

PROYECTAR ARQUITECTURAS DE TRANSICIÓN DESDE UNA INVESTIGACIÓN OBJETIVA

Francisco José Sánchez de la Flor

Escuela Superior de Ingeniería. Universidad de Cádiz. C/ Chile 1. 11002. Cádiz

Servando Álvarez Domínguez

Escuela Técnica Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla. Camino de los Descubrimientos s/n. 41092. Sevilla

Enrique D. Fernández-Nieto

Departamento de Matemática Aplicada. E.T.S. Arquitectura. Universidad de Sevilla. Avda. Reina Mercedes 2. Sevilla 41012, España.

Tomás Chacón Rebollo,

Dpto. Ecuaciones Diferenciales y Análisis Numérico. Facultad de Matemáticas. Universidad de Sevilla. C/ Tarfia S/N. Sevilla 41012, España.

Juan M. Rojas; Carlos Rivera Gómez; Carmen Galán-Marín

Departamento de Construcciones Arquitectónicas 1. E.T.S. Arquitectura. Universidad de Sevilla. Avda. Reina Mercedes 2. Sevilla 41012, España.

Resumen

El patio es un elemento característico de la arquitectura tradicional mediterránea, en el que se consigue crear unas buenas condiciones microclimáticas, especialmente en verano, que son bien aprovechadas por el edificio al que pertenece. Se consigue, de esta forma, reducir las necesidades energéticas de acondicionamiento del edificio, y al mismo tiempo se mejoran las condiciones de confort térmico del propio patio. Este comportamiento, es consecuencia de los balances de energías entrantes y salientes, de entre los destacan por su importancia y complejidad, el ligado al movimiento del aire en el patio. Así, las técnicas de estudio más avanzadas consisten en la modelización CFD con programas muy avanzados y complejos, por lo que su uso suele quedar en el ámbito de la investigación. En este artículo se presentan casos reales de patios en los que se ha realizado dicho estudio, para destacar, de esta forma, la relevancia de esta modelización y mostrar así ejemplos de resultados que pueden obtenerse.

Palabras clave: patio; eficiencia energética, modelización CFD; confort térmico

Área temática: Eficiencia energética en edificación y rehabilitación.

1. Introducción

El presente artículo muestra los resultados de los trabajos de 4 grupos de investigación en tres campos de conocimiento (ingeniería, matemática y arquitectura) pertenecientes a dos universidades (Universidad de Sevilla, Universidad de Cádiz) y que han servido de base para la preparación de un proyecto de investigación de excelencia de la Junta de Andalucía, aprobado en la convocatoria de 2011 (TEP-7985).

Desde puntos de vista diferentes, pero con el mismo objetivo común, se pretende analizar las características físicas de los patios como espacios de especial interés para la eficiencia energética de los edificios que los contiene, así como para el propio acondicionamiento de los mismos.

Es ésta una característica bien conocida históricamente en el ámbito de la cultura mediterránea (la casa patio). También en la arquitectura contemporánea existen experiencias de edificios que aprovechan de forma consciente las condiciones microclimáticas del aire del patio para inducir un considerable ahorro energético en los edificios (el hotel Motemálaga en Málaga, es uno de los casos estudiados). Pero hasta ahora carecemos de un marco cuantitativo validado que nos permita calcular objetivamente y en fase de proyecto los ahorros que un determinado diseño de patio podría conseguir.

La investigación del grupo propone desarrollar tanto estas necesarias herramientas de cuantificación como estudiar paramétricamente las distintas características termodinámicas y por tanto potencialidades de ahorro, que diferentes arquitecturas de patios puedan tener.

2. Necesidad de estudio detallado de los patios.

El efecto atemperante de los espacios de transición se debe al juego de interacciones termomecánicas entre las paredes sólidas y el aire que circula en ellos. Básicamente este efecto se debe a que el aire frío es más denso que el caliente, por lo que el primero tiende a permanecer cerca del suelo. Este efecto se prolonga en el tiempo debido al confinamiento del aire que tiene lugar en este tipo de espacios. El contacto prolongado entre el aire fresco y las paredes hace que éstas tiendan a refrescarse. Sin embargo, diversos efectos producen variaciones en este proceso: Geometría del espacio de transición, irradiación solar, presencia de vegetación, fuentes, características térmicas de las paredes, coberturas mediante toldos y, muy especialmente, aberturas que originan salidas o entradas de aire en el espacio.

Varios de estos efectos originan vórtices de aire ascendente-descendente en el interior del espacio, lo que puede cambiar de forma importante sus propiedades atemperantes. Un diseño eficaz del espacio de transición que permita utilizar estas propiedades, requiere de un conocimiento cuantitativo de cómo este diseño genera una distribución de temperaturas en el espacio, en función de las condiciones ambientales.

Este tipo de problemas entra en el marco de la Dinámica de Fluidos Computacional (en adelante, CFD siglas de "Computational Fluid Dynamics") mediante la cual se pueden simular con precisión el comportamiento mecánico y térmico de un flujo de fluido (en nuestro caso, el aire) en una zona determinada del espacio, bajo unas condiciones ambientales dadas.

El papel de la CFD en el diseño ecoeficiente de espacios de transición es semejante al de los programas de cálculo de estructuras en el diseño mecánico de edificios arquitectónicos. El escaso uso de la CFD en el diseño arquitectónico hasta el momento se debe en buena medida a la complejidad de los programas informáticos que simulan flujos de fluido que circunscriben su uso al ámbito científico más que al profesional. Como uno de los productos finales de la investigación, está prevista la generación de una herramienta cuantitativa

basada en CFD de uso profesional. Pues sólo la generalización en la utilización consciente por parte de los arquitectos de este conocimiento (control cuantitativo de las propiedades termodinámicas de los patios) nos permitirá producir un número significativo de edificios energéticamente eficientes. Por tanto, sólo estrategias que persigan su uso generalizado tendrán algún impacto positivo en el ahorro energético (de vital importancia en tiempos de crisis) y la lucha contra el cambio climático.

