

ATENCIÓN VISUAL EN LA EVALUACIÓN DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS

VISUAL ATTENTION IN THE EVALUATION OF ARCHITECTURAL SPACES

Susana Iñarra Abad, Francisco Juan Vidal, Carmen Llinares Millán, Jaime Guixeres Provinciale

doi: 10.4995/ega.2015.3585

El análisis del comportamiento visual ante un determinado estímulo supone una herramienta de estudio de la respuesta más inmediata e instintiva del observador. La reciente accesibilidad a la tecnología capaz de rastrear y registrar el recorrido de la mirada ante la observación de un estímulo, ha puesto un interés creciente en cómo las personas observamos nuestro entorno. Aquellos estudios en los que se ha medido simultáneamente la respuesta subjetiva del observador y su recorrido visual, permiten establecer que existe una relación entre el modo de observar la imagen y la atención visual del observador ante la imagen.

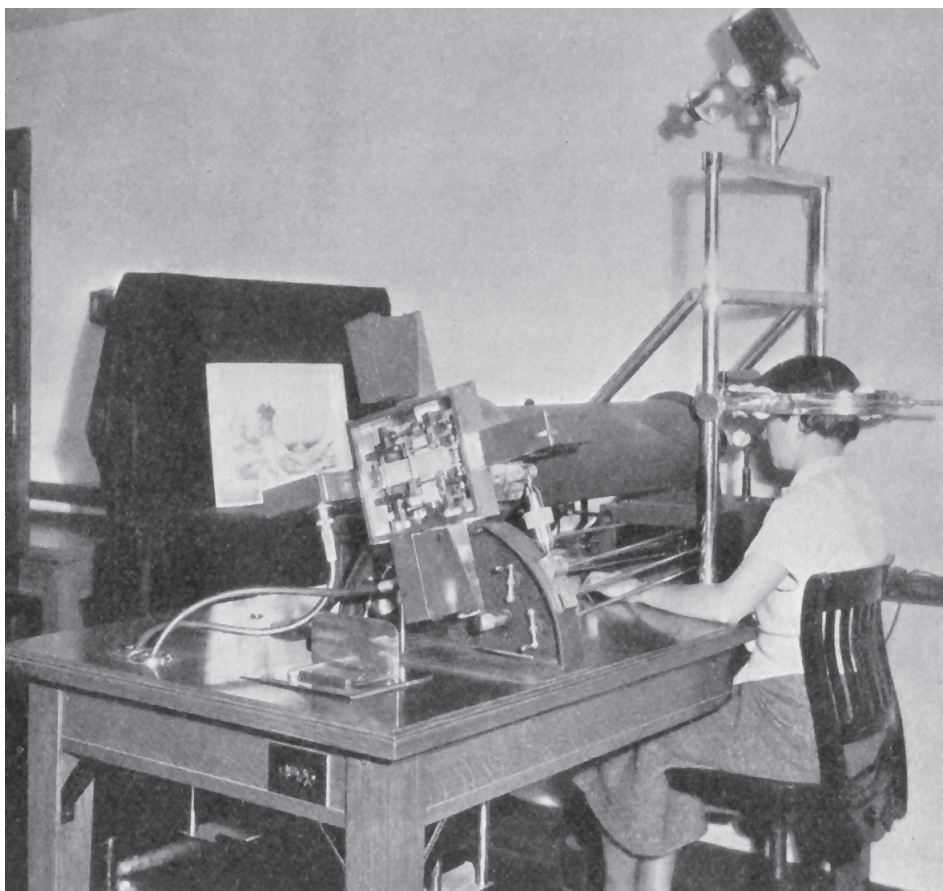
El presente artículo describe un estudio experimental en el que hemos aplicado esta nueva técnica de análisis visual a la observación de imágenes empleadas en recientes concursos de arquitectura. La contribución de estas herramientas de medida de la respuesta fisiológica puede suponer un gran avance en el análisis de la percepción del observador.

PALABRAS CLAVE: ARQUITECTURA. EVALUACIÓN DEL ESPACIO. EYE-TRACKING

Analysis of visual behaviour before a given stimulus is a tool for studying an observer's most immediate, instinctive response. Recent access to technology able to locate and record the path the eye takes when observing a stimulus has led to growing interest in how we observe our environment. Studies which have simultaneously measured an observer's subjective response and visual journey make it possible to establish a relationship between the way the image is observed and the observer's visual attention to the image.

This present paper describes an experimental study which applies this new technique for visual analysis to the observation of images used in recent architecture competitions. These measurement tools for measuring physiological responses can make a significant contribution to observer analysis.

KEYWORDS: ARCHITECTURE. SPACE ASSESSMENT. EYE-TRACKING



1

1. Primer eye tracker empleado por Buswell, 1935

1. First eye tracker used by Buswell, 1935

Introducción

En el ámbito de estudio de la percepción espacial, la forma habitual de analizar la respuesta del individuo ante su entorno se ha realizado tradicionalmente mediante la utilización de cuestionarios. Las limitaciones que puede presentar el hecho de medir su respuesta a través de su propia declaración verbal, se deben a que el encuestado puede verse tentado a mentir o a responder utilizando el estereotipo de lo correcto. En este sentido, son muchos los investigadores que subrayan la necesidad de ir más allá de las medidas subjetivas y afirman que el sistema nervioso y otros procesos fisiológicos deben acompañar a las medidas subjetivas (Oatley, 1992).

Dentro de las tecnologías que nos permiten estudiar las reacciones fisiológicas de los individuos ante la percepción de su entorno, el *eye-tracking* es aquella que nos permite seguir el

recorrido de la mirada durante la observación del mismo.

