



Document downloaded from the institutional repository of the University of Alcalá: <http://dspace.uah.es/dspace/>

This is a preprint version of the following published document:

Echeverría Valiente, E., Celis D'Amico, F. y Casa Martín, F. da (2018) "El dibujo como herramienta de investigación en la eficiencia energética. Horizonte 2020". En: Marcos, C. L. *et al.* ed. *De trazos, huellas e improntas: arquitectura, ideación, representación y difusión. Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica 17º 2018 Alicante*. Alicante: Universidad de Alicante.

© 2018 Universidad de Alicante

(Article begins on next page)



This work is licensed under a

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives
4.0 International License.

EL DIBUJO COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA. HORIZONTE 2020

Ernesto Echeverría Valiente; Flavio Celis D'Amico; Fernando da Casa Martin

Departamento de Arquitectura, Universidad de Alcalá

Resumen:

La eficiencia energética se ha convertido en uno de los factores más relevantes del siglo XXI, afectando muy directamente a la arquitectura, tanto en lo que se refiere a la obra nueva como a la rehabilitación. Las simulaciones informáticas que analizan la respuesta energética de los edificios a lo largo de su ciclo de vida constituyen un elemento fundamental para evaluar los diseños propuestos. Sin embargo, la diversidad de programas y criterios de cálculo y evaluación son actualmente muy dispares, y abarcan desde los programas de cálculo que sólo reciben inputs numéricos, hasta aquellos otros que analizan el edificio a partir de su conformación volumétrica y espacial, además de constructiva, obtenida a partir del análisis de su documentación gráfica, esencialmente digital

Palabras clave: Eficiencia energética, Diseño integrado, BIM, Scanner Laser, Simulación Energética.

1. Introducción

El dibujo tiene un gran potencial como herramienta de investigación (Echeverría, Celis y Casa, 2015; Raposo, 2010) en multitud de áreas afines relacionadas con la arquitectura más allá de la propia expresión gráfica arquitectónica como queda ampliamente reflejado en multitud de trabajos ejecutados en los últimos años:

-desde los más obvios, o conocidos como son los levantamientos de edificios (sobre todo los del Patrimonio arquitectónico) (Chías y Sender, 2015; Mancera *et al.*, 2010), de cara a su preservación en general o frente a posibles accidentes o atentados,

-o en el estudio de la evolución histórica de edificios o ciudades (Echeverría *et al.* 2017a) a través de los diferentes documentos gráficos (pinturas, planos, esquemas) conservados.

-o el estudio de estructuras arqueológicas de cierta complejidad (Torres-Martínez *et al.*, 2015) en las que se precisa de maquinaria más compleja acorde a las estructuras a estudiar como escáneres 3D, restitución fotográfica.

-o incluso a la hora de realizar estudios sobre la búsqueda de las causas de una patología en cualquier tipo de edificación (Casa y Echeverría, 2002; Latorre, 2012), llegando a implementar en algunos casos un SIG o un BIM de los elementos a estudiar.

2. Desarrollo

El uso del dibujo para la mejora de la eficiencia energética de los edificios ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, ajustándose en cada momento al resto de tecnologías existentes.

En la presente comunicación, se analiza el modo en el que la representación arquitectónica ha sido usada en varios casos de estudio para su utilización como base de programas de simulación energética.

En el primer caso se analiza un prototipo de vivienda mínima unifamiliar para población con bajos recursos en Chile, desarrollada a partir de un proyecto de investigación del gobierno chileno con participación de varios investigadores españoles.

En el segundo caso se estudia el comportamiento energético de un edificio público como caso de estudio realizado a partir de un proyecto de Investigación financiado por el programa nacional de I+D+I, en donde se trata de sistematizar y simplificar el proceso de toma de datos y la toma de decisiones para mejorar la eficiencia energética de un edificio.

Y por último se aplicará al estudio de la mejora de la huella de carbono en hospitales de una gran complejidad formal y funcional.

3. La sostenibilidad y las herramientas graficas.

3.1. Antecedentes

Ya desde la antigüedad el hombre ha sabido obtener de la naturaleza las leyes de su funcionamiento y ha reconstruido gráficamente sus mecanismos. En las construcciones monumentales del antiguo Egipto o de las civilizaciones mesoamericanas gracias a los conocimientos avanzados en geometría conseguían que un rayo de luz penetrara en una profunda cámara en los días más señalados del año (solsticios o equinoccios).

Más reciente y extendida es la construcción de relojes de sol de mayor o menor tamaño que permitían conocer la hora del día mediante la sombra del gnomon sobre una gráfica con las horas gracias al conocimiento geométrico de la trayectoria solar y como usar su sombra.

