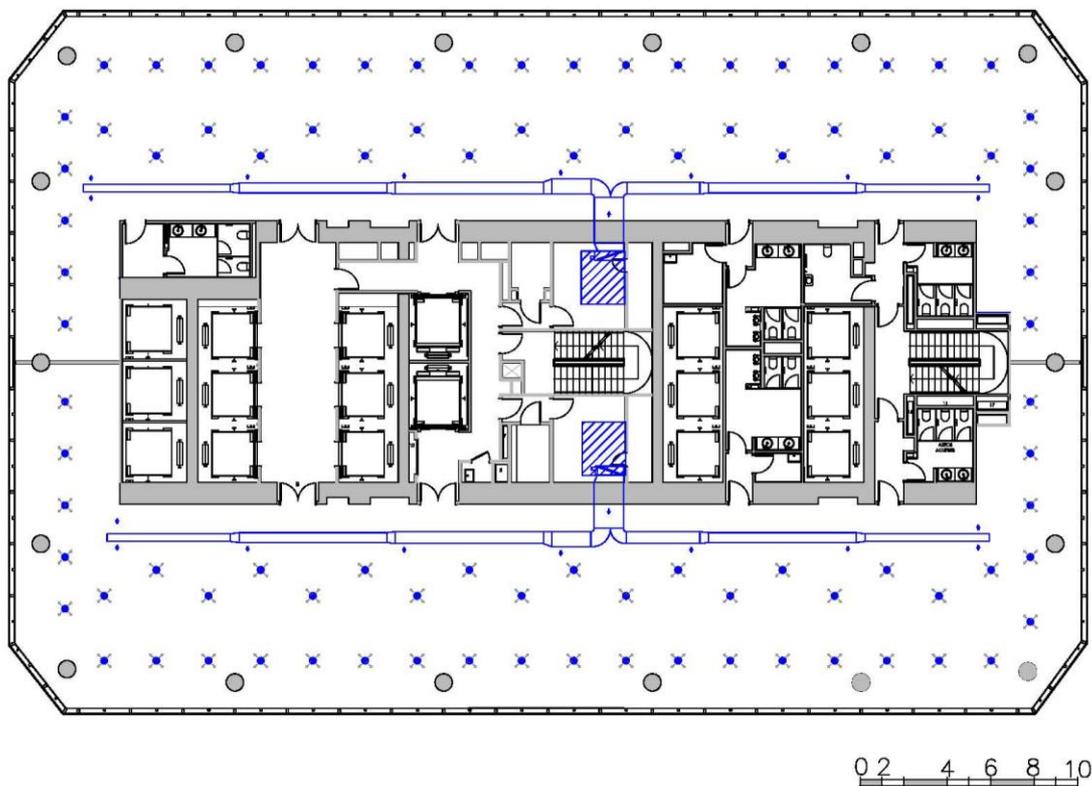
Azotea:

En la cubierta del edificio se disponen las cuatro torres de refrigeración, son modulares de tipo abierto, flujo de aire inducido y con ventiladores axiales accionados por motores de velocidad variable.

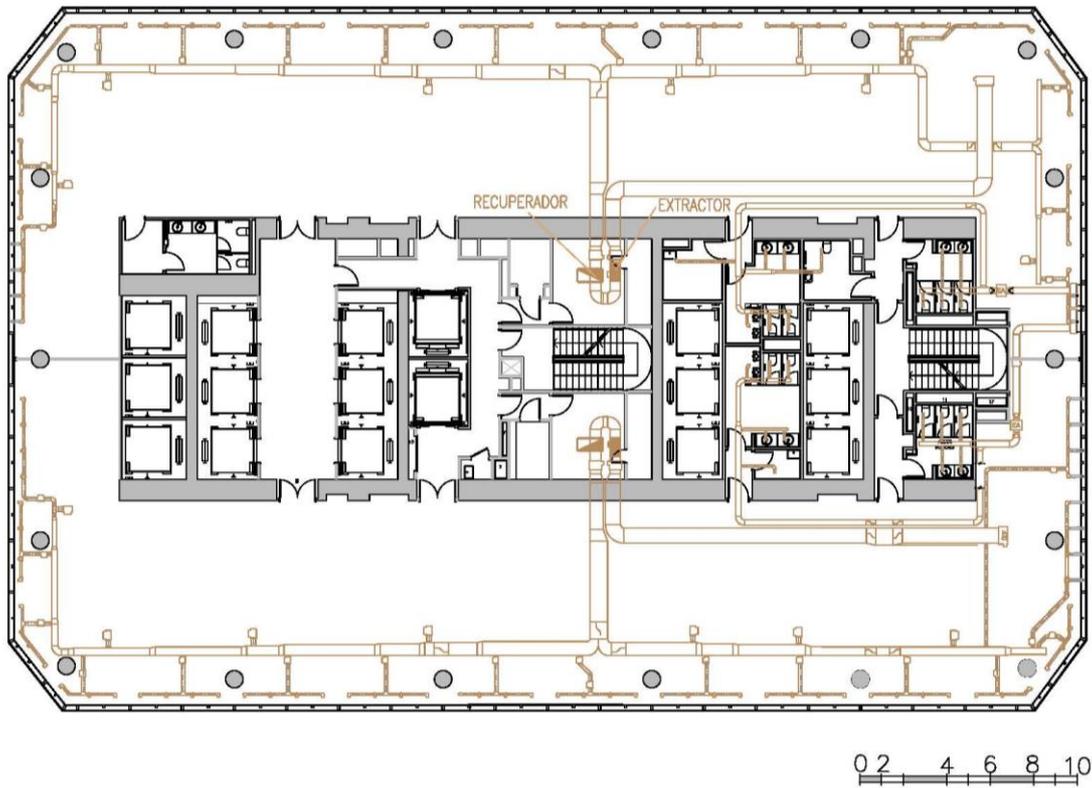
Esquema climatización. Planta tipo de oficinas.



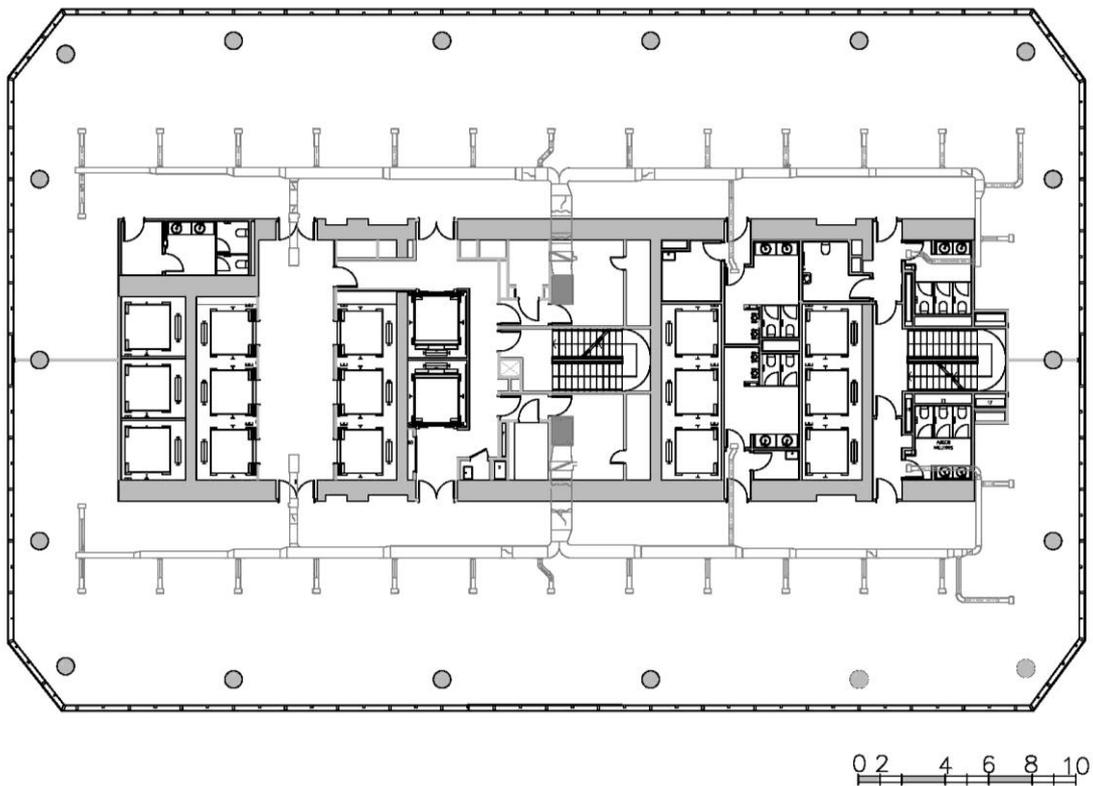
[IV.12]. Sistema de renovación de aire primario.



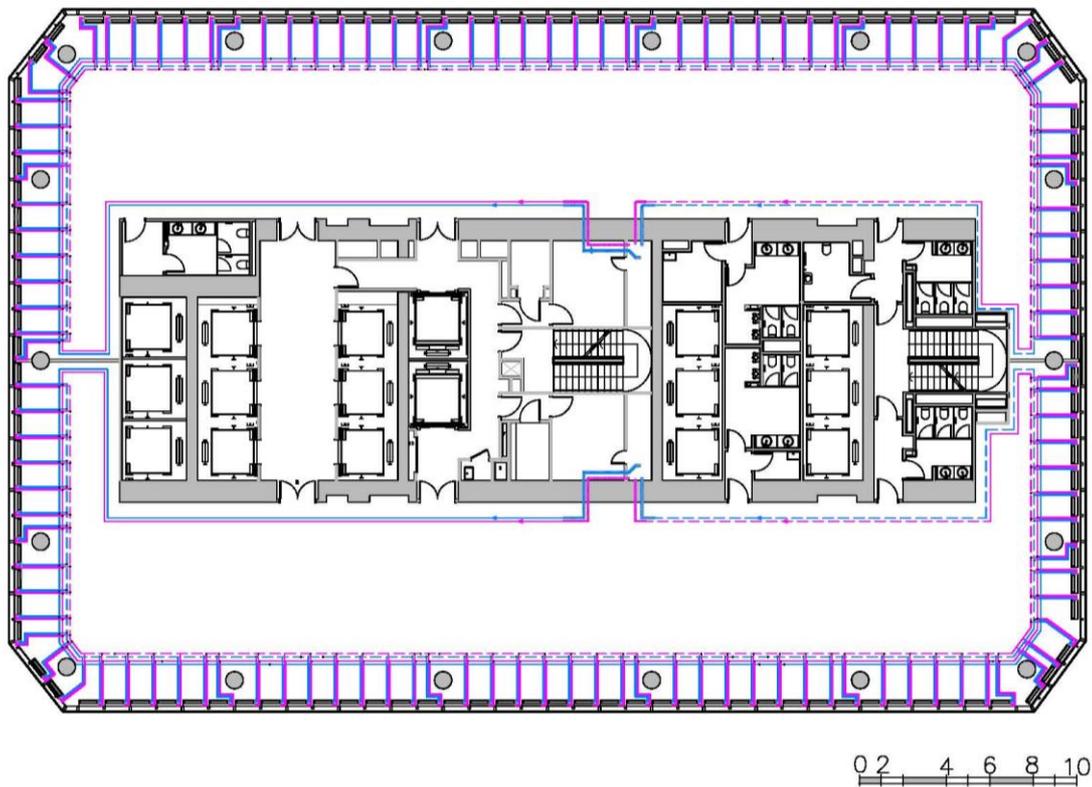
[IV.13]. Sistema de impulsión de aire climatizado por falso suelo.



[IV.14]. Sistema de retorno, recuperación de calor y extracción de aire viciado.



[IV.15]. Sistema de climatización zona interior de planta.



[IV.16]. Sistema de climatización por fancoils.

DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL:

Es un claro ejemplo de ENERGIA OCULTA POR FALSO-TECHO Y SUELO.

La diferenciación funcional de la planta baja –*vestíbulo de acceso y restaurante*- de carácter más público que el resto de plantas de oficinas condiciona una primera sectorización de las instalaciones disponiendo de dos UTAS exclusivas situadas que la planta técnica M1.

Acondicionamiento plantas de oficinas.

En las plantas de oficinas la instalación de climatización está completamente diferenciada para cada una de las dos semi-plantas con diferente orientación.

Las máquinas necesarias para el acondicionamiento de cada una de las semi-plantas se disponen en un cuarto técnico para clima situado en el núcleo central de la planta; existen dos cuartos técnicos de este tipo en cada planta de oficinas.

En cada cuarto se disponen dos unidades de tratamiento del aire de uso exclusivo para cada semi-planta: Una UTA que trabaja con el 100% de aire exterior y que suplente las necesidades de ventilación, con batería de frío y calor, y la otra UTA para acondicionamiento de la zona central sólo con aporte de frío.

En las plantas de oficinas el suministro de aire renovado se hace desde el pavimento. Las tomas de aire de ventilación se encuentran dispuestas en fachada. El aire exterior es tratado en la

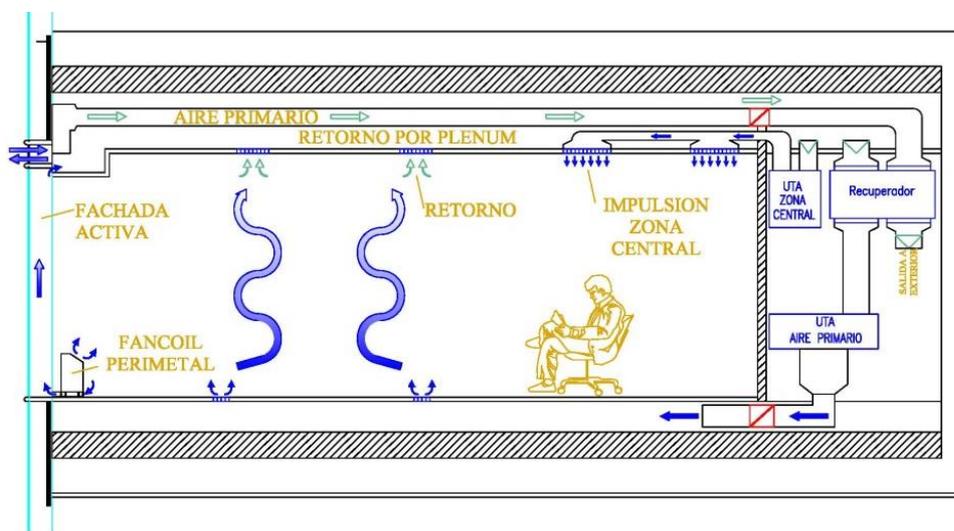
UTA correspondiente y dirigido mediante conductos a baja velocidad para su distribución al plenum del suelo-técnico, disponiendo de difusores regulables que coinciden con cada puesto de trabajo. Esta máquina dispone de recuperador de calor entálpico que supone un ahorro de energía al extraer calor de la vena del aire de extracción, que proviene de la cámara ventilada de fachada y del falso-techo que actúa como plenum. Se hace pasar parte del aire de retorno por el interior de la fachada doblemente acristalada (40 m³/h) con el fin de mantener la temperatura de dicha cámara en las condiciones necesarias para que actúe como fachada activa y luego se conduce mediante conductos aislados (la temperatura del aire puede llegar a 40°C en épocas estivales) hasta el recuperador.

Las rejillas para toma de aire exterior y para extracción del aire interior viciado se disponen en la fachada de forma que no se interfieran el correcto funcionamiento de la instalación.

En la zona perimetral de las oficinas se colocan fancoils (sin condensación, en su funcionamiento de verano) a cuatro tubos para contrarrestar la fuerte carga térmica que produce la radiación solar incidente en la fachada acristalada, y las pérdidas a través del cerramiento acristalado en régimen de verano. Se instala un fancoil por cada módulo de fachada (1,20 m de ancho) cuyo mueble es diseñado por los arquitectos del proyecto.

Para el tratamiento de la zona central se dispone de una segunda unidad de tratamiento de aire de caudal variable por semi-planta, que impulsa aire de la zona interior mediante una red de difusores de caudal variable y retorno mediante plenum por falso techo.

Tanto los fancoils como las unidades de tratamiento de aire (de ventilación y de zonas centrales) están alimentadas por circuitos independientes de agua fría procedente de las enfriadoras de sótano y de agua caliente procedente de las calderas situadas en la planta técnica M4. Todas las UTAs disponen de módulos de filtraje.



[IV.17]. Esquema climatización en sección de oficina tipo con toma de aire primario exterior.

Otros usos:

Vestíbulo de entrada. Dadas las diferentes orientaciones y geometrías el vestíbulo de entrada se divide en tres zonas que condicionan la instalación de climatización: Vestíbulo norte, vestíbulo de entrada este y vestíbulo sur.

Para el acondicionamiento del vestíbulo se disponen convectores en la línea de fachada y suelo radiante cuya potencia térmica varía en la franja perimetral y en los espacios centrales con objeto de obtener una mejor uniformidad en la temperatura del ambiente interior. En paralelo existe además una red de aire que ventila y acondiciona cada una de las zonas impulsando aire mediante toberas situadas en el perímetro del falso-techo (zona norte y zona sur) y toberas centrales que impulsan aire tratado en las zonas centrales.

Las correspondientes unidades de tratamiento de aire para cada zona tienen prevista su ubicación en la planta técnica M1 y están alimentadas por redes de cuatro tubos desde los generadores de frío y calor centrales. Funcionan con una parte de aire de retorno y otra parte de aire exterior, en función de las necesidades de cada zona. Las UTAs son de tipo free-cooling con objeto de aprovechar el enfriamiento gratuito del local con el aire exterior, cuando las condiciones lo permitan.

A la hora de la disposición de los elementos terminales se ha puesto especial cuidado para evitar la estratificación del aire dada la altura del espacio.

Cafetería y restaurante. Se proyectan dos UTAs tipo freecooling con batería de precalentamiento para su posible funcionamiento 100% con aire exterior en cualquier temporada del año que están instaladas en la planta M1.

Sistema de regulación y control:

En las plantas de oficinas el control es individual en cada puesto de trabajo, mediante un sencillo mecanismo de regulación que permite adaptar el caudal de aire renovado tratado a las necesidades del usuario.

Los fancoils disponen de control automático de las dos válvulas de corte (una para agua caliente y otra para agua fría) que tiene cada fancoil. La sectorización del sistema de regulación es tal que actúa sobre grupos formados por cuatro fancoils como máximo.

Se han contemplado dos termostatos para la zona central de cada semi-planta.

OTRAS INSTALACIONES:

PREVENCIÓN DE INCENDIOS:

Se han previsto compuertas cortafuegos en los conductos en su paso por los muros de sectorización de incendios. Se prevé centralita de incendios que permita el cierre automático de compuertas y UTAs en caso de incendio.

PREVENCIÓN DE GESTIÓN CENTRALIZADA DE INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS:

El Sistema de Gestión Centralizada tiene a su cargo los equipos e instalaciones de aire acondicionado y ventilación y presenta información de las instalaciones de fontanería y saneamiento, contra incendios, electricidad, ascensores, tratamiento de agua de torres, alumbrado y ventilación de garajes.

El sistema permite la supervisión y control específicos de cada una de las citadas instalaciones y posibilita el intercambio de todo tipo de informaciones y actuaciones entre ellas.

E. Espacios ocupados por la instalación de clima.

- *Identificación de los espacios ocupados por las instalaciones.*

Se trata en primer lugar de identificar los espacios del edificio ocupado por las instalaciones del mismo, esto es, el volumen destinado a cuartos de instalaciones, patinillos y falsos-techos. Se trata de identificar, antes de cuantificarlo, cuanto de ese volumen es necesario para implantar las instalaciones de climatización [IV.17].



[IV.18]. Planta Sótano -1 de la Torre de Cristal.

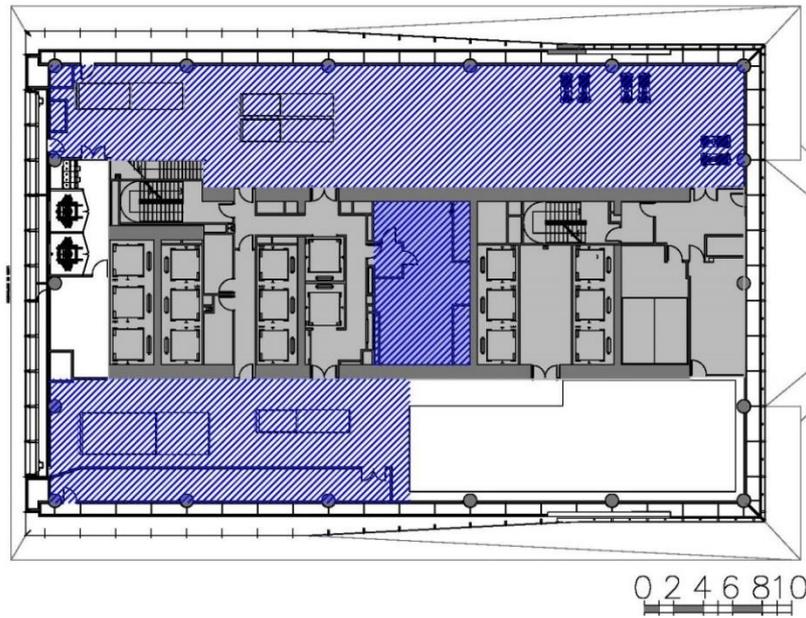
En el Sótano -2 [IV.18] se sitúa la Central de Frío, a doble espacio en la zona donde se sitúan las enfriadoras y las bombas.



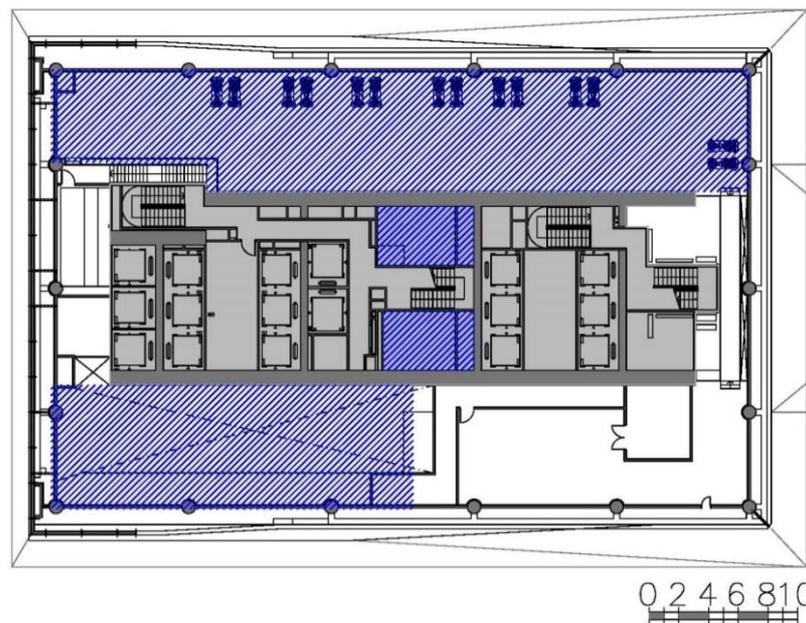
[IV.19]. Planta Sótano -2 de la Torre de Cristal.



[IV.20] [IV.21]. Central de frío de la Torre de Cristal.



[IV.22]. Planta técnica M1.

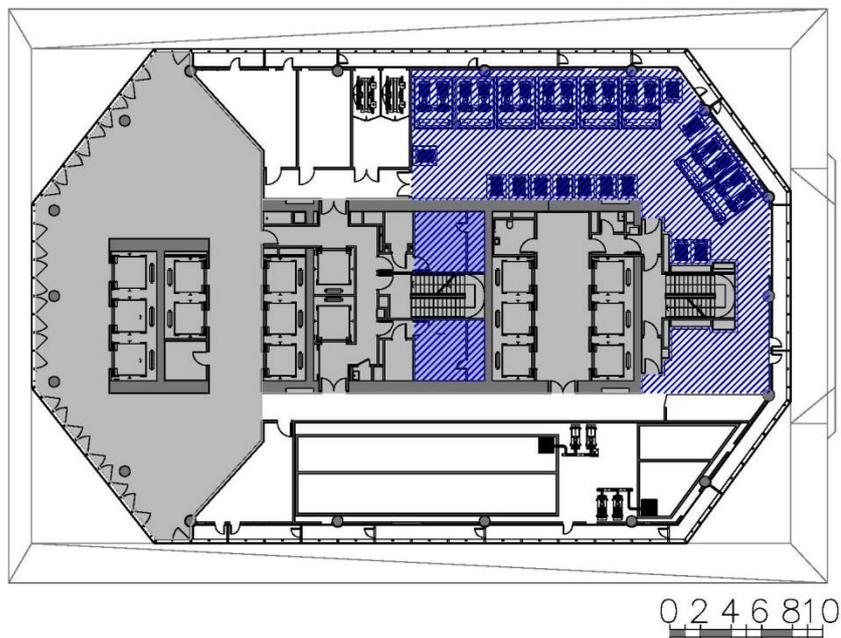


[IV.23]. Planta técnica M2.

En la planta técnica M1 se sitúan dos Salas Técnicas donde se ubican los climatizadores del vestíbulo y del restaurante además de las bombas. La UTA del restaurante ocupa un espacio a doble altura. Encima de las UTAs del vestíbulo se ubican bombas e intercambiadores que dan servicio al tercio inferior de la torre.



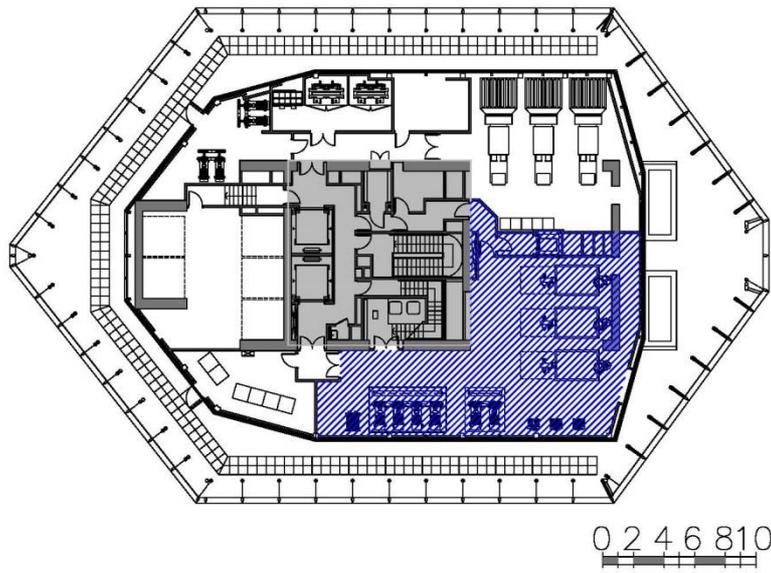
[IV.24] [IV.25] [IV.26]. Plantas técnicas M1 y M2.. M1: UTA del restaurante. Detalle Galerías de ventilación plantas técnicas. M2: Bombas e intercambiadores (tercio inferior).



