



Received: 07-11-2020
Accepted: 10-11-2020

Anales de Edificación
Vol. 6, N°3, 68-74 (2020)
ISSN: 2444-1309
Doi: 10.20868/ade.2020.4621

Multidisciplinariedad en la investigación arquitectónica: retos del arquitecto técnico en un caso de estudio en Almería.

Multidisciplinarity in architectural research: challenges of the technical architect in a case study in Almería.

L. Jiménez López, I. Martínez Pérez

Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España (l.jimenezl@alumnos.upm.es)

Resumen— Asociada a una actuación profesional que por ley un Arquitecto Técnico pueda desarrollar, y de acuerdo con las atribuciones establecidas en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), se deben cumplir los requisitos básicos establecidos por la LOE, sin olvidar los establecidos por otras reglamentaciones que afectan a las viviendas como el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios o el Reglamento de Baja Tensión. Además, hay que tener en cuenta las normas urbanísticas de los ayuntamientos y sus ordenanzas municipales e incluso el registro de la propiedad establecida por el Catastro, además de las normas y reglamentos autonómicos, especialmente las relativas a incendios, ruido y medioambiente. Esto supone una formación multidisciplinar para poder investigar en una intervención profesional y para justificar las exigencias técnicas establecidas por los reglamentos; lo que obliga actualmente al uso de múltiples equipos (laser 3d, data logger de monitorización), herramientas (cámaras termográficas, termohigrómetros, luxómetros, sonómetros, caudalímetros, anemómetros, endoscopios, medidores de CO₂), metodologías (BIM, entre otros), procedimientos (como georreferenciación) y software asociado (como Revit, Recap, SketchUp, HULC, Ce3x, etc), además de las herramientas que habitualmente utilizamos como profesionales. Este es el reto asumido en nuestro caso de estudio para la justificación como vivienda de una casa cueva en Almería como ejemplo de la formación multidisciplinar que tenemos que asumir como técnicos.

Palabras Clave— Multidisciplinariedad; Exigencias Básicas; Justificación; Investigación; Casa cueva.

Abstract— Associated with a professional performance that by law a Technical Architect can develop, and in accordance with the attributions established in the Building Planning Law (LOE), the basic requirements established by the LOE must be met, without forgetting those established by other regulations that affect homes such as the Regulation of Thermal Installations in Buildings or the Low Voltage Regulation. In addition, we must take into account the urban regulations of the town councils and their municipal ordinances and even the property registry established by the Catastro, in addition to the regional rules and regulations, especially those relating to fires, noise and the environment. This supposes a multidisciplinary formation to be able to investigate in a professional intervention and to justify the technical requirements established by the regulations; which currently requires the use of

multiple equipment (3d laser, monitoring data logger), tools (thermographic cameras, thermo-hygrometers, luxometers, sound level meters, flow meters, anemometers, endoscopes, CO₂ meters), methodologies (BIM, among others), procedures (such as georeferencing) and associated software (such as Revit, Recap, SketchUp, HULC, Ce3x, etc.), in addition to the tools that we usually use as professionals. This is the challenge assumed in our case study to justify a cave house in Almería as an example of the multidisciplinary training that we have to assume as technicians.

Index Terms—Multidisciplinarity; Basic Requirements; Justification; Investigation; Cave house.

I. INTRODUCCIÓN

En España existe poca regulación (leyes y reglamentos urbanísticos nacionales, autonómicos o planes urbanísticos de ayuntamientos) sobre las casas-cueva para legalizarlas como vivienda. Solo el Decreto 117/2006 (Decreto, 2006), por el que se regulan las condiciones de habitabilidad de las viviendas y el procedimiento para la obtención de la cédula de habitabilidad en Canarias, define a las casas-cueva como aquellas cuevas que hayan sido objeto de una transformación con el fin de destinarlas a un uso residencial, y que, a la fecha de publicación de esta norma, vinieran destinándose, con carácter permanente o por temporada, a ese uso.

Para que las casas-cueva puedan contar con cédula de habitabilidad, deberán cumplirse las condiciones mínimas establecidas en el anexo II, entre las que podemos citar: un informe municipal sobre su uso residencial, que deberá basarse en pruebas documentales, y la certificación de técnico competente debidamente visada acreditativa de la adecuada seguridad estructural de la casa-cueva.