La sostenibilidad, Arquitectura bioclimática o Arquitectura integrada en su medio ambiente. aunque parece algo nuevo o una moda de los últimos años es algo que ha estado ligado de siempre a la buena arquitectura.

Se trata de hacer arquitectura con el menor impacto sobre el medio ambiente, bien por estar ligada a la tradición local y a los materiales de la zona, y/o porque los consumos de energía son bajos y tiene emisiones de gases más reducidas que los edificios habituales.

Cuando un arquitecto empieza a trabajar en un nuevo proyecto, además de la Normativa y parámetros urbanísticos de la zona es imprescindible el conocimiento de los parámetros climáticos y las condiciones de la zona de trabajo. Esto se consigue mediante una serie de estudios previos que tienen que ver con el comportamiento del edificio en su implantación y la relación con la naturaleza: el sol, las obstrucciones solares, el régimen de vientos... Para ello en un primer momento se recurría al uso de las cartas solares que permitían obtener los ángulos solares para poder estudiar las situaciones en los momentos extremos del año sobre un proyecto (solsticios, equinoccios). Esta información se aplicaba gráficamente sobre unos esquemas del proyecto del edificio, en la que se usan solo los datos importantes como son las zonas macizas o abiertas, y no preocupa tanto las texturas, materiales o acabados que si podríamos ver sobre otra sección del mismo edificio (Fig. 1).

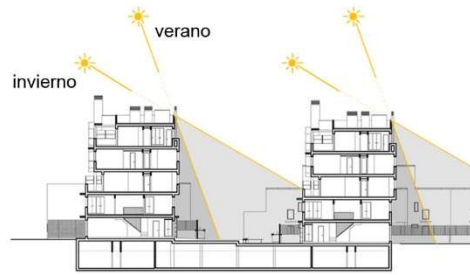


Figura 1 Estudio de sombras en verano e invierno para demostrar cumplimiento de Normativa urbanística respecto de horas mínimas de soleamiento en cada vivienda. Proyecto de 86 viviendas en soto del Henares, Torrejón, Madrid.

En estos croquis se obtenía no solo la inclinación del sol, sino que se elaboraban las sombras arrojadas a lo largo del día y del año para evaluar la interrelación con otras edificaciones propias o ajenas. También se podía estudiar la influencia del régimen de vientos en el entorno del edificio y la posible influencia que el diseño pudiera tener sobre las corrientes de viento a lo largo del año (Fig. 2).

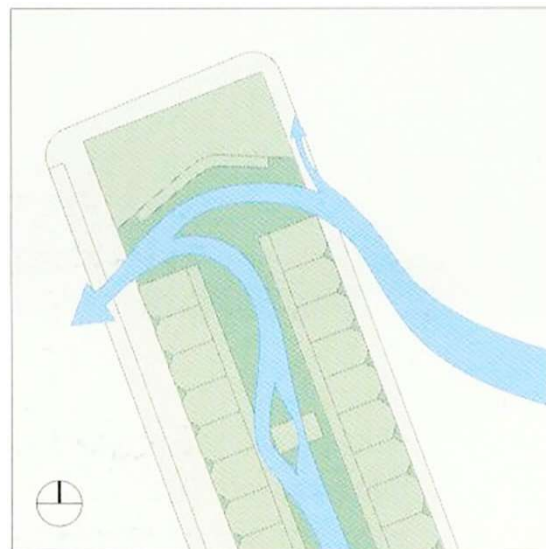


Figura 2. Estudio de vientos sobre proyecto de viviendas en San Pedro de Alcántara (Luxan *et al.*, 1997a)

Con toda esta información previa se elaboraba un diagrama psicrométrico de Olgvai y/o de Givonni sobre

los que se podían establecer las estrategias de ahorro energético que se deben aplicar si se quieren aprovechar las posibilidades pasivas del diseño. Como complemento a se crearon para diferentes regiones de España guías de diseño, o catálogos de soluciones acordes al tipo de clima con las estrategias a aplicar en cada caso. (Luxan *et. al.*, 1997b).

3.2. El uso actual de las herramientas graficas

Hoy en día, el objetivo es el mismo e incluso se llega más allá buscando incluso el consumo cero o negativo, y el procedimiento es similar, pero gracias a la informática los pasos intermedios se ejecutan sin apenas ser conscientes de ellos, al menos para los profesionales más jóvenes que no llegaron a usar las herramientas anteriormente expuestas. A continuación, aprovechando tres ejemplos recientes vamos a hacer una revisión sobre las nuevas aplicaciones del dibujo, y la expresión gráfica como herramienta básica para hacer buena arquitectura.