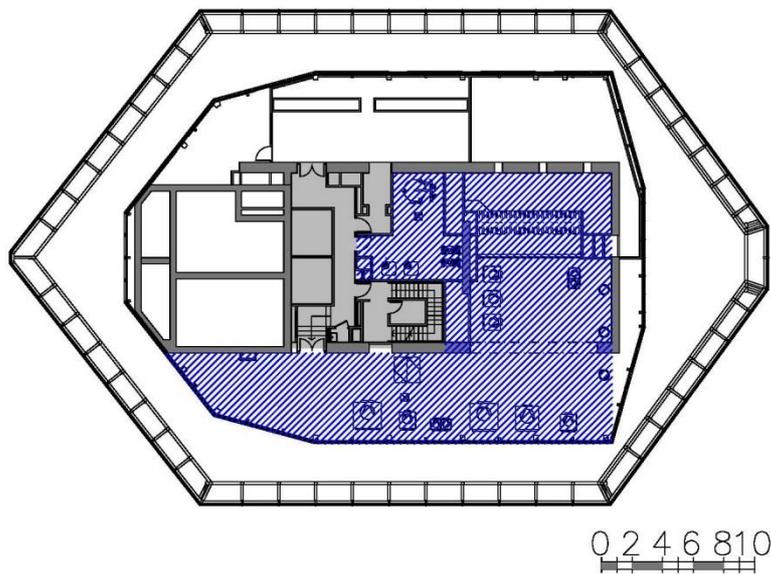
[IV.27]. Planta técnica M3.

En la planta técnica M3 [IV.26] se dispone el Grupo de Climatización –bombas e intercambiadores– que sirve de forma descendente al tercio intermedio de la torre y de forma ascendente al tercio superior y dos salas técnicas que se repetirán a lo largo de toda la torre.

En la planta técnica M4 [IV.27] se encuentra la sala de calderas y en la planta técnica M5 la sala de ventiladores y la sala de tratamiento de las torres de refrigeración.



[IV.28]. Planta técnica M4.

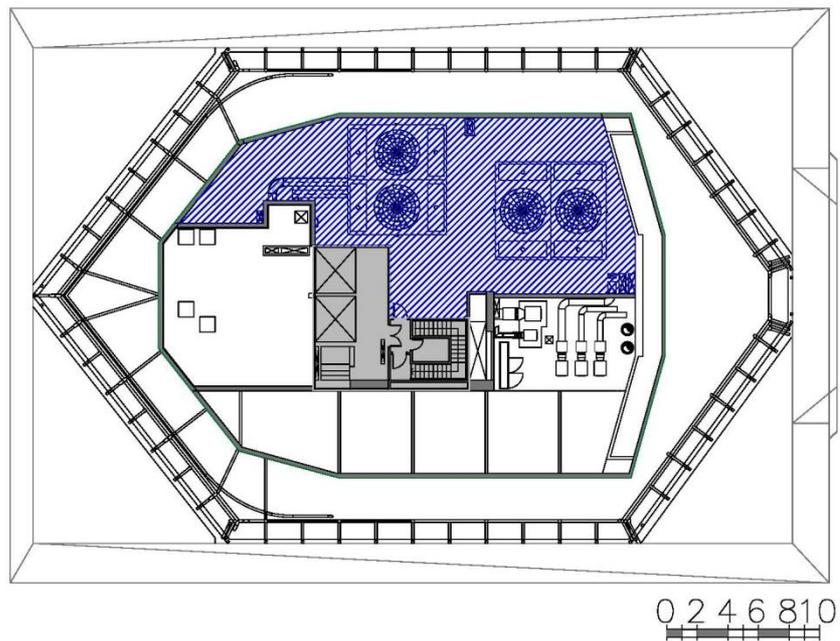


[IV.29]. Planta técnica M5.

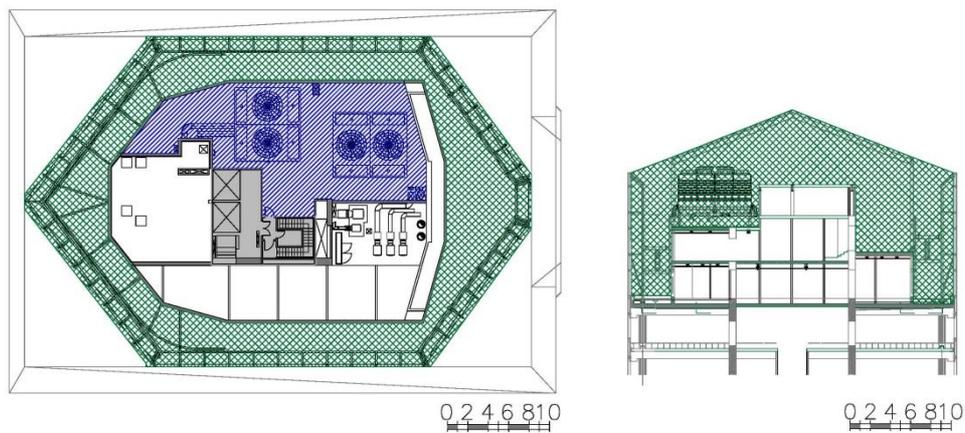


[IV.30] [IV.31] [IV.32]. Plantas técnicas 4. Sala de calderas. Detalle ventilación.

En la planta técnica Torreón [IV.33] se ubican las torres de refrigeración.



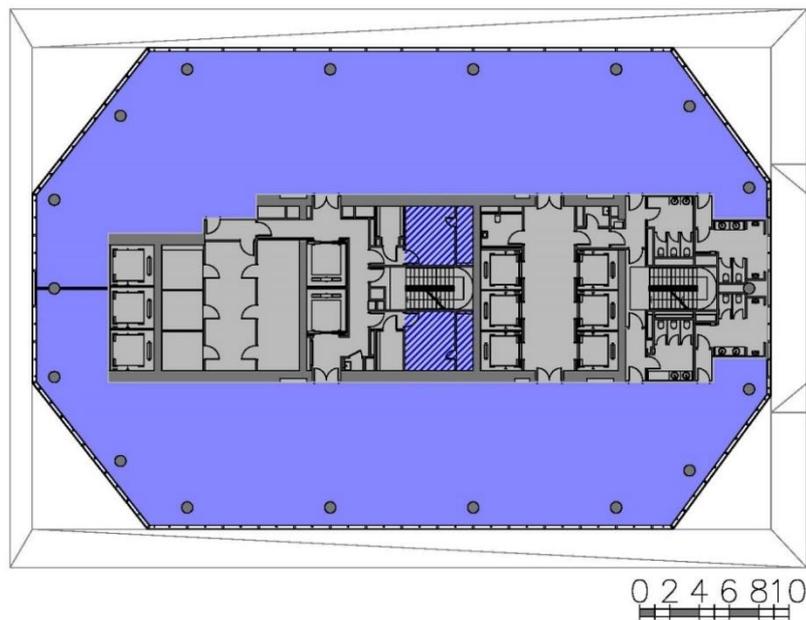
[IV.33]. Plantas técnica Torreón.



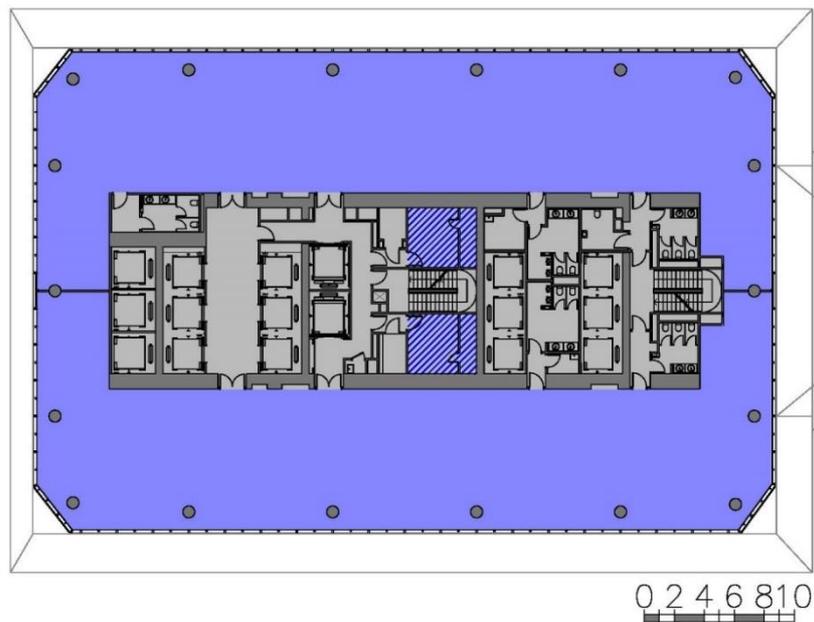
[IV.34] [IV.35]. Volúmenes virtuales plantas M4, M5 y Torreón.

En la zona de remate de la Torre se crean unos volúmenes virtuales consecuencia de la implantación de las instalaciones. Dichos volúmenes no son ocupados específicamente por las instalaciones pero se deben a la necesidad de relación directa de las salas y de los propios equipos con el exterior sin perder de vista la concepción formal que concibe el edificio de la Torre de Cristal. Con no tanta evidencia pero también relevante son las galerías de ventilación en las plantas técnicas M1, M2 y M3.

En las plantas de oficinas [IV.36], [IV.37] se dispone de dos salas de máquinas, una para cada unidad de oficinas con diferente orientación. El falso techo, el suelo técnico, la zona de los fancoils perimetrales [IV.39], [IV.41] y la fachada activa son volúmenes ocupados por las instalaciones de clima en las 45 plantas de oficinas.



[IV.36]. Planta Oficinas Nivel 31.



[IV.37]. Planta Oficinas Nivel 11.



[IV.38]. Vista general planta de oficinas.

[IV.39]. Fancoils perimetrales y fachada activa.

[IV.40]. Detalle suelo técnico.

[IV.41]. Detalle fancoil.

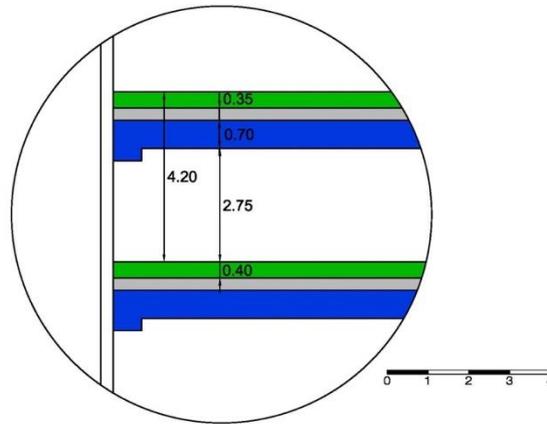
[IV.42] [IV.43]. Detalle de patinillo y sala de máquinas en planta de oficinas

[IV.44] Torres de refrigeración.

[IV.45]. Cerramiento volumen virtual cubierta.



Se ha considerado una altura, entre ejes de forjados, de 4,20 m para las plantas de oficinas; de 6,5 m para la planta baja; de 3,20 m para los sótanos y de 4,00 m para las plantas técnicas. La altura libre de las plantas de oficinas es de 2.80 m una vez descontada la altura del falso-techo y del suelo técnico [IV.40].

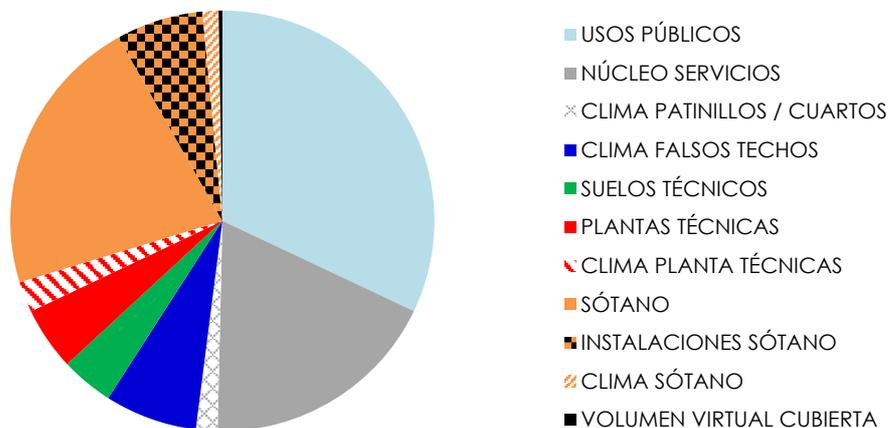


[IV.46]. Sección representativa de planta oficinas Torre de Cristal.

- Volumen ocupado por las instalaciones.

Torre de Cristal		
Tipo zona	Volumen [m³]	Porcentaje [%]
Usos públicos	153.873,60	32,06%
Núcleo servicios	87.814,11	18,30%
Clima Patinillos/Cuartos	7.907,84	1,65%
Clima Falsos Techos	33.804,05	7,04%
Suelos técnicos	19.316,60	4,02%
Plantas técnicas	23.264,91	4,85%
Clima Plantas Técnicas	11.323,09	2,36%
Sótano	103.509,30	21,57%
Instalaciones sótano	31.874,37	6,64%
Clima Sótano	5.878,76	1,22%
Volumen Virtual Cubierta	1.365,88	0,28%
Total volumen construido	479.932,51	100,00%

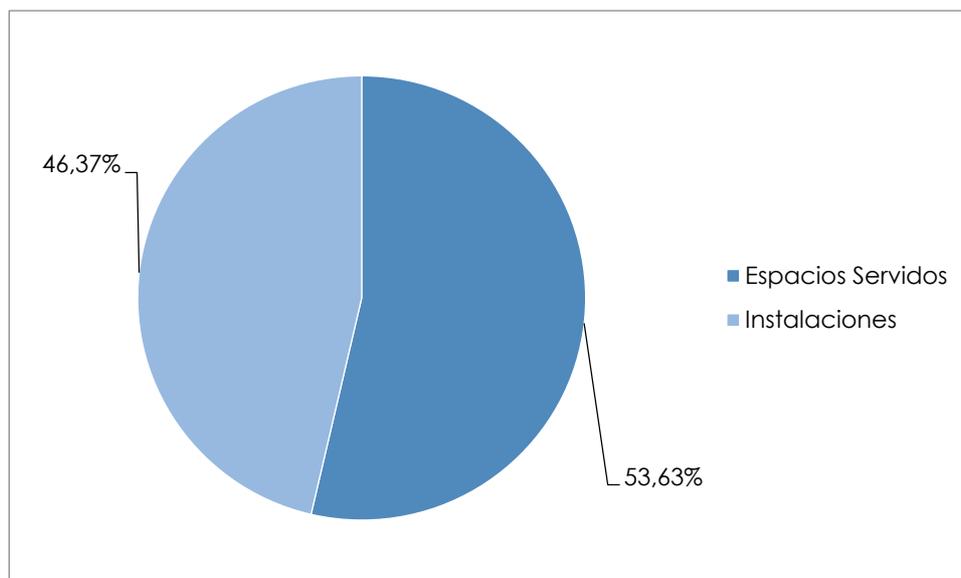
[Tabla IV.02]. Volumen ocupado por diferentes espacios de instalaciones.



Torre de Cristal		
Tipo zona	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Usos públicos	153.873,60	32,06%
Núcleo servicios	87.814,11	18,30%
Clima Patinillos/Cuartos	7.907,84	1,65%
Clima Falsos Techos	33.804,05	7,04%
Suelos técnicos	19.316,60	4,02%
Plantas técnicas	23.264,91	4,85%
Clima Plantas Técnicas	11.323,09	2,36%
Sótano	103.509,30	21,57%
Instalaciones sótano	31.874,37	6,64%
Clima Sótano	5.878,76	1,22%
Volumen Virtual Cubierta	1.365,88	0,28%
Total volumen construido	479.932,51	100,00%

Espacios Servidos	257.382,90	53,63%
Instalaciones	222.549,61	46,37%

[Tabla IV.03]. Volumen ocupado por las instalaciones.



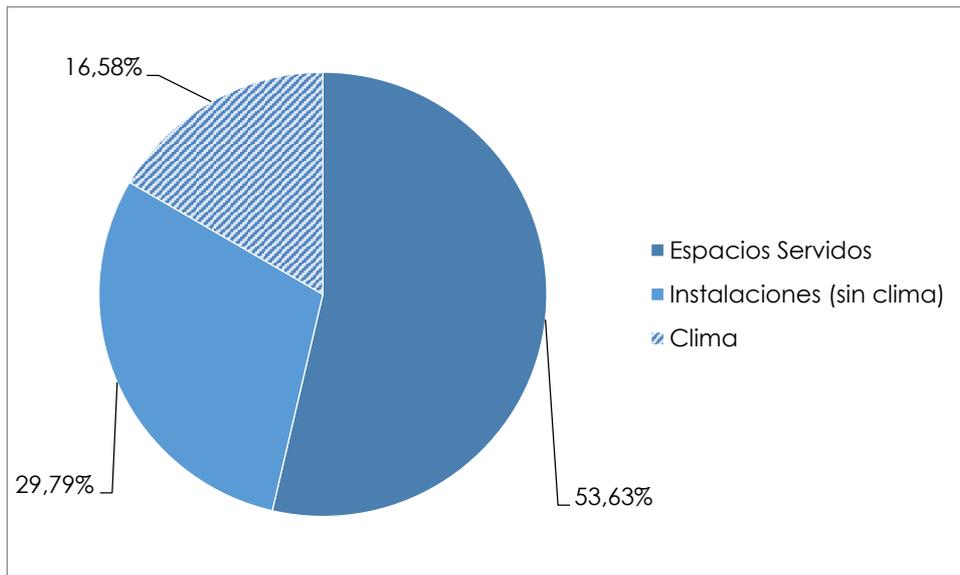
EL ESPACIO OCUPADO POR LAS INSTALACIONES representa el **46,37%** del **VOLUMEN CONSTRUIDO DEL EDIFICIO**. Este porcentaje está constituido por todos los recintos servidores del edificio **INSTALACIONES, SERVICIOS Y COMUNICACIONES**.

- Espacios ocupados por la instalación de clima.

Torre de Cristal		
Tipo zona	Volumen [m ³]	Porcentaje [%]
Usos públicos	153.873,60	32,06%
Núcleo servicios	87.814,11	18,30%
Clima Patinillos/Cuartos	7.907,84	1,65%
Clima Falsos Techos	33.804,05	7,04%
Suelos técnicos	19.316,60	4,02%
Plantas técnicas	23.264,91	4,85%
Clima Plantas Técnicas	11.323,09	2,36%
Sótano	103.509,30	21,57%
Instalaciones sótano	31.874,37	6,64%
Clima Sótano	5.878,76	1,22%
Volumen Virtual Cubierta	1.365,88	0,28%
Total volumen construido	479.932,51	100,00%

Espacios Servidos	257.382,90	53,63%
Instalaciones (sin clima)	142.953,39	29,79%
Clima	79.596,22	16,58%

[Tabla IV.04]. Volumen ocupado por las instalaciones de clima.



Del 45% del VOLUMEN CONSTRUIDO DEL EDIFICIO ocupado por las instalaciones, servicios y comunicaciones, en la *Torre de Cristal* aproximadamente el 17% corresponden a las instalaciones de climatización.

MEDICIÓN PLANTA MECÁNICA M1:

Según medición propia: 1.684,20 m² (Incluyendo superficie exterior e interior). Según proyecto S.C. planta mecánica M1 = 1.706 m².

Búsqueda de espacios destinados a clima: En la planta M1 se han identificado cuartos y espacios destinados exclusivamente a clima, principalmente para ubicar los climatizadores de la entrada y el restaurante, bombas e intercambiadores.

S. C. espacios clima = 851 m².

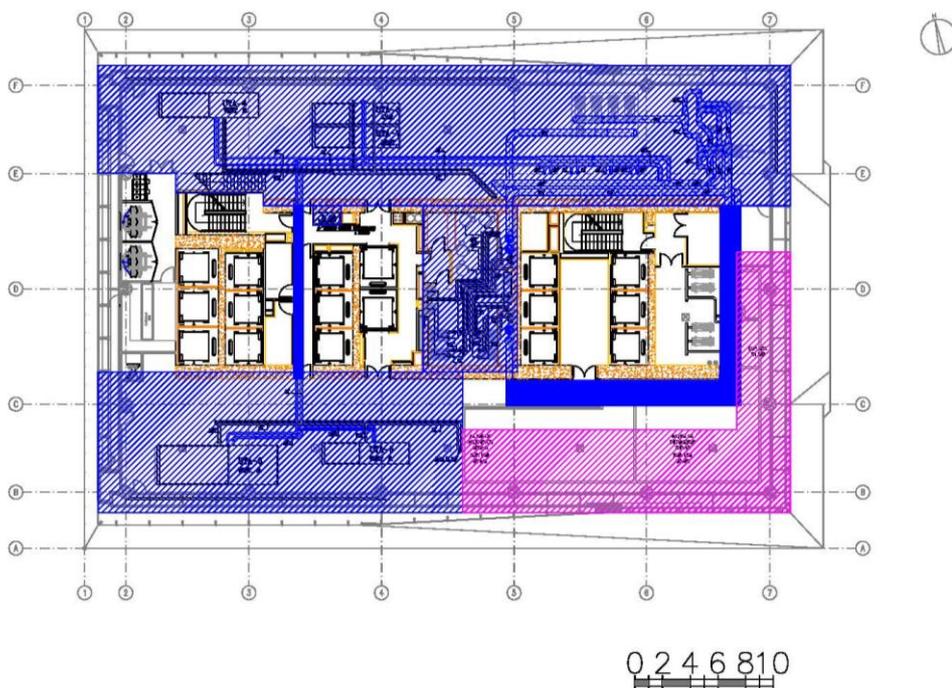
Como zonas singulares para la implantación de la instalación de climatización existen pasos de tuberías por techo (*zonas marcadas en azul continuo*), pasos de conductos (*marcados en rayado magenta*) o el patinillo de tuberías de condensación junto a la segunda batería de ascensores [IV.47].

S. C. pasos tuberías = 58,28 m².

S. C. pasos conductos = 184,37 m².

Considerando 4,00 m de altura para la planta M1, 0,50 m en los pasos de tuberías y 0,70 m en los pasos de conductos tenemos que:

Volumen ocupado por las instalaciones de clima en planta M1= 3.580,64 m³.



[IV.47]. Planta técnica M1.

MEDICIÓN PLANTA MECÁNICA M2:

Según medición propia: 1.674,78 m² (Incluyendo superficie exterior e interior). Según proyecto S.C. planta mecánica M2 = 593 m².

Búsqueda de espacios destinados a clima: En la planta M2 se han identificado cuartos y espacios destinados exclusivamente a clima, principalmente para ubicar bombas e intercambiadores.

S. C. espacios clima = 952,11 m².

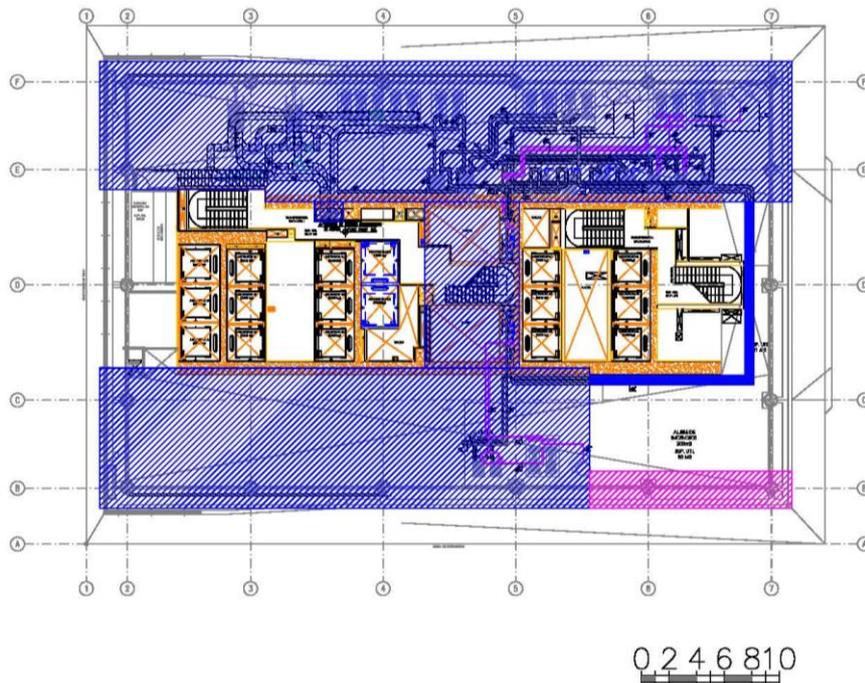
Como zonas singulares para la implantación de la instalación de climatización existen pasos de tuberías por techo (*zonas marcadas en azul continuo*), pasos de conductos (*marcados en rayado magenta*) o el patinillo de tuberías de condensación junto a la segunda batería de ascensores [IV.48].

S. C. pasos tuberías = 16,12 m².

S. C. pasos conductos = 39,58 m².

Considerando 4 m de altura para la planta M1, 0,50 m en los pasos de tuberías y 0,60 m en los pasos de conductos tenemos que:

Volumen ocupado por las instalaciones de clima en planta M2= 3.840,25 m³.



[IV.48]. Planta técnica M2.

MEDICIÓN PLANTA MECÁNICA M3:

Según medición propia: 1.472,48 m² (Incluyendo superficie exterior e interior). Según proyecto S.C. planta mecánica M3 = 474 m².

Búsqueda de espacios destinados a clima: En la planta M3 se han identificado cuartos y espacios destinados exclusivamente a clima, principalmente para ubicar bombas e intercambiadores.