Este conjunto de condiciones debe justificarse documentalmente, que en el caso de una casa-cueva, destacan las referidas a las de habitabilidad (protección frente a la humedad, calidad del aire, bienestar e higiene, ahorro de energía, limitación de riesgo de condensaciones, iluminación interior y bienestar e higiene térmica, ...). Por un lado, el Código Técnico de la Edificación (CTE) (Real Decreto, 2006) fija las exigencias básicas de calidad que deben cumplir las edificaciones y, por otro, el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) (Real Decreto, 2007), establece unas exigencias de calidad térmica del ambiente para todo tipo de edificaciones.

El caso de estudio que nos ocupa en esta investigación está situado en el municipio de Cuevas del Almanzora en Almería. Cuenta con Plan General de Ordenación Urbana; concretamente en el apartado 9.2.18 de sus normas urbanísticas que establece exclusivamente la imagen y conservación de las casas-cueva, permitiendo las obras de mantenimiento y mejora de fachada y de reparación de acabados (licencia de obra menor) e incluso la posibilidad de adecuación funcional completa o ampliación, para lo que obliga a un estudio geotécnico y licencia de obra mayor.

Según López Frías (López, 2016), *el interés por la conservación y protección de las casas cueva tiene un carácter multidisciplinar*. Por lo tanto, el objetivo de este análisis es comprobar en un caso de estudio, con ayuda de equipos y medios adecuados, la justificación del cumplimiento de las exigencias técnicas necesarias para la obtención, entre otros, de la cédula de habitabilidad y de las justificaciones registral y catastral.

II. METODOLOGÍA

Para hacer un análisis para verificar o justificar el cumplimiento del conjunto de condiciones, en especial las referidas a la habitabilidad, tal y como he comentado anteriormente, en el caso de casa-cueva se ha procedido a estudiar un caso de estudio ubicado en la localidad de Cuevas del Almanzora en Almería.

Ante la dificultad en la identificación del tipo de terreno y la toma de datos físicos para catastro (coordenadas georreferenciadas) y registro de propiedad (certificado de eficiencia energética), ha sido necesario el uso de distintos equipos, verificando la necesidad de una múltiple formación o multidisciplinaria como un reto en un caso de la investigación como Arquitecto Técnico.



Fig. 1. Detalle de cueva rehabilitada caso de estudio en Cuevas de Almanzora.

A. Caso de estudio

Como muestra representativa se ha escogido una casa-cueva de la localidad que cumple dos requisitos fundamentales: ser residencia habitual y estar rehabilitada para el uso como vivienda.

La casa-cueva (figura 1) pertenece a un matrimonio de jubilados que decidieron rehabilitar en 2004 la cueva de los

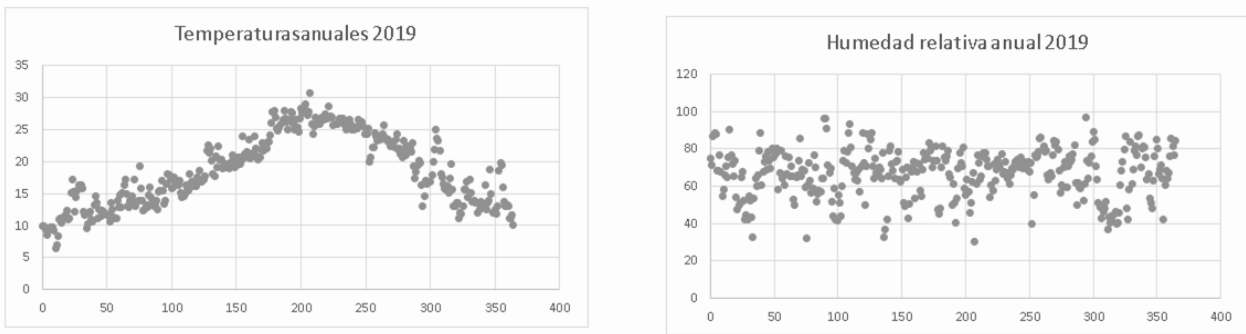


Fig. 2. Datos de 2019 obtenidos estación climática entorno casa cueva del caso de estudio.

abuelos. Está situada en un “cabezo” a una altura de 105 m sobre el nivel del mar, a unos 7,5 km de la costa de Almería. La parcela, desde el punto de vista catastral, es muy grande. Además, recientemente se ha registrado el porche y un almacén, sin que pudiese registrar la parte de cueva excavada en la montaña, pendiente de actuaciones del catastro. La fachada es **ESTE**, según la figura 8 del documento de apoyo a la sección HE1, DA/DBHE1 del CTE.