A principios del s. xx (Huey, 1908) se observó que durante la observación de un estímulo, el ojo humano no realiza un suave barrido sobre el mismo, sino que efectúa una serie de movimientos rápidos, denominados *movimientos sacádicos*, seguidos de paradas, denominadas *fijaciones*. Los seres humanos no podemos procesar todos los estímulos a la vez, la atención es empleada para focalizar nuestra capacidad mental en una selección de la información sensorial, de manera que la mente pueda procesar correctamente el estímulo de interés. Por esta razón, las *fijaciones* tienen por objeto centrar el campo de visión de gran resolución del ojo, la fovea, en una porción concreta de la escena, que se desea percibir con mayor resolución. De esta manera, nuestra atención está concentrada en el punto que estamos focalizando (Duchowski, 2007).

Introduction

In the study of spatial perception, individual responses to an environment are usually analysed through questionnaires. The limitation with using verbal statements to measure response is that interviewees may be tempted to lie or respond with stereotypical correctness. In this regard, many researchers have emphasised the need for measurement of the nervous system and other physiological processes to accompany subjective measures (Oatley, 1992).

Within the technologies that allow us to study the physiological reactions of individuals when perceiving their environment, *eye-tracking* allows us to follow the path the eye takes as it observes the environment.

In the early 20th Century (Huey, 1908) it was noted that the human eye does not observe a stimulus in a smooth sweep, but makes a series of fast movements called *saccades*, followed by stops known as *fixations*. Human beings cannot process all stimuli at once, attention is used to focus our mental ability on a selection of sensory information so the mind can correctly process the stimulus of interest. For that reason *fixations* are aimed at focusing the eye's high resolution field of vision, the fovea, on a specific portion of the scene where greater resolution is desired. Thus our attention is concentrated on the point we are focusing on (Duchowski, 2007).

During the process of observing a space, if we can follow the path of an observer's *fixations* in some way, we are following the path of their attention. Studying that path can provide important clues as to where the observer's points of interest lie and the elements that hold the observer's attention. Since the invention of non invasive eye-trackers (Buswell, 1935) (Fig. 1) which enable photographic recording of the way the eye moves as it observes an image, numerous experimental studies have focused on finding out how the eye travels around a visual stimulus. (Yarbus, 1967; Mackworth and Morandi, 1967; Antes, 1974; Loftus, 1981). These studies have provided valuable information on eye movement patterns during observation of images and consequently, on how they are processed in the mind. In turn, these contributions have gradually defined an analytical method for applying these techniques to subsequent studies.

No studies have been done using this technique to analyse architectural images, but there are examples of applications which, because of the



2. Ejemplo de los patrones visuales sobre una imagen de un espacio natural y sobre una de un espacio urbano. Berto et al., 2008
3. Monitor Tobii TX300
4. Descripción de la muestra de participantes

nature of the image studied, have served as reference to plan our experimental work. Many experiments have been carried out on the way the human beings visually explore landscape, reaching very interesting conclusions. For example, it has been found that the eye movement pattern depends more on the image observed than on who is looking at it (Jaimes et al., 2001) and images considered less comforting (urban as opposed to natural ones) show a greater number of fixations than natural images). This aspect enables the authors to claim that images of natural spaces require less effort from observers and therefore are more restorative (Berto et al., 2008) (Fig. 2).

Studies which have simultaneously measured an observer's subjective response and visual journey, make it possible to establish a relationship between the way the image is observed and the observer's visual attention to the image. However, there is still a gap in the methodology as to which parameters or metrics permit measurement of visual attention. Our team's experimental work attempts to analyse how people observe simulations of architectural spaces when they are evaluating the space the image represents. This information will, in turn, make it possible to determine whether the designer's expectations of the image are fulfilled.

Based on the metrics defined in the scientific literature and the parameters obtainable with the latest visual tracking technology, we have studied eye movement patterns to find out which attributes or parameters of the image are observed the most and whether there are significant differences between the collectives studied.

Experimental study

The set of stimuli used in the experiment comprised 27 renders or digital perspectives of public spaces presented in recent architectural competitions. This sample was chosen ensuring that the images combined all the potential design elements in a balanced way. To ensure a representative sample, this set of images reflects the wide variety of styles and trends used in architectural graphic expression on the international scene.

To follow and record the visual path, a Tobii TX300 high frequency 2D eye tracking system was used. This eye-tracker comprises a 24" TFT



2

Si ante el proceso de observación de un espacio, podemos seguir el recorrido de las *fixaciones* de un observador, de alguna manera estamos siguiendo su recorrido de atención. Estudiarlo, puede aportarnos importantes pistas sobre dónde se centran los puntos de interés del observador y en qué focaliza su atención.

Desde la invención de los primeros eye-trackers no invasivos (Buswell, 1935) (Fig. 1) que permitían registrar fotográficamente el recorrido visual ante la observación de una imagen, se han ido desarrollando numerosos trabajos experimentales centrados en averiguar cómo el ojo recorre un estímulo visual. (Yarbus, 1967; Mackworth y Morandi, 1967; Antes, 1974; Loftus, 1981). Estos trabajos han aportado una valiosa información sobre el patrón de observación de las imágenes y de esta manera sobre el procesamiento mental de las mismas. A su vez, estas aportaciones han ido definiendo una metodología de análisis para la aplicación de estas técnicas en estudios posteriores.