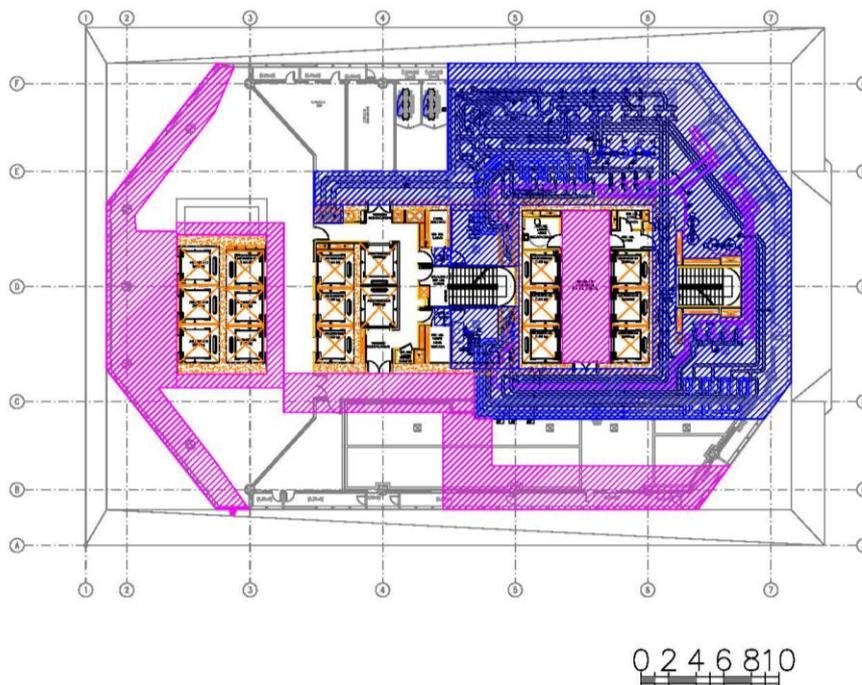
S. C. espacios clima = 479,45 m².

Como zonas singulares para la implantación de la instalación de climatización existen pasos de conductos para la ventilación de los vestíbulos (marcados en rayado magenta) o el patinillo de tuberías de condensación junto a la segunda batería de ascensores [IV.49].

S. C. pasos conductos = 579,34 m².

Considerando 4,50 m de altura para la planta M3 y 0,40 m - 0,80 m en los pasos de conductos tenemos que:

Volumen ocupado por las instalaciones de clima en planta M3= 2319,59 m³.



[IV.49]. Planta técnica M3.

MEDICIÓN PLANTA MECÁNICA M4:

Según medición propia: 1.286,18 m² (Incluyendo superficie exterior e interior). Según proyecto S.C. planta mecánica M4 = 1.137 m².

Búsqueda de espacios destinados a clima: En la planta M4 se sitúa la central de calor y un cuarto de máquinas para ubicar una UTA que sirve al tercio superior de la torre. Además de las UTAs que refrigeran la Sala de transformación y el RITS.

S. C. espacios clima = 215,19 m².

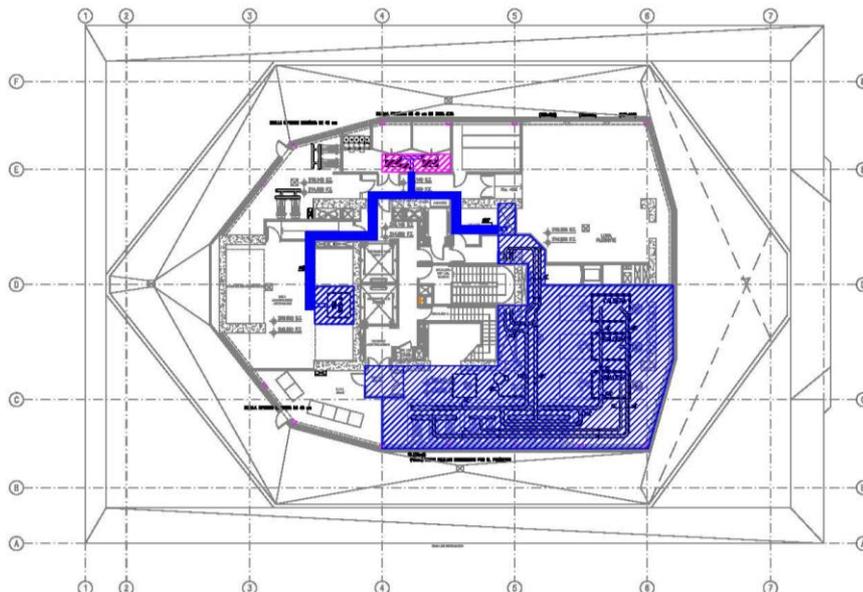
Como zonas singulares para la implantación la instalación de climatización existen pasos de tuberías (marcados en azul continuo) o máquinas en el techo (marcados en rayado magenta) [IV.50].

S. C. pasos tuberías = 15,12 m².

S. C. utas en techo = 6,52 m².

Considerando 4,20 m de altura para la planta M4, 0,50 m en los pasos de tuberías y 0,80 m para la colocación de las UTAs en techo, tenemos que:

Volumen ocupado por las instalaciones de clima en planta M4= 884,07 m³.



[IV.50]. Planta técnica M4.

MEDICIÓN PLANTA MECÁNICA M5:

Según medición propia: 1.272,05 m² (Incluyendo superficie exterior e interior). Según proyecto S.C. planta mecánica M5 = 594 m².

Búsqueda de espacios destinados a clima: En la planta M5 se sitúan los equipos accesorios que requieren las torres de refrigeración [IV.51].

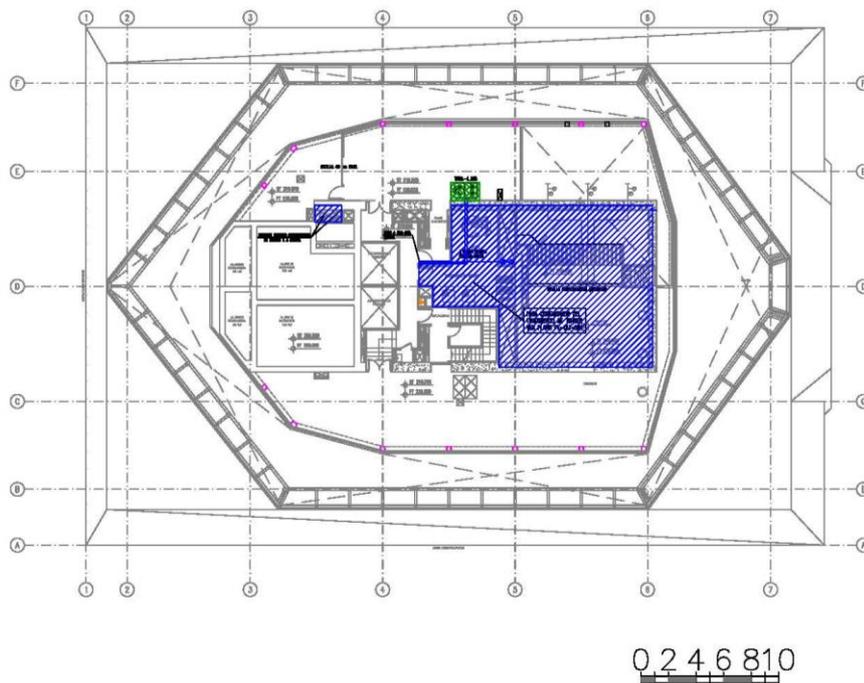
S. C. espacios clima = 166,32 m².

Considerando 4,20 m de altura para la planta M5 tenemos que:

Volumen ocupado por las instalaciones de clima en planta M5= 698,54 m³.

En esta planta también se sitúa una UTA en cubierta:

Volumen virtual de cubierta 7,13 m³.



[IV.51]. Planta técnica M5.

MEDICIÓN PLANTA MECÁNICA TORREÓN:

Según medición propia: 1.257,61 m² (Incluyendo superficie exterior e interior). Según proyecto S.C. planta mecánica TORREÓN = 370 m².

Búsqueda de espacios destinados a clima: En la Torreón se sitúan las torres de refrigeración [IV.52], [IV.53].

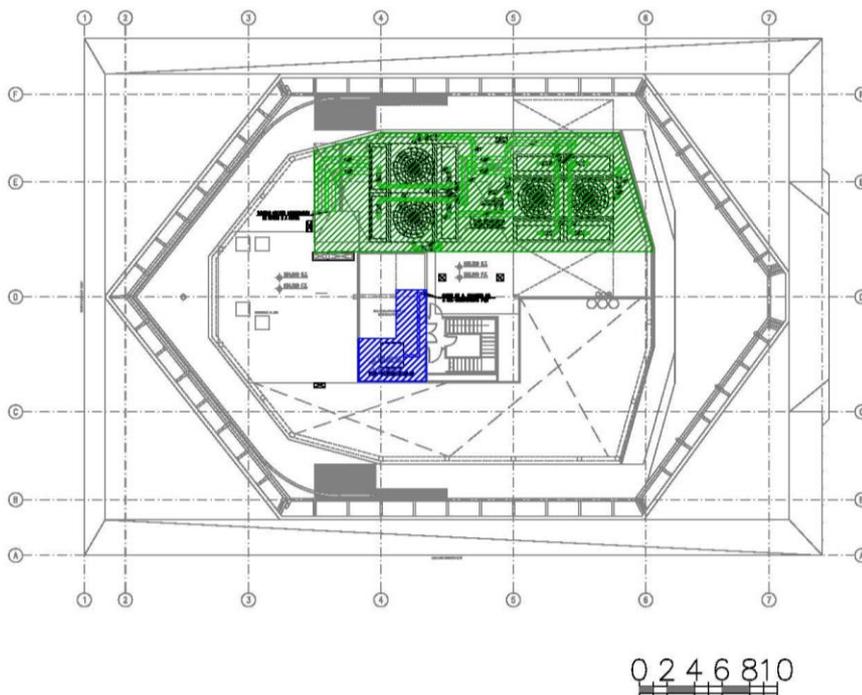
S. C. espacios clima = 23,32 m².

Considerando 4,20 m de altura para la planta M5 tenemos que:

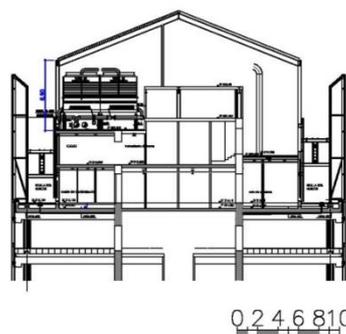
Volumen ocupado por las instalaciones de clima en planta M5= 97,94 m³.

Volumen virtual de cubierta ocupado por las torres de refrigeración: 1.358,71 m³.

Se considera una altura de 6,80 m.



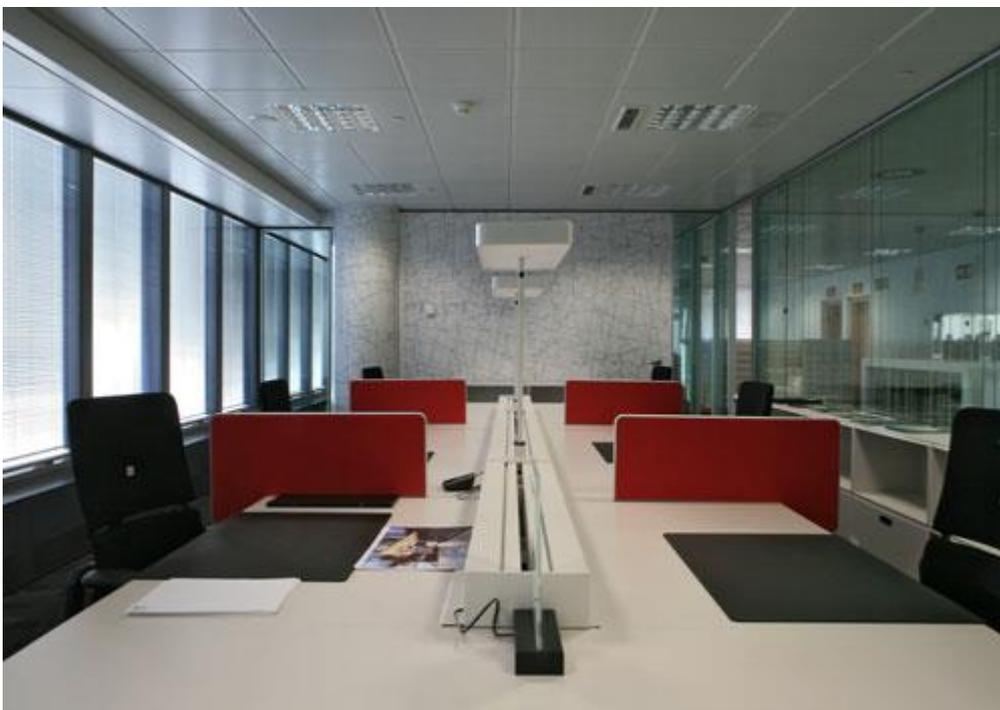
[IV.52]. Planta técnica Torreón.



[IV.53]. Sección técnica Torreón.



[IV.54]. Planta tipo oficinas. Visita realizada en enero 2013.



[IV.55]. Planta tipo oficinas. Visita realizada en enero 2013.



[IV.56]. Acondicionamiento planta de oficinas de la Torre de Cristal.



[IV.57]. Acceso de la Torre de Cristal.

Referencias.

1. Pelli Clarke Pelli. AV nº 121. Artículo: " Obelisco vítreo". Pág.62.

Imágenes.

- [IV.01] Fuente: Marta Gairín.
- [IV.02] <https://www.wikipedia.org>
- [IV.03] www.torredecrystal.com
- [IV.04] Elaboración propia.
- [IV.05] Elaboración propia.
- [IV.06] Elaboración propia.
- [IV.07] Elaboración propia.
- [IV.08] Elaboración propia.
- [IV.09] Elaboración propia.
- [IV.10] Elaboración propia.
- [IV.11] Elaboración propia.
- [IV.12] Fuente: Promec S.A.
- [IV.13] Fuente: Promec S.A.
- [IV.14] Fuente: Promec S.A.
- [IV.15] Fuente: Promec S.A.
- [IV.16] Fuente: Promec S.A.
- [IV.17] http://www.torredecrystal.com/pdf/TorredeCristal_Dossier.pdf
- [IV.18] Elaboración propia.
- [IV.19] Elaboración propia.
- [IV.20] Fuente: Cristina Cabello.
- [IV.21] Fuente: Cristina Cabello.
- [IV.22] Elaboración propia.
- [IV.23] Elaboración propia.
- [IV.24] Fuente: Cristina Cabello.
- [IV.25] Fuente: Cristina Cabello.
- [IV.26] Fuente: Cristina Cabello.
- [IV.27] Elaboración propia.
- [IV.28] Elaboración propia.
- [IV.29] Elaboración propia.
- [IV.30] Fuente: Cristina Cabello.
- [IV.31] Fuente: Cristina Cabello.
- [IV.32] Fuente: Cristina Cabello.
- [IV.33] Elaboración propia.
- [IV.34] Elaboración propia.
- [IV.35] Elaboración propia.
- [IV.36] Elaboración propia.
- [IV.37] Elaboración propia.
- [IV.38] Fuente: Cristina Cabello.

- [IV.39] Fuente: Cristina Cabello.
[IV.40] Fuente: Cristina Cabello.
[IV.41] Fuente: Cristina Cabello.
[IV.42] Fuente: Cristina Cabello.
[IV.43] Fuente: Cristina Cabello.
[IV.44] Fuente: Cristina Cabello.
[IV.45] Fuente: Cristina Cabello.
[IV.46] Elaboración propia.
[IV.47] Elaboración propia.
[IV.48] Elaboración propia.
[IV.49] Elaboración propia.
[IV.50] Elaboración propia.
[IV.51] Elaboración propia.
[IV.52] Elaboración propia.
[IV.53] Elaboración propia.
[IV.54] www.torredecristal.com
[IV.55] www.torredecristal.com
[IV.56] www.torredecristal.com
[IV.57] www.torredecristal.com

Tablas.

- [Tabla IV.01] *Elaboración propia.*
[Tabla IV.02] *Elaboración propia.*
[Tabla IV.03] *Elaboración propia.*
[Tabla IV.04] *Elaboración propia.*

Anexo 2. INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO.

Se estudian en este apartado los equipos utilizados de forma más habitual en las instalaciones de aire acondicionado de los edificios de oficinas situadas en el campo espacial y temporal de esta investigación. Además de su función los dos aspectos que se consideran relevantes en las repercusiones sobre el edificio son: los espacios adecuados para su ubicación y la entrada y salida de diferentes suministros en las máquinas.

Respecto a las redes de transporte se analiza el tipo de fluido que desplazan y los espacios en que se implantan.

En el caso de las unidades terminales, además de su correcta ubicación para la adecuada distribución del aire, se analiza la categorización de los espacios requeridos.

A. Sistemas de generación de energía.

Por acondicionar los edificios durante todo el año (calefacción + refrigeración), las instalaciones de climatización precisan un SISTEMA DE GENERACIÓN DE FRÍO y un SISTEMA DE GENERACION DE CALOR. Puede ocurrir que se trate de un sistema único que genere la energía necesaria para climatizar un edificio durante todo el año. O que se disponga de dos equipos diferenciados, uno para calefactar las estancias en invierno y otro para enfriarlas en época estival.

A continuación se enumeran los diferentes equipos. Podría existir alguna otra forma más de generar energía pero sin duda la muestra recoge las más representativas: **bombas de calor, enfriadoras y calderas**. Y algunas de las nuevas formas de producir energía que se están empezando a emplear en los edificios no residenciales y que provienen de fuentes primarias renovables o residuales.

Al comienzo de la relación se incorpora un apéndice básico que define los principales parámetros que caracterizan estas máquinas.

- i. *Apéndice: Máquinas, potencias y rendimientos.*
- ii. *Bomba de calor.*
- iii. *Bomba de calor, régimen de verano.*
- iv. *Bomba de calor, reversible.*
- v. *Bomba de calor geotérmica reversible.*
- vi. *Enfriadora de agua.*
- vii. *Maquinas multicyclo.*
- viii. *Caldera.*
- ix. *Máquinas de absorción.*
- x. *Energía solar.*
- xi. *Residuo de la generación de energía.*

i. Apéndice: Máquinas, potencias y rendimientos.

Cualquiera de las máquinas que se van a valorar para la generación de energía se caracterizan por su potencia (kW) y su rendimiento, puesto que toda la energía que precisan para funcionar no es aprovechada en su totalidad para acondicionar los ambientes. De forma sencilla se puede considerar que la relación entre la demanda de energía necesaria para la climatización del edificio y su consumo real de energía, es el rendimiento de la máquina.

El concepto de rendimiento puede ser de dos tipos *rendimiento instantáneo* y *rendimiento medio estacional*, según las variables que lo determinan sean constantes o variables en el tiempo.

Son por ejemplo componentes del rendimiento instantáneo la parte de energía que se pierde por los humos, por las tuberías, los inquemados, etc. Es el valor que da el fabricante de los equipos.

Se refiere al rendimiento medio estacional la valoración de la respuesta de la máquina a las diferentes condiciones de carga parcial, y hay que estudiarlo para cada situación concreta en un marco de tiempo determinado.

La mayor o menor eficiencia energética de los equipos que producen frío se mide por su *EER* (*Coficiente de eficiencia energética*) y si además generan calor por su *COP* (*Coficiente de rendimiento*). Ambos parámetros son la relación entre la energía –frigorífica o calorífica- útil aprovechada de la máquina, en el periodo de tiempo que se considere, y la suma de los consumos de energía necesarios para su funcionamiento, durante ese periodo. Los conceptos *EER* y *COP* son rendimientos estacionales que incluyen la capacidad de respuesta de máquina dependiendo de los factores externos.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Consumo}}$$

$$\text{COP} = \frac{P_{\text{calorífica}}}{P_{\text{absorbida}}}$$

$$\text{EER} = \frac{P_{\text{frigorífica}}}{P_{\text{absorbida}}}$$

Aunque el rendimiento está ligado con la eficiencia energética más que con las repercusiones espaciales de las máquinas, potencia y rendimiento, son las características que definen la máquina a situar. Por tanto son conceptos claves en la determinación de las dimensiones de los equipos.

ii. Bomba de calor.

Las seis primeras máquinas de esta lista son equipos que emplean como fluido térmico primario un gas refrigerante. Son muy utilizadas en la producción de frío en los edificios de oficinas.

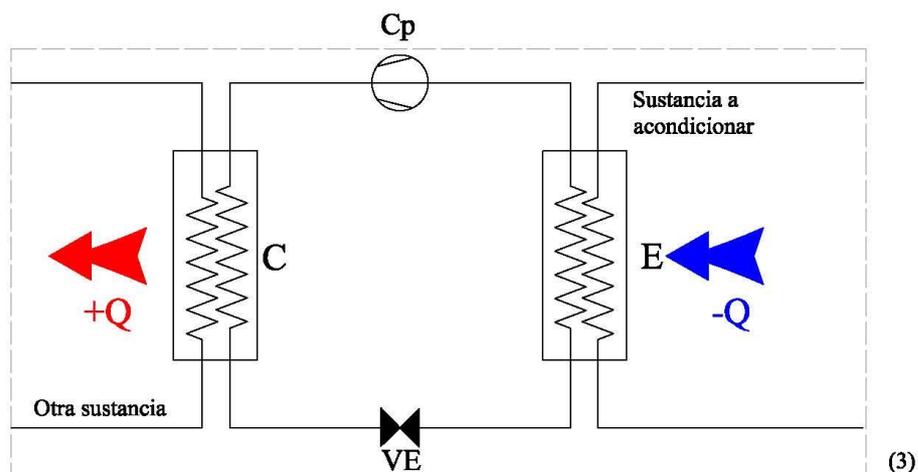
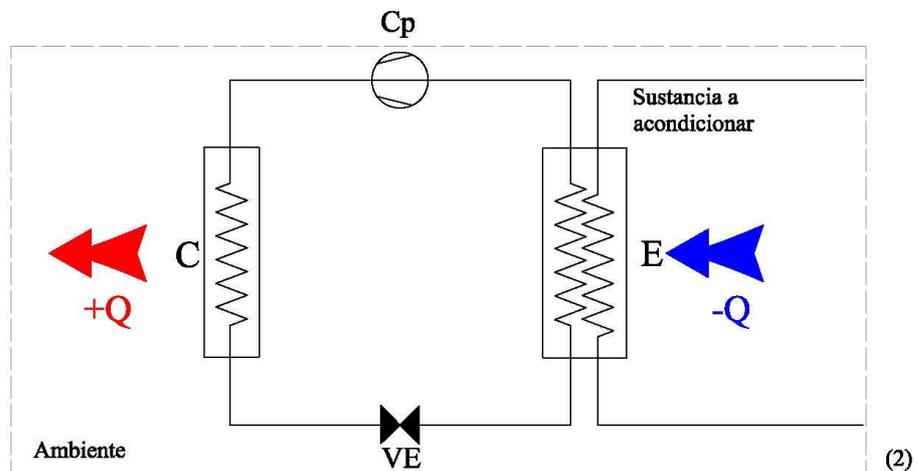
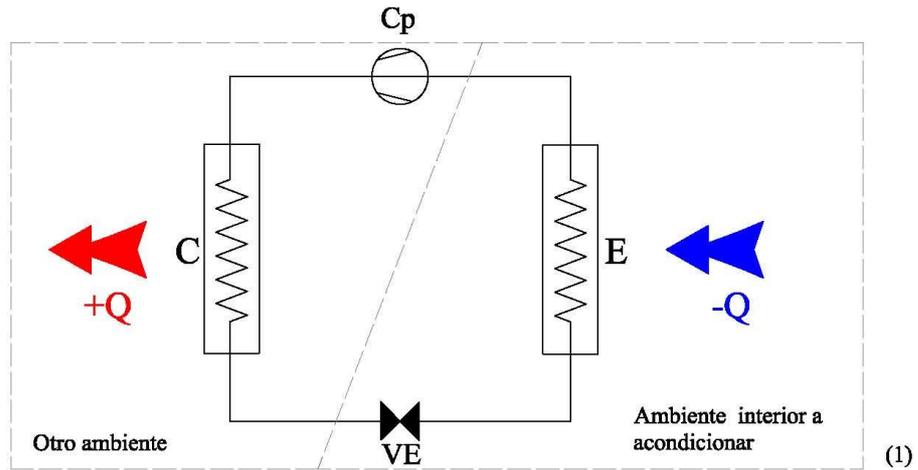
Cuando se habla de aire acondicionado es inevitable pensar en los gases refrigerantes. Un refrigerante es un compuesto químico cuya característica principal es que es fácilmente licuable. Su facilidad para cambiar de estado e intercambiar energía como fluido de trabajo hace que sea empleado en los sistemas generadores de frío fundamentalmente. El calor absorbido (o cedido) en cada cambio de fase del fluido es utilizado como forma de producir frío (o calor).

Gracias a las propiedades químicas de estos gases, estas máquinas son capaces de “bombear calor” de un lado a otro del equipo. Están basadas en el *ciclo de compresión del vapor*¹. Y son capaces de acondicionar los espacios tanto en invierno como en verano.

Hoy en día se utilizan refrigerantes ecológicos como el R407c empleado en el sistema VRV de la *Torre Llacuna*.

Las bombas de calor son centrales de producción de frío y calor [V.01 (1)], pudiendo producir energía indistintamente para refrigerar los espacios en verano o calefactarlos en invierno.

Sus componentes principales son: dos intercambiadores de energía, el condensador y el evaporador, un compresor y una válvula de expansión.



- [V.01]. (1) Esquema de una bomba de calor aire-aire en su funcionamiento en régimen de verano.
 (2) Esquema de una bomba de calor aire-agua en su funcionamiento en régimen de verano.
 (3) Esquema de una bomba de calor agua-agua en su funcionamiento en régimen de verano.

La energía primaria que utilizan las bombas de calor es la electricidad, responsable de la puesta en marcha del compresor y del inicio del ciclo frigorífico que tiene lugar en el interior de la máquina. Hasta la actualidad, se podrían considerar rendimientos normales los valores ente 2,5 - 3,5, que situaban la producción de energía de esta manera como “poco eficiente”. Hoy en día hay bombas de calor (geotérmicas) con valores de COP de 3,5-4,5 ², que sitúan los sistemas que las emplean dentro de los considerados energéticamente buenos.

iii. Bomba de calor, régimen de verano.

En su funcionamiento en régimen de verano, la bomba de calor, es un equipo que absorbe energía de un fluido o ambiente que pretende enfriar y cede calor al exterior o a un fluido que es necesario disipar.

El evaporador es la parte de la máquina que extrae el calor del agua que se distribuirá posteriormente por todo el edificio para conseguir las condiciones térmicas adecuadas, o si se encuentra situado en el local enfría directamente el aire de la habitación que se quiere acondicionar. Requiere tener en cuenta la recogida de los posibles condensados que se puedan producir si desciende la temperatura del aire próximo al intercambiador por debajo de su temperatura de rocío.

En el condensador se produce una cesión de calor que es necesario ceder al aire de los locales donde se encuentran las máquinas o al agua de refrigeración.

Con la entrada de la *Tecnología Inverter* en España a finales del siglo XX -1999 ³⁻ o con el empleo de compresores más modernos *Digital Scroll* y las *válvulas de expansión electrónicas* las bombas de calor son equipos muy eficientes que consumen menor energía eléctrica que otros equipos más convencionales. Son capaces de maximizar su capacidad en la puesta en marcha y conseguir más rápidamente la temperatura deseada, variando la frecuencia de la corriente eléctrica que consumen y la potencia térmica del equipo, optimizando su consumo a las necesidades de cada momento, y reduciendo incluso el espacio ocupado por las máquinas.