Para los datos exteriores de humedad relativa, temperatura seca y velocidad del viento (figura 2), se ha tomado la referencia de la estación agroclimática de Cuevas de Almanzora que pertenece al Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de la Junta de Andalucía, con objeto de tener referencia de parámetros medioambientales (especialmente los higrotérmicos) exteriores.

La zona técnicamente está formada en el Plioceno Inferior. La parte más extensa corresponde a “margas limosas y arenosas amarillentas”. Estos datos literales son los obtenidos de los mapas de suelo del Instituto Geológico y Minero de España, hojas 997, 1014 y 1015, de Cope, Vera y Garrucha en Almería respectivamente.

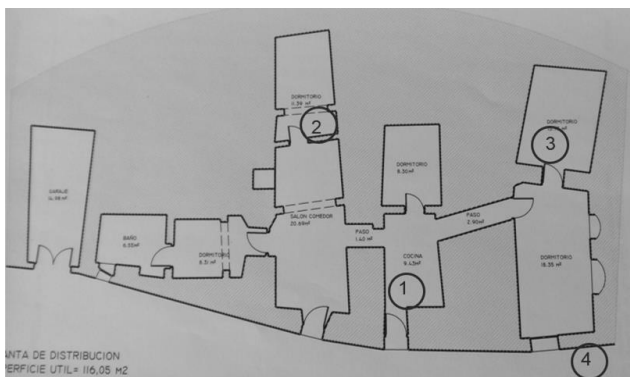


Fig. 3. Planta general de la casa-cueva caso de estudio.

La planta de la casa-cueva está compuesta por cinco dormitorios, una cocina, un salón comedor y un baño (figura 3). En total, son 116 m² de superficie útil, fruto de la unión de dos cuevas. Por ello, la cueva tiene dos accesos: uno de ellos

directo por la cocina y el principal. Además, hay otros huecos de ventana, uno en un dormitorio y otro en el baño. Todos ellos, los accesos y las ventanas están organizados para dar iluminación al interior (ver figura 1). También tiene una zona independiente que se usa de garaje y almacén, aunque no está conectado con la cueva.

Los muros de fachada tienen unos espesores de 1,20 m de media, está excavada en el “cabezo” y su interior tiene forma de bóveda con unas alturas medias de 3,00 m. Para las paredes y techos se ha utilizado un revestimiento a base de morteros de cal apagada y yeso totalmente transpirable para que se puedan evacuar las humedades que en un principio pudiese tener en el terreno. El suelo se ha tratado como solera, colocando tubos de ventilación y suelo cerámico.

B. Equipos y herramientas utilizadas. Estudios realizados

Dado que no existe una metodología específica normalizada ni protocolo para la toma de datos interiores y exteriores para casas-cuevas, para este estudio se han requerido una serie de comprobaciones y ensayos, entre los que destacan:

- Medida de la humedad relativa y temperatura de termohigrómetros (metodología de monitorización mediante el uso de “data logger”).
- Termografía infrarroja mediante cámara IR.
- Medida de la iluminación interior con luxómetro.
- Medida de velocidad del viento con anemómetro.
- Toma de muestras del tipo de terreno en laboratorio.
- Levantamientos topográficos con escáner 3D.

Con dichas pruebas se han realizado los siguientes estudios y análisis que indico a continuación.

Monitorización de variables medioambientales

El RITE establece las condiciones de bienestar térmico interior especificando que, para personas con actividad metabólica sedentaria y grado de vestimenta, los valores estarán comprendidos entre los límites en verano de temperaturas operativas 23-25 °C (equivalen a 22-24 °C de temperatura seca aproximadamente) con humedad relativa entre 45 y 60% y en invierno de temperaturas operativas de 21-23 °C (que equivalen a 21-24 °C de temperatura seca) con