2. Example of eye movement patterns on an image of a natural space and on an urban space. Berto et al., 2008
3. Tobii TX300 Monitor
4. Description of the sample of participants

No se encuentran trabajos experimentales que hayan aplicado esta técnica al análisis de imágenes de arquitectura, sin embargo encontramos ejemplos de aplicaciones que por la naturaleza de la imagen que estudia, nos han servido de referencia para la planificación de nuestro trabajo experimental.

En torno al modo que el ser humano tiene de explorar visualmente el paisaje, se han llevado a cabo numerosos experimentos llegando a conclusiones de gran interés. Como que el patrón de visualización depende más de la imagen observada que de quién la mire (Jaimes et al., 2001), o como que las imágenes consideradas menos reconfortantes (las urbanas frente a las naturales) muestran un mayor número de fijaciones que las imágenes naturales. Este aspecto, permitirá afirmar a los autores, que las imágenes de espacios naturales requieren del observador menos esfuerzo y por ello resultan más reconstituyentes (Berto et al., 2008) (Fig. 2)

Aquellos estudios en los que se ha medido simultáneamente la respuesta subjetiva del observador y su recorrido visual, permiten establecer que existe una relación entre el modo de observar la imagen y la atención visual del observador ante la imagen. Sin embargo, aún existe una falta de contenido metodológico en cuanto a cuáles son los parámetros o métricas que permiten medir la atención visual.

El trabajo experimental que ha sido llevado a cabo por nuestro equipo, ha tratado de analizar cómo las personas observan las simulaciones de espacios arquitectónicos cuando se encuentran evaluando el espacio que la imagen representa. Esto, permitirá a su vez, averiguar si se cumplen las expectativas del diseñador en cuanto a lo que la observación de la imagen se refiere.



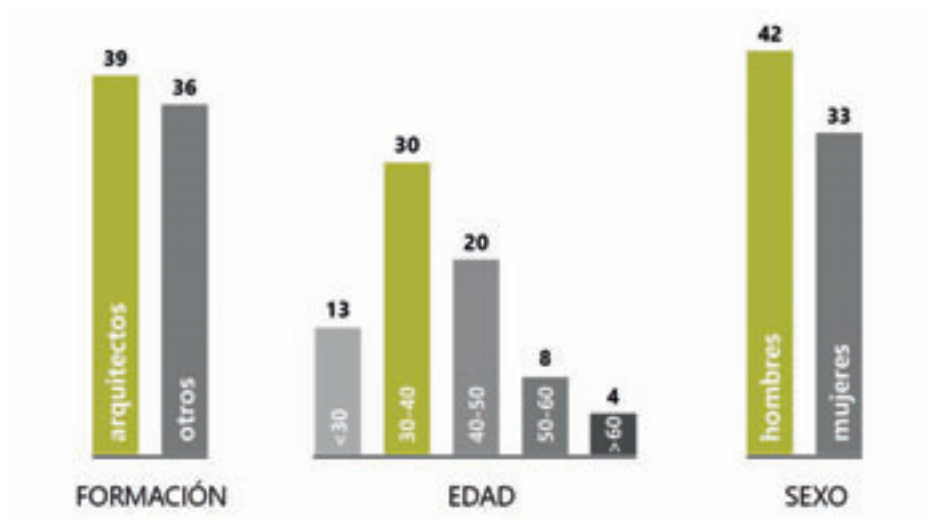
3

A partir de las métricas definidas en la literatura científica y de los parámetros obtenibles mediante la tecnología de rastreo visual más reciente, hemos estudiado cómo son los patrones de visualización, qué atributos o parámetros de la imagen son más observados y si existen diferencias significativas entre los colectivos estudiados.

Estudio experimental

El conjunto de estímulos empleados para el desarrollo de la experiencia estaba formada por 27 renders o perspectivas digitales de espacios públicos presentadas en concursos de arquitectura recientes. Esta muestra se seleccionó teniendo en cuenta que las imágenes combinaran todos los potenciales elementos de diseño de forma equilibrada. Para que la muestra sea representativa, este conjunto de imágenes recoge la gran variedad de estilos y tendencias empleadas en la expresión gráfica arquitectónica del panorama internacional.

Para seguir y registrar el recorrido visual se empleó el sistema de eye tracking 2D de alta frecuencia (300 Hz) Tobii TX300. Este eye-tracker está compuesto por un monitor TFT de 24" que lleva oculto en su carcasa el rastreador del movimiento ocular (Fig. 3). La cámara oculta y el láser registraron el movimiento de los dos ojos a 300 Hz, permitiendo los movi-



4

mientos naturales de la cabeza y evitando el uso de mentoneras como en los eye-trackers anteriores. La simplicidad del diseño, permitió registrar el movimiento de los ojos durante todo el experimento sin que el observador fuera consciente de ello.

El software que acompaña al eye-tracker es el Tobii Studio 3.2. Se trata de un software flexible y fácil de utilizar que sintetiza las grandes cantidades de datos en resultados fácilmente interpretables.

El número total de participantes fue de 75. Se trató de establecer una muestra variada en cuanto a formación, edad, sexo, etc. Cada sujeto evaluó 3 imágenes, de forma que se obtuvieron 225 visualizaciones. La figura 4 muestra la descripción objetiva del conjunto de participantes.

Las pruebas fueron llevadas a cabo durante los meses de noviembre 2012 y febrero 2013 en el Laboratorio Europeo de Tecnologías Inmersivas (LENI) del Instituto Interuniversitario LabHuman de la Universidad Politécnica de Valencia.