4. Casa +.

En el primer caso de estudio se analiza un prototipo de vivienda mínima unifamiliar para población con bajos recursos en Chile, desarrollada a partir de un proyecto de investigación del gobierno chileno realizado con objeto de mejorar la calidad de las viviendas en el Centro Sur de Chile después del terrible terremoto del año 2010 (Comerio, 2014; Gallardo, Sandberg y Brattebo, 2014).

Se desarrollaron tres líneas de investigación que consistieron en:

- Mejorar la eficiencia energética mediante el estudio de la forma e implantación de las viviendas (Celis *et al.*, 2012).
- Incorporación de las estrategias del diseño integrado para la mejora de la eficiencia energética de los proyectos residenciales (Miotto *et al.*, 2012).
- Mejorar la envolvente de las viviendas existentes (Escorcia *et al.* 2013).

Como colofón se desarrolló un prototipo de vivienda que sigue los patrones de tamaño habitacional habitual de Chile, pero enfoca el diseño teniendo en cuenta sobre todo factores de ahorro energético aplicando las conclusiones obtenidas de las diferentes líneas de investigación. En este caso, se estudia cómo, a partir de esquemas de proyecto iniciales, se puede

ir elaborando una representación gráfica que se va simulando reiteradamente en distintas situaciones de localización y orientación, y en distintas configuraciones constructivas, hasta conseguir una adecuada respuesta energética en consonancia con el diseño arquitectónico propuesto (Fig. 3).

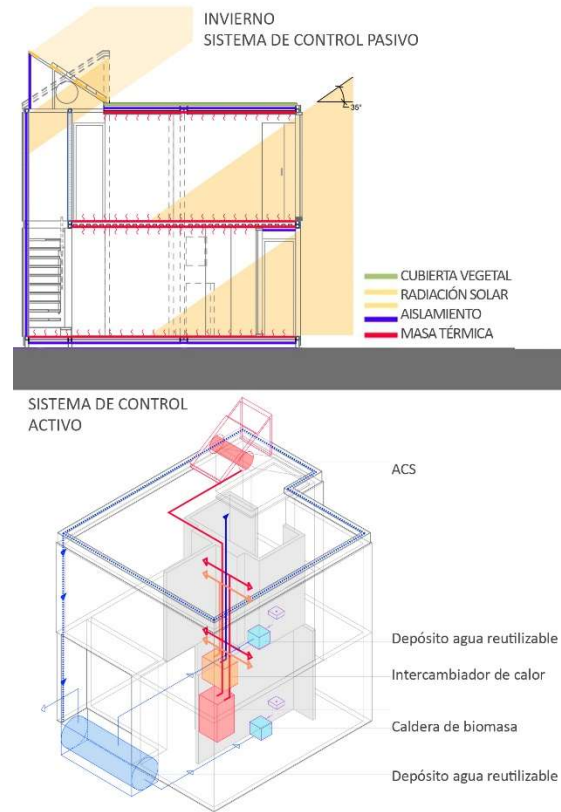


Figura 3. Esquemas de funcionamiento bioclimático de la vivienda CASA+. (Echeverría *et al.* 2015)

El modelo arquitectónico usado para las simulaciones previas no es necesario que sea un modelo muy preciso, ya que lo interesante es poder hacer los cálculos en un tiempo reducido e incluso poder usar un programa paramétrico que mecanice los cálculos de cara a obtener la mejor combinación de factores (O'Brien, W., Athienitis, A. y Kesik, T., 2013). Con el modelo definitivo, una vez optimizado, si se realizaron posteriormente simulaciones con programas más sofisticados usando modelos BIM más complejos y más detallados (Raheem, Issa y Olbina, 2011).

En las modelaciones previas se usaron fundamentalmente dos programas de simulaciones, ECOTECT que precisa el empleo de muchas horas de trabajo y cierta precisión en el modelado y la introducción de datos y CASANOVA que es un software libre, bastante intuitivo, y sencillo, sin necesidad de complejos y pesados modelados gráficos.

Las diferencias relativas respecto de los ahorros en cada propuesta son prácticamente similares como puede observarse en la Fig. 4.

