

# EL CONCEPTO DE ESCALA EN UN UNIVERSO DIGITAL

**Javier Monedero**

Universitat Politècnica de Catalunya,  
ETS de Arquitectura de Barcelona,  
España  
email: javier.monedero@upc.es

## Abstract

*The notion of "scale", in architecture, has a variety of meanings. In general, it refers to a graduated serie of symbolic elements that hold the place for real elements. It stands in close relationship with the notions of "model" and "representation". A thorough discussion of the concept of scale should start with an analysis of the way in which we perceive natural objects, specially architectural objects. This perception appears as continuous but is not: there are some stages that can be identified as belonging to some "natural visual scale". Traditional graphic scales do not relate clearly with this natural scale due to old technical problems. So the discussion proceeds towards the notion of multiresolution and how the concept of scale should be developed to cover properly the characteristics of virtual models, attempting to provide a conceptual framework for this discussion.*

## 1. Introducción

La palabra "escala" designa un buen número de cosas diferentes pero estrechamente relacionadas entre sí. Designa, por ejemplo, una serie de sonidos relacionados armónicamente, una serie de figuras relacionadas proporcionalmente, un artefacto que sirve para cambiar de nivel en un edificio, un modo de estructurar un modelo o una forma de representar gráficamente un objeto. Su definición más general sería, quizás, la de "serie graduada de elementos simbólicos que marcan la posición, según una proporción determinada, de elementos reales". Es una definición que se relaciona estrechamente con la de "modelo": un modelo implica la existencia de una escala, es decir, la existencia de una serie de elementos graduados que se han seleccionado con arreglo a algún tipo de criterio y que se relacionan, mediante una proporción determinada, con los reales. Pero esta "proporción determinada" es fija en algunos casos y oscilante en otros.

La evolución de los sistemas de representación gráfica y de modelización virtual ha puesto de manifiesto, en estos últimos años, hasta que punto muchas de las convenciones aceptadas resultan insuficientes. Incluso en el terreno más elemental y aparentemente más seguro, el de la representación 2D han aparecido problemas y algunos profesores se quejan ingenuamente de que, "con el ordenador" los estudiantes "no controlan la escala". Y proponen, como remedio a esta perversión, que los estudiantes no utilicen los ordenadores hasta que "hayan adquirido este control" (por medios tradicionales). Si desarrollaran más sus argumentos deberían prohibir, por las mismas razones, que los estudiantes contemplaran obras de arquitectura, sobre todo a través de fotografías. Una prohibición que podría tener cierta base pero que resulta, obviamente, imposible de llevar a la práctica.

En esta comunicación no se pretende otra cosa que presentar, en un cierto orden, los diversos aspectos a través de los cuales creo que debe desplegarse la noción de escala, para poder ser incorporada adecuadamente a la formación de los arquitectos.

Por razones de espacio no se presentará sino lo principal de unos apartados que están desarrollados en una monografía. Tampoco se dan referencias pues la lista mínima sería demasiado extensa. Los interesados en este tema pueden ponerse en contacto con el autor para conseguir la versión ampliada.

## 2. La noción de escala en la percepción visual

La noción de "escala" está implícita, como se acaba de apuntar, en la noción de "modelo" y, de un modo más general, en la de "representación" que abarca la propia percepción visual pues percibir no es sino recrear, ajustar dinámicamente modelos por medio de una serie de "técnicas" que hemos ido asimilando desde nuestra infancia y de las que somos poco conscientes.

El campo visual de los humanos cubre unos 150° en sentido vertical y cerca de 208° en sentido horizontal (debido a la refracción de la córnea). Este campo no es homogéneo, la percepción es mucho más nítida en el área que rodea a la fóvea que en los extremos. La fóvea cubre un ángulo de unos 5.2° (tiene unos 1.5 mm de diámetro y contiene unos 110.000 conos). Recientes investigaciones sobre las áreas V1 y V2 del córtex visual han mostrado que un campo central de unos 10°, en torno a la fóvea, se proyecta sobre un área mucho más extensa del córtex que el resto de la retina. Por otro lado, la capacidad de resolución del sistema visual humano es de 0°1' que puede disminuir a 0.5' en condiciones óptimas (es decir, entre 380 y 780 dpi a 25 cms a de distancia o la capacidad de resolver una trama de líneas blancas y negras, de 1 mm, a una distancia de entre 7 y 4 metros) y puede ser incluso mucho más pequeña a la hora de detectar rupturas de alineaciones (agudeza Vernier). Por último, la distancia óptima de observación es de unos 25 cms, una distancia que aumenta con la edad. Por debajo de esta distancia no podemos enfocar adecuadamente los objetos.