Una bomba de calor puede ser un *equipo compacto* si todos sus componentes se localizan dentro de una única carcasa, situada normalmente en una sala de máquinas o en la cubierta del edificio. O puede tratarse de un equipo partido donde el condensador y el compresor se sitúan en un espacio exclusivo para instalaciones y el evaporador dentro del ámbito de los locales habitables del edificio.

Sin contar con el refrigerante, y en función de los fluidos en contacto con el condensador y el evaporador, las bombas de calor pueden ser:

- Aire-Aire [V.01 (1)]:

Las bombas de calor (o por lo menos los condensadores) han de estar en el exterior o en un local con aberturas al exterior puesto que es el aire el fluido al que cede calor el condensador.

Los evaporadores enfrían aire que es distribuido mediante conductos hasta los recintos que se quieren acondicionar. O si se disponen en los propios locales absorbe directamente el calor del aire de las estancias enfriándolas en condiciones de verano.

- Aire-Agua [V.01 (2)]:

Tienen los mismos requerimientos para la parte del condensador que las bombas de calor explicadas anteriormente. Los evaporadores enfrían agua que se distribuye mediante tuberías hasta las unidades terminales situadas en espacios técnicos intermedios o en los propios locales a acondicionar.

- Agua-Aire:

En las bombas de calor agua-aire los condensadores ceden calor al agua y los evaporadores enfrían aire.

- Agua-Agua [V.01 (3)]:

En este caso los condensadores ceden calor al agua y los evaporadores enfrían agua.

Para refrigerar los condensadores de las bombas agua-aire o agua-agua se puede emplear agua enfriada en una torre de refrigeración o agua del terreno mediante pozos.

iv. Bomba de calor, régimen de verano e invierno.

Todas las bombas de calor son reversibles, esto es, son equipos capaces de generar frío y calor. Una misma máquina sirve para refrigerar el edificio en verano y calentarlo en invierno.

Para ello precisan además de los componentes enunciados (condensador, evaporador, compresor) una válvula de inversión de cuatro vías. Este dispositivo permite el cambio de sentido en la circulación del refrigerante, según sea régimen de verano o invierno.

En el caso de las bombas de calor en su funcionamiento de invierno, cuando los condensadores absorben calor del aire exterior es preciso tener en cuenta que si la temperatura del aire es excesivamente baja puede no garantizarse el correcto funcionamiento del equipo. Pero esto depende de las condiciones con que haya sido diseñada la máquina.

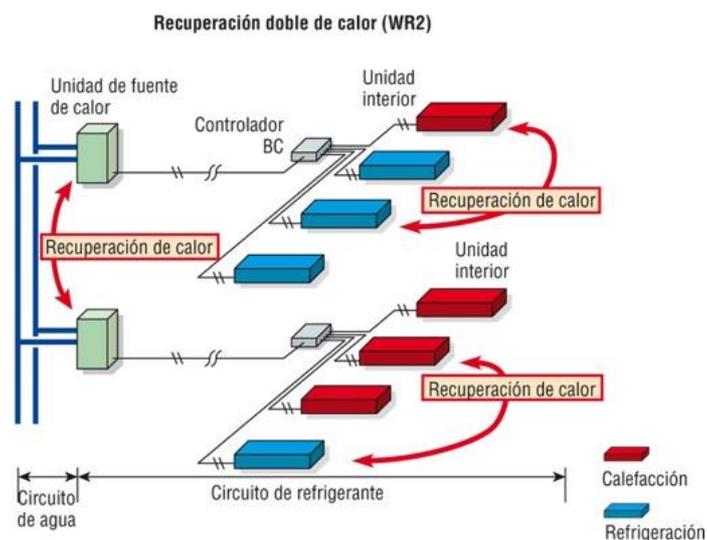
Existen bombas de calor reversibles partidas que pueden calefactar y refrigerar a la vez. Los denominados *Sistemas de Refrigerante Variable (VRV)* [V.02] permiten calentar unas zonas del edificio de oficinas y refrigerar otras partes del mismo simultáneamente.

Las posibilidades de contar en un edificio con equipos compactos o sistemas partidos permiten plantear diferentes grados de sectorización de la instalación de climatización en función de la tipología edificatoria o de su organización interior, por ejemplo.

Dos grados diferentes de sectorización de la instalación de climatización con bombas de calor los encontramos en la *Torre Llacuna*, caso 1 de estudio de esta tesis, o en la *Torre Picasso*.

En la *Torre Llacuna* se proyectó un sistema semi-centralizado VRV que dispone de todas las unidades exteriores en la cubierta del edificio y unidades interiores situadas en el falso-techo de las diferentes plantas dispuestas en función de la orientación de la torre.

La *Torre Picasso* es un ejemplo de descentralización de la instalación de climatización al disponer de bombas de calor tipo consola en todo el perímetro de la fachada coincidiendo con una unidad en cada uno de los despachos. Existen también unidades autónomas para el tratamiento de la zona interna de la planta ⁴.



[V.02]. Sistema VRV partido funcionando unas unidades interiores a modo de calefacción y otras a modo de refrigeración.

Ambos sistemas, el de *la Torre Llacuna* y el de *la Torre Picasso* permiten atender demandas de calefacción y refrigeración de diferentes zonas a climatizar simultáneamente, lo que da una gran flexibilidad en la instalación. Estos sistemas resuelven los requerimientos exigidos por las plantas de oficinas expuestas a diferentes orientaciones. Las torres de oficinas es un uso que precisa refrigeración gran parte del año en muchos de sus espacios.

El lugar más adecuado para ubicar las bombas de calor condensadas por aire es la cubierta de los edificios. Su colocación en plantas sótano, plantas técnicas intermedias o locales técnicos requiere la correcta ventilación de los recintos para evitar principalmente sobrecalentamientos por la cesión de calor de los condensadores en verano.

Si las bombas de calor requieren la entrada de agua para refrigeración de los condensadores, su ubicación más correcta depende de la manera de producirse dicha refrigeración. La cubierta sigue siendo el lugar idóneo para localizar las bombas de calor refrigeradas por agua enfría en torres de refrigeración. Por otro lado, los locales técnicos en las plantas sótano permiten con comodidad disponer las máquinas refrigeradas por geotermia.

Si las bombas de calor, compactas o partidas, enfrían o calientan agua que llega a las unidades terminales dispuestas por el edificio, las unidades interiores deben estar situados en recintos técnicos con acceso desde zonas comunes. El carácter de estos espacios, más generales del edificio (centrales de máquinas en sótano, por ejemplo) o particulares de las plantas (salas de climatización por plantas) está en función del planteamiento global de zonificación de la instalación. El planteamiento más particular, como en Torre Picasso, es disponer las máquinas en los propios despachos a modo de consolas o dispuestas en los falsos-techos.

Uno de los aspectos importantes que puede condicionar la ubicación de las bombas de calor es el ruido generado por los compresores, por lo que salvo excepciones, los equipos se disponen fuera de los espacios de trabajo.

En relación con la posibilidad de producirse condensados en los intercambiadores que absorben calor del aire, un tema bastante descuidado en la implantación de bombas de calor es la posibilidad de evacuación de agua líquida en locales, falsos-techos o suelos técnicos donde se ubican los evaporadores.

No hay que olvidar que los equipos centralizados son máquinas pesadas y por lo tanto son cargas a tener en cuenta en el cálculo de los forjados sobre los que se sitúan. Además es necesario resolver el apoyo de éstas máquinas con techos del edificio y evitar la transmisión de vibraciones generadas por la puesta en marcha de los compresores a través de la estructura del edificio.

v. *Bomba de calor geotérmica.*

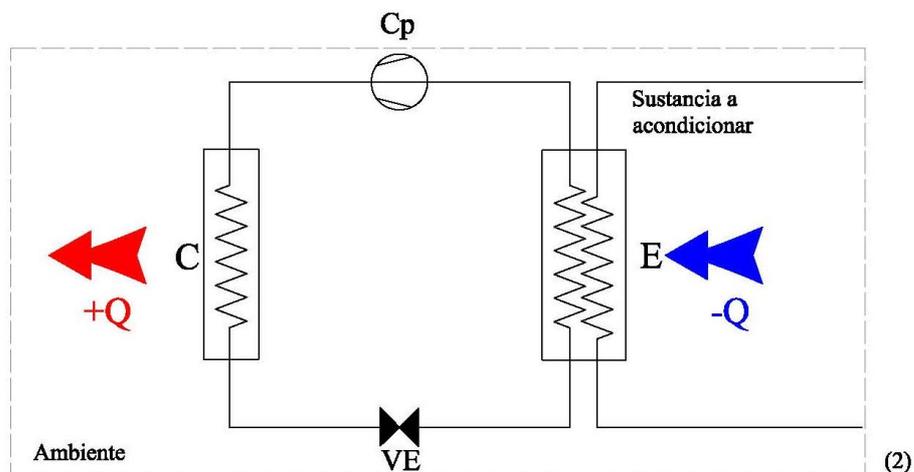
La bomba de calor geotérmica cede o extrae calor de la tierra según se quiera refrigerar o calefactar el edificio. Requiere la consideración espacial de los pozos verticales o para los serpentines horizontales de agua que actúan como intercambiadores entre el edificio y el terreno. Para una mayor eficiencia del sistema conviene utilizar suelo radiante como emisor/absorbedor dentro del edificio.

Aunque es una tecnología en desarrollo para la climatización de oficinas se ha utilizado en algunos casos innovadores como en las *Oficinas de CEMEX* de Francisco Díaz y Salvador Sanjuan en (Albuixech, Valencia, 2009).

vi. *Enfriadora de Agua.*

Se denomina así al equipo de producción de frío, basado en el ciclo de compresión del vapor, que extrae calor del agua, de forma que sea esta sustancia la que se distribuya el frío por todo el edificio. A simple vista se podría considerar una variante de la bomba de calor al basar su funcionamiento en los cambios de estado del fluido refrigerante que circula en el interior de la máquina y en los intercambios de energía que dichos cambios de fase requieren, pero a diferencia de ellas el proceso de intercambio de energía no puede ser reversible.

Las enfriadoras de agua [V.03] son normalmente equipos centrales del edificio y las posibilidades de ubicación de los mismos depende de que el fluido empleado para la refrigeración de los condensadores sea agua o aire, y siempre hay que tenerlas en cuenta en los cálculos estructurales y considerar soluciones constructivas para evitar la transmisión de ruidos y vibraciones producidas por las máquinas.



[V.03]. *Enfriadora de agua.*

Las enfriadoras refrigeradas por aire tienen similares requerimientos que las bombas de calor aire-aire o aire-agua en lo que se refiere a la ubicación de los condensadores. La cubierta es un lugar muy adecuado para su ubicación, aunque también es posible disponerlas en sótano o plantas técnicas intermedias siempre que se resuelva correctamente la ventilación de los recintos.

Las enfriadoras cuyos condensadores ceden calor al agua se dispondrán principalmente en cubierta si emplean torres de refrigeración para enfriar el fluido o en las plantas sótano si son refrigeradas por agua de pozo, aunque son posibles otras combinaciones.

En la *Torre Este del WTC* se disponen dos enfriadoras refrigeradas por aire en la cubierta. En la *Torre de Cristal* la central de frío la componen cuatro grupos de frío condensados por agua de alto COP con compresor centrífugo ubicados en el sótano 2⁵. El agua para la refrigeración de los condensadores se enfría en las torres de refrigeración situadas en cubierta.

Establecer las dimensiones de bombas de calor compactas y enfriadoras [V.04], tan utilizadas como generadores de energía en los edificios de oficinas, es difícil porque depende de muchos factores: la demanda energética global del edificio, el grado de fraccionamiento de la potencia de los equipos, el fabricante, etc. Estaremos considerando equipos de la gama semi-industrial (≥ 70 kW) o industrial (≥ 300 kW) y COPs y EERs entre 3 - 4.

A modo de ejemplo indicamos los datos más característicos y el rango de dimensiones para la enfriadora *Acuaforce* de la empresa *Carrier* que podría ser uno de los equipos de producción de frío de los edificios analizados:



POTENCIA	kW	270 - 800
Valor medio EER		3,15
LONGITUD	mm	3604 - 7186
ANCHURA	mm	2253
ALTURA	mm	2297

POTENCIA	kW	850 - 1700
Valor medio EER		3,15
LONGITUD	mm	8380 - 16760
ANCHURA	mm	2253
ALTURA	mm	2297

[V.04]. Enfriadora de agua condensada por aire con ventilador axial de Carrier.

vii. Máquinas multiciclo.

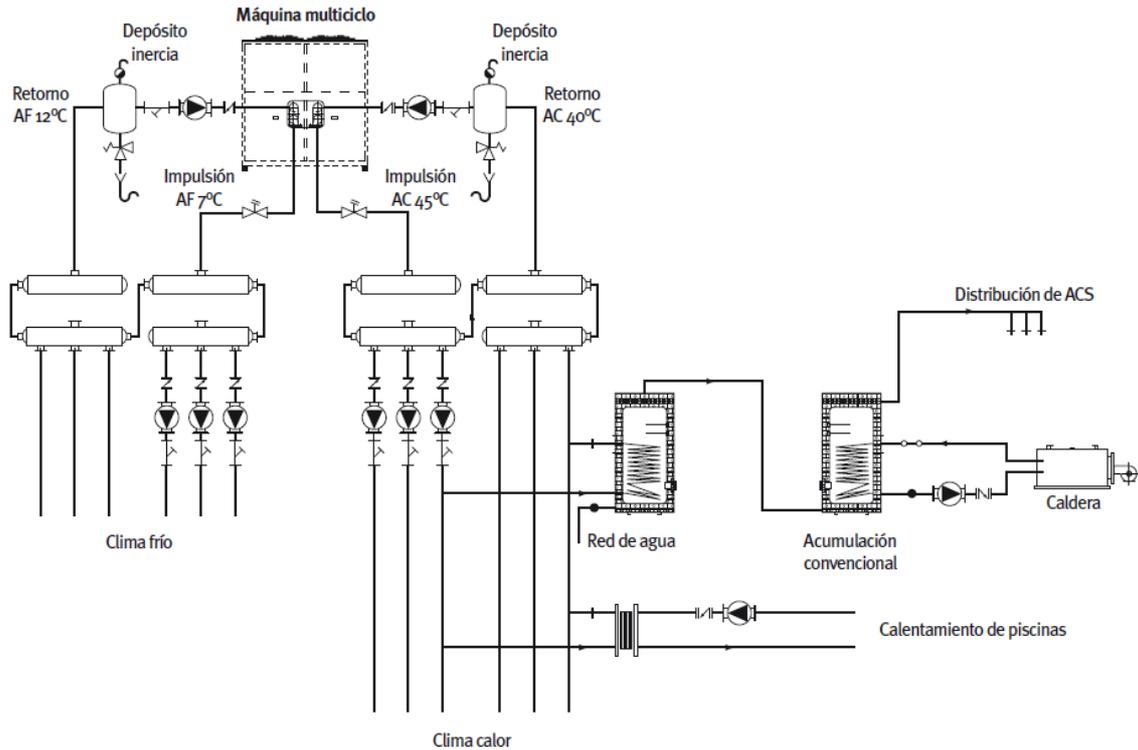
Son equipos que pueden trabajar simultáneamente en ciclos frigoríficos diferentes, además de recuperar energía cuando la demanda de calor y frío es a la vez.

Son equipos muy eficientes a cuatro tubos, dos para el circuito de agua fría y dos para el circuito de agua caliente, que directamente se conectan a las unidades terminales para la calefacción y la refrigeración de los locales.

Los equipos más modernos pueden utilizar la energía residual en un circuito independiente para el calentamiento de Agua Caliente Sanitaria.

Estos equipos se diferencian de la Bomba de Calor con recuperación (VRV) y la Enfriadora con recuperación en que son capaces de suministrar el 100% de calor y el 100% de frío en cualquier situación y en un rango de temperaturas exteriores entre -10° y 46°.

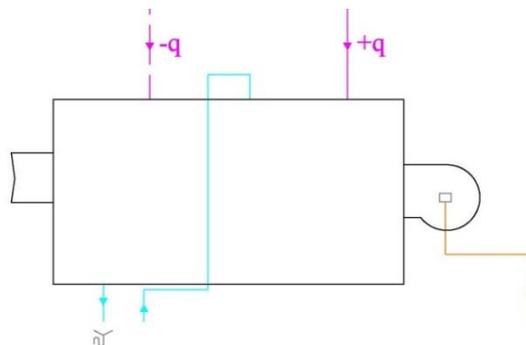
En edificios con demandas constantes de frío, como puede ocurrir en los grandes edificios de oficinas, se produce calor residual gratuito que con estos equipos puede ser recuperado para la producción de calor en determinadas zonas del edificio.



[V.05]. Esquema hidráulico de un sistema multicitclo a cuatro tubos.

viii. Caldera.

De acuerdo con la normativa española una caldera es “Todo aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en utilizable, en forma de calorías, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor”⁶.



[V.06]. Caldera.

Las calderas son la fuente de calor más común en los edificios de oficinas calefactados por redes de agua [V.06]. Cuando se quema en el interior del cuerpo del equipo el combustible la energía calorífica producida es transmitida al agua que la transportará hasta los locales a calefactar. Además de la entrada y salida de agua del circuito primario caloportador a cada caldera es preciso prever un circuito de llenado y un circuito de vaciado de la instalación.

En la mayoría de los edificios estudiados el combustible empleado es gas natural. Los generadores precisan además conducto de evacuación de humos desde la sala de calderas hasta la cubierta del edificio.

El suministro de electricidad es preciso llevarlo hasta el quemador y hasta los dispositivos de control electrónicos de las máquinas. El quemador contiene un motor, un ventilador y una bomba y su función es garantizar la mezcla aire-combustible necesaria para el correcto funcionamiento de la caldera. Los mejores quemadores son los modulantes que mediante un dispositivo automático permiten regular el consumo de combustible a las necesidades.

Dependiendo de la envergadura del edificio se dispondrán un número determinado de calderas en función de la potencia máxima prevista de calefacción [Tabla V.01], que habrá que conectar en paralelo de forma que puedan atender las diversas situaciones de carga parcial en que se encuentre el edificio.

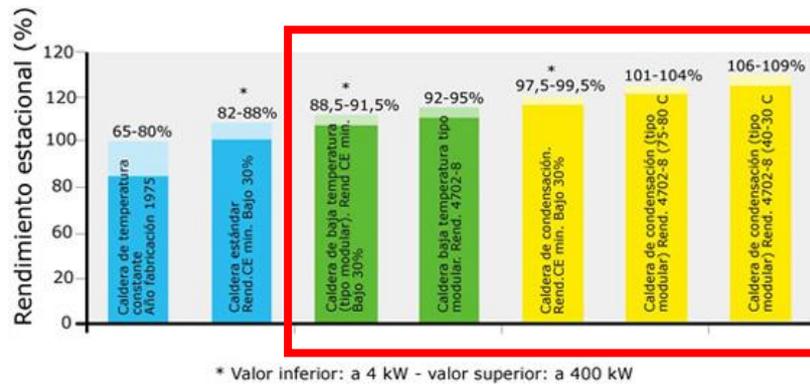
PMU <=	10KW	
10KW	< PMU <=	20KW
20KW	< PMU <=	30KW
30KW	< PMU <=	50KW
50KW	< PMU <=	100KW
100KW	< PMU <=	400KW
PMU >=	400KW	

[Tabla V.01]. Rango de potencias de las calderas. En azul señalados los rangos correspondientes al campo de actuación: edificios de oficinas (2000-2015).

Las calderas de mediana o gran potencia empleadas en los edificios estudiados son de alto rendimiento, principalmente calderas de condensación o de baja temperatura. Se ubican sobre bancada de hormigón sobre material elástico para distribuir correctamente el peso de los equipos y evitar la transmisión de vibraciones a la estructura.

Además de los requisitos que se derivan de los párrafos anteriores las salas de calderas deben tener las dimensiones adecuadas para la ubicación de los dispositivos que alojan y su correcto mantenimiento. Una de las mayores repercusiones arquitectónicas de la implantación de estas salas técnicas es la que se deriva de garantizar la correcta ventilación del local, natural o forzada, y que supone una conexión directa o mediante conductos con el espacio exterior.

Hoy en día las calderas que se alojan en los grandes edificios de oficinas tienen rendimientos altos [V.06], en torno al 90%, pudiendo superarse incluso el 100% (sobre el PCI) para calderas de condensación cuando se emplean a baja temperatura.



[V.07]. Rendimiento estacional en función del tipo de caldera.

Es difícil establecer las dimensiones de las calderas [v.08] pues depende del fraccionamiento que se haga de la potencia y del tipo y fabricante del equipo. Es fácil pensar en dimensiones próximas a 1 m para máquinas en torno a los 100 kW pudiendo superar la largura de dos metros si el generador tiene una potencia mayor de 400 kW.

TRS 65	TRS 90	TRS 120	TRS 150	TRS 180	TRS 240	TRS 300	TRS 350	TRS 450	TRS 600	TRS 800	TRS 1000	TRS 1200
65 kW	90 kW	120 kW	150 kW	180 kW	240 kW	300 kW	350 kW	450 kW	600 kW	800 kW	1000 kW	1200 kW
660	660	710	710	750	750	780	780	790	790	1020	1360	1360

[V.08]. Dimensiones del cuerpo de la anchura de la caldera sin aislamiento térmico. CALDERAS UNICAL.

Las bombas de calor, las enfriadoras de agua y las calderas han sido las centrales de generación de frío y calor más comunes para los sistemas de climatización implantados en los edificios de oficinas en los más de cien años de historia del aire acondicionado.

Existen otras tecnologías generación de frío y calor para la climatización más modernas y que responden a una búsqueda de formas de producir energía más eficiente y sostenible, empleados en algunos casos particulares de edificios de uso administrativo construidos en las primeras décadas del siglo XXI. Son por ejemplo las máquinas de absorción, la energía solar o las bombas de calor geotérmicas.

La aplicación de estas tecnologías que incluyen el uso de energías renovables, suponen ahorros energéticos considerables pero exigen reservas espaciales importantes en el diseño arquitectónico de los edificios.

ix. Máquinas de absorción.

Son equipos de producción de frío basados en el denominado ciclo de absorción⁷, que en climatización fundamentalmente se utilizan para enfriar agua [v.09]. Emplean normalmente agua como refrigerante y una solución de bromuro de litio como absorbedor.

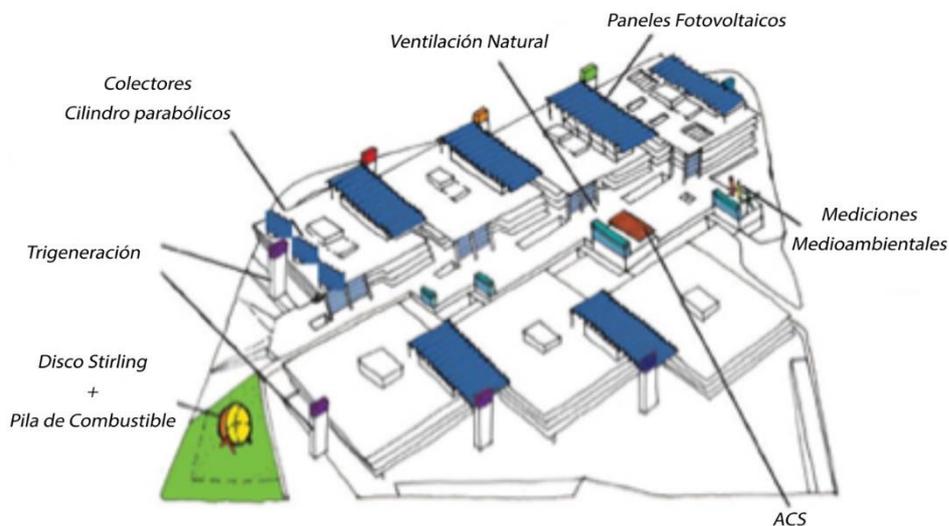


[V.10] [V.11]. Sede de Saica en Zaragoza y Fábrica de Saica en el Burgo de Ebro.

Son sistemas de producción de frío a considerar cuando la generación de calor y frío se resuelve a nivel urbano, ya que en estos casos las demandas espaciales que requieren los equipos no son tan determinantes y se parte de planteamientos iniciales que emplean energías alternativas.

x. Energía solar.

Emplear la energía solar para climatizar los edificios es una tecnología de reciente aplicación. Hasta ahora en los casos en los que se ha tratado de implantar los resultados son parciales de forma que se requieren otras maneras complementarias descritas con anterioridad de apoyo tanto para calefacción como para refrigeración de los edificios. En el caso de calentamiento sólo se obtienen resultados eficientes para emisores a baja temperatura. Para el caso de la refrigeración se requiere complejos equipos de grandes dimensiones basadas en máquinas de absorción o adsorción o en una combinación de deshumidificación por sorción y refrigeración evaporativa que se conocen habitualmente como sistemas de desecación y refrigeración evaporativa (DEC), este último sistema no válido con los valores de humedad del clima mediterráneo ⁸.



[V.12]. Edificios de Abengoa. Se pueden apreciar las dos chimeneas de evacuación de humos de la planta de trigeneración situadas a la entrada del complejo tecnológico.

Un ejemplo de aplicación de estas nuevas tecnologías basadas en el empleo de energías renovables para la climatización de edificios de uso administrativo es el [Complejo Tecnológico Palmas Altas](#), proyecto del equipo de Richard Rogers (Sevilla, 2009) [V.12]: *“La planta generadora de energía es una trigeneración, que producirá simultáneamente electricidad, calor y frío para climatizar las oficinas. Parte de la energía eléctrica del complejo se generará con la ayuda de un motor alimentado con gas natural. De la energía térmica residual de los gases de escape y la refrigeración del motor, junto con los colectores solares cilindro-parabólicos, se obtiene agua caliente y fría mediante una máquina de absorción que será utilizada para climatizar todos los edificios del Centro Tecnológico. El sistema de trigeneración supone un importante ahorro de combustible”*⁹ y la reserva de un espacio importante bajo rasante con ventilación correcta y evacuación de gases.

xi. Residuo de la generación de energía.

Todos las máquinas definidas en este apartado que “bombean” energía capaces de producir frío (en los evaporadores) para refrigerar los edificios, lo hacen mediante ciclos cerrados que producen simultáneamente calor en otras partes de los equipos (los condensadores). Para el correcto funcionamiento de las instalaciones es necesario refrigerar las centrales enviando dicho calor al aire o a un circuito de agua.