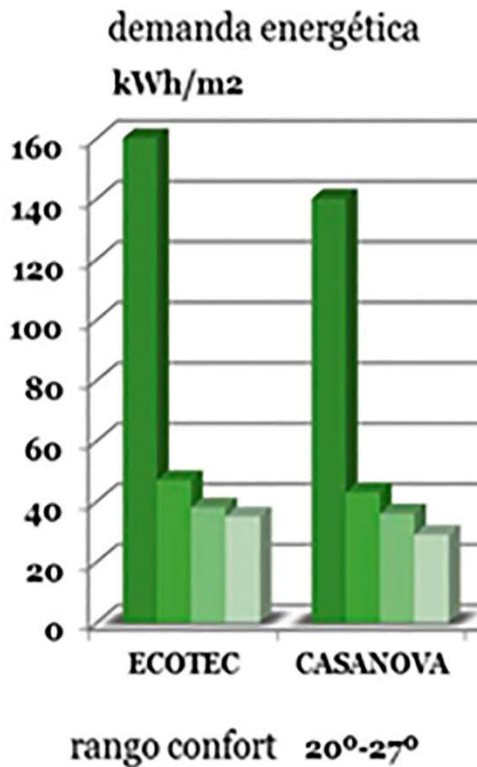


Figura 4. Tabla comparativa de demandas energéticas según premisas de cálculo con ECOTECT y CASANOVA sobre 4 tipos de proyecto

En la primera columna de cada gráfico, tenemos los valores correspondientes a una vivienda según los estándares de construcción legales de Chile en 2012; en la segunda, la tercera, y la cuarta, la propuesta optimizada y modelada después de varias simulaciones energéticas (en situación aislada, en situación de pareada, y dentro de una línea de

adosadas) (Fig. 5).

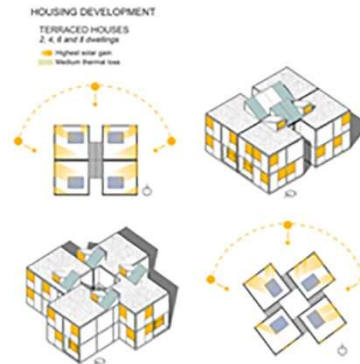


Figura 5. Algunos esquemas de agrupamiento en la parcela de la vivienda CASA+

En el peor de los casos (viviendas aisladas) se consiguieron reducciones del orden del 76% (Fig.6) en la demanda energética, llegando hasta reducciones de, 85% si se usaban viviendas en hilera con mayor compacidad, (pasando de una demanda de 116 KWh/m² a 18 KWh/m².)



Figura 6. Comparativa de demandas energéticas entre una vivienda ajustada a la Normativa chilena de la zona y la vivienda CASA+

5. Colegio público

En el segundo caso de estudio se investigó la metodología para sistematizar los procesos de estudios energéticos de edificaciones existentes. El consumo de energía de los edificios existentes supone aproximadamente un tercio del consumo energético y de las emisiones totales de CO₂ de la UE. Por ello, la racionalización del consumo energético en este sector

se ha convertido en prioridad en la política energética nacional y europea, manifestado con la aparición de normativas específicas. Especial mención merece la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología, encuadrada en el marco del Horizonte 2020 de la UE que establece como retos la obtención de energía segura, limpia y eficiente y las acciones por el clima, el medio ambiente, la eficacia de recursos y las materias primas. En el caso del parque de edificios ya construidos (en España existen 13 millones de viviendas susceptibles de intervención la mayoría procedente de los años 1940-80, con una normativa inexistente y escasos recursos), las obras de rehabilitación energética pueden suponer un ahorro de hasta el 75% en consumo de energía, y una reducción de las emisiones del sector del 34% con respecto al año 2001.

Con objeto de implementar medidas de eficiencia energética sobre este vasto parque inmobiliario existente se participó en un proyecto de Investigación financiado por el programa nacional de I+D+I (Echeverría *et al.* 2017b)

En un primer paso se eligió la tipología de edificios idóneos para este estudio piloto: los colegios públicos, por su gran abundancia y la facilidad de la repetición de los resultados al ser edificios muy estandarizados en su encargo y concepción.

Dentro del proyecto coordinado entre las Universidades de Vigo, Salamanca y Alcalá se pusieron en marcha sistemas de levantamiento geométrico y térmico automatizado de plantas y volúmenes mediante carros y UAV (drones) equipados con escáneres y cámaras. Fruto de estas labores se obtuvo un modelo BIM del edificio objeto de estudio sobre el que se realizaron simulaciones energéticas que permitieron tomar el punto de partida y proponer las soluciones constructivas para mejorar la eficiencia energética. Dentro del estudio previo se obtuvieron datos in situ de la construcción usando imágenes termográficas para contrastar el funcionamiento de las pieles (Fig. 7).