Resultados

Análisis del recorrido visual

Las representaciones de la ruta sacádica que el programa empleado nos ofrece, permiten observar en una única imagen el recorrido que ha reali-

monitor with a concealed eye-tracker (Fig. 3). The hidden camera and laser record the movement of both eyes at 300 Hz permitting natural head movements without the need for the chin supports used in previous eye-trackers. The simplicity of the design enabled eye movement to be recorded throughout the experiment without the observer being aware of it.

The software accompanying the eye-tracker is Tobii Studio 3.2. This software is flexible, easy to use and summarises enormous amounts of data as easily interpretable results.

There were 75 participants in all. Sample was varied as regards education, age, sex. Each individual evaluated 3 images, so we obtained 225 visualisations. Figure 4 shows the objective description of the set of participants.

The trials took place in November 2012 and February 2013 in the European Laboratory for Immersive Neurotechnologies (LENI) at Universidad Politécnica de Valencia's LabHuman Inter-University Institute.

Results

Eye movement analysis

Representations of the saccadic path provided by the program show in a single image the path of the observer's eye movements. Points are used to show the sequence and position of the eye on the image and are linked by lines to facilitate interpretation. The size of the points indicates the duration of the fixation and the numbers on the points represent the order of the fixations. Figure 5 shows the images obtained between the first 0-5, 5-10 and 10-15 seconds.

To extract the position of the fixations on the image, following other experimental works (Mackworth and Morandi, 1967; De Lucio et al, 1996), each image has been divided into a



25-cell matrix (5x5). Unlike the matrices in the above studies, however, in our matrix the cells are numbered starting from the central cell, spiralling upwards in a clockwise direction (Fig. 6). Thus the lowest numbers correspond to more central cells and the highest numbers to cells on the periphery of the image.

After standardising the positions of the fixation points on the images, the following parameters are extracted from each saccadic path for each participant and image:

Total number of fixations

Each image was observed by each participant for 30 seconds, the average of total fixations was 96 per image, the lowest value was 49 and the highest 201. The high values correspond to very few individuals, in fact, only 3 people had over 160 fixations. Therefore the value of the coefficient for the number of fixations variable (standard/average deviation) is acceptable for considering the average to be representative. Figure 7 shows the histogram for the variable. Differences between architects and non architects were significant. ANOVA analysis was run on the number of fixations with training in architecture as the grouping variable. The average fixations for architects is 101 and 92 for non architects ($p < 0,05$).

Analysis of the differences in the number of fixations in relation to participant age also shows significant differences. The number of fixations increases with participant age, with an average of 89 fixations for participants under 29 years of age and 115 fixations for the over 60s.

Most initial studies on eye-tracking agree that when an observer pays more attention, the number of fixations increases (Buswell, 1935; Molnar, 1981; Greene and Rayner, 2001). Thus our results suggest that architects pay more attention in the process of evaluating the architectural project and that this attention grows with participant age.

Analysis of heat maps

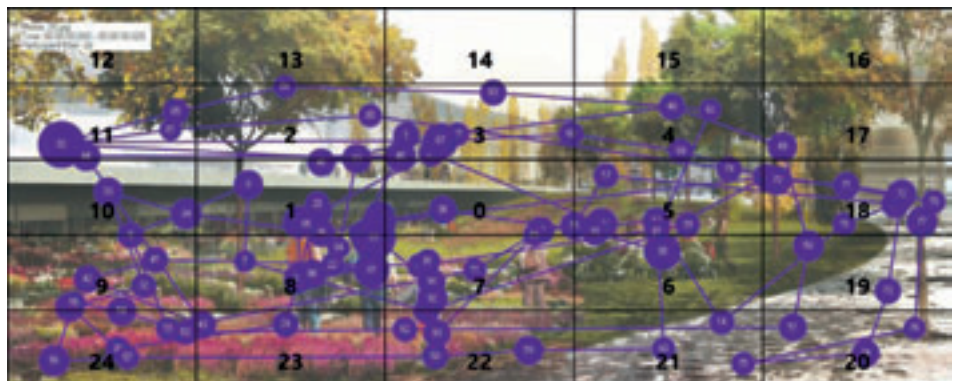
Heat maps can be used to study all the visualisations of an image jointly. Different colours are used to show the frequency of fixations in the different areas of the image. Red areas, also known as *hot spots*, determine which areas participants observe most.

5. Representación de la ruta sacádica extraída del Tobii Studio para los segundos 0-5 (superior), 5-10 (central) and 10-15 (inferior). Bulevar de Benicasim. Proyecto: Enrique Fernandez Vivancos. Render: bgstudio
6. Superposición de la matriz de 5x5 con imagen de la ruta sacádica

5. Representation of the saccade path extracted from Tobii Studio for seconds 0-5 (upper), 5-10 (central) and 10-15 (lower). Benicasim Boulevard Project: Enrique Fernandez Vivancos. Render: bgstudio
6. 5x5 matrix superimposed on the image of the saccadic path