Los sumideros de agua más frecuentes para poder refrigerar las máquinas productoras de frío son:

- Circuitos de agua que mantienen la temperatura constante gracias al funcionamiento de Torres de refrigeración que deben ir situadas en el exterior de los edificios, normalmente en las cubiertas.
- Agua de pozos, siempre que exista este recurso y que el nivel freático sea el adecuado. Es necesaria la diferenciación de pozos de extracción de agua y pozos de inyección.

La refrigeración geotérmica mediante pozos de agua es la empleada en el [edificio Betancourt](#) de Basilio Tobías (Zaragoza, 2001) y en el resto de edificios del Campus Rio Ebro de la Universidad de Zaragoza.

- Recuperación del residuo energético en la generación de energía.

Los nuevos planteamientos de sistemas de climatización eficientes recuperan parte de esta energía residual generada en la producción de frío y calor como energía primaria gratuita que se utiliza directamente para el acondicionamiento de los locales.

En los sistemas “agua-aire” que dispongan de torres de refrigeración se puede emplear lo que se denomina free-cooling hidráulico como sistema de ahorro de energía. Es un sistema empleado para temporadas de invierno y épocas intermedias. En lugar de poner en marcha los equipos de producción correspondientes, se utilizan las torres de refrigeración, con menor consumo que las enfriadoras o bombas de calor, como fuente de frío. El agua enfriada en la torres se distribuye a los circuitos de agua de los fancoils del edificio refrigerando los ambientes. Este método para ahorrar energía exige temperaturas exteriores adecuadas y es eficiente en grandes edificios acristalados de oficinas, donde la carga térmica debida a la radiación solar y a la gran demanda de ocupación que se produce obliga a la utilización de fancoils para refrigeración prácticamente durante todo el año.

Este sistema se suele emplear en los casos en que el free-cooling gratuito no se pueda utilizar, esto es, cuando no existe la posibilidad de disponer de conductos de gran sección para la circulación de caudal suficiente de aire exterior.

El caso 4 de estudio, la *Torre de Cristal*, emplea el agua refrigerada en la torre como sistema de climatización en épocas intermedias.

Otras veces, para generar energía de forma gratuita en las máquinas frigoríficas "aire-agua" se disponen intercambiadores (pre-enfriamiento) colocados en serie con el evaporador. Esta técnica se emplea cuando el agua es el fluido para el transporte térmico. Se trata de enfriar agua aprovechando que la temperatura del aire exterior es inferior a la del líquido. Esta tecnología no se suele emplear en España por las condiciones climáticas (es adecuado para climas muy fríos) y los tipos de usos requeridos.

Dentro de la posibilidad de recuperar energía en las propias máquinas frigoríficas están la tecnología denominada free-cooling por expansión directa. Estos sistemas permiten enfriar agua aprovechando las bajas temperaturas del aire exterior sin incorporar ninguna batería intermedia, utilizando los propios intercambiadores del equipo (evaporador y condensador). Este tipo de técnicas es aplicado en locales cuya climatización es independiente de las cargas térmicas exteriores, por ejemplo en los centros de cálculo.

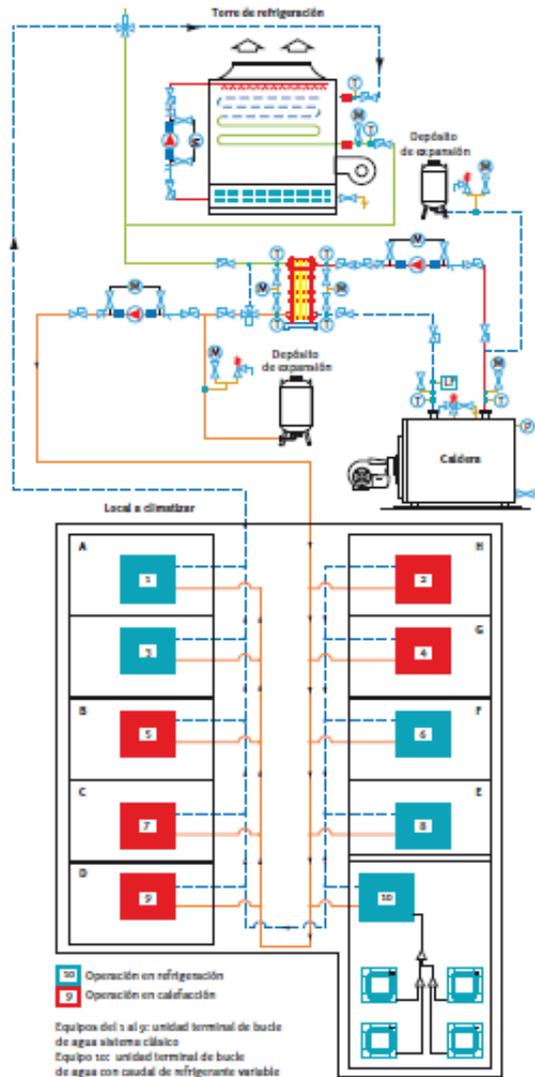
En los casos de enfriamiento gratuito del agua por batería adicional o por enfriamiento gratuito del refrigerante las repercusiones espaciales no son demasiado relevantes puesto que los componentes adicionales se incluyen en la carcasa propia de los equipos de generación de energía.

Una las formas de ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización empleados en algunos edificios de oficinas, por ejemplo en *la Torre Picasso*, son los sistemas que incorporan Lazos Hidráulicos Energéticos, ya que por su organización se utiliza en edificios en las que existan locales con demanda de frío todo el año, y demandas de calefacción simultáneamente en otros.



[V.13]. Torre Picasso. Sala de calderas.

El Lazo Hidráulico Energético (LHE), Bucle de agua, o Anillo Térmico [V.14] consiste en la conexión de unidades de condensación de agua, que pueden funcionar en modo frío y en modo bomba de calor, cediendo y captando la energía necesaria para completar el ciclo frigorífico (evaporación/ condensación) de un anillo hidráulico de temperatura constante, mantenida esa temperatura mediante medios auxiliares externos, esto es, mediante el funcionamiento alternativo de una torre de refrigeración y una caldera, para mantener el agua a una temperatura constante de 30°C¹⁰.



[V.14]. Esquema de Bucle de Agua con Torre de Refrigeración, caldera y bombas de calor.

B. Sistemas de distribución de energía.

Una vez generado el frío y el calor necesario para climatizar por uno de los sistemas descritos en el apartado anterior, dicha energía se tiene que distribuir por todo el edificio hasta llegar a todos y cada uno de los espacios habitables que se quieren acondicionar.

La energía calorífica y de refrigeración se transporta horizontal y verticalmente por todas las plantas de los edificios de oficinas empleando la capacidad calorífica que tienen los fluidos, principalmente: los refrigerantes, el agua y el aire.

En los edificios de oficinas, y en general en las obras de un cierto volumen construido, lo más frecuente es que sean varios de estos fluidos los que se distribuyan por el interior de los mismos transportando el frío y el calor necesario para climatizarlos.

A la hora de establecer el volumen ocupado por las instalaciones de climatización en un edificio de oficinas hay que plantearse el fluido que utilizamos para el transporte de la energía y las propiedades físicas del refrigerante utilizado, el agua o el aire; a propósito del tamaño de los tendidos de las instalaciones y su relación con la capacidad calorífica de líquidos y gases I. Paricio comenta: *“El caso del transporte de energía térmica es paradigmático, es un papel para el que el agua por su alto calor específico es mucho más eficaz que el aire. Exactamente 3.470 veces más eficaz. También se debe tener en cuenta la incidencia de la presión y de la velocidad. Puesto que el aire se suele mover a 12 m/s y el agua a 2 m/s la eficacia anterior deberá dividirse por seis. Pero el agua sigue siendo 579 veces más eficaz que el aire”*¹¹.

Veamos algunas de las características de cada fluido que más influyen en la concepción general de los sistemas de climatización y en las repercusiones espaciales que supone su implantación en las construcciones:

xii. Los refrigerantes.

xiii. El agua.

xiv. El aire.

- Aire de Ventilación y Aire de Extracción.
- Refrigerante aire.
- Sistemas Agua-Aire.
- Recuperación del residuo energético en la Ventilación del edificio.

xii. Los refrigerantes.

Se emplea como medio de transporte de la energía los refrigerantes en los denominados sistemas de expansión directa. El frío y el calor se distribuyen por todo el edificio mediante tuberías de pequeño diámetro (*aproximadamente de 1 cm de diámetro*). En el interior de dichas tuberías circula un *fluido refrigerante* [Tabla V.02], en estado líquido o gaseoso, que unen los condensadores y los evaporadores que componen el sistema de producción de frío/calor. Los procesos, como se ha comentado, están basados en el ciclo de comprensión del vapor. Los equipos de generación son normalmente bombas de calor compactas o partidas. En este último caso la mitad de la máquina se encuentra situada en la sala de máquinas y la otra mitad en la oficina o espacios a acondicionar.

Número de identificación del refrigerante	Punto de ebullición en °C 1,013bar
R-11	23,8
R-12	-28,8
R-22	-40,8
R-744	-78,5

[Tabla V.02]. Refrigerantes utilizados normalmente en equipos de refrigeración. Punto de ebullición.

Hoy en día, para los edificios administrativos de un cierto volumen sólo cabe el empleo de Sistemas de Refrigerante Variable (VRV, en inglés VRF Variable Refrigerant Flow) que adaptan el consumo de los equipos a las necesidades de confort térmico. Son sistemas de tecnología más reciente que los “todo agua” o “todo aire” que se definen posteriormente.

Dadas las características del diseño de las fachadas de los edificios de oficinas, totalmente acristaladas o con predominio de los grandes ventanales, cualquiera que sea su orientación, los sistemas de VRV permiten adaptarse a diferentes situaciones de carga variable y conseguir la temperatura adecuada del aire en función de las necesidades de cada zona, pudiendo funcionar simultáneamente en régimen de calefacción y de refrigeración en distintas partes del edificio en las épocas intermedias, lo que supone un notable ahorro energético.

El empleo de este tipo de sistemas queda limitado por las dimensiones del edificio y al elevado coste inicial, pudiendo llegar a alcanzar “165 m” de tubería de refrigerante o incorporar hasta un “máximo de ochenta unidades interiores”, limitaciones que dependen de los modelos de equipos de bombas de calor existentes en el mercado¹².

La Torre Llacuna, estudiada en esta tesis, emplea un sistema VRV, y requiere un sistema adicional para resolver la ventilación del edificio.

xiii. El agua.

Cuando se utiliza exclusivamente este fluido como medio de transporte de la energía los sistemas de climatización se denominan “todo agua”. Dichos sistemas emplean agua como medio de distribución de la energía tanto para calefacción como para refrigeración, desde los equipos de producción hasta las unidades terminales. Dichas unidades pueden ser intercambiadores situados en climatizadores del edificio o en unidades tipo ventilo-convectores, fancoils o inductores.

Aunque pueden emplear un único equipo de producción de energía (por ejemplo una bomba de calor), dadas las dimensiones de los edificios y criterios de eficiencia energética, los edificios de oficinas emplean normalmente equipos de producción de energía diferenciados, uno para el agua caliente y otro para el agua fría. Las calderas y las enfriadoras de agua son las máquinas más frecuentemente implantadas con este tipo de sistemas de distribución de energía.

Desde las centrales de frío y de calor, las tuberías de agua llegan mediante circuitos cerrados de ida y de retorno a las denominadas unidades terminales que deben recibir agua. Estas unidades terminales pueden recibir exclusivamente agua enfriada o calentada. O también agua y aire de ventilación, en cuyo caso el conjunto del sistema de climatización se denomina “agua-aire”.

Los sistemas “todo agua” sólo pueden modificar la temperatura del aire a acondicionar y la humedad relativa del mismo como consecuencia directa de la variación de su temperatura,

llegando incluso a producir disminución de la humedad por condensación del vapor de agua contenido en el aire si se alcanzan las temperaturas de saturación.

La gran capacidad calorífica del agua ($1000 \text{ kcal/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$) permite transportar mucha energía empleando tuberías de menor diámetro a diferencia que si el transporte se hiciera mediante conductos de aire. Los sistemas de agua presentan una reducida repercusión espacial en las estancias habitables de los edificios.

La implantación de los sistemas de climatización en los edificios de oficinas, sobre todo en las torres de gran altura, habría sido impensable sin el empleo del agua como medio de transporte. Los edificios de gran tamaño limitan el empleo de las tuberías de refrigerante que no funcionan correctamente a partir de determinadas longitudes (aproximadamente 100 m) o suponen conductos verticales de aire de gran sección.

El transporte de energía mediante sistemas "todo agua" se resuelve con circuitos cerrados, que discurren desde los generadores de energía hasta las unidades terminales (circuitos primarios). Si las dimensiones del edificio son tales que son necesarios intercambiadores intermedios aparecen circuitos cerrados secundarios, e incluso terciarios.

El problema principal en los edificios de oficinas de dimensiones importantes (torres o bloques muy longitudinales) son las pérdidas de presión excesivas que se producen en los circuitos hidráulicos, difíciles de compensar con bombas económicamente y eficientemente razonables. Por lo que a veces es conveniente partir los circuitos y situar intercambiadores intermedios, normalmente de placas, que transfiriendo la energía que contiene el agua suponga un re-equilibrio de las presiones en los circuitos. Los intercambiadores, circuitos, bombas...etc. que pueden llegar a requerir espacios de dimensiones considerables se sitúan en plantas técnicas intermedias.

El agua que es distribuida en un edificio puede ser caliente o fría según nos encontremos en régimen de calefacción o de refrigeración. Dentro de un edificio pueden existir circuitos únicos por los que circulará el agua a diferente temperatura según las necesidades y épocas del año. O circuitos diferenciados desde las calderas y las enfriadoras hasta las unidades terminales para el agua caliente y para el agua fría. El circuito único supone la llegada de dos tuberías a las unidades terminales; la diferenciación de dos circuitos independientes implica mayores demandas espaciales sobre todo en las proximidades de climatizadores o fancoils que deben recibir cuatro tuberías de agua. Existe también la posibilidad de distribución mediante tres tuberías, dos de ida y una de retorno. El mayor número de tuberías de agua en la red de distribución posibilita que el sistema se adapte mejor a las situaciones de carga parcial del edificio pudiendo funcionar de forma diferente en unas zonas que en otras, de manera que en épocas intermedias, se pueden tener unos fancoils aportando calor a unas estancias y otros extrayendo calor de los ambientes. Los sistemas de climatización con mayores posibilidades de regulación y eficiencia energética son los que disponen de cuatro tubos, dos de ida y dos de retorno en la red de distribución y las correspondientes válvulas electrónicas a la entrada de las unidades terminales.

Las redes de distribución de agua de los sistemas de climatización suelen moverse en estos rangos de temperaturas:

Agua caliente: 45/40°

Agua fría: 7/12°¹³

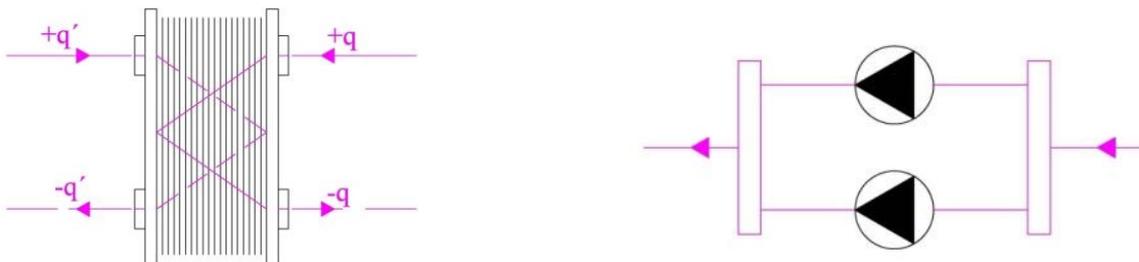
Los edificios de oficinas estudiados en esta tesis que emplean el agua como medio de distribución de energía no lo hacen exclusivamente, ya que también requieren renovación del aire que debe ser tratado a través del sistema de aire acondicionado.

El diámetro de las tuberías de agua en las instalaciones de climatización depende del caudal de agua a transportar en cada uno de los tramos de la red, del material utilizado –cobre o plásticas–, de la pérdida de presión lineal y de la velocidad del agua que debe ser menor a 2,00 m/s, para evitar ruidos y sedimentaciones.

Dicho caudal másico viene dado por la potencia a transportar y el salto de temperaturas y de acuerdo con la fórmula:

$$P = m \times c_p \times \Delta T$$

Con saltos térmicos de 5°C y calor específico del agua de 4,18 KJ/Kg·K los diámetros obtenidos en las redes ocupan menos espacio que conductos de sección rectangular o circular necesarios para transportar potencias similares.



[V.15]. Intercambiadores de placas y bombas elementos necesarios para el transporte de energía por medio de agua.

Con objeto de que el caudal de agua llegue a todos los puntos del edificio que sea preciso se requieren bombas que eleven, trasieguen y den la presión adecuada a la vena líquida para que la energía térmica sea transportada desde las centrales de producción a las unidades terminales y viceversa. En los edificios de oficinas, sobre todo en los de tipología en altura son precisos intercambiadores de placas [V.15], que intercambian energía entre dos corrientes de agua a temperaturas diferentes, sin necesidad de que las grandes longitudes a recorrer hagan inviables económicamente las bombas a instalar.

xiv. El aire.

También se puede emplear aire para el transporte de la energía desde las centrales de producción o desde las *Unidades de Tratamiento del Aire* (UTAs) hasta los locales a climatizar. Los sistemas de climatización que emplean exclusivamente este fluido como elemento de distribución de la energía dentro del edificio se denominan “*todo aire*” y es la impulsión de este aire tratado (caliente o frío) en las diferentes estancias el que consigue todos los parámetros de confort térmico ambiental exigidos a los espacios. Normalmente y como hemos visto en el análisis más histórico del aire acondicionado, es desde las unidades terminales desde donde se circula aire a las estancias a climatizar, con objeto de disminuir el espacio ocupado por los conductos.

En relación con la capacidad calorífica del aire (0,29 kcal/m³·°C), éste precisa mayor caudal y por tanto mayor volumen de los conductos para transportar la misma energía en sí mismo que los refrigerantes o el agua descritos anteriormente. Además los saltos térmicos que se producen en las venas de aire en los sistemas de climatización son mayores que en las distribuciones de agua, en torno a los 7°C como mínimo:

$$\Delta T = \text{Temperaturas de retorno (23-25 °C)} - \text{Temperatura de impulsión (12-18 °C)}$$

Las velocidades a las que se mueve el aire en el interior de los conductos para hacer frente a las pérdidas por rozamiento y no provocar excesivos ruidos son superiores a las del agua, lo que aumenta su capacidad portadora de energía, pero tiene que reducirse hasta los valores siguientes en la zona ocupada para no provocar molestias en los usuarios:

Verano: Velocidad media del aire m/s = 0,13 a 0,18.

Invierno: Velocidad media del aire m/s = 0,11 a 0,16.

Los sistemas de aire empleados actualmente en los edificios de oficinas se adaptan a las necesidades energéticas requeridas en los diferentes ambientes regulando el caudal de aire aportado, en función de los requerimientos exteriores o de las necesidades de los usuarios. Se denominan *Sistemas de Aire Variable (VAV)*.

Estos sistemas "todo aire" son los empleados para la climatización de los espacios más grandes y más públicos de los edificios de oficinas. Normalmente se acondicionan así los vestíbulos, los salones de actos, la cafetería y el restaurante, pero también se suelen emplear en los vestíbulos y en los espacios comunes de las plantas diáfanas destinadas a oficinas.

También existen los *Sistemas de aire de temperatura variable*, que manteniendo el caudal constante se adaptan a los requerimientos variando la temperatura del caudal de aire aportado: Los *Sistemas de doble conducto* cuentan con dos conductos de impulsión en los locales a climatizar de forma que la regulación de temperaturas se puede conseguir variando el caudal impulsado desde cada conducto o los *Sistemas con post-calentamiento* que pueden volver a calentar el aire tratado tras ser enfriado en la batería. Los sistemas de doble conducto pueden disponer de una *caja de mezcla* como unidad terminal para una mejor distribución del aire. Los sistemas post-calentamiento suponen un gasto considerable de energía y no están suficientemente justificados en edificios de uso administrativo.

Siempre que se aporte un caudal de aire en el interior de un local es preciso extraer la misma cantidad de aire introducida para conseguir una situación agradable para los usuarios. Conseguir y mantener las condiciones térmicas de las estancias impulsando un caudal de aire tratado exige redes de retorno que extraigan parte del aire interior, red que puede ser conducida o por *plenum* utilizando elementos constructivos como los falsos-techos de las plantas diáfanas de las oficinas. Los conductos de aire pueden ser de sección rectangular o circular, de fibra de vidrio, de chapa metálica o flexible.

Si el sistema es "todo-aire" las unidades terminales son rejillas, difusores o toberas.

- Aire de ventilación y aire de extracción.

La circulación de aire por el interior de los edificios no sólo consigue la temperatura de confort de los ambientes sino que además permite introducir en los espacios habitables el caudal de aire exterior necesario para la ventilación de los mismos. El caudal que se introduce en los locales por necesidades estrictas de renovación del aire se denomina aire primario y en edificios destinados a oficinas debe ser aire tratado e impulsado a la temperatura interior de confort y por tanto influye en conseguir la temperatura deseada de los ambientes.

Por eso en general la climatización de un edificio requiere el transporte de varios fluidos, refrigerante y agua por su gran capacidad de contener energía en pequeños caudales de fluido, y aire que además de modificar la temperatura del aire interior consigue los requerimientos de

calidad del aire exigidos para los espacios. Es fácil encontrar en los espacios destinados a las instalaciones de climatización tuberías de ida y retorno y conductos de aire de impulsión y retorno.

Aunque podrían existir dos sistemas independientes uno para la climatización del edificio y otro para la ventilación del mismo, lo normal en los edificios de oficinas haya ciertas interconexiones entre las máquinas y que determinadas unidades terminales reciban los fluidos refrigerantes y el aire de renovación, principalmente en los climatizadores del edificio.

Los edificios no residenciales para oficinas requieren caudales exteriores de ventilación entre 10-15 dm³/s¹⁴ como corresponde a una categoría IDA 2, calidad buena. En función del entorno urbano en que se sitúe el edificio a climatizar se exigen diferentes niveles de filtrado a las unidades receptoras del aire primario previo a su introducción dentro de los ambientes¹⁵.

- *Refrigerante-aire.*

Son sistemas de refrigerante que para conseguir una adecuada ventilación y mejorar la calidad del aire interior, complementan el sistema de climatización con unidades insertadas en los equipos interiores que incorporan intercambiadores de calor refrigerante-aire, a los que llega el caudal exterior necesario para la ventilación y reciben el aire viciado que es preciso extraer del edificio.

- *Sistemas agua-aire.*

Los sistemas "agua-aire" son aquellos que distribuyen agua y aire hasta todos los locales que se pretendan acondicionar, y es la suma del aporte energético de estos dos fluidos la que consigue las condiciones de confort térmico deseadas en las estancias en todas las épocas del año. Las unidades terminales reciben además de las tuberías de agua los conductos que aportan el aire primario o de ventilación.

Aunque la casuística es muy variable la mayor parte de la climatización de los edificios de oficinas actuales se resuelve con sistemas "agua-aire", sobre todo en lo que se refiere al acondicionamiento de los espacios de trabajo. Se emplean *climatizadores*, *fancoils* o *inductores* con aire primario como unidades terminales del sistema de climatización. Los espacios singulares de esta tipología de edificios, tal y como se ha comentado, suelen acondicionarse con sistemas todo aire.

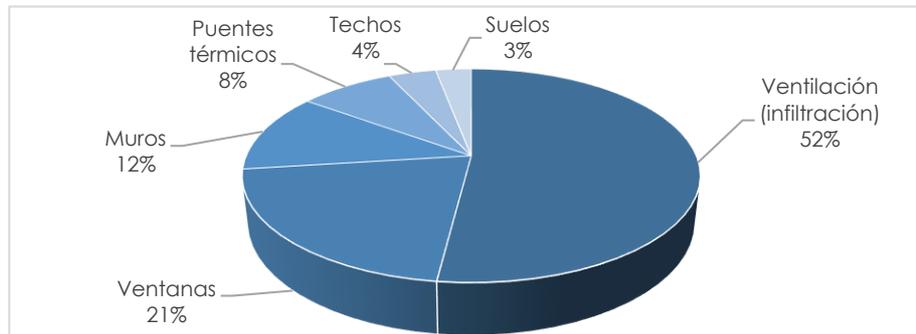
- *Recuperación del residuo energético en la ventilación del edificio.*

La necesidad de introducir dentro de los edificios aire exterior, con sus condiciones de temperatura y humedad variables, obliga a expulsar fuera de nuestro edificio un caudal similar de aire con las condiciones de confort térmico conseguidas en los espacios interiores.

La cantidad de energía necesaria para la climatización de los edificios dependerá, además de otros factores, del caudal de ventilación introducido y de sus parámetros térmicos y puede incluso alcanzar valores próximos al 40%-50% de la energía total. Por su parte el aire que es preciso extraer aporta al ambiente externo una notable cantidad de energía desperdiciada.

En base a objetivos de eficiencia energética en los actuales sistemas de climatización la normativa española obliga a la recuperación en parte de esta energía residual generada en el propio edificio y expulsada al exterior gratuitamente, sobre todo a partir del Reglamento de las Instalaciones Térmicas del 2007 ¹⁶. Las técnicas empleadas a tal efecto son la incorporación de

recuperadores de energía ¹⁷ y el enfriamiento gratuito aire (*free-cooling*), estrategias de ahorro de energía que son requerimiento obligado para las instalaciones de climatización “por aire” de los edificios de un cierto volumen construido.



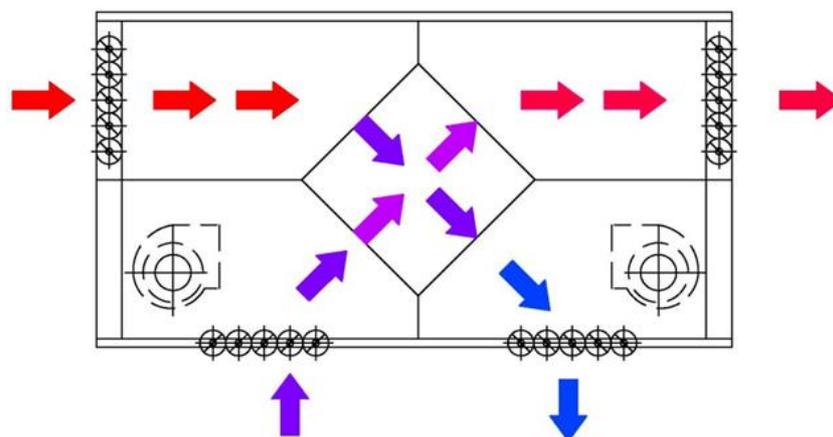
[V.16]. Porcentaje de pérdidas de energía por la ventilación. Climatización mediante biomasa.