El mundo de las plataformas en torno al BIM y al CAD en general crean grandes limitaciones haciendo que el funcionamiento de las simulaciones no sea el esperado y ralentizando en extremo los procesos por temas de incompatibilidades o limitaciones entre diferentes patentes. También se detectó que este proceso estaba totalmente desligado del CTE y de sus valores de referencia (CTE, 2008). En esta línea, con posterioridad, y mediante el empleo de mapas temáticos sacados de los datos climáticos se obtuvo una alternativa a la

Normativa del CTE (Casa, Echeverría y Celis, 2017).

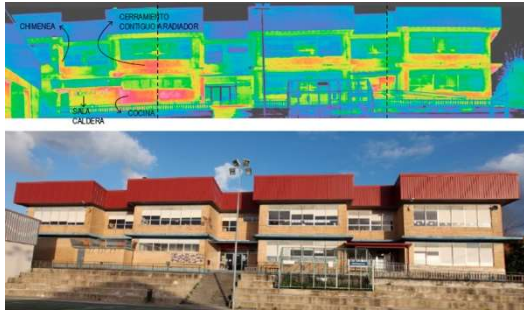


Figura 7. Imagen termográfica del alzado del colegio mostrando los puentes térmicos de la fachada.

Para subsanar estas limitaciones y como comparativa de los resultados en paralelo a este proceso se procedió a realizar un estudio similar sin usar el modelo BIM obtenido y recurrir a otras herramientas de simulación:

-HULC: (Herramienta Unificada LIDER CALENER). Es la herramienta oficial proporcionada por el CTE para el cálculo de la eficiencia térmica de los edificios, las limitaciones están que la creación de elementos no recogidos en su base de datos en complicada, y no permite todos los escenarios de uso. También hay que reseñar la gran complejidad de introducción de la información geométrica;

-ECOTECT: Era una de las mejores herramientas de simulación hasta su adquisición por AUTODESK que ha usado su motor de cálculo para el REVIT. Ya no existe como programa independiente. Se podría decir que de todos los usados es el que mejores resultados y mayores opciones de cálculo permite unido a un manejo no demasiado complejo. Además de las simulaciones y los datos térmicos se obtuvieron las imágenes de sombras durante todo el año. (Fig. 8)

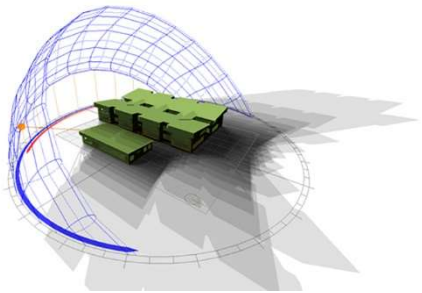


Figura 8. Estudios previos de sombras realizado con el

programa ECOTECT sobre el colegio objeto de estudio.

-REVIT: Es la suite de BIM de AUTODESK y usa el motor de análisis ENERGY PLUS. Es difícil poder entrar en las configuraciones de elementos y tiene limitados los escenarios de horarios de uso;

-SEFAIRA: Es un plugin para SKETCHUP. También es de uso sencillo, pero con bastantes limitaciones de escenarios

-CASANOVA: Es un software libre, muy sencillo y accesible, aunque tiene algunas limitaciones en cuanto a los escenarios de trabajo;

No todos los programas de simulación usan los mismos escenarios de funcionamiento (horarios, tablas de materiales...) y se tuvo que tomar situaciones que fueran comparables con objeto de poder tener un punto común de referencia.

Se partía del escenario actual de funcionamiento (Op.0, Óp. A) al que se le hizo una adecuación de uso horaria para poder usar en todas las herramientas (Óp. B).

A partir de aquí se plantearon 3 opciones de mejoras constructivas y se evaluaron por separado cada una de ellas:

-Mejora de las fachadas con 15 cm de aislamiento exterior (Óp. C)

-Mejora de la cubierta con 15 cm de aislamiento (Óp. D.)

-Mejora de las ventanas con rotura de puente térmico y uso de vidrios de baja emisividad (Óp. E)

-Modelo donde se juntan todas las medidas juntas (Óp. F)

En las Fig. 9 y 10 se pueden ver el estado inicial de demanda energética y el estado final una vez aplicadas todas las medidas de mejora usando la plataforma del ECOTECT.