5



6



7. Histograma de la variable nº de fijaciones

7. Histogram for the variable no. of fixations

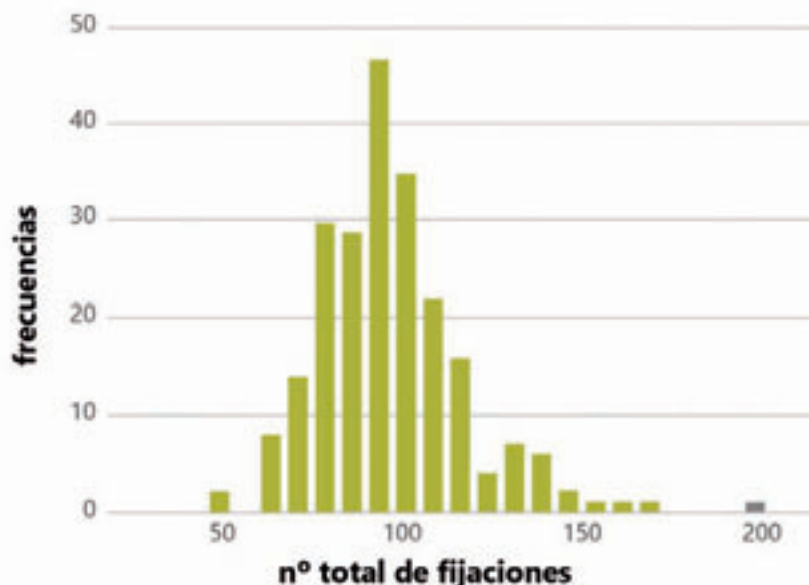
zado el observador con la mirada. Se muestra por medio de puntos la secuencia y posición de las miradas en la imagen, estos círculos están ligados por líneas para facilitar la interpretación. El tamaño de los puntos indica la duración de la fijación y los números de los puntos representan el orden de las fijaciones. En la figura 5 se muestran las diferentes imágenes obtenidas entre los 0-5, 5-10 y 10-15 segundos iniciales

Para extraer la posición de las fijaciones en la imagen, al igual que en otros trabajos experimentales analizados (Mackworth y Morandi, 1967; De Lucio et al,1996), se dividió cada imagen en una matriz de 25 celdas (5x5). A diferencia de las matrices realizadas en estos trabajos, en nuestra matriz la numeración de las celdas comienza desde la celda central y crece en espiral en sentido de las agujas del reloj (Fig. 6). De esta manera, las numeraciones más bajas corresponderán a celdas más centrales y los valores más altos corresponderán a celdas más periféricas de la imagen.

Una vez normalizadas las posiciones de los puntos de las fijaciones en la imágenes, se extraen los siguientes parámetros de cada una de las rutas sacádicas de cada participante en cada imagen:

Número total de fijaciones

Cada imagen fue observada por cada participante durante 30 segundos, la media del total de fijaciones fue de 96 por cada imagen, siendo el valor más bajo de 49 fijaciones y el más alto de 201. Los valores elevados corresponden a muy pocos sujetos, de hecho, sólo 3 personas tuvieron por encima de 160 fijaciones. Por eso, el coefi-



7

ciente de variación del número de fijaciones (desviación típica/media) tiene un valor aceptable para considerar que el promedio es representativo. En la figura 7 se muestra el histograma de la variable.

Las diferencias entre arquitectos y no arquitectos resultaron ser significativas. Para ello se realizó un ANOVA del nº de fijaciones tomando como variable de agrupación la formación en arquitectura. La media de fijaciones entre los arquitectos es de 101 mientras que entre los no arquitectos es de 92 (p<0,05).

Cuando analizamos, mediante un ANOVA, las diferencias del número de fijaciones en función de la edad del participante, también encontramos diferencias significativas. El número de fijaciones aumenta con la edad de los participantes, obteniendo una media de 89 fijaciones para los participantes menores de 29 de y de 115 fijaciones para los mayores de 60 (p<0,05).

La mayoría de los trabajos iniciales sobre eye-tracking coinciden en que cuando la atención del observador es mayor, el número de fijaciones aumenta (Buswell, 1935; Molnar, 1981; Greene y Rayner, 2001). De esta manera, en función de los resultados obtenidos podríamos afirmar

By placing heat maps on the 5x5 matrix we located the hot spot for each image, that is, the area receiving the greatest number of total fixations from participants. Figure 8 shows the distribution of hot spot percentages over the matrix for the set of images in the study. The areas with greatest visual impact are usually the centre or centre-bottom area of images

Comparison of the heat maps image with eye movement pattern shows quite a lot of similarities between the location of the hot spots and that of the first fixations. Analysis of the correlation between the hot spot and the 1st, 2nd, 3rd and 4th fixations shows a clear relationship between the location of the hot spot and the location of fixations 2, 3 and 4, but not with the first fixation. This data has already been observed by other authors who found that most information is extracted from the first fixations (Antes, 1984).

Analysis of the areas of interest

In addition to path pattern and heat map images, the statistical part of the software enables cross-analyses of metrics for the entire set of images in the project. Cross-analysis requires definition of Areas of Interest (AOI) of the stimulus images (Fig. 9). AOI are defined by polygons in each image in the text sequence. Each polygon or AOI can be grouped into AOI sets to then analyse the frequency of the eye resting on these groups transversally to all the project tests.

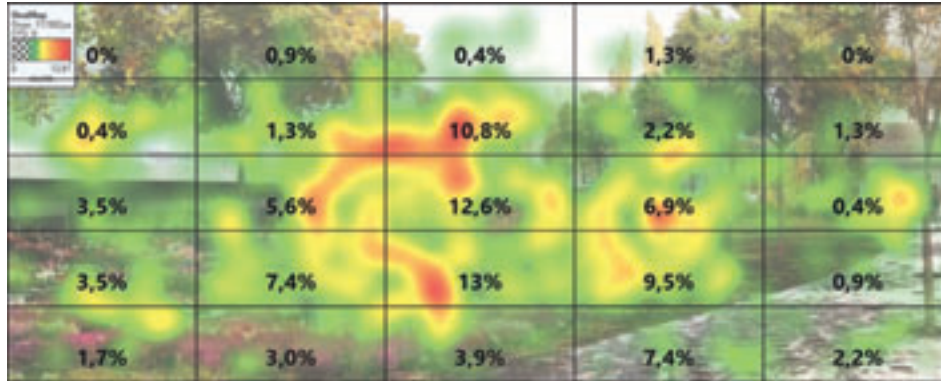
For the set of stimuli, it was decided to establish the following interest groups for all the images: Architecture, Trees, Lawn, People, Sky, Floor, Urban furniture.