3. Caracterización del movimiento de aire en patios.

La complejidad inherente al movimiento de aire en espacios abiertos, es mayor aún debido a la diversidad de formas, materiales y a las propias causas del movimiento del aire.

Así, hasta ahora, sólo para formas muy concretas se ha podido caracterizar dicho movimiento, dando lugar a una generalización del movimiento de aire esperado en función de una serie limitada de parámetros.

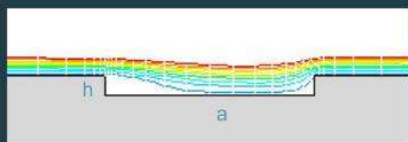
Por otra parte, es necesario distinguir entre las causas del movimiento del aire, lo que se conoce como convección forzada, o natural. La primera de ellas, la convección forzada, consiste en un movimiento del aire por causas externas al mismo, que en un espacio abierto sería por el viento. Mientras que el movimiento del aire se dice que es por convección natural cuando se debe al calentamiento o enfriamiento del aire que provoca micro diferencias en la densidad del mismo y por tanto en su flotabilidad, lo que hace que ascienda o descienda respectivamente.

Ejemplo de esta caracterización la encontramos en el trabajo realizado por el Grupo de Termotecnia de la Universidad de Sevilla (Sánchez, 2003). En la figura 1 se muestra de manera resumida los principales tipos de movimientos de aire que se pueden encontrar en un patio en función de su profundidad, siendo todos ellos de tipo convección forzada.

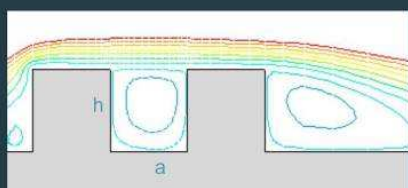
Patrones de Flujo de Aire

$$\text{Profundidad } P = \frac{h_{\text{altura}}}{a_{\text{anchura}}}$$

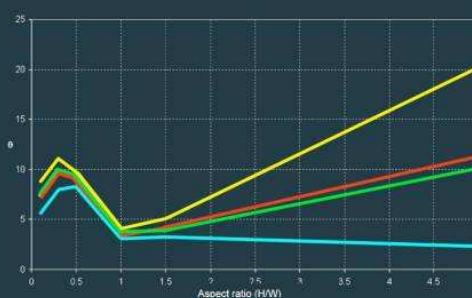
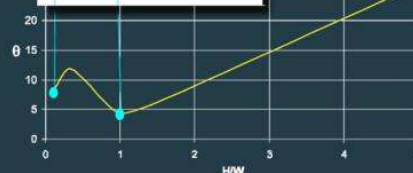
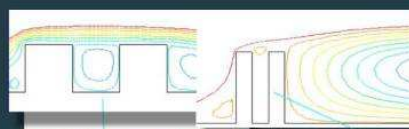
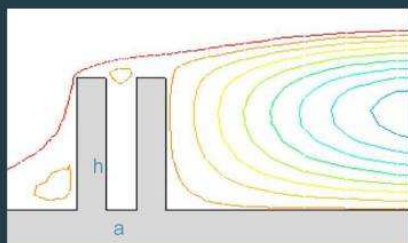
$P < 1$



$P = 1$



$P > 1$



Francisco José Sánchez- Servando Álvarez. ETS de Ingenieros. Univ. Sevilla.

Figura 1. Patrones de flujo de aire y temperaturas en patios. Movimiento debido a influencia externa.

En la figura anterior podemos observar, a la izquierda, los resultados de las simulaciones con programas de CFD para patios con diferentes profundidades. Así, para patios poco profundos ($P < 1$), el aire exterior entra fácilmente en el patio, sin que se produzcan vórtices, y llegándose a velocidades próximas a las exteriores. En patios tan altos como anchos ($P = 1$), se produce un vórtice que ocupa la práctica totalidad del mismo, lo que reduce la entrada de aire exterior, lo que lo convierte en un espacio térmicamente separado del exterior. Efecto que es tanto mayor cuanto mayor es esta profundidad, como puede verse en la tercera figura ($P > 1$). Este efecto sobre las temperaturas del aire del patio, lo podemos ver en esta misma figura, a la derecha.

A partir de los resultados del modelo CFD empleado, se pueden representar los perfiles de velocidad en función de la altura del patio para distintas profundidades P , obteniéndose así una caracterización de los mismos en función de estos parámetros (ver figura 2).

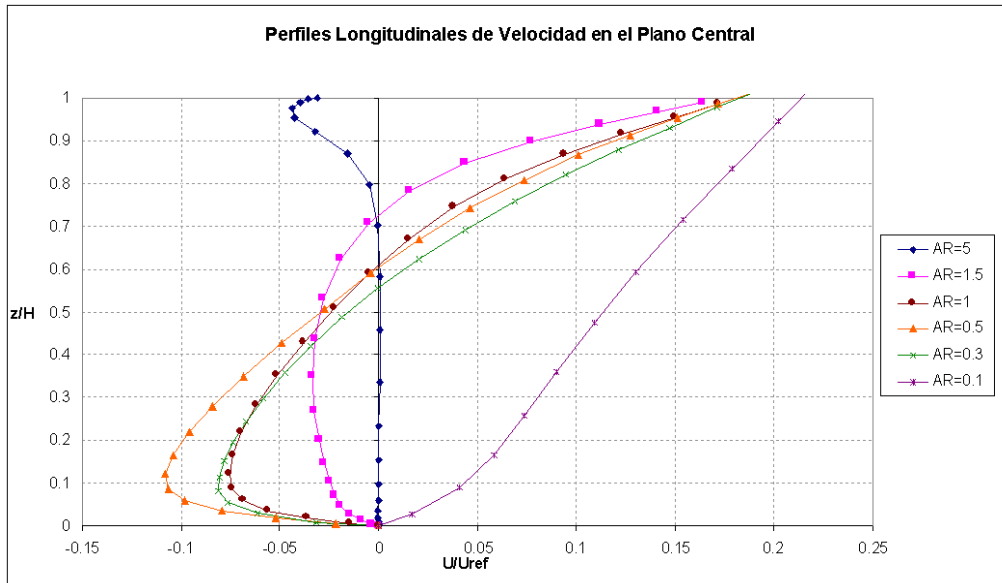


Figura 2. Perfiles de velocidad longitudinal en la sección central del patio.