El enfriamiento gratuito o *free-cooling*¹⁸ consiste en emplear el aire exterior, simplemente filtrado, en vez de recircular el aire interior, porque las condiciones energéticas externas son más favorables para conseguir el confort del interior del edificio.

En los edificios de oficinas se suele emplear el aire exterior en invierno para enfriar locales con alta carga latente y sensible, como el restaurante, al ser más eficaz que poner en funcionamiento los sistemas convencionales para refrigerar estos ambientes. También se utiliza el enfriamiento gratuito en cuartos especiales que requieren estar refrigerados durante todas las épocas del año, por ejemplo los cuartos para los servidores.

Para poder utilizar el *free-cooling* por aire es necesario que los sistemas de climatización sean por aire y que las unidades de tratamiento de aire estén equipadas con los mecanismos adecuados de control.

En los sistemas “todo aire” [V.17] se incluyen en la instalación recuperadores de energía ¹⁹ que son máquinas a través de las cuales se realiza la entrada del aire de ventilación del edificio y se extrae simultáneamente el aire viciado, de forma que éste último cede energía a la nueva vena de aire antes de ser expulsado al exterior.



[V.17]. Recuperador de energía de placas: flujos de aire.

Los recuperadores de calor son componentes de equipos o sistemas de climatización más completos, pueden ser por ejemplo un elemento modular de un climatizador o pueden formar parte de una bomba de calor.

El tipo de recuperadores de energía del aire de extracción por excelencia que se emplean en las instalaciones de climatización de los edificios de oficinas es el *Recuperador de placas*. Es el que mejor se adecúa a los caudales de aire a tratar, a las necesidades de calidad del aire interior, y el que mejor relación eficacia - precio por las condiciones climáticas exteriores de nuestro país. Existen otras tecnologías válidas en otras climatologías y usos: *Recuperadores rotativos, Tubos de calor (heat pipe) [V.19], Doble batería de agua, Batería exterior, Batería en bucle de agua...* ²⁰



[V.18]. Recuperador estático de placas de flujos cruzados y recuperador estático de placas de flujos paralelos.

Los *recuperadores de placas* de flujo cruzado actuales son capaces de recuperar entre un 40-60% de la energía del aire de extracción y si están diseñados para la recuperación de calor latente por efecto de la condensación de los vapores de agua contenidos en las corrientes de aire es preciso que tengan desagüe. Entre el aire primario de ventilación y el aire viciado no hay contacto de flujos y por tanto no hay posibilidad de contaminación por lo que está muy extendida su utilización. Actualmente se están instalando *recuperadores de placas* de flujo paralelo con una eficacia por encima del 80% pero su uso está limitado a pequeños locales.



[V.19]. Batería de heat pipe aleteados en acero inoxidable en los que se ha hecho el vacío en el interior empleada en un sistema de climatización.

C. Unidades terminales.

Son los receptores del aire o del agua tratado dispuestos en cada una de las estancias a acondicionar, y de cuya disposición depende la correcta distribución del aire en los locales.

xv. *Fancoils o Ventilador-Conectores (dos tubos).*

xvi. *Fancoils con aire primario (dos tubos).*

xvii. *Inductores.*

xviii. *Fancoils e inductores (tres y cuatro tubos)*

xix. *Climatizadores.*

xx. *Rejillas y difusores. Toberas.*

xv. *Fancoils o Ventilador-Conectores (dos tubos).*

Son unidades terminales de los sistemas “todo agua” en cuyo interior disponen fundamentalmente de un intercambiador que enfría o calienta el aire de la habitación a climatizar y un ventilador que favorece la circulación del aire tratado. Pueden tener la capacidad de filtrar el aire acondicionado, y además de las conducciones de agua requieren conexión eléctrica y tubería de desagüe para la evacuación de condensados.

Formalmente existen muchos tipos de estas unidades (*para ubicarlos en el falso-techo – normalmente horizontales–, para colocarlos a modo de zócalo –verticales–, etc.*) y su repercusión espacial en la configuración de los espacios de trabajo es importante. Si van a permanecer ocultos su tamaño determina la altura de falsos-techos e incluso suelos técnicos y si están colocados en el perímetro de las fachadas sus dimensiones condicionan el despiece de los cerramientos.

xvi. *Fancoils con aire primario (dos tubos).*

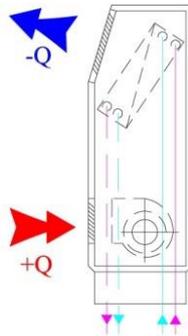
Son unidades terminales de los sistemas “agua-aire” en cuyo interior disponen además del ventilador y del intercambiador descritos en el apartado anterior, de un sistema de aporte de aire exterior que suministra el caudal de renovación necesario para ventilar la estancia en la que se encuentra. Disponen de filtros para la mejora de la calidad del aire tratado. Requieren conexión eléctrica y tubería de desagüe para la evacuación de condensados.

xvii. *Inductores.*

Son unidades terminales de los sistemas “agua-aire” en cuyo interior disponen de un intercambiador que enfría o calienta el aire de la habitación a climatizar y un sistema de aporte de aire que aporta el caudal de aire de renovación necesario para ventilar la estancia en la que se encuentra (toberas). Disponen de filtros para la mejora de la calidad del aire tratado. Requieren conexión eléctrica y tubería de desagüe para la evacuación de condensados. Son más silenciosos que los fan-coils al no disponer de ventilador en su interior ya que la recirculación del aire ambiente se produce por el efecto de succión (o inducción) que provoca la introducción de aire primario en los equipos.

xviii. Fancoils e inductores (tres y cuatro tubos).

Tanto en el caso de los fancoils, los ventilo-convectores o los inductores, los hay de dos, tres y cuatro tubos. En la medida en que aumentan el número de conducciones que llegan a las unidades terminales se mejora la posibilidad de regulación de la unidad terminal y la adaptación del sistema a las necesidades de confort térmico de cada una de las zonas del edificio. Para dos y tres tubos tienen una sola batería de intercambio. Para cuatro tubos [V.20], en el interior de las unidades terminales existen dos intercambiadores.



[V.20]. Fancoil a cuatro tubos de zócalo.

xix. Climatizadores.

Son máquinas capaces de conseguir que el aire que circula por su interior tenga todos los parámetros de confort requeridos, esto es, son máquinas que modifican la temperatura, la humedad, la presión y la calidad del aire de entrada, para conseguir un aire tratado que será el que se introduzca en los espacios acondicionados. Se les llama también *Unidades de tratamiento del Aire (UTAs)*.

Formalmente son equipos compuestos por elementos modulares cada uno de los cuales aporta unas características determinadas al aire, y que se van configurando a medida de las necesidades requeridas por los proyectistas.

Aunque el aire a la entrada puede ser únicamente aire interior de retorno o aire exterior, normalmente dicho fluido es una mezcla de los dos. Es a través de los climatizadores, en la mayoría de los casos de los edificios de oficinas, desde donde se hace el aporte de aire primario al edificio necesario para la ventilación del mismo. De ahí que una de las primeras cajas sea la de mezcla del aire de retorno y del aire exterior consiguiendo el caudal de aire necesario para la climatización del edificio.

Es necesario expulsar al exterior de la máquina un caudal de aire de retorno igual al introducido para la renovación del aire. Con objeto de optimizar la eficiencia energética de los equipos se puede incorporar recuperadores de energía. Éstos, como se ha dicho, extraen energía del aire viciado que se expulsa al exterior que es absorbida por el aire exterior que se introduce en el circuito de climatización. También se pueden incorporar elementos con compuertas para *free-cooling*, que permitan la entrada de aire exterior sin tratar en épocas intermedias, con el consiguiente ahorro energético.

Los climatizadores de los edificios estudiados es fácil que muevan caudales de ventilación de más de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y potencias térmicas nominales en régimen de ventilación superiores a 70 kW . En estas condiciones la normativa española, con objeto de recuperar la máxima energía posible

en el proceso de tratamiento del aire, exige que las UTAs dispongan de módulo de humectación adiabática en el lado del aire de extracción y recuperador de calor con posibilidad de enfriamiento gratuito *-free-cooling-* ²¹. Aunque es posible que para determinadas zonas climáticas el conjunto módulo de humectación + recuperador sea menos eficiente que instalar únicamente un recuperador de alta eficiencia ²².

El tamaño de los climatizadores depende del caudal de aire que tienen que tratar y del número y disposición de las secciones que los componen.

Existen climatizadores modulares de dimensiones variables inferiores a 1,00 m de altura y 1,00 m de longitud hasta de 2,00 x 2,00 m; y modelos de baja silueta con alturas inferiores a 50 cm para colocar en falso-techo.

Klima Schako		B (mm)					
H (mm)	730	1035	1340	1645	1950	2255	
850	KS 6x6	KS 9x6	x	x	x	x	
1155	x	KS 9x9	KS 12x9	x		x	
1460	x	x	KS 12x12	KS 15x12	x	x	
1765	x	x	x	KS 15x15	KS 18x15	x	
2070	x	x	x	x	KS 18x18	KS 21x18	

NOTAS:
 Estas dimensiones corresponden a la cota exterior de la envolvente del equipo. No incluye accesorios tales como compuertas, embocaduras, protecciones anti-luvia ni conexiones de las baterías.
 La cota en altura, H, incluye la bancada.
 La cota en ancho, B, es para nuestro panel estándar de 60mm de espesor



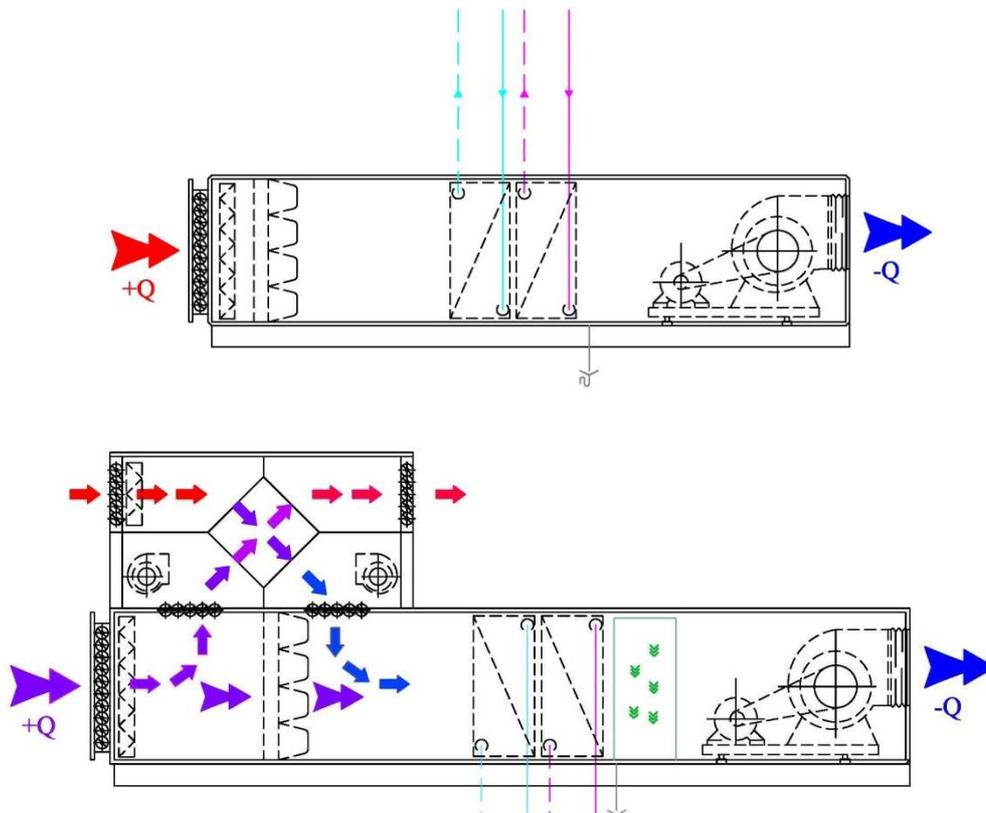
[V.21]. Climatizador Bolaris modular de la empresa SCHAKO.

Se enumeran a continuación las diferentes secciones que pueden constituir un climatizador:

- a. Sección de entrada.
- b. Sección de ventilador (extracción).
- c. Sección de mezcla de aire.
- d. Sección de recuperador de energía.
- e. Sección de free-cooling.
- f. Sección de filtración.
- g. Sección de calentamiento.
- h. Sección de enfriamiento (enfriamiento/ des-humidificación).
- i. Sección de humectación.
- j. Sección de des-humectación.
- k. Sección de post-calentamiento. Posibilidad de resistencia eléctrica.
- l. Sección de silenciador.
- m. Sección de ventilador (impulsión).
- n. Sección de salida.

A las baterías de calor y frío, además de ser atravesadas por el flujo de aire tratado, se les tiene que suministrar el fluido caloportador o refrigerante en un circuito cerrado (dos tubos). Normalmente las baterías son intercambiadores por cuyo interior circula agua calentada en las calderas y refrigeradas en las enfriadoras de agua, aunque pueden ser otros los sistemas generadores de energía. Incluso los climatizadores (las baterías de calor y frío concretamente) pueden ser unidades terminales de sistemas partidos con un circuito interno de gas/líquido refrigerante.

Para recoger los posibles condensados en las baterías de frío se ha de prever un circuito de vaciado conectado a la red de evacuación del edificio. El módulo humidificador debe llevar circuito de reposición de agua.



[V.22]. Diferentes configuraciones de climatizadores.

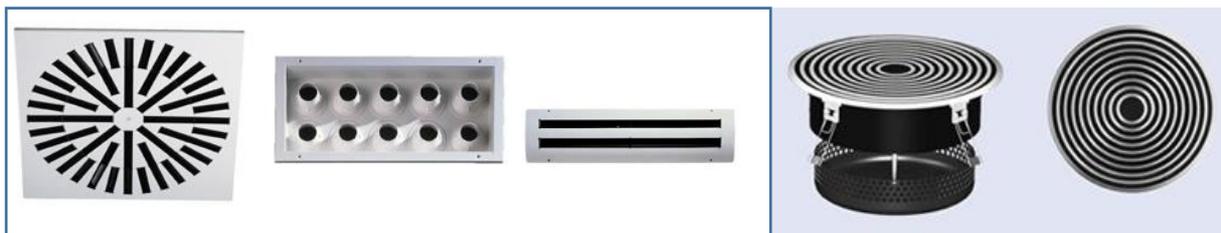
Dependiendo del tamaño del edificio y en función de la organización de los usos, la orientación, etc. puede variar el grado de sectorización de la instalación y por tanto el número y tamaño de los climatizadores requeridos [V.22]. Así tenemos por ejemplo climatizadores generales Unizona, climatización con equipos zonales, climatización con equipos locales...etc.

xx. Rejillas y difusores. Toberas.

Se han incorporado estos elementos receptores por completar la clasificación de las principales piezas que conforman las instalaciones de climatización de un edificio. Son las unidades terminales de las redes de conductos de aire acondicionado y están dispuestas en las paredes, suelos y techos de las estancias a acondicionar. Su colocación no implica ampliaciones de la reserva de espacios prevista para estas instalaciones. Son las máquinas y los conductos, las piezas claves en la determinación de las dimensiones de los cuartos técnicos y de las alturas de falsos-techos y suelos técnicos de las plantas de oficinas.

Sin embargo a la hora de colocar difusores, rejillas y toberas se han de tener en cuenta otro tipo de consideraciones que también son de carácter arquitectónico [V.23] [V.24]:

- Las interrelaciones y cruces entre las diferentes redes de conductos de climatización que discurren por el techo o el suelo (impulsión, retorno, aire primario, etc.).
- Las interrelaciones y cruces con otras redes de servicios y acondicionamiento, tales como las redes de incendios, electricidad, telecomunicaciones o iluminación artificial, que como las redes de aire acondicionado son extensivas y llegan a todos los espacios vivideros del edificio.
- Las dimensiones de las piezas que constituyen los sistemas de acabado de los espacios de trabajo, en el caso de que éstos sean modulares, principalmente de falsos-techos y de suelos técnicos.
- La correcta difusión del aire en el interior de las estancias que garantice el confort térmico de los usuarios en toda la zona ocupada. En este sentido tiene especial importancia la diferenciación entre unidades terminales de impulsión y de retorno, las dimensiones de los locales y sobre todo los movimientos de convección del aire interior de los locales diferentes en función de las temperaturas de impulsión del aire.



[V.23]. Diferentes difusores y rejillas: Difusor de techo, rejilla para tobera y rejilla de ventilación de la empresa SCHAKO.

[V.24]. Difusor de suelo de la empresa TROX.

Se podría hablar de otros elementos de los sistemas de climatización –sistemas de regulación y control, por ejemplo-, pero su consideración no repercute en volumen ocupado por las instalaciones de climatización de forma relevante.

D. Generación urbana.

En el análisis de los componentes de las instalaciones de climatización en este Anexo II se han tenido en cuenta aquellas partes del sistema dispuestos en el interior del propio edificio. Sin embargo, en algunos casos, como el Edificio de Oficinas de la Sociedad Expo, estudiado en esta tesis, el origen de la red de calor y frío es común a un conjunto de edificaciones y por tanto se encuentra en el exterior del volumen construido.

La fragmentación en la producción de energía térmica en pequeñas centrales urbanas es un hecho en países del norte de Europa a partir de la crisis energética de 1973. Holanda es un claro ejemplo; aunque en nuestro país no es tan frecuente planteamientos globales para la producción de energía.

En España y en el ámbito que afecta a los edificios del sector terciario, hay que señalar los “*District Heating & Cooling*” desarrollados en *Barcelona (Fórum y 22@)* y en *Zaragoza (Expo 2008)* que suministran calefacción y refrigeración a conjuntos urbanos con numerosos edificios de oficinas.

También es interesante en este sentido el *Parque Tecnológico Geolit en Jaén* que emplea un recurso del lugar como biocombustible en sus instalaciones, la biomasa, dando servicio de climatización a un gran número de edificios administrativos.

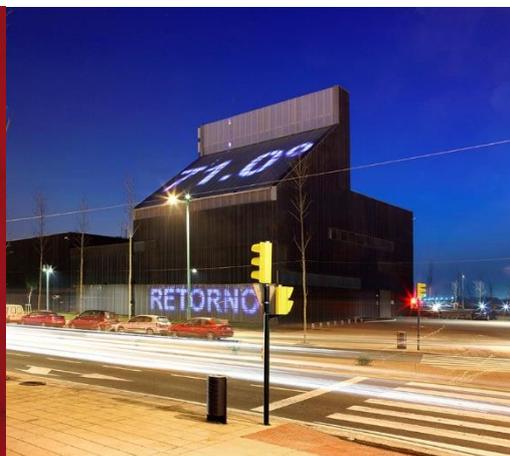
Además de la eficiencia energética y los correspondientes ahorros que supone la generación urbana de frío y calor al emplear sistemas de cogeneración y trigeneración y energías renovables, se reduce considerablemente el volumen ocupado por los equipos de producción de energía en el interior de los edificios y las repercusiones estéticas de la implantación de las instalaciones en los mismos.

El desarrollo en España de nuevos Distritos Urbanos de Calor y Frío o el funcionamiento de los existentes, con evidentes ventajas evidentes desde el punto de vista medioambiental, depende claramente de la mejora del desarrollo económico del país que garantice el uso continuado de un número importante de edificios dependiendo de un sistema global de generación.

La central de energía de la Expo 2008, del estudio de arquitectura Alday-Jover (Zaragoza, 2008) [V.25] [V.26], dispone de un *District Heating and Cooling*, gestionado por la empresa Districlima Zaragoza. Dicha central de Trigeneración produce más de 35.000 kW de calor y frío a partir de energía solar y gas natural a todos los nuevos edificios del Meandro, además de electricidad que vierte a la red ²³.



[V.25]. Interior Central Térmica Expo.



[V.26]. Exterior Central Térmica Expo.

Referencias.

1. Véase por ejemplo *Refrigeración y Calefacción* de Pedro Fernández Díez en <http://libros.redsauce.net/>
2. <http://www.idae.es/ProductosEficientes/BusquedaProductos.aspx>.
3. www.Daikin.es.
4. <http://www.carrier.es/obras/picasso.htm>
5. Documento para la visita guiada para miembros Junta Directiva de la Confederación Nacional de Instaladores y Mantenedores. <http://www.cni-instaladores.com>.
6. Definición extraída de la norma UNE 9-001-87/1R: Grupo 21: Calderas. Términos y definiciones.
7. Guallar J. "Módulo 4. Sistemas y tecnología de la producción del frío". Posgrado de ingeniería de climatización. Unizar. Págs.351-357.
8. *Ver sistemas y posibilidades de aplicación de la energía solar para climatización de los edificios*. Aiguasol: Carrera Ángel y otros. Evaluación del potencial de climatización con energía solar térmica en edificio. Estudio técnico 2011-2010.IDAE.
9. <http://www.abengoa.es>
10. Guía nº 9: Guía Técnica. Ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización. Pág. 163-165.
11. Fumadó J.Ll. e Paricio I. *El tendido de las instalaciones*. Editorial Bisagra, 1999, Barcelona. Pág. 5.
12. ATECYR / IDAE, *Guía técnica de ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización*. Madrid, 2012. Pág. 157-158.
13. ATECYR / IDAE, *Guía de Instalaciones de climatización por Agua*. Pág.21.
14. Valor extraído de la UNE_EN 13779 de Mayo del 2008.
15. *Ver Reglamento de las Instalaciones térmicas en los edificios aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio*. I.T.1.1.4.2.2.Categorías del aire interior en función del uso de los edificios.
16. *Ver Reglamento de las Instalaciones térmicas en los edificios aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio*. I.T.1.2.4.5.Recuperación de energía.
17. ATECYR / IDAE, *Guía técnica de ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización*. Madrid, 2012.
18. RITE: IT 1.2.4.5.1 Enfriamiento gratuito por aire exterior.
19. RITE: IT 1.2.4.5.2 Recuperación de calor del aire de extracción.
20. ATECYR / IDAE, *Guía técnica de ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización*. Madrid, 2012.
21. *Ver Reglamento de las Instalaciones térmicas en los edificios aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio*. I.T.1.2.4.5.Recuperación de energía.
22. ATECYR / IDAE, *Guía técnica de ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización*. Madrid, 2012.
23. <http://www.parquedelagua.com/index.php/central-de-energia>

Imágenes.

- [V.01] *Elaboración propia.*
- [V.02] <http://www.mitsubishielectric.es>.
- [V.03] *Elaboración propia.*
- [V.04] http://www.carrier.es/products/Chiller_HeatPumps/30XA.html
- [V.05] IDAE, Junio 2012. Figura 4.57 de la *Guía Técnica: Ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización.*
- [V.06] *Elaboración propia.*
- [V.07] <http://oteclima1975.blogspot.com.es/2011/08/rendimiento-estacional-en-funcion-del.html>
- [V.08] <http://www.unicalag.it/es/>
- [V.09] *Elaboración propia.*
- [V.10] <http://www.saica.com/es/PAPER/DondeEstamos/Paginas/Zaragoza.aspx>
- [V.11] <http://www.abc.es/local-aragon/20130504/abci-saica-papel-201305020908.html>
- [V.12] <http://www.abengoa.es/web/es/index3.html>
- [V.13] Fuente: *Cristina Cabello.*
- [V.14] *Guía técnica: Ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización. IDAE, 2012.*
- [V.15] *Elaboración propia.*
- [V.16] Fuente: *Ortiz.León & Feilden Clegg Bradley. Citado en la documentación de la empresa Zehnder.*
- [V.17] *Elaboración propia.*
- [V.18] IDAE, Junio 2012. *Guía Técnica: Ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización.*
- [V.19] IDAE, Junio 2012. *Guía Técnica: Ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización.*
- [V.20] *Elaboración propia.*
- [V.21] http://schako.es/sp_sp/20_products/20.php
- [V.22] *Elaboración propia.*
- [V.23] http://schako.es/sp_sp/20_products/20.php
- [V.24] <http://www.trox.es/difusores-de-suelo/serie-fba-%C2%B7-fbk-2d3e1fdc29b1185c>. Marzo 2016.
- [V.25] Fotografía de *Jordi Bernardó / José Hevia.*
- [V.26] Fotografía de *Jordi Bernardó / José Hevia.*

Tablas.

[Tabla V.01]. <http://www.idae.es/ProductosEficientes/ComparativaCalderas.aspx>.

[Tabla V.02]. www.monografias.com

Anexo 3. OTRAS INSTALACIONES.

A continuación se recogen las diferentes instalaciones de servicios de que disponen los edificios de oficinas definiendo la función de las mismas y su relación con las instalaciones de aire acondicionado:

A. Instalaciones de suministro de Agua Fría y Agua Caliente Sanitaria.

Las redes de agua fría son las que aportan el caudal de agua suficiente y en las condiciones de presión adecuadas a cada uno de los puntos de consumo, principalmente a los núcleos de servicios sanitarios situados en cada una de las plantas de oficinas. Además llevan el suministro de agua hasta el depósito de incendios y llenan los diferentes circuitos de distribución de energía del sistema de climatización del edificio.

En el caso de las instalaciones de suministro de Agua Fría la acometida al edificio llega enterrada y el origen de este sistema se sitúa en el *cuarto de bombas*, normalmente en el sótano del edificio. El transporte del agua se realiza mediante montantes situadas en un patinillo registrable hasta los aseos distribuidos en cada planta de oficinas.

Uno de los condicionantes que puede diferenciar los esquemas del sistema de transporte de agua es el hecho de que el edificio sea para uso de una sola empresa o en su concepción esté destinado a oficinas de alquiler. En éste último caso, con el objetivo final de un control individual de los consumos que repercuta directamente en el ahorro de un bien escaso como es el agua, es necesario prever en los núcleos de servicios, además de los patinillos y los aseos, cuartos o armarios destinados a la ubicación de contadores divisionarios.

El cuarto de bombas y los *cuartos de contadores divisionarios*, en caso de existir deben estar suficientemente ventilados lo que obliga a la hora de pensar en su ubicación la necesidad de estar próximos al exterior del edificio.

Cuando la tipología de los edificios de oficinas es en altura los problemas de presión obligan a pensar en instalaciones partidas con bombas exclusivas para un número determinado de plantas o Cuartos de Bombas situados en plantas técnicas intermedias del edificio. Esta problemática es extensiva a cualquier red hidráulica del edificio, de extinción de incendios o de clima, por ejemplo.

En edificios muy extensivos o con varias montantes verticales hay que pensar en un sistema anillado o mixto para el tubo de alimentación general que permita la doble acometida y el equilibrio de presiones.