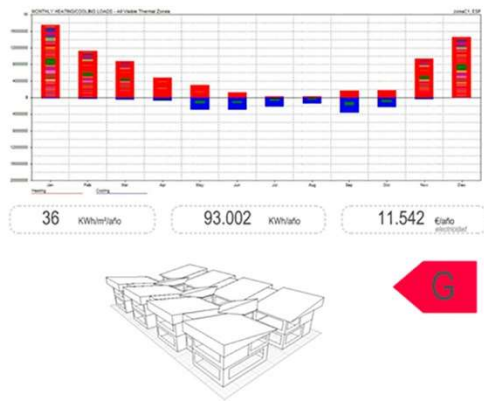


Figura 9. Gráfico de demandas obtenida con ECOTECT en el punto de partida del colegio

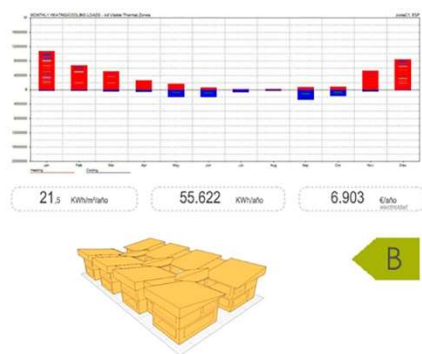


Figura 10. Resultado final (ECOTECT) en la opción F.

Del estudio de los resultados se puede comprobar cómo, aunque el valor inicial en términos absolutos (KWh/m²) es bastante diferente en función de la plataforma de cálculo utilizada (fruto de las diferencias y limitaciones de cada una de ellas), posteriormente los valores relativos (%) de ahorro obtenidos en cada opción son muy similares en todas las plataformas independientemente de que hayan llevado muchos días o apenas unas horas en su obtención.

6. Mejora energética de hospitales

Esta investigación que forma parte de otra más amplia ligada a la optimización general de los hospitales españoles (Metodología para la valoración de los requisitos de confort, condiciones ambientales y funcionalidad espacial de los hospitales y su

entorno. Adecuación de propuestas a nuevos conceptos hospitalarios: BIA2016-78893-C3-1-R) y retoma el camino del estudio sobre el colegio y aprovecha sus conclusiones.

Los edificios a estudiar son grandes complejos de más de 100.000 m² construidos en su mayoría, y con una gran dificultad para el acceso a la información que en muchos casos es muy incompleta. En este caso y por el resto de estudios a realizar, será necesario tener un modelo tridimensional, pero como una referencia y se construirá a partir de la información pública del catastro y de otras bases de datos y podrá ser completada con una restitución fotogramétrica usando algún software especializado (Photoscan pro).

Para el análisis energético en una primera fase se procederá a la creación de la base de datos respecto de materiales y sistemas constructivos usados en estos edificios acordes a la época de su construcción y se procederá a la construcción de un sencillo modelo equivalente que pueda ser estudiado mediante ECOTECT que ya se ha visto que ha dado los mejores resultados (relación tiempo/precisión) y que permite el mayor abanico de opciones en los temas de horarios, usos....

A esta simulación, se le acompañara de otras con CASANOVA, mucho más sencillas, pero igualmente interesantes por la rapidez de resultados y sencillez de manejo y con una interface muy sencilla.

De los resultados obtenidos se podrá obtener el guion para la elaboración de un Plan Director de mejora de la calidad general de los hospitales existentes y en caso de que sea preciso, se usaría la HULC para cuestiones oficiales.

7. Conclusiones

La obtención de una representación gráfica adecuada capaz de ser posteriormente analizada por herramientas de simulación energética, se convierte por tanto en un elemento más del actual proceso de diseño. Esta representación, sin embargo, no tiene por qué tener las mismas características o la misma definición que un levantamiento gráfico al uso, ya que opera sobre factores muy determinados, que tienen que ver con la orientación, con el volumen, con la continuidad o compacidad, y no tienen por qué ser, necesariamente, elaborados de igual manera, en el mismo orden o con la misma precisión que un levantamiento arquitectónico habitual. Además, las herramientas de evaluación

energética se suelen utilizar de dos modos muy distintos, si se trata de edificios de nueva planta o de rehabilitaciones. En el primer caso, se trata de elaborar una documentación susceptible de ser reelaborada en poco tiempo para poder simular una gran variedad de posibilidades, y facilitar así el proceso de diseño. Una vez que las decisiones ya están tomadas sería necesario, por cumplimiento de la Normativa el uso de un simulador oficial (HULC). En las rehabilitaciones, por el contrario, podrá ser necesario obtener una representación más fidedigna del estado real de la edificación tanto en aspectos morfológicos como constructivos en la que incluso podría hacer falta el uso de escáneres 3D o fotogrametría, para poder evaluar de modo correcto las deficiencias detectadas, aunque en los temas energéticos ya se ha comprobado que los modelos sencillos dan resultados totalmente aceptables y con tiempos de ejecución bastante más reducidos.