8. Distribución de las frecuencias de la *zona caliente* del conjunto de estímulos

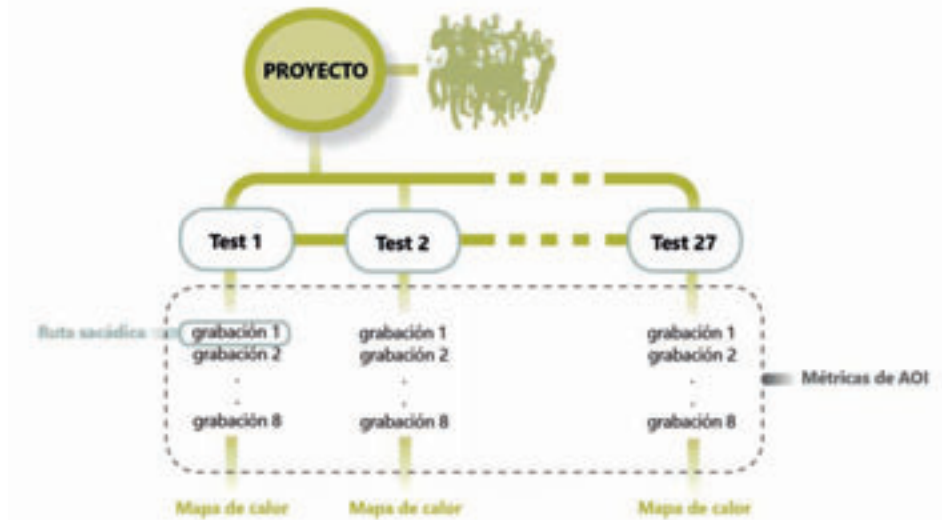
9. Esquema de organización de datos del Tobii Studio
10. Ejemplo de definición de Áreas de Interés (AOI) sobre una imagen. Intervención Casco Antiguo de Alcoy. Proyecto: M. Espí. Imagen: bgstudio

8. Distribution of *hot spot* frequencies for the set of stimuli

9. Tobii Studio data organisation diagram
10. Example of definition of Areas of Interest (AOI) on an image. Intervention, historical centre of Alcoy. Project: M. Espí. Image: bgstudio



8



9

Figure 10 shows the distribution of the areas in each study image.

The metrics or values for each AOI group are in relation to the time elapsing and fixations in given areas. Our work provided the following values:

Total fixation duration (TFD)

Figure 11(a) shows the average observation time for each area, with 30 seconds observation time for each image. We observe that architecture is by far the most observed attribute, followed by people and nature. Participants' eyes stopped less on the surface areas occupied by the ground and sky. Although this information is of great interest we can intuit that the surface area of each area in the image must have an impact on observation time. However, the program does not enable

que los arquitectos prestan mayor atención en el proceso de evaluación del proyecto de arquitectura y que esta atención crece con la edad del participante.

Análisis de los mapas de calor

Los mapas de calor permiten estudiar de forma conjunta todas las visualizaciones que se han realizado sobre una imagen. Se emplean diferentes colores para mostrar la frecuencia de las fijaciones en las diferentes áreas de la imagen. Las zonas rojas, también denominadas *zonas calientes*, determi-

nan cuáles son las áreas que han sido más observadas por los participantes.

La ubicación de los mapas de calor sobre la matriz de 5x5 empleada, nos ha permitido localizar la zona caliente de cada imagen, aquella que ha recibido un mayor número de fijaciones del total de los participantes. En la figura 8 se observa cómo se reparten los porcentajes de las zonas calientes sobre la matriz, para todo el conjunto de imágenes del estudio. Las zonas de mayor incidencia visual suele recaer en la zona central o central-inferior de las imágenes.

Cuando hemos comparado la imagen de los mapas de calor con la del patrón de visualización, se encuentran bastantes similitudes entre la ubicación de las zonas calientes y las de las primeras fijaciones. Cuando hemos realizado un análisis de la correlación entre la zona caliente y las fijaciones 1^a, 2^a, 3^a y 4^a, encontramos que sí existe una clara relación entre la ubicación de la zona caliente y la ubicación de las fijaciones 2^a, 3^a y 4^a, pero no con la 1^a fijación. Este dato ya fue observado por otros autores que encontraron que las primeras fijaciones son las que extraen la mayor información (Antes, 1984).

Análisis de las áreas de interés

Además de las imágenes de los patrones de recorrido y los mapas de calor, la parte estadística del programa permite realizar análisis cruzados de algunas métricas de todo el conjunto de imágenes del proyecto. Para esto, es necesario definir cuáles son las Áreas de Interés (AOI - *Areas of Interest*) de las imágenes estímulo (Fig. 9).

Las AOI se definen mediante polígonos en cada una de las imágenes de la secuencia que componen el test.



10

Cada uno de estos polígonos o AOI se pueden agrupar en conjuntos de AOI, para posteriormente analizar la incidencia de la mirada sobre estos grupos de forma transversal a todos los test del proyecto.

Para el conjunto de estímulos, se decide establecer los siguientes grupos de interés en la totalidad de las imágenes: Arquitectura, Árboles, Césped, Personas, Cielo, Suelo, Mobiliario urbano.