Normalmente la demanda de A.C.S. en estos edificios no es muy grande, únicamente para limpieza del edificio, vestuarios de personal o usos subsidiarios, tales como un restaurante.

Para el caso de las instalaciones de A.C.S. la repercusión espacial más importantes se deben a la ubicación de los colectores solares en cubierta y de los intercambiadores y depósitos de acumulación en las salas de calderas. Al tratarse de circuitos cerrados, tanto en el primario como en el secundario –para recorridos mayores de 15 m desde el sistema de producción al último punto de consumo–, el sistema de transporte se realiza mediante doble tubería de ida y retorno y doble pareja de bombas circuladoras por cada uno de los circuitos previstos.

Las tuberías de transporte del agua ocupan poco volumen en el global del edificio construido:

Las dimensiones de los cuartos dependen de la superficie construida del edificio, la altura del mismo y el número de puntos de consumo y debe permitir el buen mantenimiento de los dispositivos (depósitos, bombas centrífugas eléctricas, baterías de contadores, etc.) que en ellos se alojan.

B. Instalaciones de suministro de Combustible.

Normalmente el combustible empleado en los edificios de oficinas estudiados en esta tesis (2000-2010) es el gas natural, y el objetivo de la red es suministrar dicho combustible a las calderas que generaran el calor necesario para los circuitos que distribuyen calor por todo el edificio, y en todo caso, para el A.C.S. prevista.

La instalación consta principalmente de acometida, armario de regulación, contador general y tubería de conexión con las calderas, situadas en cubierta o sótano principalmente. El transporte del gas se realiza mediante tuberías generalmente vistas por zonas comunitarias del edificio hasta las plantas técnicas. Cuando por razones estéticas tengan que atravesar falsos-techos u otras cavidades deben alojarse en vainas ventiladas con objeto de conducir una posible eventual fuga.

El espacio ocupado por la red de gas natural es pequeño en relación con otras redes del edificio pero el trazado de las tuberías requiere tomar medidas de seguridad que dificultan su implantación.

La tendencia a una mayor sostenibilidad y eficiencia energética son razones para considerar que la energía empleada para calefactar no va a ser exclusivamente un combustible derivado.



[VI.01] [VI.02] [VI.03] [VI.04]. Planta de cubierta del WTC Zaragoza donde se sitúan las dos calderas del edificio.

Se indica también la acometida, el armario de regulación y contador y la montante exterior del petróleo. Con la aprobación de la nueva Directiva Europea 2010/31/UE y la obligación de que los nuevos edificios sean de consumo de energía casi nulo, con grandes demandas energéticas en climatización, la inclusión de las energías renovables (biogás, geotermia, e incluso colectores solares térmicos o biomasa) es un hecho evidente. Los diferentes tipos de generación de calor se estudian con más detalle en el capítulo siguiente donde se definen las instalaciones de acondicionamiento térmico.

En el caso de que la energía empleada en el edificio no sea de tipo convencional el espacio que se ha de reservar a estos sistemas de generación es mayor, pero se analiza en el capítulo de las instalaciones de acondicionamiento térmico.

En Zaragoza el edificio corporativo de la empresa Saica (2005, ACTX-IDOM) aprovecha el calor generado en la producción de papel reciclado mediante una central de cogeneración de biogás para suministrar la energía necesaria para calefactar y refrigerar el edificio de oficinas, sin que este disponga en su interior de instalación propiamente dicha de combustible.

El desarrollo de los conjuntos urbanos destinados a uso administrativo permite desde el planeamiento urbanístico de estas áreas suministros centralizados de calor y frío (*district heating*) que permiten emplear energías renovables, sistemas de cogeneración, sistemas mixtos, etc. como

sistemas generadores en espacios situados fuera de los propios edificios de oficinas. Esto es lo que ocurre por ejemplo en el Meandro de Ranillas, en Zaragoza o en el distrito 22@ de Barcelona; para el caso de los edificios de la *Exposición del Agua 2008*, algunos de ellos como el *edificio de oficinas de la Sociedad Expo 2008* de B. Tobías concebido desde el principio para uso administrativo y otros reciclados actualmente para tal fin, no disponen de instalación de combustible en su interior. La producción de calor o frío se suministra desde una central térmica externa a ellos que utiliza energías renovables y gas natural.

C. Instalaciones de suministro de Electricidad.

La primera cuestión clave en el diseño de las instalaciones eléctricas de un edificio de oficinas es establecer si es necesario un Centro de Transformación, que no puede instalarse por debajo de un primer sótano, siendo lo más conveniente que se sitúe en la planta baja con acceso desde la vía pública. Su tamaño depende de la potencia instalada en el edificio y significa la reserva de un espacio importante para instalaciones.



[VI.05]. Sede corporativa Saica, Zaragoza, 2005.



[VI.06]. Central Térmica de la Expo 2008.

La mayor parte de los edificios de oficinas, por tratarse de lugares de pública concurrencia, requieren un grupo electrógeno como generador propio de electricidad para garantizar el suministro en caso de corte eléctrico a los servicios de seguridad tales como alumbrado de emergencia, sistemas contra incendios, ascensores, SAls u otros servicios urgentes. Dicha exigencia supone una reserva espacial y la previsión de la evacuación de humos de las combustiones de algunas de sus bombas. Hay que tener en cuenta dos temas a la hora de ubicarlo: *la salida al exterior de los humos de la combustión del gasoil* y *la ventilación propia del recinto*. La cubierta del edificio suele ser un buen lugar para alojar el generador eléctrico.

El gasto de energía eléctrica en estos edificios es tal que aun tratándose de edificios con un único propietario pero destinados al alquiler de oficinas la contabilización de consumos debe hacerse divisionaria y por eso la localización de las centralizaciones de los contadores eléctricos requiere cuartos con accesos desde zonas comunes. La reserva de contadores dependerá del número de unidades mínimas de alquiler previstas. La localización de la *centralización de contadores* depende del número de plantas del edificio y del número de usuarios. Hasta edificios de 12 alturas los contadores se sitúan centralizados en un único lugar, en planta baja, semisótano o sótano. Para edificios más altos se pueden centralizar en plantas intermedias, cada 6 o más

plantas o en concentraciones con un número superior a 16 contadores [VI.07], [VI.08]. Los cuartos o armarios han de estar suficientemente ventilados de forma natural.

La instalación eléctrica en un edificio de oficinas corporativo o público consta principalmente de acometida, Cuadro General de Protección, Línea General de Alimentación, Armario de contadores (energía activa y energía reactiva), Interruptor Control de Potencia, Cuadro General de Distribución y Cuadros Secundarios de Distribución. En los edificios de oficinas el Cuadro General de Distribución (C.G.D.) adquiere tal volumen que se requiere un cuarto específico para alojarlo [VI.09], [VI.10].

La ubicación de conductores se hace mediante patinillos exclusivos registrables para las distribuciones verticales y bandejas metálicas para los tendidos horizontales. Al tratarse de grandes consumidores de potencia las distribuciones generales pueden convertirse en pletinas metálicas de considerable tamaño.

Los principales receptores eléctricos⁴ a considerar en este tipo de edificios son:

- Iluminación, calefacción y aire acondicionado.
- Equipamiento específico: ordenadores, fotocopiadoras y faxes.
- Equipamiento general: neveras y cafeteras.
- Equipamiento compartido: motores, ascensores.



[VI.07] [VI.08]. Pletina para distribución vertical y contadores eléctricos WTCZ, 2008.

[VI.09] [VI.10]. Cuadro General de Distribución y bandejas para trazado horizontal en Sede Iguzzini, 2011.

Entre los receptores de las instalaciones eléctricas de un edificio de oficinas se puede hacer una diferenciación clara: puntos concentrados (*máquinas y motores*) y puntos distribuidos de forma más o menos extensiva en el espacio destinado a lugar de trabajo (iluminación y ordenadores, principalmente). En el primer caso la distribución del suministro es localizada hasta el dispositivo concreto (*máquina de aire acondicionado, ascensor...etc.*). Para el caso de los ordenadores y de la iluminación la red de circuitos se extiende invadiendo los falsos techos o suelos técnicos del edificio. En relación con los circuitos eléctricos R. Serra dice que *“La ocupación del espacio es mínima, pero el peligro que pueden presentar para el usuario hace necesario tomar precauciones en su trazado”*.⁵

Del global de la potencia eléctrica de un edificio de oficinas los equipos relacionados con las instalaciones de climatización (bombas de calor, enfriadoras, calderas, bombas circuladoras, ventiladores...etc.) constituyen un porcentaje muy considerable. Y así mismo la organización de

estas máquinas condiciona los esquemas eléctricos del edificio sobre todo en lo que a la ubicación de cuadros secundarios relacionados con las redes de clima.

Varias son las razones que pueden llevar a que en un edificio de oficinas sea necesario prever *dispositivos de protección contra sobre-intensidades* dentro de la apartamentada eléctrica: La presencia de pararrayos en el propio edificio o en un edificio vecino, el emplazamiento, la situación de antenas en la cubierta o cuando el valor económico o funcional de los equipos electrónicos es importante (ordenadores, equipos electrónicos sensibles de seguridad, etc.).

La energía reactiva, generada por motores, fluorescentes o lámparas de descarga obliga en a los grandes consumidores de energía eléctrica, como son los edificios de oficinas, a disponer de baterías de condensadores que puedan compensar sus efectos negativos y cuyos armarios hay que ubicar dentro de los espacios servidores del edificio.

Hoy en día un edificio de uso administrativo que supere los 4.000 m² construidos requiere la incorporación de sistemas de captación y transformación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos⁶, lo que a todos los huecos descritos con anterioridad habrá que tener en cuenta la localización de las posibles baterías de acumulación.

La repercusión arquitectónica del empleo de paneles fotovoltaicos para la generación de electricidad en un edificio es notable tanto desde un punto de vista de reserva de espacios como estético [VI.11]. Las cubiertas son un buen lugar para la colocación de los paneles, aunque no hay que descartar la integración en fachadas [VI.12] o en las zonas exteriores a modo de pérgolas. En estos momentos las reservas espaciales para la colocación de aerogeneradores en un hecho inicial pero que ha de analizarse para el proyecto de los futuros edificios de oficinas.



[VI.11]. Cubiertas Distrito C Telefónica, Madrid, 2008.



[VI.12]. Aerogeneradores en edificio CIEM, Zaragoza, 2011.

Las redes eléctricas de los nuevos edificios deben además estar preparadas para conectarse a redes inteligentes fuera del edificio, las denominadas “*Smart Grids*”: que son *redes de transporte y distribución de energía eléctrica que tienen la capacidad de entender, asimilar, elaborar información y utilizarla adecuadamente, haciendo un uso intensivo de las tecnologías de la información y las comunicaciones.*⁷

D. Instalaciones de Saneamiento.

En los edificios objeto de estudio las instalaciones de evacuación podrían considerarse sencillas respecto a otras redes, puesto que los puntos de desagüe están muy concentrados en torno al núcleo o núcleos de servicios. El trazado de las redes son distribuciones en árbol desde los puntos de evacuación hasta la red de colectores. El hecho de que cuartos húmedos se encuentren concentrados y sean similares en todas las plantas facilita el trazado de derivaciones y bajantes y elimina las servidumbres y los problemas de ruidos. Y las superficies de cubierta no son demasiado grandes respecto a la envergadura volumétrica global. Eso sí, hay que considerar las bajantes separativas.

Tres cuestiones son muy relevantes en estas instalaciones para los edificios administrativos, sobre todo si de la tipología de torre se trata: el aumento del ruido y de la posibilidad del émbolo hidráulico y la propagación del fuego en caso de incendio.

En los edificios altos, es preciso interrumpir la verticalidad de la bajante⁸ con el fin de disminuir el efecto del aumento de velocidad y del ruido al desaguar, pero los ángulos de desviación deben ser tales que no provoquen atascos.

Cuando el edificio tiene más de 14 plantas, las instalaciones de evacuación requieren ventilación terciaria, esto es, además de la ventilación de las bajantes la conexión de todos los cierres hidráulicos con la columna de ventilación secundaria, con lo que los pasos de las conducciones tienen que replantearse en cámaras paralelas a las particiones.

Además de la evacuación de sanitarios y cuartos de instalaciones, o de las cubiertas, no hay que olvidar otros puntos a desaguar que se distribuyen a lo largo los espacios destinados a oficinas: las unidades terminales de la instalación de climatización con riesgo de condensación, y a este aspecto no siempre se le trata con el suficiente cuidado.

Respecto al paso de instalaciones a través de los elementos de compartimentación de incendios⁹ hay que prestar especial atención a las conducciones de saneamiento por ser el PVC el material más extendido para estas redes. Para estas tuberías conviene el empleo de polipropileno o tuberías metálicas, que aunque son más caras que el tradicional PVC son más ecológicas y menos tóxicas en caso de incendio. Si las bajantes atraviesan sectores de incendios diferenciados (aparcamiento-oficinas es un claro ejemplo) hay que colocar collarines cortafuegos como protección pasiva frente al incendio. En la *Torre de Cristal*, por ejemplo, se pensó en tuberías de evacuación de fundición, material que no propaga el incendio y no emite humos tóxicos.

En el caso de la red de aguas pluviales los puntos de evacuación o sumideros se extienden a lo largo de toda la cubierta, normalmente plana. El espacio necesario para la implantación de las derivaciones horizontales hasta encontrar las correspondientes bajantes es suficiente con la amplitud del falso-techo requerido para ubicar las instalaciones de climatización de la última planta. Si se quieren reducir el número de bajantes de pluviales para ubicarlas en los patinillos del núcleo central se pueden emplear sistemas de drenaje sifónico tipo *flufflow*, como en la ciudad BBVA de Madrid (2014) donde se han cubierto 38.000 m² con 15 líneas con sus respectivas bajantes y 195 sumideros.¹⁰

El reciclaje de aguas grises no es muy utilizado en los edificios de uso administrativo, pero algunos ejemplos construidos con estrategias sostenibles, como la nueva sede del BBVA, *La Vela* de Herzog & de Meuron, (Madrid, 2013-en construcción), recoge el agua de lluvia para uso de riego y el agua de los lavabos para suministro de los inodoros.

E. Instalaciones de Evacuación de los productos de la combustión.

Los generadores de calor que empleen gas como combustible para calentar el agua de los circuitos de distribución de energía requieren de chimenea de evacuación de humos, y si la sala de calderas está en los sótanos hay que dirigir estos conductos a la cubierta del edificio.

F. Evacuación de basuras. Reciclaje de papel y consumibles.

La última instalación dentro del área de la evacuación es la encargada de la recogida de basuras. Por su independencia respecto al sistema de climatización del edificio simplemente comentar que los edificios deben disponer de los espacios y medios necesarios para extraer los residuos ordinarios y facilitar su adecuada separación en origen, la recogida selectiva de los mismos y posterior gestión.

La recogida neumática a través de los edificios administrativos no es un planteamiento muy utilizado. En España, el 90% de los residuos generados por las oficinas corresponde a papel y cartón; en algunos casos, se ha apostado por las *ecopapeleras* y la formación de los empleados para conseguir el máximo reciclaje de estos residuos.

G. Instalaciones de Protección.

Incluimos en este apartado tanto las instalaciones de protección contra el fuego, como aquellas que nos protegen del robo, el intrusismo o el rayo, por ejemplo.

Las instalaciones de prevención de incendios incluyen las instalaciones de extinción, pero también las de detección y alarma. De todas ellas las que más reservas espaciales requieren son las que utilizan como agente extintor el agua, principalmente bocas de incendio equipadas o rociadores, que precisan aljibes de gran tamaño para dar servicio durante dos horas y bombas que garanticen la presión adecuada en caso de utilización. En edificios de gran altura, al igual que en el resto de instalaciones hidráulicas, se deben plantear instalaciones partidas con sectorización de grupos de presión para determinado número de pisos, lo que pudiera implicar cuartos localizados en plantas intermedias.

Pero sin duda en los edificios de oficinas de gran altura el aspecto más determinante en su diseño que tiene que ver con las instalaciones de prevención de incendios se refiere al paso de conductos y tuberías a través de elementos de compartimentación del edificio o a la propagación del humo a través de las redes. La rápida propagación del fuego en incendios como el de la *Torre Windsor* de Rafael Alemany Indarte (Madrid, 2005) supuso un replanteo en las medidas de seguridad en este campo.

La resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de los sectores del edificio debe mantenerse aun cuando estos elementos constructivos son atravesados por cables, tuberías, conductos de ventilación o de aire acondicionado. Es muy frecuente disponer de compuertas cortafuegos en los conductos de aire acondicionado para no debilitar las exigencias requeridas a determinados elementos constructivos. En este aspecto las imbricaciones entre arquitectura, construcción e instalación de climatización son evidentes.

Por eso al plantear las redes hay que conocer la sectorización del edificio; cabría plantearse si en un edificio de oficinas de alquiler, la *unidad mínima de alquiler* es considerada un establecimiento independiente o el plan de evacuación del edificio responde a planteamientos globales que permiten la no sectorización de cámaras y falsos-techos. En todo caso en cada una

de las plantas de oficinas debemos conocer cuáles son los sectores considerados (*zonas dentro de una planta, cada una de las plantas por separado, vestíbulos protegidos o zonas de refugio*) y tomar las medidas correspondientes –puertas automáticas o dispositivos intumescentes-. Los patinillos verticales por donde discurren conductos y tuberías se han de construir cómo cámaras estancas que no requieren compartimentaciones específicas.

Además el diseño de las vías de evacuación en los rascacielos se complica con objeto de garantizar la seguridad en caso de incendio. En la *Torre de Cristal*, por ejemplo, dos ascensores utilizados como montacargas habitualmente, servirán como ascensores de emergencia contando con vías de evacuación totalmente aisladas del resto del edificio.



[VI.13]. Torres de Hércules, Cádiz, 2006. Rafael de la Hoz.

[VI.14]. Torre Picasso.

[VI.15]. Torre de Cristal.

El caso de las instalaciones de protección frente al robo e intrusismo las reservas espaciales para el cableado y los dispositivos son mínimos y la repercusión de las cámaras es sobretodo disuasoria. En relación con la protección frente al rayo, los edificios con una altura mayor de 43 m requieren siempre la instalación de un sistema de protección en cubierta que junto con las antenas de telecomunicaciones o las góndolas para limpieza de los muros cortina constituyen los últimos remates de estos edificios.

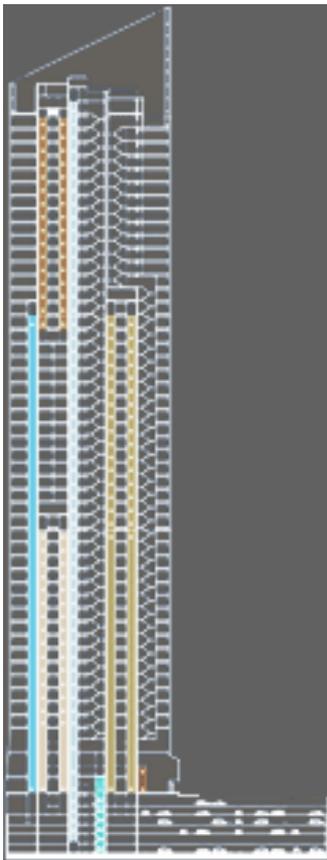
H. Instalaciones de Transporte.

Salvo casos internacionales muy singulares como *el Lloyd's* o *el Banco de Honk Kong* con sus escaleras mecánicas para el traslado de usuarios por el edificio, nos estamos refiriendo a los ascensores para personas, los montacargas y las escaleras convencionales. La resolución de los requerimientos normativos para estos mecanismos hace que su repercusión espacial en planta sea importante dotando a los núcleos de comunicaciones, servicios e instalaciones de los edificios de oficinas de un tamaño realmente considerable.

De la observación de la resolución de las baterías de ascensores de las torres de oficinas más altas de España, las cuatro torres que conforman el *CTBA de Madrid*, podemos valorar que para resolver las comunicaciones en rascacielos entre 45-60 pisos se requiere organización de por lo menos tres núcleos diferenciados de ascensores que trasladan pasajeros en un número de plantas que corresponde aproximadamente con un tercio del edificio, esto es, entre 15 y 20 plantas. Un dato de referencia, consideremos que un ascensor para 24 personas necesitaría un hueco ligeramente inferior de 3,00 x 3,00 m.

En el caso de la *Torre de Crista* [VI.16], analizada en el *Capítulo 2*, las plantas de oficinas están servidas por tres baterías de (5-6) ascensores diferenciadas cada una de ellas con paradas en los tres tercios en que se divide la torre. A dos de estos núcleos se accede directamente desde la planta baja y al tercero desde la planta 33, para lo que existe lo que se denomina el conjunto de los tres ascensores-lanzadera que comunican la planta de entrada directamente con este núcleo sin paradas intermedias.

El otro gran factor determinante en la ocupación de los núcleos de comunicaciones en los edificios de uso administrativo es la limitación del máximo recorrido de evacuación hasta las salidas de planta a 25 m si contamos con una única escalera y a 50 m si contamos con más de una salida. En general los edificios en altura objeto de estudio cuentan con dos escaleras protegidas, incluso especialmente protegidas que junto con los sistemas de comunicación mecánica y los servicios de planta ocupan la gran parte de los núcleos que configuran los espacios servidores.



[VI.16]. Torre de Cristal.

I. Instalaciones de Telecomunicaciones.

Constituyen los servicios cuya finalidad es emitir y recibir información mediante sistemas de transmisión dentro del propio edificio y entre el edificio y su entorno. Esto es, nos estamos refiriendo a la Radio, Televisión, Telefonía y RDSI y Servicios de Banda Ancha. En este grupo de redes hay que incluir también los sistemas de automatización y control del edificio, y en definitiva todo aquello que significa la transmisión de voz y datos.

Sea cual sea el servicio prestado en los edificios de oficinas estas instalaciones se organizan mediante *Sistemas lineales múltiples en falsos árboles*⁴, esto es, cada receptor (toma de teléfono, ordenador...etc.) puede ser origen o receptor de la información, de igual forma que las centrales

y subcentrales existentes. Desde el punto de vista de la ocupación de las redes esta gran flexibilidad en la transmisión de señales implica multiplicidad de cables y ubicación de las subcentrales necesarias (servidores, armarios, etc.) a lo largo del edificio.

En los años 70, la aparición del ordenador en el mundo de la oficina, modificó el planteamiento general de la configuración del espacio de trabajo a partir de un nuevo elemento constructivo: el suelo técnico. De un espacio flexible que se pudiera adaptar a las diferentes necesidades del usuario y que había predominado como idea proyectual del espacio de oficinas durante veinte años, la oficina automatizada con un control integral desde cada puesto de trabajo sería la nueva propuesta para los edificios de uso administrativo. La distribución extensiva por toda la planta de oficinas de forma ascendente significó el control individual de los servicios de transmisión de voz y datos pero también de las condiciones de climatización del edificio, y conllevó en muchos casos a la desmaterialización del núcleo central de servicios y de las plantas técnicas intermedias para instalaciones.

Desde los primeros sistemas auto-controlables (cibernética), la aparición de los primeros "edificios inteligentes", hasta nuestros días el desarrollo de las TIC's ha sido muy rápido y las repercusiones espaciales de estas redes importantes no sólo por su tamaño sino por el nuevo concepto de estos espacios servidores.

En lo que a los servicios de telecomunicaciones se refiere un edificio de oficinas hoy en día no se entiende sin una instalación de cableado estructurado. Se trata de una red de cable única que permite interconectar equipos de diferente o igual tecnología, integrando los diferentes servicios que dependen del tendido de cables como telefonía, datos y video. El objetivo final es cubrir todas las necesidades o servicios, presentes y futuros, sin necesidad de realizar más tendido de cables. Las salas de equipos del edificio -con una repercusión espacial de 0,07 m² por cada 10 m² de superficie útil de oficinas-, los cuartos de telecomunicaciones en cada una de las plantas de oficinas donde se disponen los armarios rack en los que se sitúan los puntos de terminación del cableado vertical y horizontal -a razón de 90 m del punto de servicio más alejado- y las canalizaciones verticales y horizontales que deben permitir el trazado del gran número de cables de fibra óptica o pares de cables trenzados de cobre, con su correspondiente ocupación y requerimiento de curvas de gran tamaño significaron la duplicidad de las cámaras horizontales de distribución de los servicios y el doble servicio ascendente y descendente.

La aparición del suelo técnico concedió una nueva posibilidad en la distribución de la energía térmica para acondicionar climáticamente los espacios de oficinas permitiendo mayores oportunidades en la correcta distribución del aire aprovechando los movimientos por convención natural.

Uno de los servicios que ofrecen estas redes son las instalaciones de regulación y control de todas las instalaciones del edificio: climatización, iluminación, intrusismo, detección y extinción de incendios...etc.



[VI.17]. Interior .Philip Morris Research Center Tower, Richmond VA, Ulrich Franzen. YA ESTA EN OTRA PARTE DEL TRABAJO



[VI.18]. Interior .Oficina de arquitectura de N. Foster.



[VI.19]. Suelo técnico y trazado horizontal de cableado estructurado.



[VI.20]. Armario de telecomunicaciones con conexiones de cableado estructurado desde cada punto de servicio.

En lo que al control de las instalaciones de climatización se refiere, después del desarrollo de tipologías edificatorias derrochadoras que respondían a momentos de expansión económica parece que hoy en día los sistemas de regulación y control son una manera de hacer edificios administrativos eficientes energéticamente. Pero una vez trazados las redes horizontales y verticales del cableado estructurado y posicionados todos los equipos de climatización en sus correspondientes espacios, las sondas, los sensores, las válvulas motorizadas, los contadores de energía o las centrales de control pueden ubicarse en los espacios ya reservados. En relación con la aproximación de los edificios a un organismo vivo, cambiante, debido a las instalaciones de regulación y control y a la pequeña repercusión espacial de estos sistemas Rafael Serra comenta: *“Así, con la incorporación de los nuevos sistemas de control, a pesar de que pueden cambiar radicalmente las formas de vida de los edificios, representan pocos cambios en los proyectos de los arquitectos. Es necesario tener presente que el control global no ocupa prácticamente espacio, puede esconderse fácilmente y resultar formalmente irrelevante”.*¹¹

A pesar de que la tesis se centra en las repercusiones arquitectónicas de las instalaciones de acondicionamiento térmico ambiental, por ser las que requieren más volumen cuando se implantan en el edificio de oficinas, ha sido necesaria esta larga enumeración de todas las redes de servicios que se pueden dar en esta tipología edificatoria. Era el momento de clarificar todas las instalaciones existentes y valorar por un lado la dificultad que supone separarlas de las instalaciones de clima en una medición volumétrica de espacios ocupados, puesto que a veces unas y otras comparten los mismos huecos y además manifestar que el posicionamiento de algunos de estos servicios condiciona claramente la implantación de las instalaciones de climatización.