Referencias

- Casa Martín, F. D. y Echeverría Valiente, E. (2002), "La expresión gráfica aplicada al análisis de la patología de las edificaciones". *IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica: Re-visión, enfoques en docencia e investigación*, A Coruña, España, Universidade da Coruña, Departamento de Representación y Teoría Arquitectónicas, pp. 221-225.
- Casa Martín, F. D., Echeverría Valiente, E. y Celis D'Amico, F. (2017), "Zonificación climática para su aplicación al diseño bioclimático. Aplicación en Galicia (España)". *Informes de la construcción*, 69 / 547.
- Celis D'Amico, F., García Alvarado, R., Trebilcock Kelly, M., Escorcía Oyola, O. y Díaz, M. (2012). "Análisis energético de las viviendas del centro-sur de Chile". *Arquiteturarevista*, 8 (1), pp. 62-75.
- Chías Navarro, P. y Sender Contell, M. (2015). "Nuevos enfoques en el estudio de los monasterios jerónimos. Santa María de la Murta y san Lorenzo del Escorial: Organización funcional y tipologías", *EGA Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 20 (26), pp. 84-91.
- Comerio, M.C. (2014), "Housing Recovery Lessons from Chile" *Journal of the American Planning Association*, 80, (4), pp. 340-350.
- CTE. (2008). *Código Técnico de la Edificación: Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. R. D. 314/2006*, Madrid, Tecnos.
- Echeverría Valiente, E., Celis D'Amico, F. y Da Casa Martín, F. (2015). "El dibujo como herramienta de investigación: Reconstrucción del viaje temporal de la imagen urbana de Alcalá de Henares", *EGA Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 20 (25), pp. 180-191.
- Echeverría Valiente, E., Celis D'Amico, F., Escorcía Oyola, O., García Alvarado, R. y Trebilcock K., M. (2015). "Equipment and systems in energy-efficient homes for the Center-South of Chile (CASA+)", *Proceedings of EUROEEC 15*. Universidade do Minho.
- Echeverría, E., Castaño, E., Casa, F., Celis, F. y Chías, P. (2017a). "Documental Studio and 3d Recreation of the San Ildefonso's School Facade, Alcalá De Henares", in *3d Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, vol. 42-2, (W3), pp. 283-288.
- Echeverría, E., Celis, F., Casa, F., Miguel, M., Delgado, I., Mozas, A.; Vega, J. (2017b) "Integrated system for energy optimization and reduction of building CO2 footprint". *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*. 8/2, pp. 228 - 236.
- Escorcía, O., García, R., Trebilcock, M., Celis, F., Echeverría E., Sánchez, R. (2013) "Validación del reacondicionamiento térmico de viviendas para la reconstrucción pos-terremoto 2010, Dichato, Chile." *Revista de la Construcción*. 12/2, pp. 54 - 71.
- Gallardo, C., Sandberg, N. H. y Brattebo, H. (2014). "Dynamic-MFA examination of Chilean housing stock: long- term changes and earthquake damage". *Building Research and Information*, vol. 42, (3), pp. 343-358.
- Latorre González-Moro, P. (2012). "El monumento como un todo. El plan director de restauración", *Informes de la Construcción*.
- Luxan García de Diego, M., Celis D'Amico, F., Casa Martín, F. D., Echeverría Valiente, E. y Villota Rocha, I. D. (1997a). "49 viviendas en San Pedro de Alcántara". In: *Arquitectura y Clima en Andalucía*. Málaga; Consejería de Obras Públicas y Transportes de Andalucía.
- Luxan García de Diego, M., Celis D'Amico, F., Echeverría Valiente, E., Casa Martín, F. D. y Villota

Rocha, I. D. (1997b). "Criterios y datos básicos para el diseño de arquitectura bioclimática en Andalucía". In: *Arquitectura y Clima en Andalucía*. Málaga: Consejería de Obras Públicas y Transportes de Andalucía.

Mancera-Taboada, J., Rodríguez-González, P., González-Aguilera, D., Muñoz-Nieto, A., Gómez-Lahoz, J., Herrero-Pascual, J. y Picon-Cabrera, I. (2010). "On the use of Laser Scanner and Photogrammetry for the Global Digitization of the Medieval Walls of Avila". *Pcv 2010 - Photogrammetric Computer Vision and Image Analysis*, Pt i, vol. 38, pp. 169-174.

Miotto, U., García, R., Escorcía, O., Trebilcock, M. y Celis F. (2012) "Integrated Design for the development of energy efficient housing in Chile: threading abilities". *Revista Hábitat Sustentable*. Vol. 1, N°. 1, pp. 2-13.