En la figura 10 se muestra la distribución de las áreas en una de las imágenes del estudio.

Las métricas o valores que puede obtenerse para cada uno de los gru-

pos de AOI definidos están en relación al tiempo que transcurre y a las fijaciones en las áreas determinadas. En nuestro trabajo, hemos obtenido los siguientes valores:

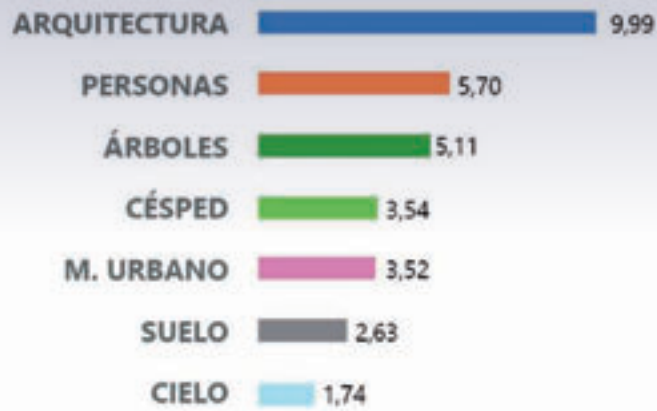
Duración total de las fijaciones (TFD-Total Fixation Duration)

La figura 11(a) nos muestra las medias de los tiempos de observación de cada una de las áreas, teniendo en cuenta que el tiempo de observación de cada imagen era de 30 segundos. Observamos que la arquitectura es con diferencia el atributo más observado, se-

visualisation times to be established in relation to surface area occupied by the AOI. Therefore we normalised the TFD metric externally, dividing it by the percentage surface area of each AOI in the image. The measurements obtained with this new metric - Total fixation duration normalised (TFDN) are shown in Figure 11(b).

These new values change the order of visualisation times, people are now the most observed AOI when surface area is taken into account. People are looked at even if they occupy a small surface area, as also happens with urban furniture. The results of these new data obtained externally have enabled detection of a gap in the metrics offered by the program.

To find out the order in which the different areas were visualised, we analysed the measurements



(a) tiempo total de fijaciones segundos



(b) tiempo total de fijaciones normalizado segundos / % superficie ocupada

11

of the time elapsing between when the observer starts to visualise the image and fixes his attention on each AOI group, with the results shown in Figure 12. It can be seen that the relationship of the fixations times to the AOIs is inversely proportional to that obtained in the TFF (Figure 11a), the first areas looked at are those that will be observed for longer.

Conclusions

Analysing people's eye movements over the two-dimensional representation of an architectural space enables study of how spatial information is processed by the observer.

As in other previous studies (Buswell, 1935; De Lucio et al. 1996) we have found differences in the number of fixations in relation to participants' education and age, however differences were not as significant between collectives in terms of observation time of each area of interest (nature, architecture, people, etc.).

People who appear in representations of architectural space are the most observed areas of the image by far, in relation to the surface area they occupy, whereas the eye hardly stops on the sky and ground. Therefore, although the aim of observing the image is to evaluate the space it represents, sight obeys the most primitive primary instincts of observation of our environment.

These conclusions suggest the interest of applying involuntary measurement techniques to study perception of architecture. To continue with this line of research it will be necessary firstly, to establish new eye tracking metrics (pupil dilation, average length of saccades, etc.) to study attention in observers and secondly, also to relate these parameters to the observer's subjective evaluation of the image. ■

guido de las personas y la naturaleza. Las superficies ocupadas por el suelo y el cielo serán las menos fijadas visualmente por los participantes.

Si bien esta información resulta de gran interés, podemos intuir que la superficie que cada una de las áreas ocupa en la imagen debe tener una incidencia en el tiempo de observación de la misma. Sin embargo, el programa no permite establecer los tiempos de visualización en relación a la superficie ocupada por el área. Por esta razón, se ha procedido a normalizar la métrica TFD de forma externa, dividiéndola por el porcentaje de superficie de cada área en la imagen. Las medias obtenidas de esta nueva métrica -Duración total de las fijaciones normalizada (TFDN) se muestran en la figura 11(b).

Estos nuevos valores han modificado el orden de los tiempos de visualización, las personas son ahora las áreas más observadas cuando se tiene en cuenta su superficie. Éstas se miran aunque tengan un área reducida, lo mismo que ocurre con el mobiliario urbano. Los resultados de estos nuevos datos obtenidos de forma externa nos han permitido detectar una carencia en las métricas ofrecidas por el programa.

Para conocer el orden en el que las distintas áreas fueron visualizadas,

analizamos las medias del tiempo que transcurre entre que el observador comienza a visualizar la imagen y fija su atención en cada uno de los grupos de AOI, obteniendo los resultados de la figura 12. Se puede observar que la relación de los tiempos de fijación a las áreas es inversamente proporcional a la obtenida en el TFF (fig 11a), se mira primero las áreas que se van a observar durante más tiempo.

Conclusiones

Analizar cómo las personas recorren visualmente la representación bidimensional de un espacio arquitectónico, permite estudiar como la información espacial es procesada por el observador.