Los tres parámetros que aparecen en esta figura son:

- La velocidad del aire. Expresada en función de la velocidad exterior (U/U_{ref}).
- La altura. Expresada en función de la altura del patio (z/H)
- La profundidad del patio (AR)

Cuando la causa del movimiento del aire es el calentamiento o enfriamiento del propio aire, éste asciende o desciende, respectivamente, en un tipo de movimiento que se conoce como convección natural.

En la figura 3 se muestran ejemplos de movimientos de aire en patios en función de su profundidad (P), pero en este caso debido al calentamiento o enfriamiento del propio aire.

En este caso, en comparación con los casos con convección forzada, la principal diferencia encontrada son las velocidades de aire encontradas, que en este último caso son mucho menores, y pudiéndose dar situaciones de estratificación.

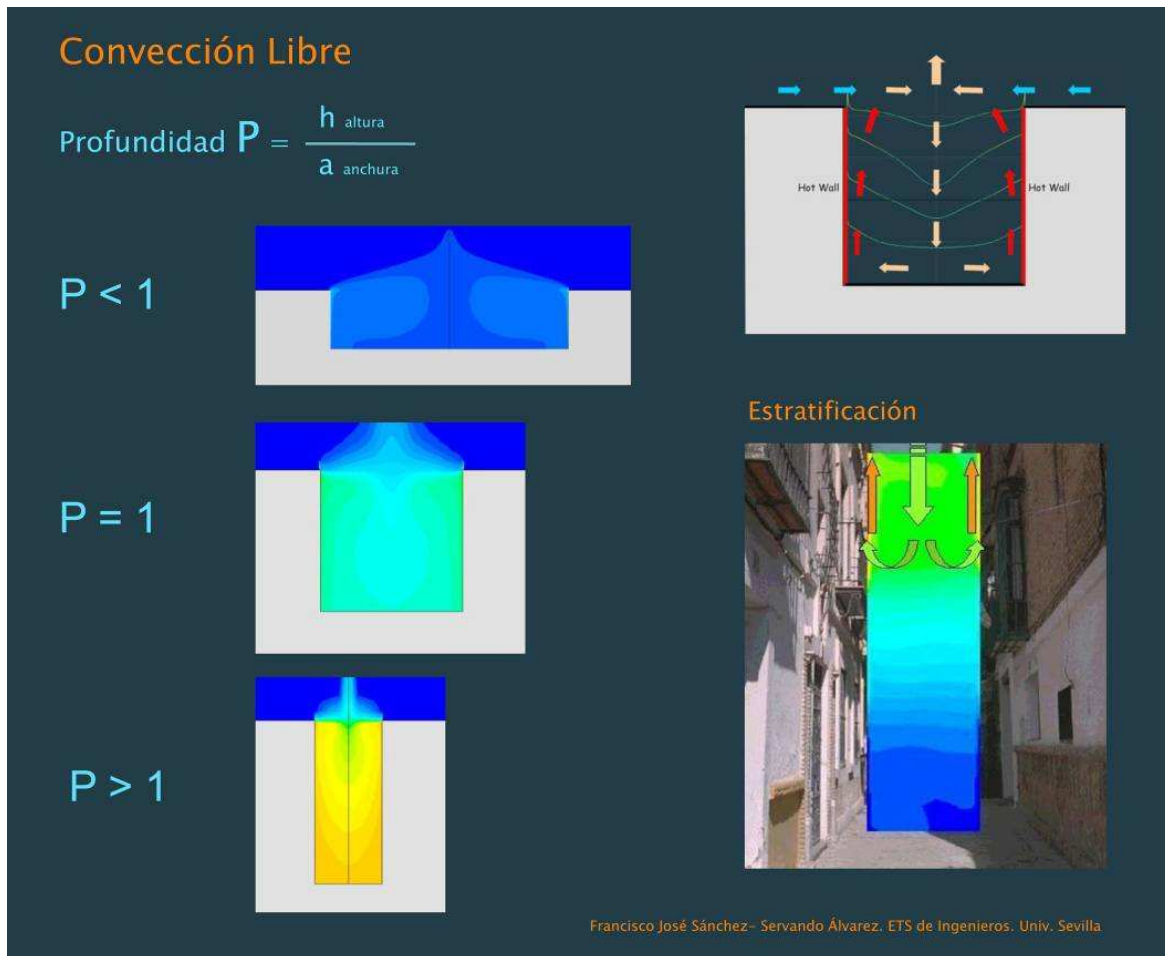


Figura 3. Movimiento debido al propio calentamiento o enfriamiento del aire en el patio.

4. Resultados experimentales

Los resultados numéricos mostrados anteriormente se han observado también por vía experimental. A modo de ejemplo se muestran a continuación los resultados obtenidos en dos casos.

En primer lugar, en las figuras 4 y 5 se pueden ver una foto del Plaza de Santa Marta, Sevilla, y las mediciones de las temperaturas de aire dentro y fuera de él en un día típico de verano.

Se observa una importante bajada de temperatura en la plaza con respecto al exterior, que en algunas horas puede llegar a ser de hasta 4°C.



Figura 4. Plaza de Santa Marta, Sevilla. Imagen de un tradicional y mediterráneo “patio-plaza” en el que la geometría y vegetación contribuye significativamente a suavizar las temperaturas como se observa en el gráfico siguiente.