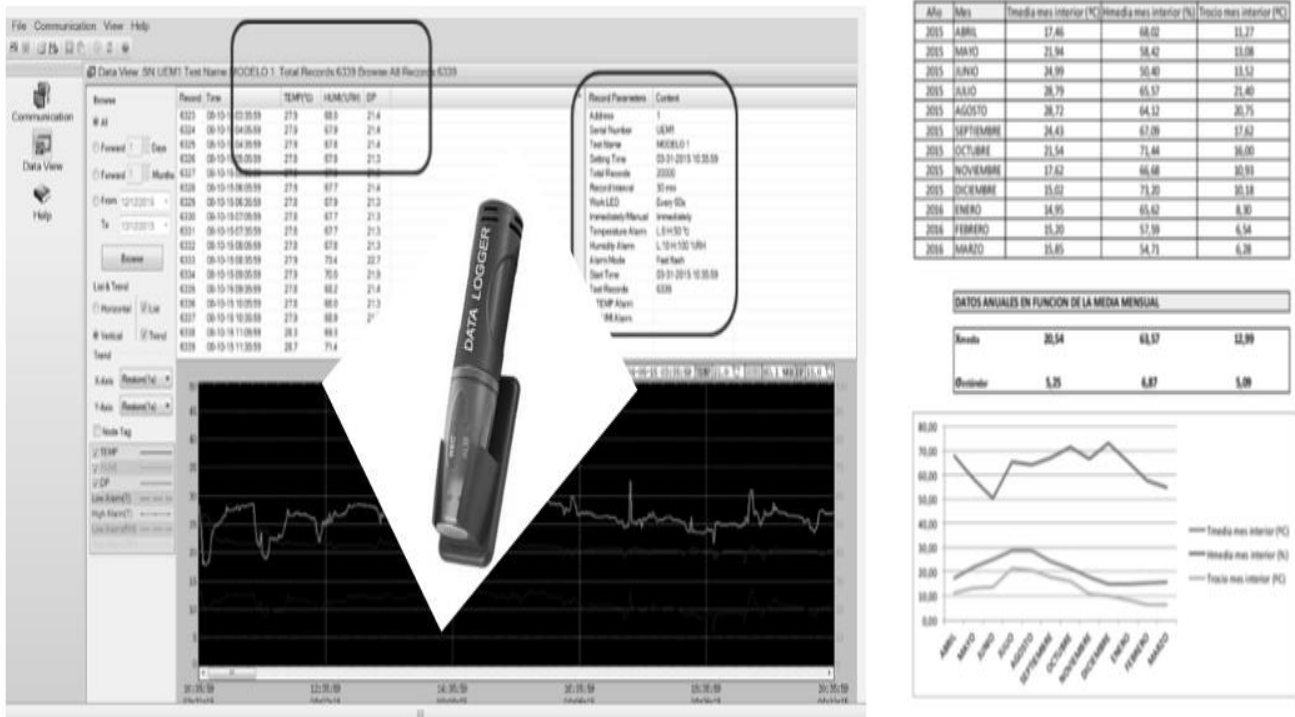


Fig. 4. Detalle de software para la importación de datos de los “data logger” HT-71 y su tratamiento.

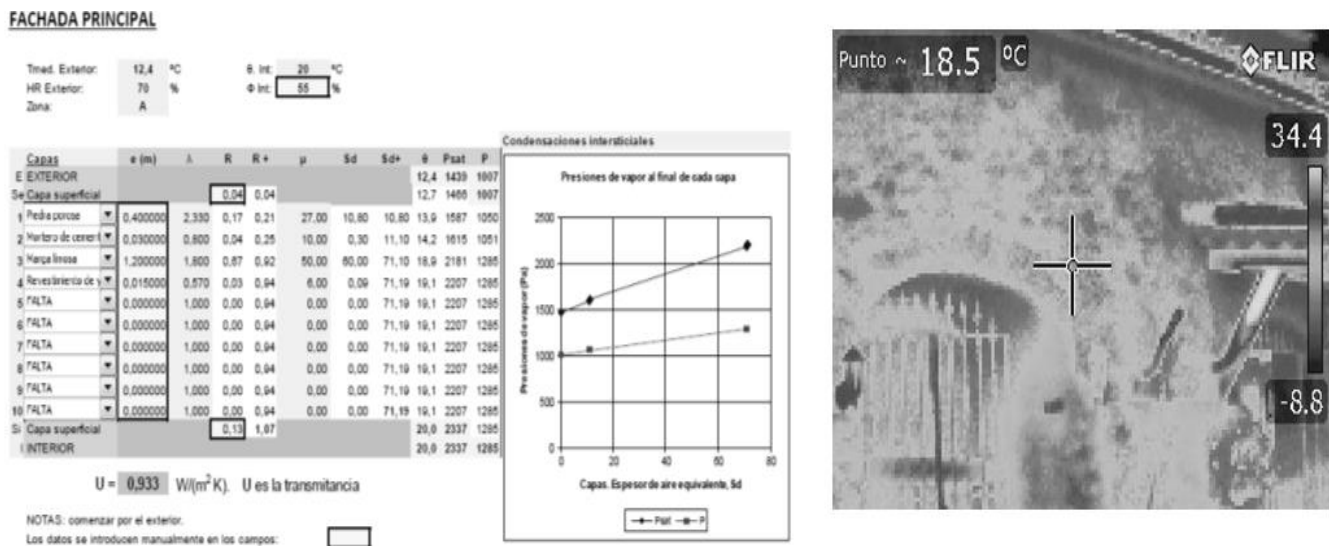


Fig. 5. Detalle de hoja de cálculo de condensaciones y uso de la cámara termográfica en fachada.