Imágenes.

- [VI.01] Fuente: Cristina Cabello.
- [VI.02] Fuente: Cristina Cabello.
- [VI.03] Fuente: Cristina Cabello.
- [VI.04] Fuente: Cristina Cabello.
- [VI.05] Fuente: ACXT-IDOM. www.saica.com
- [VI.06] Fuente: Alday Jover Arquitectos. www.parquedelagua.com
- [VI.07] Fuente: Cristina Cabello.
- [VI.08] Fuente: Cristina Cabello.
- [VI.09] Fuente: Cristina Cabello.
- [VI.10] Fuente: Cristina Cabello.
- [VI.11] www.construible.es.
- [VI.12] <https://zaragozaprensadotcom1.wordpress.com>
- [VI.13] <http://www.europasur.es>
- [VI.14] Fuente: Cristina Cabello.
- [VI.15] Fuente: Cristina Cabello.
- [VI.16] www.torredecristal.com
- [VI.17] <http://www.ezrastoller.com/media/files/8fafd9cef9a4f9ec0f59bb42880aaa7d.jpg?w=1280&h=840&c=0>
- [VI.18] <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-9268/oficina-de-arquitectura>
- [VI.19] <http://www.raisedflooruae.com>
- [VI.20] <http://www.mexiredes.com>

Anexo 4. LISTA DE EDIFICIOS.

<i>National Provincial Bank of England</i>	Londres	1865	Gibson & W. W. Phipson (ing.)	Cáp. 3
<i>Home Insurance Building</i>	Chicago	1885	William Le Baron Jenney	Cáp. 2
<i>Second Leiter Building</i>	Chicago	1891	Jenney & Mundie	Cáp. 2
<i>Wainwright St.Louis</i>	Chicago	1891	Alder & Sullivan	Cáp. 2
<i>Monadnock Building</i>	Chicago	1893	Burnham & Root	Cáp. 2
<i>Edificio Guaranty</i>	Buffalo	1894	Luis H. Sullivan	Cáp. 2
<i>Edificio Administración Larkin</i>	Buffalo	1905	F. L. Wright	Cáp. 1
<i>Woolworth</i>	New York	1913	Cass Gilbert	Cáp. 2
<i>Equitable</i>	New York	1915	Ernest R. Graham	Cáp. 2
<i>Milam Building</i>	Texas	1928	George Willis & M. L. Diver (ing.)	Cáp. 2
<i>Rockefeller Center</i>	New York	1929	Raymond Hood	Cáp. 4
<i>Oficinas principales de la I.G. Farben</i>	Munich	1930	H. Roelzig	Cáp. 2
<i>Empire State</i>	New York	1931	Sherve, Lamb & Harmon	Cáp. 2
<i>Edificio Chysler</i>	New York	1932	William van Allen	Cáp. 2
<i>Philadephia Savings Fund Society (PSFS)</i>	Philadephia	1932	Howe & Lescaze	Cáp. 2
<i>Oficinas centrales de la Boots Pure Drug, Co.</i>	Nottingham	1932	O. Williams	Cáp. 2
<i>Metropolitan Life Insurance</i>	New York	1933	Napoleon LeBrun	Cáp. 4
<i>Hersey Chocolate Company</i>	Pennsylvania	1934	Paul Witmer	Cáp. 2
<i>Johnson Wax Administration</i>	Wisconsin	1939	F. L. Wright	Cáp. 2
<i>Configuración Hidrográfica del Ebro</i>	Zaragoza	1946	Hermanos Borobio	Cáp. 3
<i>Equitable building</i>	Oregón	1948	P. Belluschi & J. Donald Kroeker (ing.)	Cáp. 2
<i>Edificio de las Naciones Unidas</i>	New York	1950	William Harrison	Cáp. 2
<i>Patronato Juan de la Cierva</i>	Madrid	1950	R. Fernández Vallespín & M. Fisac Serna	Cáp. 3
<i>Lever house</i>	New York	1952	Skidmore, Owins & Merrill (SOM)	Cáp. 2
<i>Oficinas para Alto Estado Mayor</i>	Madrid	1954	L. Gutiérrez Soto	Cáp. 3
<i>Manufacturers Hanover Trust Co.</i>	New York	1954	Skidmore, Owins & Merrill (SOM)	Cáp. 4
<i>Laboratorios de investigación para la General Motors</i>	Michigan	1956	E. Saarien	Cáp. 2
<i>Inland Steel</i>	Chicago	1957	Skidmore, Owins & Merrill (SOM)	Cáp. 1
<i>Connetcticut General Life Insurance Co.</i>	Blooomfiel	1957	Skidmore, Owins & Merrill (SOM)	Cáp. 4
<i>Seagram</i>	New York	1958	M. Van der Rohe & P. Johnson	Cáp. 2
<i>Chase Manhattan Bank</i>	New York	1961	B. Graham	Cáp. 1
<i>Cooperative Insurance Society (CIS)</i>	Manchester	1962	Gordon Tait & G. S. Hay	Cáp. 2
<i>The Bayer-Hochhaus</i>	Leverkusen	1963	HPP architects	Cáp. 1
<i>Richards Medical Research</i>	Pennsylvania	1965	L. I. Kahn	Cáp. 1
<i>Central de Ingeniería de la Armstrong Cork Company</i>	Pennsylvania	1965	Skidmore, Owins & Merrill (SOM)	Cáp. 4
<i>American Republic Insurance Company</i>	Iowa	1965	Skidmore, Owins & Merrill (SOM)	Cáp. 4
<i>Rascacielos Montreal</i>	Montreal	1966	P. L. Nervi	Cáp. 1
<i>Edificio de la Philips Ibérica</i>	Madrid	1968	M. García Benito	Cáp. 2
<i>Torres Blancas</i>	Madrid	1968	F. J. Sáez de Oiza	Cáp. 2
<i>Edificios Trade</i>	Barcelona	1968	J. A. Coderch	Cáp. 3
<i>Commercial Union Assurances Co.</i>	Londres	1969	Gollins, Melvin, Ward & P.	Cáp. 2
<i>Penninsular and Oriental Steam Navigation Co.</i>	Londres	1969	Gollins, Melvin, Ward & P.	Cáp. 2

<i>John Hancock Center</i>	Chicago	1970	Skidmore, Owins & Merrill (SOM)	Cáp. 2
<i>Radio Schweiz</i>	Berna	1971	F. Geiser	Cáp. 2
<i>Centraal Beheer</i>	Apeldoorn	1972	Herman Hertzberger	Cáp. 2
<i>Philip Morris Research building</i>	Ridchmon	1972	U. Franzen	Cáp. 3
<i>Banco de Bilbao</i>	Madrid	1974	F. J. Sáez de Oiza	Cáp. 3
<i>Edificio Colón</i>	Barcelona	1975	J. Anglada, D Gelabert & Josep Rivas	Cáp. 1
<i>Torres Gemelas</i>	New York	1975	Minoru Yamasaki & Associates	Cáp. 2
<i>The Denver Office Tower (Anaconda Tower)</i>	Denver	1978	Skidmore, Owins & Merrill (SOM)	Cáp. 4
<i>Sede de Ibercaja</i>	Zaragoza	1980	T. Ríos Usón	Cáp. 2
<i>Torre BBVA</i>	Madrid	1981	F. J. Sáez de Oiza	Cáp. 1
<i>Reliance Building</i>	Chicago	1984	Burham	Cáp. 2
<i>Gruner + Jahr</i>	Hamburgo	1985	Kiessler & Partner architects.	Cáp. 2
<i>Lloyd's building</i>	Londres	1986	R. Rogers	Cáp. 1
<i>Hong Kong & Shanghai Bank</i>	Hong Kong	1986	N. Foster and Partners	Cáp. 1
<i>Torre Castelar</i>	Madrid	1986	Rafael de la Hoz y Gerardo Olivares	Cáp. 4
<i>Torre Picasso</i>	Madrid	1988	Minoru Yamasaki	Cáp. 5
<i>Torre Mapfre</i>	Barcelona	1992	Iñigo Ortiz & Enrique de León	Cáp. 2
<i>Edificio de Caja Madrid</i>	Barcelona	1992	Fargas & Tous	Cáp. 3
<i>Business Promotion Center</i>	Duisburg	1992	N. Foster and Partners	Cáp. 4
<i>Juzgados de Zaragoza</i>	Zaragoza	1993	A. de la Sota	Cáp. 2
<i>The Boots Company PLC</i>	Beeton	1998	DEGW	Cáp. 2
<i>Sede de la CAI</i>	Zaragoza	1998	J.M. Pérez. Latorre, R. Minguell y C. Lalinde	Cáp. 2
<i>Torres Petronas</i>	Kuala Lumpur	1998	C. Pelli	Cáp. 2
<i>Nuevo edificio del Parlamento</i>	Londres	1999	M. Hopkins & Partners	Cáp. 2
<i>Deutsche Messe AG</i>	Hannover	1999	Herzog + Partner	Cáp. 2
<i>Casa Portcullis del Parlamento de Londres</i>	Londres	1999	Michael Hopkins and Partners	Cáp. 4
<i>Citibank Headquarters</i>	Londres	2000	N. Foster and Partners	Cáp. 2
<i>Edificio Betancourt</i>	Zaragoza	2001	B. Tobías Pintre	Anexo 2
<i>Sede Central Endesa</i>	Madrid	2003	KPF & Rafael de La-Hoz	Cáp. 4
Torre Llacuna	Barcelona	2004	TAC arquitectes	Cáp. 1
<i>Swiss Re</i>	Londres	2004	N. Foster and Partners	Cáp. 2
<i>Puerta Cinegia</i>	Zaragoza	2004	Olano & Mendo	Cáp. 2
<i>Caja de Arquitectos de Madrid</i>	Madrid	2004	Luís Martínez Santa-María	Cáp. 4
<i>Torre Agbar</i>	Barcelona	2005	J. Nouvel	Cáp. 2
<i>Edificio corporativo de Saica 1</i>	Zaragoza	2005	E. Aragües & A. Lorén (ACXT)	Cáp. 2
<i>Torre Windsor</i>	Madrid	2005	Rafael Alemany Indarte	Anexo 2
<i>Sede Gas Natural</i>	Barcelona	2006	Enric Miralles, Benedetta Tagliabue	Cáp. 4
<i>Torre de Hércules</i>	Cádiz	2006	R. de la Hoz	Anexo 2
<i>Torre Espacio</i>	Madrid	2007	Herny N. Coob	Cáp. 1
<i>Burgo Empreendimento</i>	Oporto	2007	Souto de Moura	Cáp. 4
<i>Torre PwC</i>	Madrid	2008	C. Rubio Carvajal & E. Álvarez	Cáp. 1
Edificio de oficinas de la sociedad EXPO 2008	Zaragoza	2008	B. Tobías Pintre	Cáp. 1
WTCZ	Zaragoza	2008	J. A. Arranz & E. Martín	Cáp. 1
Torre de Cristal	Madrid	2008	C. Pelli, F. W. Clarke, R. Pelli.	Cáp. 1

<i>Media-TIC</i>	Barcelona	2009	Enric Ruiz Geli	Cáp. 2
<i>Edificio para pabellones de la Expo 2008</i>	Zaragoza	2008	IDOM	Cáp. 2
<i>Torre de oficinas en el Campus Audiovisual</i>	Barcelona	2008	Carlos Ferrater, Patrich Genard y Xavier Marti	Cáp. 4
<i>Central de energía de la Expo 2008</i>	Zaragoza	2008	I. Alday, M. Jover	Anexo 2
<i>Torre Foster</i>	Madrid	2009	N. Foster and Partners	Cáp. 1
<i>Complejo tecnológico Palmas Altas</i>	Sevilla	2009	R. Rogers	Cáp. 2
<i>Edificio Aragonia</i>	Zaragoza	2009	R. Moneo	Cáp. 2
<i>Rehabilitación del Seminario Ayto. Zaragoza</i>	Zaragoza	2009	A.Lorén Collado, E. Aragüés Rioja	Cáp. 3
<i>Oficinas de CEMEX</i>	Valencia	2009	F. Díaz y S. Sanjuan	Anexo 2
<i>Edificio CIEM</i>	Zaragoza	2011	M. Sánchez, J. García y A. Sánchez	Cáp. 4
<i>Torre Diagonal ZeroZero</i>	Barcelona	2011	Enric Massip-Bosc	Cáp. 4
<i>Sede Iguzzini</i>	Barcelona	2011	J. Mías	Anexo 2
<i>Sede I+D de la empresa LOGYTEL</i>	Alcalá de Henares	2012	Alarcón+Asociados	Cáp. 4
<i>Sede IDOM</i>	Madrid	2012	IDOM	Cáp. 4
<i>Torre Auditori Porta Firal</i>	Barcelona	2013	Oscar Tusquets	Cáp. 4
<i>Edificio LUCIA</i>	Valladolid	2013	Francisco Valbuena	Cáp. 4
<i>La Vela</i>	Madrid	2013	Herzog & de Meuron	Anexo 3
<i>Philip Morris Research building (renovación)</i>	Ridchmon	2015	Little Diversified Architectural Consulting	Cáp. 3

BIBLIOGRAFÍA.

- A+U. (1988). Richard Rogers 1978-1988. *Extra Edition December*, 148–169. Retrieved from <https://www.japlustu.com/shop/product/au-december-1988-extra-edition>
- Ábalos, I., & Herreros Guerra, J. (1995). *Técnica y arquitectura en la ciudad contemporánea, 1950-1990*. San Sebastián: Nerea. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b1259652~\\$5*spl](http://fama.us.es/record=b1259652~$5*spl)
- AENOR, U.-E. Ventilación de edificios no residenciales, Igarss 2014 1–5 (2014). <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- AEO. (2015). Asociación Española de Oficinas. Retrieved from <http://www.asociacionoficinas.es/>
- Aiguasol, & Alia. (2014). *TOBEEM Project. Current low cost and low energy consumption office building design viability in Madrid within the Horizon 2020*. Retrieved from www.aiguasol.coop
- Arnold, D. (1999). Air Conditioning in Office Buildings After World War II. *ASHRAE Journal*.
- Arnold, D. (1999). The Evolution of Modern Office Buildings and Air Conditioning. *ASHRAE Journal*.
- Arnold, T., Hascher, R., Jeska, S., & Klauck, B. (2002). *Atlas de Edificios de Oficinas*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Arquitectura, Z. (2008). *Ciudad Expuesta [Cuatro]* (11th–12th ed.). Zaragoza: Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón.
- Arquitectura, Z. (2008). *Ciudad Expuesta [Tres]* (9th–10th ed.). Zaragoza: Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón.
- Arquitectura_Viva. (1995). Tecnófilos, Foster, Grimshaw, Hopkins, Rogers: La tradición británica. 42. Retrieved from <http://www.arquitecturaviva.com/es/Shop/Issue/Details/42>
- Arquitectura_Viva. (2008). Torres de España. 121, 111. Retrieved from <http://www.arquitecturaviva.com/es/Shop/Issue/Details/116>
- Arquitectura_Viva_Monografias. (2003). Tipos de Oficinas. 103, 111. Retrieved from <http://librosdearquitectura.com/av-monografias/62-av-monografias-103-tipos-de-oficinas.html>
- Astray, F. N., Martínez, G. C., Ronnualdo, J. A. L. S., & Septién, M. S. (1987). Incendios en edificios de gran altura, 39, 6.
- ATECYR. Guía técnica de instalaciones de climatización por agua (2004). Madrid.
- ATECYR. Guía técnica de instalaciones de climatización con equipos autónomos (2004). Madrid.
- ATECYR. Guía técnica de selección de equipos de transporte de fluidos, 53 *Journal of Chemical Information and Modeling* 1689–1699 (2013). Madrid. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- ATECYR. Guía técnica de ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización (2012).
- Bachman, L. R. (2004). *Integrated Buildings: The Systems Basis of Architecture*. Wiley. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=9lLtElb6hIsC>
- Banham, R. (1975). *La arquitectura del entorno bien climatizado*. Buenos Aires: Infinito. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=-tnhGwAACAAJ>

- Blesa, J., & Barahona, E. (2009). *Tipos de Oficinas, work spaces: offices*. Editorial Pencil.
- Cabetas Hernández, A. DTIE. 902. Relación entre el edificio y el sistema de climatización (2005). Madrid: ATECYR. INSTITUTO EDUARDO TOR. Retrieved from <http://www.librosprometeo.com/libro/ver/id/375075/titulo/DTIE-902-RELACION-ENTRE-EL-EDIFICIO-Y-EL-SISTEMA-DE-CLIMATIZACION.html>
- Carrier. (2016). Carrier. Retrieved from <http://www.carrier.es/>
- CEN, 156. Ventilation for non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems (2007). Retrieved from http://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:32:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:6138,25&cs=1638CC7BB2DD4EF2FDC1CF025F9CFD412
- CISBE. (2015). Heritage Group. Retrieved from <http://www.hevac-heritage.org/>
- Cohen, J.-L. (2007). *Mies Van der Rohe*. Madrid: Akal.
- Company, V. N. R. (1979). *Frank Lloyd Wright to 1910: The First Golden Age*. Grant Carpenter Manson.
- Comunidad_de_Madrid. Guía y ahorro de eficiencia energética en oficinas y despachos (2007).
- Daikin. (2016). Daikin. Retrieved from <http://www.daikin.es/>
- Danz, E., & Menges, A. (1975). *La arquitectura de Skidmore, Owings & Merrill. 1950-1973*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Donati, C. (2006). *Parlamento Londres. Michael Hopkins*. Milan.
- Fernández Becerra, R. (1968). Desarrollo de las normas contra incendios en España, 56–62. Retrieved from www.infomadera.net
- Fernández-Cobián, E. (2014). Eduardo Delgado Orusco. Edificio Beatriz, Madrid. Eleuterio Población Knappe. La piel dura. *Boletín Académico. Revista de Investigación Y Arquitectura Contemporánea*, (4), 111–112.
- Fernández-Galiano, L. (1977). *El edificio de oficinas. Análisis y criterios de diseño*. Madrid: Citema. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=234889>
- Fernández-Galiano, L. (1991). *El fuego y la memoria: sobre arquitectura y energía*. Alianza Editorial. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=NOXdPAAACAAJ>
- Frampton, K., & Sainz, J. (1998). *Historia crítica de la arquitectura moderna*. Gustavo Gili. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=kS6XSQAACAAJ>
- Fumadó, J. L. (2004). *Las instalaciones de servicios en los edificios 1*. EdicionesCat. Retrieved from http://www.amazon.es/Las-instalaciones-servicios-los-edificios/dp/8485665627/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1454584870&sr=8-1&keywords=Las+instalaciones+de+servicios+en+los+edificios+I+Fumad%C3%B3+Alsina
- Fumadó, J. L. (1996). *Climatización de edificios*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Fumadó, J. L. (2004). *Las instalaciones de servicios en los edificios 2*. EdicionesCat. Retrieved from <http://www.amazon.es/Las-instalaciones-servicio-los-edificios/dp/848566566X>

- Gallego, J. (2010). *Enriquecer la Arquitectura*. UPM, 7.
- Grondzik, W. T., Kwok, A. G., Stein, B., & Reynolds, J. S. (2011). *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*. Wiley. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=ZldvdyPMh18C>
- Hascher, R., Jeska, S., & Klauck, B. (2005). *Atlas de edificios de oficinas*. Barcelona: Gustavo Gili. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=8jLvAAAACAAJ>
- Hernández Chávez, V. (2002). *La habitabilidad energética en edificios de oficinas*. UPC. Retrieved from <http://tdx.cat/handle/10803/6107>
- Howe, J. (2000). A Digital Archive of American Architecture. Retrieved from http://www.bc.edu/bc_org/avp/cas/fnart/fa267/
- Howell, R. H., Sauer, H. J., & Coad, W. J. (2005). *Principles of Heating, Ventilating, and Air Conditioning*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Retrieved from <https://books.google.co.in/books?id=pGR6AAAACAAJ>
- Joedicke, J., & Beramendi, J. G. (1975). *Edificios administrativos y de oficinas: ejemplos internacionales*. Gustavo Gili. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=yhaiAAAACAAJ>
- Joseph Rosa. (2006). *Kahn*. TASCHEN BENEDIKT.
- Kohn, A. E., & Katz, P. (2002). *Building Type Basics for Office Buildings*. Wiley. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=WpJPAAAMAAJ>
- Laborda Yneva, J. (1995). *Zaragoza, guía de arquitectura*. Zaragoza: Caja de Ahorros de la Inmaculada. Retrieved from <http://www.casadellibro.com/libro-zaragoza-guia-de-arquitectura/9788488305282/598453>
- Lakota, G. (2008). Torre Caja Madrid: Cálculo de estructuras de un edificio singular de 250 m en Madrid. *Hormigón Y Acero*, 59, 22.
- Levene, R. (1989). *Arquitectura española contemporánea. 1975-1990*. Madrid: El Croquis Editorial. Retrieved from <http://www.abebooks.com/ARQUITECTURA-ESPA%C3%91OLA-CONTEMPORANEA-1975-1990-Vol-1%C2%BA/4193717784/bd>
- Marco Fraile, R., & Buil Guallar, C. (2009). *Zaragoza 1908-2008. Arquitectura y Urbanismo*. Cajalón, IFC - Ayuntamiento de Zaragoza -. Retrieved from <http://ifc.dpz.es/publicaciones/ver/id/2970>
- Mario Manieri, E. (1996). *Louis Henry Sullivan*. Milan: Princeton Architectural Press. Retrieved from <http://www.abebooks.co.uk/servlet/BookDetailsPL?bi=2542313203&searchurl=tn%3Dlouis+henry+sullivan%26sortby%3D20%26an%3Ddelia+mario+manieri>
- Martín, C. (2008). El aire acondicionado como factor de diseño en la arquitectura española : Energía materializada, 430.
- Martín, C. (2006). ¿Cuánto ocupan las instalaciones de un edificio? ETSAUN.
- Ministerio de Industria, E. Y. T. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (2013).
- Ministerio_Presidencia. Reglamento Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) (2007).
- Molinari, L. (2006). *Lever House. Skidmore, Owings & Merrill. SOM dal 1936*. Luca Molinari.

- Nelson, G. (1995). *The architecture of building services*. Batsford. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=ekFSAAAAMAAJ>
- Neufert, E., & Neufert, P. (2006). *Arte de proyectar en arquitectura*. Gustavo Gili. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=Vo1yAAAACAAJ>
- Paricio, I., & Fumadó, J. L. (2000). *El tendido de las instalaciones*. Bisagra. Retrieved from <http://www.casadellibro.com/libro-el-tendido-de-las-instalaciones/9788492312580/690260>
- Partners, F. +. (2007). *Swiss Re. Foster 40 Projects. Foster 40 Themes*. London: Prestel-Verlag.
- Pérez Gutierrez, M. C. (2009). *Evolución del tipo estructural Torre en España*. UPM.
- Pevsner, N. (1980). *Historia de las tipologías arquitectónicas*. Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Quinan, J. (2006). *Frank Lloyd Wright's Larkin Building. Myth and Fact*. Retrieved from <http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/F/bo4087178.html>
- RAE. (2016). Real Academia Española. Retrieved from www.rae.es
- Roberts, B. (n.d.). *The story of comfort Air Conditioning*. Retrieved from http://www.hevac-heritage.org/electronic_books/comfort_AC/comfort_AC.htm
- Roberts, G. K., Steadman, P., & University, O. (1999). *American Cities & Technology: Wilderness to Wired City*. London: Routledge. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=FaJC-iPwiH8C>
- Rogers, R. (n.d.). *Architecture and Urbanism Extra Edition Richard Rogers*. A + U Publishing Co., 314. Retrieved from <http://www.abebooks.com/book-search/title/architecture-and-urbanism-extra-edition-richard-rogers-1978-1988/author/rogers-richard/>
- Sage, K. (1975). *Instalaciones técnicas en edificios. Vol 2*. Barcelona: Gustavo Gili. Retrieved from <http://www.iberlibro.com/INSTALACIONES-TECNICAS-EDIFICIOS-2-VOL-Konrad/10058119871/bd>
- Sauer Jr. Harry J., H. R. H. y C. W. J. (2001). Air Distribution Systems. In *Principles of Heating, Ventilation and Air Conditioning with Worked Examples* (ASHRAE, pp. 529–590). WORLD SCIENTIFIC. http://doi.org/10.1142/9789814667777_0011
- Serra Florensa, R. (2001). *Arquitectura i màquina*. Universitat Politècnica de Catalunya. Retrieved from <https://books.google.com.au/books?id=rVK6yd89ruoC>
- Tectónica. (2009). Energía (I) fundamentos. 28. Retrieved from http://www.tectonica.es/arquitectura/energia/fundamentos/tectonica_28.html
- Tectónica. (1999). Arquitectura de vidrio. 10, 11–12. Retrieved from http://www.tectonica.es/arquitectura/vidrio/tectonica_10.html
- Tectónica. (2006). Instalaciones. 21. Retrieved from http://www.tectonica.es/arquitectura/instalaciones/tectonica_21.html
- Tectónica. (2003). Muro cortina. 16, 6. Retrieved from http://www.tectonica.es/arquitectura/muro/cortina/tectonica_16.html
- Tectónica. (2010). Energía (II) instalaciones. 31. Retrieved from http://www.tectonica.es/arquitectura/energia/instalaciones/tectonica_31.html

- Urrutia, Á., & Núñez, A. U. (1997). *Arquitectura española: siglo XX*. Cádiz. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=UktVPUj-YMQC>
- VV.AA. (n.d.). *Tipos de Oficinas, work spaces offices. "Arquitectura singular 01."* Editorial Pencil. Retrieved from <https://www.naoslibros.es/libros/tipos-de-oficinas-work-spaces-offices-1-estuche-con10-titulos-arquitectura-singular-01/978-84-935980-5-1/>
- VV.AA. Código Técnico de la Edificación (CTE) (2016). Retrieved from <http://www.codigotecnico.org/>
- VV.AA. (2011). *Evaluación del potencial de climatización con energía solar térmica en edificios*. Madrid: IDAE.
- VV.AA. (2005). *Arquitectura de oficinas (Proyectos, 8)*. MUNILLALERIA.
- Wells, M. (2005). *Rascacielos: las torres del siglo XXI*. Kliczkowski. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=fEiEAAAACAAJ>
- Yeang, K. (2001). *El rascacielos ecológico*. Gustavo Gili. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=W2oZAAAACAAJ>
- Zukowsky, J., Bruegmann, R., D'Orsay, M., of Chicago, A. I., & Architekturmuseum, D. (1987). *Chicago architecture, 1872-1922: birth of a metropolis*. Prestel-Verlag in association with the Art Institute of Chicago. Retrieved from https://books.google.es/books?id=G_c2AQAAIAAJ