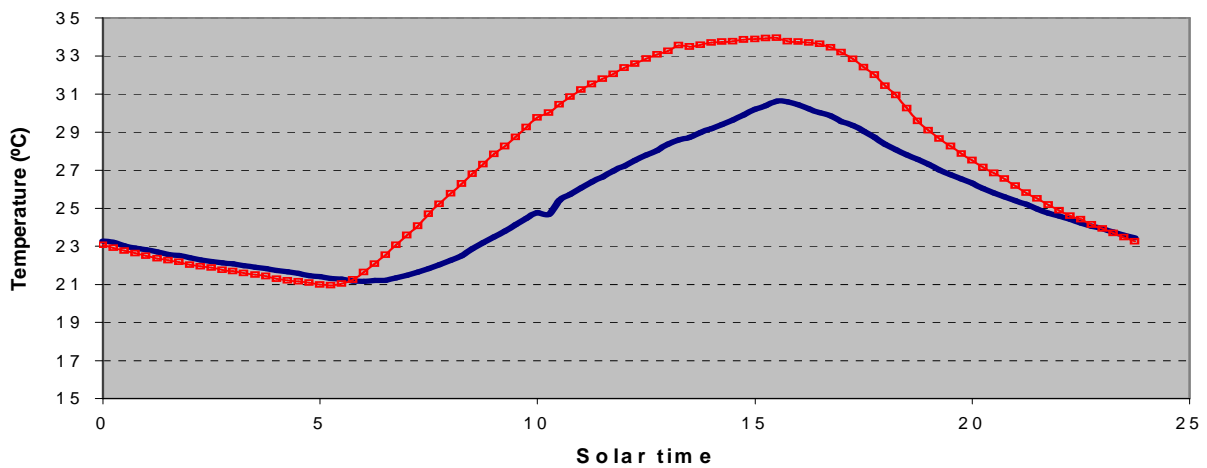


Figura 5. Temperaturas a lo largo del día en el interior de la Plaza de Santa Marta (azul) comparada con la temperatura exterior (rojo). Mediciones realizadas por el equipo de Servando Álvarez publicadas en el artículo “Sitting of buildings and impact on Indoor Climate”.

5. Aplicación a un caso real

En esta sección destacamos la aplicación del modelo desarrollado en [Rojas-Galán-Fernández 2012] en el hotel Monte Málaga. Se ha seleccionado el patio del edificio que aloja el Hotel de Monte Málaga por ser un ejemplo claro de uso de las estrategias termodinámicas del patio mediterráneo para la mejora de la eficiencia energética (ver figura 6). Las áreas comunes del edificio utilizan aire de un patio profundo como parte de su climatización, beneficiándose de las temperaturas más suaves que éste tiene con respecto a las del exterior.



Figura 6. Izquierda, Imagen del hotel Monte Málaga, Derecha patio profundo del hotel

La monitorización de las temperaturas en el patio y en el exterior del edificio (ver figura 7) ha arrojado datos valiosos para comparar con los del modelo numérico. Como muestran los datos monitorizados, el aire que es tomado de este patio gracias a una entreplanta técnica anexa a él (ver figura 8), llega a estar en verano hasta 9 °C más fresco que en el exterior. Gracias a estas y otras medidas, el hotel consume 100 kw h/m² al año de la electricidad (año 2010). Esto significa que su consumo es inferior en un entorno del 50% al consumo de la media de los hoteles de la zona con características similares que es 165-200 kw h/m² por año según datos del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Ministerio de Ciencia y Tecnología, “Ahorro de Energía en el Sector Hotelero. Recomendaciones y soluciones de bajo riesgo”).

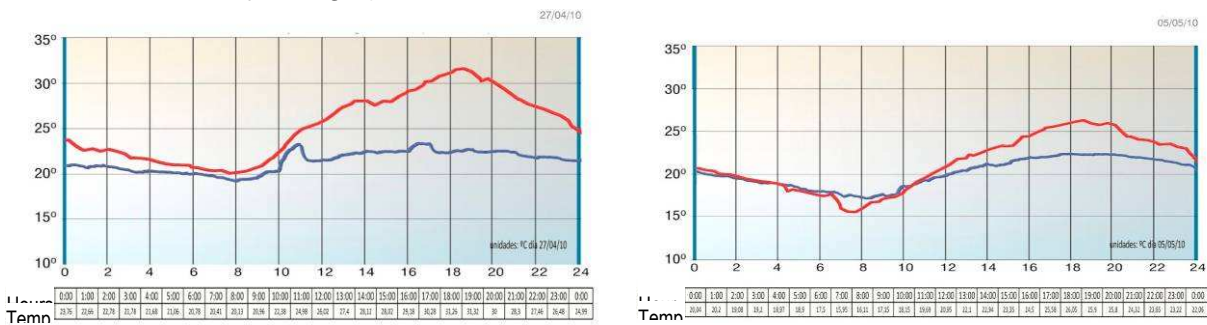


Figura 7. Izquierda. Temperatura exterior monitorizada el día 27-04-2010 en color rojo. La temperatura correspondiente al interior del patio en color azul. Derecha. Temperatura exterior monitorizada el día 05-05-2010 en color rojo. La temperatura correspondiente al patio en color azul.