Al igual que ocurre en trabajos anteriores (Buswell, 1935; De Lucio et al. 1996) hemos encontrado diferencias en el número de fijaciones en función de la formación o de la edad de los participantes, sin embargo no se encuentran diferencias tan significativas entre los diferentes colectivos en lo que se refiere al tiempo de observación de cada una de las diferentes áreas de interés (naturaleza, arquitectura, personas etc)

Las personas que aparecen en las representaciones del espacio archi-



11. Resultados de las métricas relativas a los tiempos de fijación sobre las AOI

12. Resultados de la métrica relativa al tiempo hasta la primera fijación sobre las AOI

11. Fixation times on AOI metrics results

12. Results of the metric on time to the first fixation on AOI

12

tectónico son con diferencia las áreas más observadas de la imagen, en relación a la superficie que ocupan, en cambio el cielo y el suelo apenas son fijados visualmente. Este hecho nos permite afirmar que aunque la observación de la imagen tenga por objeto la evaluación del espacio que ésta representa, la vista obedece a instintos primarios de observación de nuestro entorno más primitivo

Estas conclusiones permiten intuir el interés de la aplicación de las técnicas de medida involuntaria en el ámbito de estudio de la percepción arquitectónica. Para continuar con esta línea de investigación será necesario, por un lado, el establecimiento de nuevas métricas de rastreo visual (dilatación de la pupila, longitud media de los movimientos sacádicos, etc) para estudiar la atención del observador y por otro, analizar la relación de estos parámetros con la evaluación subjetiva del observador de la imagen. ■

Referencias

- ANTES, J. R., 1974. The time course of picture viewing. *Journal of Experimental Psychology*, 103 (1), pp. 62-70.
- BERTO, R., MASSACCESI, S. y PASINI, M., 2008. Do eye movements measured across high and low fascination photographs differ? Addressing Kaplan's fascination hypothesis. *Journal of Environmental Psychology*, 28, pp. 185-191.

- BUSWELL, G., 1935. *How People Look at Pictures: A Study of the Psychology of Perception and Art*. University of Chicago Press. USA.
- DE LUCIO, J. V., MOHAMADIAN, M., RUIZ, J. P., BANAYAS, J. y BERNALDEZ, F. G., 1995. Visual landscape exploration as revealed by eye movement tracking. *Landscape and Urban Planning*, 34, pp. 135-142.
- DUCHOWSKY, A., 2007. *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. Springer. London. UK.
- GREENE, H. H. y RAYNER, K., 2001. Eye movements and familiarity effects in visual search. *Vision Research*, 41, pp. 3763-3773.
- HUEY, E. B., 1908. *The psychology and pedagogy of reading*. Cambridge, M.A: M.I.T. Press. Reimpresión 1968.
- JAIMES, A., PELZ, J. B., GRABOWSKI, T., BABCOCK, J. S. y CHANG, S.-F., 2001. Using human observer eye movements in automatic image classifiers. *Proceedings SPIE Vol. 4299, Human Vision and Electronic Imaging VI*, pp. 373-384.
- LOFTUS, G., 1981. Tachistoscopic simulations of eye fixations on pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 7, pp. 369-376.
- MACKWORTH, N. H. y MORANDI, A.J., 1967. The gaze selects informative details within picture. *Perception & Psychophysics*, 2, pp. 547-552.
- MOLNAR, F., 1981. About the role of visual exploration in aesthetics. H. Day (Ed.) *Advances in intrinsic motivation and aesthetics*. Plenum Press. New York. USA.
- OATLEY, K., 1992. *Best laid schemes: The psychology of emotions*. Cambridge University Press, New York. USA.
- YARBUS, A. L., 1967. *Eye movements and vision*. Plenum Press. New York. USA.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (proyecto TIN2013-45736-R)

References

- ANTES, J. R., 1974. The time course of picture viewing. *Journal of Experimental Psychology*, 103 (1), pp. 62-70.
- BERTO, R., MASSACCESI, S. and PASINI, M., 2008. Do eye movements measured across high and low fascination photographs differ? Addressing Kaplan's fascination hypothesis. *Journal of Environmental Psychology*, 28, pp. 185-191.
- BUSWELL, G., 1935. *How People Look at Pictures: A Study of the Psychology of Perception and Art*. University of Chicago Press. USA.
- DE LUCIO, J. V., MOHAMADIAN, M., RUIZ, J. P., BANAYAS, J. and BERNALDEZ, F. G., 1995. Visual landscape exploration as revealed by eye movement tracking. *Landscape and Urban Planning*, 34, pp. 135-142.
- DUCHOWSKY, A., 2007. *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. Springer. London. UK.
- GREENE, H. H. and RAYNER, K., 2001. Eye movements and familiarity effects in visual search. *Vision Research*, 41, pp. 3763-3773.
- HUEY, E. B., 1908. *The psychology and pedagogy of reading*. Cambridge, M.A: M.I.T. Press. Reimpresión 1968.
- JAIMES, A., PELZ, J. B., GRABOWSKI, T., BABCOCK, J. S. and CHANG, S.-F., 2001. Using human observer eye movements in automatic image classifiers. *Proceedings SPIE Vol. 4299, Human Vision and Electronic Imaging VI*, pp. 373-384.
- LOFTUS, G., 1981. Tachistoscopic simulations of eye fixations on pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 7, pp. 369-376.
- MACKWORTH, N. H. and MORANDI, A.J., 1967. The gaze selects informative details within picture. *Perception & Psychophysics*, 2, pp. 547-552.
- MOLNAR, F., 1981. About the role of visual exploration in aesthetics. H. Day (Ed.) *Advances in intrinsic motivation and aesthetics*. Plenum Press. New York. USA.
- OATLEY, K., 1992. *Best laid schemes: The psychology of emotions*. Cambridge University Press, New York. USA.
- YARBUS, A. L., 1967. *Eye movements and vision*. Plenum Press. New York. USA.

Acknowledgements

This study has been financed by research project TIN2013-45736-R (Spanish Ministry of Economics and Competitiveness).