La percepción del tamaño de los objetos se debe fundamentalmente a dos factores que dependen de la distancia. Hasta una distancia de poco más de un metro, la estimación del tamaño está basada en la modificación del ángulo de vergencia y la vi-

sión estereoscópica. Los brillantes experimentos del psicólogo húngaro Bela Julesz han mostrado que este efecto es directo e independiente del reconocimiento. Más allá de esta distancia crítica el factor fundamental es la familiaridad con los objetos. Esto puede ser apoyado en claves complementarias pero que pueden estar ausentes o resultar engañosas, las principales de las cuales son la oclusión parcial, el gradiente de textura y la convergencia perspectiva de líneas rectas. A partir de 1 metro, los adultos pueden discriminar el tamaño de objetos, en un entorno familiar, hasta una distancia de unos 30 metros, mientras que los niños de unos 8 años pueden hacerlo hasta una distancia de unos 3 metros: más allá subestiman el tamaño real, tanto más cuanto mayor es la distancia.

Todos estos valores configuran una serie con respecto a la cual es posible hablar de "escala visual" en la medida en que podemos hablar de una serie limitada de estadios con arreglo a los cuales "pautamos" nuestra percepción del entorno. Hay abundantes referencias y desarrollos que avalan esta afirmación y que no se incluyen aquí por razones de espacio.

### 3. La noción de escala en la apreciación visual de la arquitectura

La "escala visual" que hemos descrito adquiere un sentido más claro cuando reducimos el tipo de objetos observables al campo de la arquitectura. Más aún si nos referimos a la Arquitectura (con mayúscula) pues los estilos arquitectónicos podrían definirse como el modo particular con que una determinada cultura ha buscado pautar el espacio con series graduadas de elementos semejantes. Por no poner sino un solo ejemplo, consideréense las molduras de la arquitectura clásica griega y romana. A una distancia superior a los 100 metros son una única línea que enmarca una ventana o un pórtico. A 50 metros son tres o cuatro líneas. A 20 metros son bandas anchas de contornos, nítidos o difusos, alternados. A menos de 10 metros son volúmenes que cambian al desplazarnos.

Las molduras y los órdenes clásicos proporcionan, quizás, la gama más amplia de escalas visuales en arquitectura. Probablemente porque nuestros antepasados pasaban más tiempo contemplando la naturaleza que la televisión, las fotografías de revistas o los cuadros. Pero, con todo, esta escala es limitada y, aún refinando la descripción anterior difícilmente se sobrepasarían los 7 grados. Esto es lo que nos interesa subrayar de cara a lo que sigue.

### 4. La noción de escala en los sistemas gráficos tradicionales

La mayoría de los estudios de arquitectura occidentales utilizan la serie 1:2:5. Pero muchos estudios anglosajones utilizan la serie 1:2:4:8. La ventaja tradicional de la primera es su comodidad: como, en las obras, no se suele tener a mano un escalímetro, basta utilizar un metro corriente y multiplicar (si la escala es 1:2 o 1:20, etc.) o dividir (si es 1:5, 1:50, etc.) por 2. La desventaja es su falta de continuidad y de pertinencia para algunos casos. Las ventajas y desventajas de la segunda serie son las opuestas: 1:2:4:8 proporciona un acercamiento (o alejamiento) pautado hacia el objeto. Por añadidura, a 1:40 y 1:80 se pueden resolver

algunos detalles interesantes a los que prácticamente no se llega con 1:50 y 1:100. Pero estas convenciones resultan cada vez más insuficientes. La pregunta que hay que hacer es ¿cuántos y cuáles son los niveles de resolución que nos interesa modelar de un determinado objeto? Esta pregunta es (relativamente) fácil de contestar cuando se trabaja en 2D. Pero no lo es en 3D.