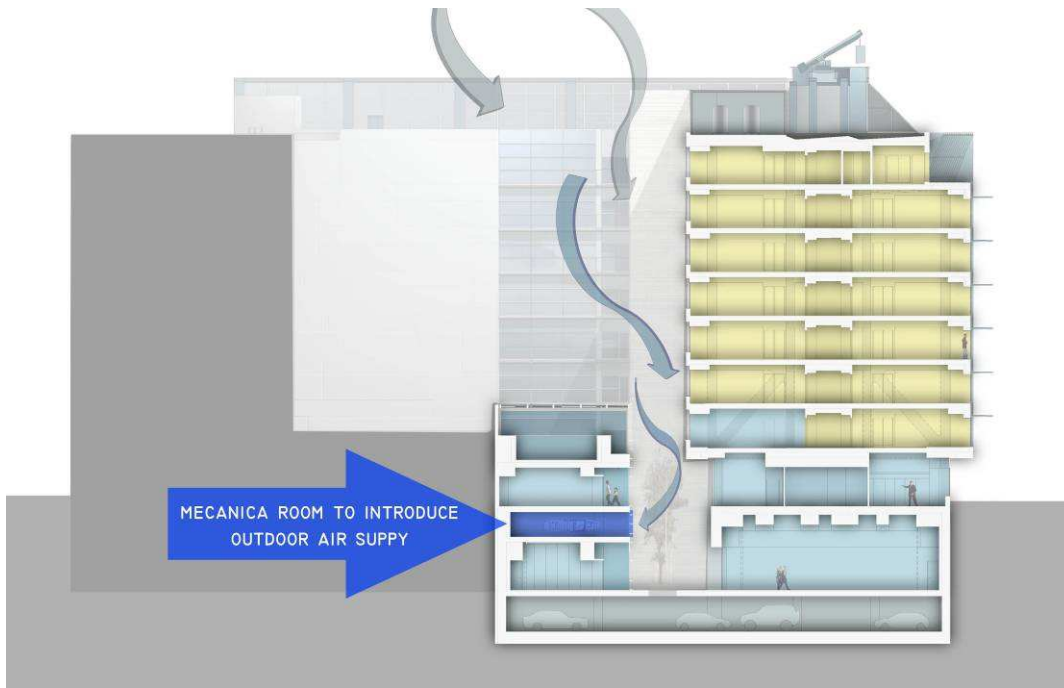
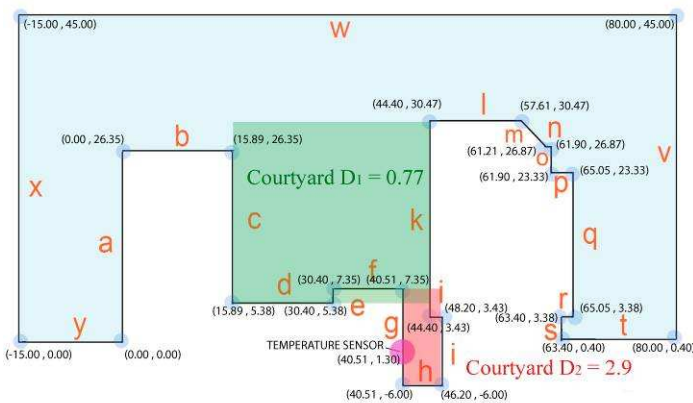


Figura 8. Sección del edificio por el patio con representación de la circulación del aire hasta la entreplanta técnica.

Se realiza una traducción matemática de la geometría de la sección del edificio para su introducción en el modelo numérico. Cada uno de los tramos del contorno se identifica adecuadamente con una letra, marcando especialmente la situación de la sonda en dónde se medirá la temperatura tanto en el patio real como en el modelo. Sobre cada tramo se estudia la radiación incidente debido al soleamiento de forma que podemos introducir la evolución de las temperaturas en el tiempo de cada uno de estos tramos. Esto, junto a la introducción de la evolución en el tiempo de las temperaturas del aire exterior, es muy importante pues el comportamiento del patio será muy diferente si las temperaturas de sus paredes fuera superior o inferior a la exterior. Como veremos en la simulación, en el primer caso las paredes del patio serán un foco térmico propiciando fenómenos de convección, en el segundo, un sumidero térmico facilitando fenómenos de estratificación.



```

// Domain
border a[t=0,26.35]{x=0;y=t;label=1;};
border b[t=0,15.89]{x=t;y=26.35;label=2;};
border c[t=0,20.97]{x=15.89;y=26.35-t;label=3;};
border d[t=0,5.38]{x=30.40;y=t;label=4;};
border e[t=5.38,7.35]{x=30.40;y=t;label=5;};
border f[t=30.40,40.51]{x=t;y=7.35;label=6;};
border g[t=0,13.35]{x=40.51;y=7.35-t;label=7;};
border h[t=40.51,46.20]{x=t;y=6;label=8;};
border i[t=0,8.43]{x=46.20;y=3.43;label=9;};
border j[t=0,1.8]{x=46.20;y=3.43;label=10;};
border k[t=3.43,30.47]{x=44.40;y=t;label=11;};
border l[t=44.40,57.61]{x=t;y=30.47;label=12;};
border m[t=3.6,61.90]{x=61.21-t;y=26.87-t;label=13;};
border n[t=61.21,61.90]{x=t;y=26.87;label=14;};
border o[t=0,3.54]{x=61.90;y=26.87-t;label=15;};
border p[t=61.90,65.05]{x=t;y=23.33;label=16;};
border q[t=0,19.85]{x=65.05;y=3.48;label=17;};
border r[t=0,1.65]{x=65.05;y=3.48;label=18;};
border s[t=0,3.08]{x=63.40;y=3.48-t;label=19;};
border t[t=63.40,80.00]{x=t;y=0.40;label=20;};
border v[t=0,40.45]{x=80.00;y=t;label=21;};
border w[t=0,35.00]{x=80.00;y=45;label=22;};
border x[t=0,45]{x=15;y=0;label=23;};
border y[t=15,0]{x=0;y=0;label=24;};

```

Figura 9. Izquierda. Discretización matemática de la geometría del patio para su introducción en el modelo numérico (Derecha).

Estudiamos ahora los resultados de la simulación realizada para el presente trabajo en la que hemos añadido el viento y por tanto los patrones de flujo a todos los demás factores ambientales correspondiente a las condiciones exteriores del día 27/04/2010 (ver figura 10).

