

# **CAPÍTULO 5**

## **CONCLUSIONES GENERALES Y DESARROLLO FUTURO.**

## 5.1 CONCLUSIONES GENERALES.

Para finalizar esta memoria, y en base a lo desarrollado en los capítulos anteriores, se exponen las siguientes conclusiones resumidas del trabajo desarrollado:

1. Existe una metodología de análisis experimental que permite la caracterización del comportamiento térmico dinámico de edificios, basada en las medidas tomadas de radiación solar y temperatura, en distintos puntos exterior e interiores a los mismos. Para su elaboración, se han realizado medidas previas y generales en Barcelona, de variables ambientales como radiación solar, temperatura, humedad, viento, sonido (como parte de un programa de investigación más amplio: Reporte: *Avaluació mediambiental...*, 1998). Finalmente, se decidió utilizar la temperatura y la radiación solar como variables significativas para los análisis posteriores.

2. Las mediciones efectuadas de temperatura del aire (con precisión en las variaciones mejor a 0.1°C), radiación solar e iluminancias en diferentes puntos interiores y exterior en viviendas de Barcelona, han sido efectivas para estudiar experimentalmente estos edificios, sometidos a diferentes tipos de efectos térmicos en situaciones reales, incluyendo la ocupación.

3. El análisis espacial y frecuencial de la distribución térmica, permite identificar que la dependencia espacial de la temperatura interior (en planta) se debe principalmente a la incidencia de la radiación solar (Marincic y otros, noviembre de 1998). Esto implica que, en algunos casos, es necesaria una zonificación térmica en el diseño de los espacios.

4. Se comprueba la relevancia del fenómeno de estratificación en viviendas. El análisis experimental muestra que, para viviendas ordinarias, con altura de alrededor de 3 m, la estratificación es poco importante.

5. El análisis espacial y frecuencial demuestra que en general, las variaciones en la distribución espacial de la temperatura interior no son muy significativas, y, en muchos casos, es posible encontrar una temperatura interior representativa, capaz de caracterizar la respuesta de un sistema térmico. El análisis ha evidenciado en qué casos se puede simplificar y asumir una respuesta global, y hasta qué punto.

6. Del análisis de los diferentes edificios estudiados se confirma que, si bien el orden de magnitud de las ganancias estáticas que pueda tener un edificio (que dependen principalmente de las variables globales o macroscópicas), es mayor que el de las ganancias a frecuencias más elevadas, la acción conjunta de los efectos bajo ambas condiciones, influye sobre su respuesta térmica global. El análisis realizado permite además la clasificación de las diferentes tipologías de edificios, según su dinámica térmica.

7. Del análisis dinámico del comportamiento térmico de los diferentes edificios, se deduce que se requieren estrategias de control que actúen sobre diferentes bandas de frecuencia de la respuesta térmica, y no sólo considerando la periodicidad diaria de las excitaciones exteriores. El diseño y control térmico debe prever la superposición de efectos causados por fenómenos de diferente frecuencia. Por esto, en base a la frecuencia a la que incide determinado tipo de fenómenos térmicos analizados, se han indicado algunas estrategias de control sobre la respuesta térmica.

8. Del análisis dinámico del comportamiento térmico medido se desprende, además, que la acción de los usuarios puede tener sobre la respuesta térmica, mayor importancia que la que normalmente se le adjudica, sobre todo a muy altas y muy bajas frecuencias.

9. Existe la posibilidad de utilizar un modelo térmico simple para caracterizar el comportamiento térmico del edificio con pocos parámetros. El mismo, incluye un modelo que incorpora los efectos termodinámicos en el valor efectivo de la masa térmica y su capacidad de almacenar calor (inercia), y contempla los efectos combinados de temperatura y radiación solar. Incluye además un ajuste aproximado debido a efectos de ventilación.

A partir del modelo térmico global propuesto, basado en la red eléctrica equivalente, y que tiene en cuenta la variabilidad de la capacidad calorífica con la frecuencia (Marincic y otros, septiembre de 1998), se ha logrado representar en forma global y aproximada, el comportamiento térmico del edificio.