humedades relativas entre 40-50%.

La monitorización de variables medioambientales (León et al., 2010) que se están utilizando en distintos estudios se pueden aplicar al caso de estudio de la casa-cueva, permitiendo obtener datos en periodos de tiempo y medias para compararlas con lo establecido en el RITE. Con ayuda de los “data logger” modelos HT-71 se ha podido establecer los valores interiores medios en distintas zonas de la cueva y

también comprobar la fiabilidad de los datos tomados en el exterior para compararlas gráficamente con los datos obtenidos en la Estación Agroclimática cercana (ver figura 2). Los tres interiores se han puesto a distintas profundidades de la casa-cueva (dos en los dormitorios y una cercana a la fachada principal, en la cocina). En la figura 3, vista en planta de la casa-cueva, pueden apreciarse la ubicación de los equipos. Para ello, se ha tenido en cuenta lo establecido por la



Fig. 6. Detalle de anemómetro usado en el caso de estudio.

norma UNE-EN-ISO-7726 (Norma, 2002), donde se especifican los intervalos de medida, la exactitud de las medidas y los tiempos de respuesta.

Para exportar los datos de los “data logger” estos llevan asociados un software denominado Data View, que permite no solo configurar los equipos para la toma de datos sino también para importarlo en tablas de excel y gráficos (figura 4).

Estudio de la envolvente y limitación de condensación.

El CTE establece que, en el caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en la envolvente térmica del edificio, éstas serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Para el estudio se ha tenido que analizar el terreno con objeto de obtener la conductividad térmica del elemento principal de la envolvente y estimar mediante cálculo la justificación de las condensaciones superficiales e intersticiales, con ayuda de programas y hojas de cálculo. También se ha utilizado la cámara termográfica FLIR para verificar posibles puentes térmicos y estado de la fachada y huecos (figura 5).

Velocidad de viento interior y exterior

Se ha utilizado para comprobar las velocidades el anemómetro de molinete modelo Testo 410-1 (figura 6), que, debido a su tamaño práctico, es ideal para las mediciones de control rápidas y velocidades bajas. Tiene una sonda de molinete montada permanentemente con un diámetro de 40 mm, lo que permite su empleo para la medición integrada de la velocidad del aire en las rejillas (ver figura 6).



Fig. 7. Análisis en laboratorio de toma de muestra del terreno en la zona caso estudio.

Análisis del terreno

El tipo de terreno que se presupone (marga limosa) por el análisis de los mapas de las hojas del IGME de la zona es necesario analizarlo, ya que pueden desviarse los valores y alterar los resultados, especialmente en el estudio de condensaciones y envolvente térmica. En este sentido se tomaron dos muestras de terreno y en el laboratorio se hicieron varias pruebas, entre ellas la presencia de caliza, límites de Atterberg y granulometría (figura 7). Se hicieron pruebas para detectar su comportamiento y consistencia con ayuda de la cuchara de Casagrande y límite plástico para consistencia.

Levantamientos topográficos con láser escáner para la obtención de modelo 3D lineal

Aunque la metodología es sencilla para obtener un modelo 3D lineal se requiere el uso del equipo láser escáner adecuado y de programas informáticos específicos (figura 8), siendo una técnica muy utilizada para el estudio del patrimonio arqueológico y de edificios históricos (González et al., 2010). Con la técnica de la digitalización tridimensional, se puede obtener un modelo en 3D de nube de puntos, que posteriormente con un software apropiado se puede obtener un modelo lineal en 3D (modelo en BIM, ver figura 9) necesario para poder simular el comportamiento de ventilación natural o para poder verificar la calificación energética, entre algunos ejemplos. También puede usarse para otros estudios y aplicaciones como es la obtención de datos precisos de vértices y coordenadas georreferenciadas.