Hay que tener en cuenta que nos encontramos en realidad ante el estudio de un patio complejo suma de dos patios más sencillos. Uno, el grande de manzana con una proporción cuadrada (P cercano a 1) y otro más profundo, que parte del fondo del anterior, con una profundidad P mucho mayor (P=3). Se observa que durante el día, las paredes del patio tienen una temperatura considerablemente inferior a la exterior comportándose como un sumidero térmico. El aire exterior más cálido en contacto con estas paredes es rápidamente enfriado cayendo a plomo al fondo del patio por su mayor densidad. Por tanto estamos ante un fenómeno de estratificación que acumula aire fresco en el patio. Este alcanza durante las horas medias del día una temperatura sensiblemente inferior a la del exterior.

Por la tarde, la temperatura de las paredes aumenta por la radiación especialmente en el patio grande de manzana. Al convertirse las paredes del patio en foco térmico, los penachos de flujos de aire calientes ascienden interactuando con los patrones de flujos inducidos por el viento.

Por tanto por la tarde y sobre todo por la noche, como las temperaturas exteriores bajan, muchos días al año, las temperaturas en el patio son superiores a las exteriores. Es lo que muestra la monitorización de las temperaturas del día 05/05/2010, pero no las del día de estudio 27/04/2010, donde las temperaturas del patio tanto real como simulado en el punto de control también bajan lo suficiente como para no cruzarse con las del exterior, manteniéndose siempre por debajo de estas, aunque por escaso margen (ver figura 12).

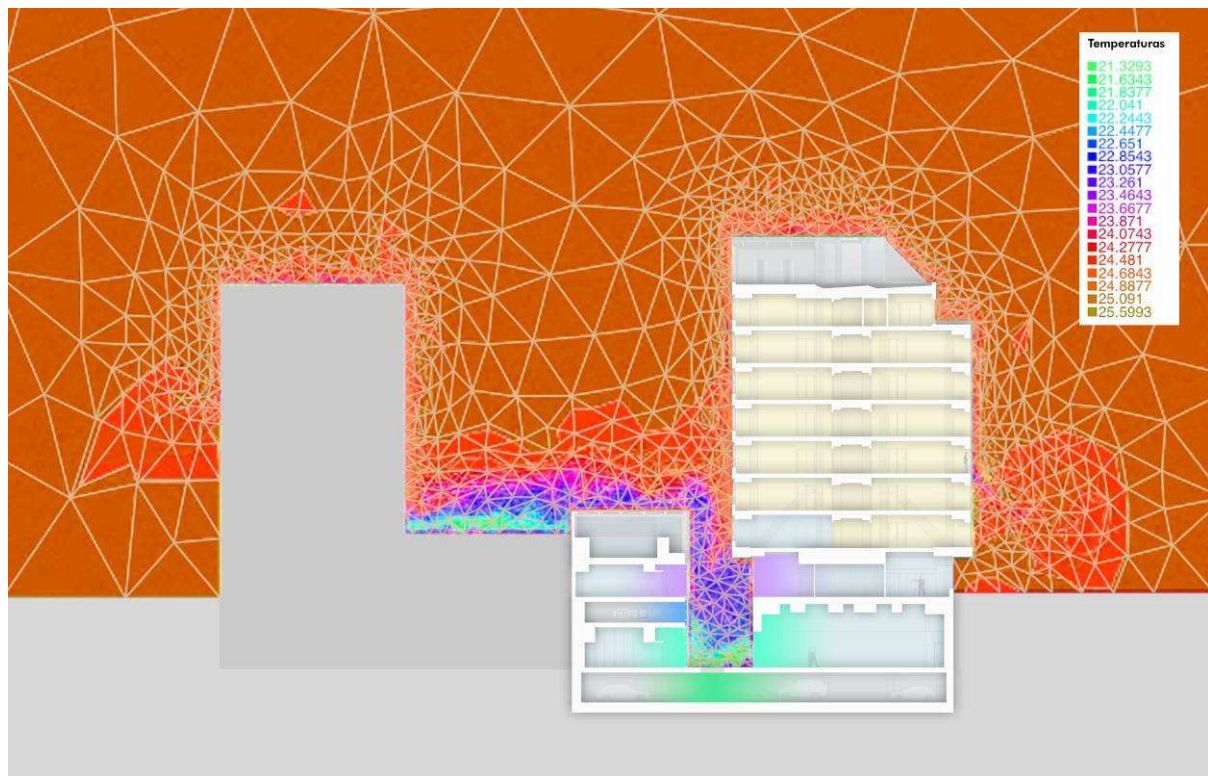


Figura 10. Modelo numérico generado del edificio, sección por el patio. Temperatura obtenida (en colores) y malla adaptativa. Comportamiento diurno: estratificación.

En el patio de manzana, amplias estructuras de recirculación, afectan sobre todo al aire de este espacio (ver figura 11). El patio profundo queda más aislado constatando lo estudiado

para patios sencillos de mayor profundidad P en relación a los patrones de flujo (que interaccionan menos con el exterior). Pero además aquí se observa que el detalle de la geometría que se estrecha en la parte superior del patio profundo colabora en esta tendencia al confinamiento. Es la extracción inducida desde el suelo del patio profundo la que se encarga de hacer que las condiciones del patio no sean extremas, permitiendo tomar aire del patio de proporción cuadrada de condiciones más equilibradas a la par que se evita, como se estudió, concentraciones excesivas de olores y contaminantes. Es decir, en el edificio real, el sobrecalentamiento y el enrarecimiento del aire en el patio profundo son evitados asegurando una renovación inducida que se ha introducido en la simulación.

En la figura 11, imagen sobre mismo modelo de figura 10, se representan ahora los módulos y direcciones del vector velocidad (los factores mecánicos frente a los termodinámicos). Para el patio mayor se comprueba a grandes rasgos la formación del amplio remolino estudiado en los patios simplificados con $P = 1$ pero también se comprueba la existencia de otras recirculaciones. Para esta geometría concreta y real, se observan estructuras más complejas que en los patios simplificados antes estudiados. En el patio cuadrado se registra la formación no de uno sino de dos remolinos como consecuencia de la interacción de los dos patios de diferente P y la corriente de extracción. Causas mecánicas (presión, velocidades) representadas en la figura 11 y termodinámicas (flotabilidad por diferentes temperaturas) representadas en la figura 10, interaccionan de forma compleja y determinan, como se ha estudiado, la definición en detalle de estas estructuras en el aire. Sólo un modelo numérico como el desarrollado que simule correctamente la interacción entre ambos nos es útil para calcular la temperatura dentro de estos patios.