O'Brien, W., Athienitis, A. y Kesik, T. (2013) "Parametric Analysis to Support the Integrated Design and Performance Modeling of Net-Zero Energy Houses". *ASHRAE Transactions* 117.

Raheem, A. A., Issa, R. R. A. y Olbina, S. (2011). "Environmental performance analysis of a single-family house using BIM," *International Workshop on Computing in Civil Engineering*; pp. 842.

Raposo Grau, J. F. (2010). "Identificación de los procesos gráficos del dibujar y del proyectar arquitectónico, como procesos metodológicos de investigación científica arquitectónica". *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica*, 15, pp. 102-111.

Torres-Martínez, J.A., Seddaiu, M., Rodríguez-González, P., Hernández-López, D. y González-Aguilera, D. (2015). "A Multi-Data Source and Multi-Sensor Approach for the 3d Reconstruction and Visualization of a Complex Archaeological Site: The Case Study of Tolmo De Minateda". *3d-Arch 2015 - 3d Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, vol. 40-5, (W4), pp. 37-44

Agradecimientos

Proyecto de Investigación: diseño integrado para la reconstrucción de viviendas energéticamente eficientes: CONICYT-MEL81100003

PI: Sistema integrado para la optimización energética y reducción de huella de CO₂ en edificios: tecnologías BIM, indoor mapping, UAV y herramientas de

simulación energética: ENE 2013-48015-C3-2-R

PI: Metodología para la valoración de los requisitos de confort, condiciones ambientales y funcionalidad espacial de los hospitales y su entorno. Adecuación de propuestas a nuevos conceptos hospitalarios: BIA2016-78893-C3-1-R

Datos biográficos de los autores

Ernesto Echeverría Valiente es profesor Titular de Dibujo y Geometría en la Escuela de Arquitectura de Alcalá, España. Se tituló y doctoró por la Universidad Politécnica de Madrid en 1990 y 2005 respectivamente.

El título de la Tesis es: La Universidad de Alcalá de Henares: análisis y evolución. Las principales líneas de investigación incluyen la documentación y conservación del Patrimonio, y la arquitectura bioclimática y la sostenibilidad medioambiental. En estos momentos es el director del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Alcalá.

Ha participado en 2 patentes, y múltiples proyectos de investigación relacionados con las aplicaciones del dibujo al Patrimonio y a la sostenibilidad tanto como investigador de la Universidad de Alcalá y como arquitecto. Ha trabajado en España, y en otros países del mundo: Egipto, Brasil, Italia, Portugal, Chile, México, o Guatemala centrado en la conservación del Patrimonio y en la Sostenibilidad Ambiental.

ernesto.echeverria@uah.es.

Flavio Celis D'Amico es PhD en Arquitectura (Universidad Politécnica de Madrid), 1998.

Profesor Titular de Dibujo en el grado en Arquitectura de la Universidad de Alcalá (UAH) desde 2001 y de Arquitectura sustentable en el Master de la Universidad de Alcalá desde 2005.

Ha participado en varios proyectos relacionados con el Patrimonio Arquitectónico y la Arquitectura sostenible como investigador de la UAH. Ha impartido cursos y conferencias en Universidades de España, Italia, Portugal, Brasil, Chile, México, Perú, China.

Ha participado en 2 patentes y más de 20 proyectos de investigación nacionales e internacionales cuyos resultados han sido publicados en revistas y libros revisados por pares

Ha intervenido como arquitecto y como investigador en Patrimonio arquitectónico, y Arquitectura sostenible.

flavio.celis@uah.es

Fernando da Casa Martín es PhD en Arquitectura (Universidad Politécnica de Madrid), 2000. Es profesor de Restauración y Patrimonio arquitectónico en el grado de Ciencia y Tecnología de la Edificación de la UAH desde 1995.

Es especialista en intervenciones en el Patrimonio Arquitectónico, en recalces de cimentaciones y actuaciones geotécnicas, y sostenibilidad arquitectónica y medioambiental.

Ocupa el cargo de director de la oficina de gestión de infraestructuras y mantenimiento de la UAH desde 2010.

Ha ocupado otros cargos de gestión en la UAH como director del departamento de Arquitectura (2000-2004) o director de la escuela de Arquitectura (2005-2010).

Ha participado en varios proyectos relacionados con el Patrimonio arquitectónico y la arquitectura sostenible como investigador de la UAH. Ha participado en

Ha participado en 2 patentes y más de 20 proyectos de investigación nacionales e internacionales cuyos resultados han sido publicados en revistas y libros revisados por pares en España (España, Italia, Portugal, Brasil, Republica Checa, Grecia, México, Perú, China).

fernando.casa@uah.es