### 5. La noción de escala y Multirresolución en la modelización virtual

Un modelo virtual se genera a escala 1:1, a la "misma escala" que el real. Pero esta afirmación es equívoca, por no decir falsa. Pues, en un modelo real, lo que percibimos se modifica a medida que cambiamos la distancia de observación para presentarnos diversos aspectos de un mismo objeto. Pero, en un modelo virtual, lo que percibimos se degrada al cambiar la posición: la geometría o las texturas pueden revelar simplificaciones inaceptables al acercarnos o patrones repetitivos, no menos inaceptables, al alejarnos. Hay una distancia de observación óptima para la resolución que se haya adoptado en un modelo concreto: la distancia a la que, por ejemplo, se ha fotografiado un muro de ladrillo para reutilizar la fotografía como textura y que tendría una resolución de, al menos, 1 pixel = 0.5 cms, si queremos que sean visibles las juntas.

Puede argumentarse que esto es una limitación de las herramientas actuales y que, dentro de unos años podremos modelar un edificio con el máximo detalle, de modo que la representación no se degrade al variar la distancia. Pero esto es altamente improbable pues la evolución reciente se ha caracterizado por una combinación entre exigencias cada vez mayores de calidad y, al mismo tiempo, de eficiencia, en la gestión de modelos cada vez más grandes y más complejos. En cualquier caso, pasará mucho tiempo antes de que esto ocurra, lo que justifica dedicar una atención creciente a las técnicas que han surgido para solventar este problema.

Un modelo con multirresolución incluye diferentes niveles de detalle que pueden ser generados y agrupados manualmente o, en los sistemas más sofisticados, generados automáticamente en función de la distancia (LOD, *level of detail*, "estático" o "dinámico"). En los últimos años se han desarrollado diversas técnicas a impulsos, sobre todo, de la industria de los juegos en los que la capacidad para navegar a gran velocidad por entornos complejos de grandes dimensiones se ha incrementado espectacularmente. Es de prever que estas técnicas vayan aterrizando a corto plazo en el mundo de la arquitectura y el urbanismo por lo que conviene apuntar algunos de los problemas implicados.

Puede que sea necesario replantear los sistemas de modelado. En algunos sistemas se favorece el uso de voxels o árboles ocultos, más adecuados para la utilización de LOD dinámicos y una adecuada organización jerárquica de la escena que minimice el coste de computación. En otros casos se hace un uso extenso de sistemas jerarquizados de subdivisión de superficies. Son técnicas que raramente se utilizan en nuestros ámbitos pero que quizás puedan aportar ventajas en determinados casos. Por otro lado no debe perderse de vista que muchas de estas técnicas están dirigidas al modelado de superficies de forma

libre, menos corrientes en arquitectura. Y que su eficacia es discutible pues en última instancia deben convertirse a mallas poligonales para adecuarse a las características de los motores 3D corrientes. Con todo, será necesario seguir de cerca unos desarrollos que pueden influir en los métodos utilizados corrientemente en nuestras escuelas para crear modelos virtuales de grandes dimensiones.

De mayor importancia conceptual es que deberemos dejar de pensar en términos de escalas gráficas tradicionales y más en términos de resolución, en bandas que van desde 1 pixel = 0.1 cm (rostro humano a media pantalla) hasta 1 pixel = 2.5 metros (mapas cartográficos), pasando por resoluciones características del orden de 1 pixel = 1.0 cm (modelos arquitectónicos de alta calidad) a 1 pixel = 10 cms (modelos arquitectónicos de alta calidad). Y, sobre todo, que habrá que retomar más de una vez la discusión de qué quiere decir exactamente "alta" o "baja" calidad

y "cuántas calidades" necesitamos para modelar una escena compleja.

## 6. Conclusiones

La importancia creciente de los modelos virtuales basados en técnicas de multirresolución ha impulsado la doble línea de investigación de la que aquí se ofrece un resumen. Por un lado, el seguimiento de las tecnologías recientes de multirresolución y optimización de navegación interactiva para anticipar el impacto que tendrán sobre la arquitectura y el urbanismo. Por otro lado, la indagación sobre las bases naturales, las "escalas visuales" en que deben fundarse las "escalas virtuales". El resultado de esta doble investigación debería redundar en una mayor calidad de los modelos pero, también, en una mejor comprensión del modo en que se aprecia visualmente la arquitectura.