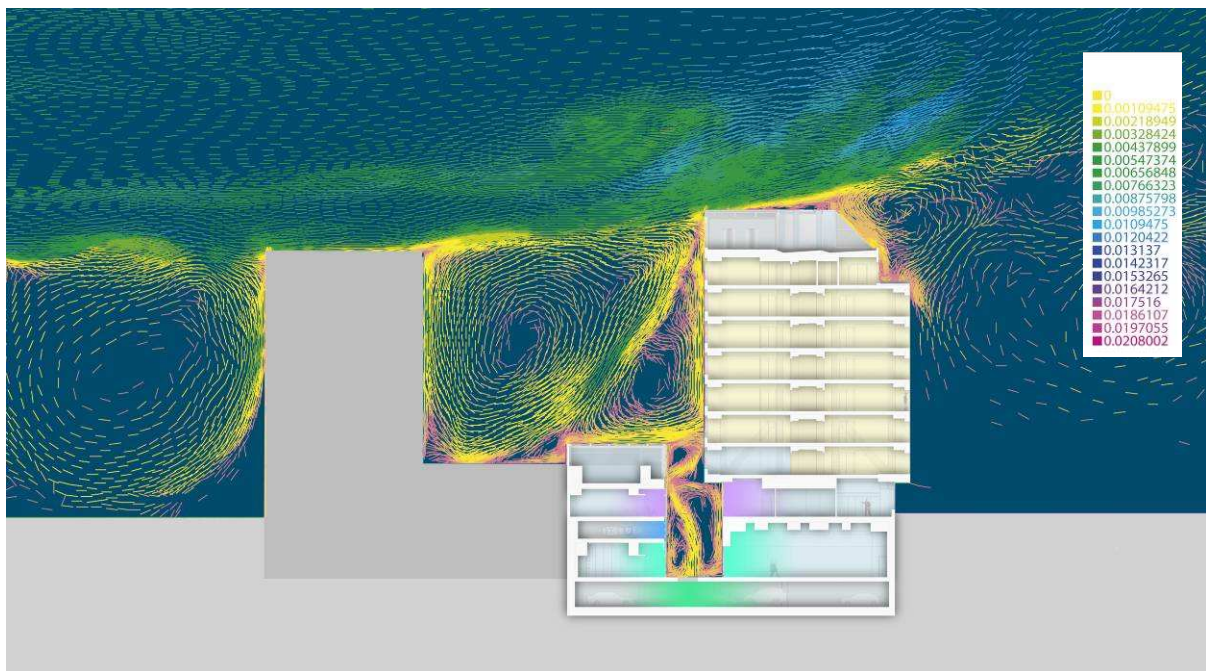


Figura 11. Modelo numérico generado del edificio, sección por el patio. Módulo (en colores) y dirección (líneas) de la velocidad del aire en torno al edificio.

En la figura 12 podemos ver en rojo la temperatura exterior real monitorizada, en azul la temperatura en el patio real monitorizada y en naranja la temperatura en el patio calculada por el modelo numérico a partir de la geometría del edificio y las condiciones microclimáticas exteriores (temperaturas y vientos). Se observa cómo las temperaturas calculadas por nuestro modelo reproducen bien las reales por lo que podemos decir que a pesar de ser este sólo un primer paso limitado en el tiempo (se simula un solo día) y en el espacio (estudiamos el fenómeno sólo en dos dimensiones) el modelo creado simula con suficiente aproximación las condiciones medias reales en el interior del patio.

Por ello este tipo de acercamiento mediante modelos numéricos puede representar una ayuda considerable en el diseño energéticamente eficiente y por tanto sostenible de los edificios. Conocer esta temperatura de un patio durante el proceso de diseño nos permitirá tomar decisiones más objetivamente para aprovechar esta cualidad. Pero para que esto sea posible, una vez demostrada su potencialidad en el ámbito científico, es necesario seguir desarrollando la herramienta de forma que mejoramos su precisión y usabilidad en el hábito profesional. Esa es una de las misiones del Grupo PATIO, (Proyectando Arquitecturas de Transición, una Investigación Objetiva, TEP-7985 Programa 2011 de Excelencia Investigadora de la Junta de Andalucía).

- Temperatura monitorizada en el exterior de edificio real.
- Temperatura monitorizada en el interior del patio real.
- Temperatura del el interior del patio según modelo numérico del edificio a partir de la geometría y de las condiciones reales exteriores monitorizadas.

27 de April del 2010



Figura 12. Gráfico comparativo de las temperaturas monitorizadas el día 27/04/2010 en el exterior del edificio, las monitorizadas en el interior del edificio y las calculadas por el modelo numérico generado a partir de las condiciones exteriores reales monitorizadas y la geometría del edificio.

6. Influencia sobre el comportamiento energético del edificio.

Para calcular la demanda de energía de un edificio dado en concepto de calefacción y refrigeración, es necesario disponer de datos climáticos fiables que representen la localidad en la que esté emplazado. Así, si bien para el cálculo de la potencia máxima a instalar basta con disponer de los datos extremos de invierno y verano, no ocurre lo mismo cuando el objetivo es calcular la demanda total del edificio, para lo que hace falta datos climáticos del periodo completo que interese, normalmente datos anuales. En este sentido, se han utilizado tradicionalmente datos climáticos extraídos de las bases de datos disponibles para cada localidad.