Los resultados del modelo aproximado de comportamiento térmico, han sido validados comparando las temperaturas interiores calculadas con las medidas.

Teniendo en cuenta la simplicidad del modelo propuesto, se considera que los resultados son aceptables a nivel de predimensionamiento térmico, y que son útiles para caracterizar en forma dinámica el edificio, utilizando pocos datos físicos del mismo.

## 5.2. DESARROLLO FUTURO.

Sobre la aplicación del diseño térmico para el confort y el ahorro de energía, se ha investigado mucho, cubriendo los muchos aspectos que componen el tema: metodologías de cálculo, pautas de diseño, desarrollo de nuevos materiales y sistemas constructivos, etc. Sin embargo, existen soluciones muy simples que no han sido lo suficientemente explotadas, como la evaluación de los efectos combinados de control a diferentes frecuencias, o la optimización del control térmico a través de modificaciones y hábitos de los usuarios. La educación de los ocupantes es un punto importante y de gran incidencia sobre la respuesta térmica, que debería ser seriamente considerada.

Hasta no hace mucho, la investigación energética en edificios estaba enfocada hacia la caracterización de componentes individuales, más que hacia el edificio en su conjunto como un solo sistema, incluidos sus ocupantes.

La posibilidad de utilizar ordenadores cada vez más veloces y con la capacidad de incorporar mayor números de datos para un cálculo más fiable, ha dividido la tendencia en la elaboración de los modelos térmicos en dos ramas: elaborar modelos más detallados con mayor flexibilidad, o bien crear modelos simples.

El tratamiento global del comportamiento del edificio, desde cualquier metodología que se considere, tiende a simplificar los cálculos y a mejorar las estimaciones sobre la respuesta térmica. La creación de modelos más simples, más fáciles de usar debido a que intervienen menos datos y parámetros, se refleja en el desarrollo de herramientas más sencillas, para aplicaciones específicas, tales como para la etapa de diseño previo o el análisis de componentes específicos.

La intención de la presente investigación, ha sido: la caracterización térmica de edificios, la evaluación de la distribución espacial de la temperatura que determina una forma de zonificación térmica, y la extracción de conclusiones del análisis térmico, que permita una clasificación de edificios según su comportamiento dinámico, con el fin de optimizar su control térmico. Para el análisis del comportamiento térmico se utilizó un modelo aproximado, que refleja la respuesta térmica provocada por un conjunto de factores que intervienen en la complejidad de los fenómenos energéticos en los edificios, usando un escaso número de parámetros, y comparándolo con datos experimentales. La metodología propuesta en la presente tesis es sólo un comienzo para un desarrollo que puede ser muy útil tanto como herramienta de análisis de edificios existentes (por ejemplo, con fines de rehabilitación), como para la simulación de proyectos aún no construidos.

Por esto, la metodología es susceptible de ser mejorada y ampliada, por ejemplo, en los siguientes aspectos:

1. Análisis de otras tipologías térmicas, que den pautas de comportamiento para otras situaciones, a fin de elaborar recomendaciones respecto a otros sistemas térmicos.

En los cálculos y análisis previos, se han estudiado algunas tipologías térmicas, que evidencian un comportamiento diferente de los casos analizados (viviendas de Marostica, Italia, y Castelldefels, Cataluña). El estudio de más casos diferentes, sería útil para ampliar la clasificación ya efectuada.

2. Incorporación al cálculo de otras variables como la ventilación, cuyos efectos se han incluido en esta metodología de manera aproximada, por carecer de mediciones fiables de la misma.

3. Incorporación al cálculo de otras variables que influyen sobre el confort interior, como humedad, velocidad del aire, temperatura radiante, sonido, luz, etc., combinadas con las ya medidas, que representan probablemente en forma más cercana la sensación de confort.

Se han efectuado mediciones previas de otras variables ambientales, en Barcelona, que tienen incidencia sobre el confort humano (Roset y otros, 1998; Reporte: *Avaluació mediambiental...*, 1998). Con la incorporación al cálculo de algunas de estas variables, se podrá evaluar de forma más completa el confort interior.