Los métodos surgidos a partir de estos ficheros climáticos presentan dos inconvenientes principales cuando se pretende calcular la demanda de calefacción y refrigeración para un edificio concreto: el primero de ellos radica en la propia concepción del método, es decir, se origina un fichero con una gran cantidad de datos a partir de una pequeña información muy resumida, cuando lo que parecería lo ideal sería lo contrario; y el segundo es que las características del edificio no intervienen en la generación de los ficheros, mientras que como es de esperar, y así se trata en el presente estudio, el edificio y su entorno modifican las condiciones exteriores que actúan sobre el mismo.

Estas modificaciones de las condiciones exteriores deben poder cuantificarse y a partir de ellas cuantificar también el efecto o influencia sobre el comportamiento energético del edificio.

6.1. Caracterización climática.

La utilización de un índice, como el índice de severidad climática definido en el CTE-HE1 , permite el análisis de las influencias que sobre las demandas de calefacción y refrigeración de un edificio concreto tienen las posibles modificaciones sobre las excitaciones exteriores .

A modo de ejemplo, se puede obtener el aumento de la severidad climática inducido por un aumento de los grados días. En la figura 13i se ha representado la modificación de las severidades climáticas de invierno y de verano frente a las originales, al aumentar o disminuir los grados días de invierno y de verano respectivamente.

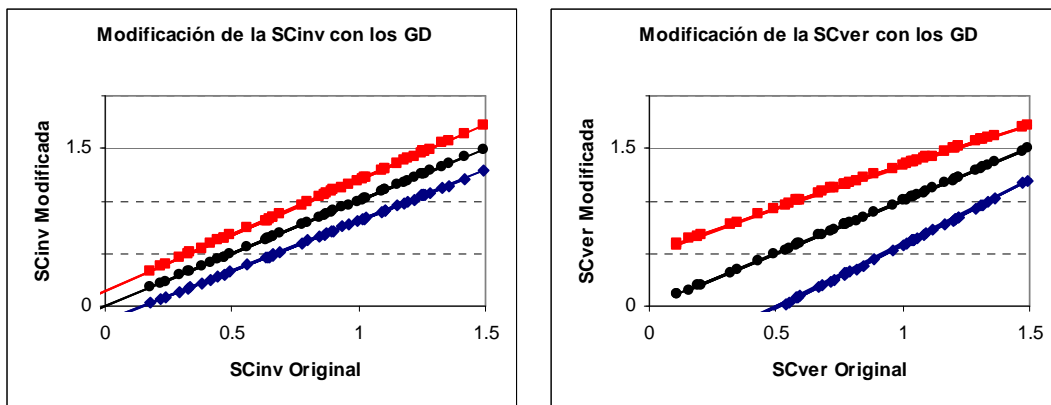


Figura 13. Modificación de la SC de Invierno y de Verano con los Grados Días.

7. Conclusiones

El efecto beneficioso de la arquitectura tradicional que utiliza los patios como espacio atemperante del edificio que lo contiene, es algo conocido. El objetivo del presente artículo es por lo tanto mostrar ejemplos en los que este efecto se ha podido medir por parte de los autores, al tiempo que se hace hincapié sobre la importancia de hacer un estudio detallado para la cuantificación del efecto.

La dificultad inherente a la transferencia de calor en edificios en la que existen multitud de cerramientos, entradas y salidas de aire, sombreado debidas al propio edificio así como del entorno del mismo, etc., obliga a la utilización de herramientas de cálculo muy complejas si se pretende llegar a una exactitud de resultados suficiente para poder extraer conclusiones que ayuden al diseño de edificios (concretamente de sus patios). En este sentido, en este artículo se ha querido destacar el papel que juegan los patios en el acondicionamiento del edificio, y dado que en ellos la transferencia de calor está dominada por el movimiento de aire que pueda darse en el mismo, su cálculo preciso es primordial. Este cálculo preciso del movimiento de aire debe hacerse necesariamente a través de técnicas de CFD.

En configuraciones concretas de patios, y movimiento de aire, se puede caracterizar dicho movimiento, como se ha explicado en el artículo, de forma que se evita la necesidad antes indicada de simulación mediante técnica CFD. Así, usando correlaciones, puede llegarse a una solución aproximada mucho más rápida y fácil de obtener.

En último lugar, en el artículo se presenta, a modo de ejemplo, una metodología igualmente fácil de evaluar el impacto esperable sobre el ahorro en los consumos energéticos de acondicionamiento de los edificios. Una metodología basada en el concepto de severidad climática.

8. Referencias

Rojas J. M., Galán-Marín C., Fernández-Nieto E.D. Parametric study of thermodynamics in the Mediterranean courtyard as a tool for the design of eco-efficient buildings. *Energies* 2012, 5(2), doi:10.3390.

Sánchez F., 2003. Modificaciones Microclimáticas Inducidas por el Entorno del Edificio y su Influencia sobre las Demandas Energéticas de Acondicionamiento. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, ETSII.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Nombre y Apellido: Francisco José Sánchez de la Flor

Phone: +34 956 015 128

Fax: +34 956 015 101

E-mail: francisco.flor@uca.es

Agradecimientos

El trabajo aquí presentado forma parte del trabajo realizado por investigadores de cuatro grupos de investigación diferentes: Grupo de Termotecnia de la Universidad de Sevilla, Grupo de Ingeniería Térmica de la Universidad de Cádiz, Grupo de Modelado Matemático y Simulación de Sistemas Medioambientales de la Universidad de Sevilla y Grupo de

Tecnología de los Materiales y Sistemas Constructivos: Caracterización, Mantenimiento, Restauración y Sostenibilidad de la Universidad de Sevilla.

Estos cuatro grupos se encuentran actualmente participando en un proyecto de investigación de excelencia financiado por la Junta de Andalucía de la convocatoria de 2011.

Cesión de derechos

Por la presente, y como autor del trabajo mencionado arriba, cedo al Palacio de Ferias y Congresos de Málaga una licencia no-exclusiva irrevocable para imprimir, reproducir, distribuir, transmitir o comunicar de cualquier manera dicho trabajo, incluyendo el derecho de hacer modificaciones de formato. Además, afirmo que esta cesión no lesiona los derechos de terceros.