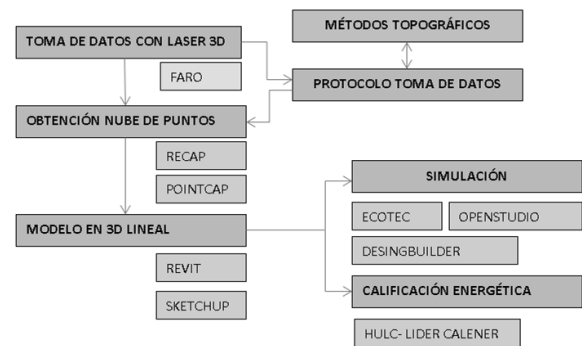


Fig. 8. Laser 3D y software asociado.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Datos de temperatura y humedad obtenidos en la monitorización. Velocidad del viento

La mayoría de los datos obtenidos en la monitorización medioambiental indican que está la media anual dentro de los valores establecidos en el RITE pero que en ciertas ocasiones puntuales se superan estos valores (la humedad interior en meses de verano por la cercanía de la casa-cueva al mar). En el caso de los dormitorios derecho e izquierdo, la humedad

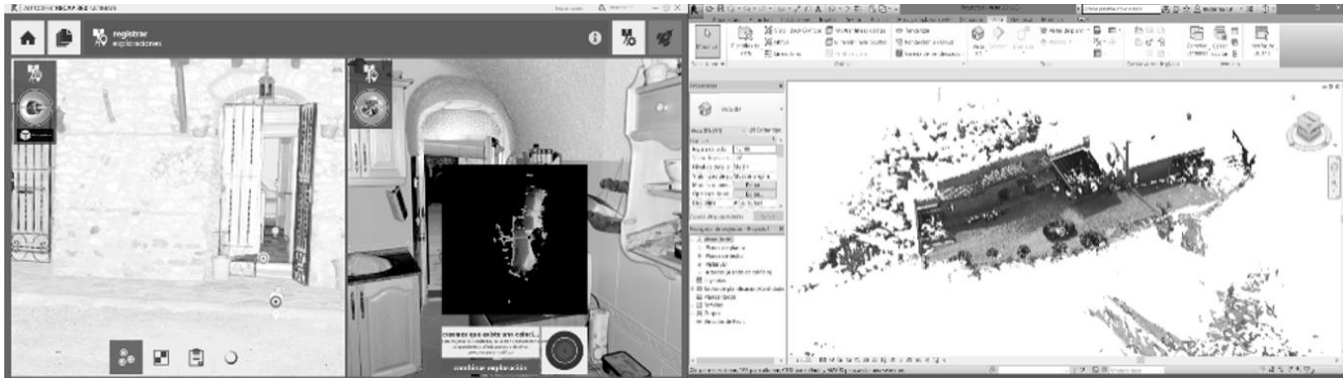


Fig. 9. Modelo de nube de puntos en 3D obtenidos con Recap y tratados en Revit de Autodesk.

relativa varía entre 55 a 89 % mientras que las temperaturas secas varían entre 20°C a 25 °C. Sin embargo, los valores en la cocina están más cercanos a los que establece el RITE. Por tanto, un análisis pormenorizado de los datos de monitorización nos puede indicar cuál es el comportamiento y a qué se debe.

Las velocidades del aire interior a través de las rejillas y chimenea de ventilación principal son menores de 1,00 m/s. Dado que la renovación de aire se realiza de forma natural, no controlada por los usuarios, la casa-cueva está preparada para la implantación de un sistema de ventilación mecánica higro-regulable, ya que la ventilación por conductos y rejillas a través de los dormitorios (por el suelo) se unen en una chimenea complementaria en zona de garaje donde se puede acoplar fácilmente un equipo, teniendo las dimensiones adecuadas para los caudales exigidos por el CTE.

B. Condensaciones superficiales e intersticiales.

Los valores de humedad aparentemente no suponen un riesgo para la construcción ni para la habitabilidad de la casa-cueva, ya que en las justificaciones no se producen condensaciones superficiales ni intersticiales ni en las visitas realizadas se ha observado la presencia de humedad o moho (ver figura 4).

En el análisis de los elementos de la envolvente (fachada y muros interiores, suelos y techos en contacto con el terreno) se ha comprobado que en ninguna de ellas aparece el riesgo de condensaciones tanto superficiales como intersticiales (ver figura 5), corroborado en las visitas la no presencia de humedad superficial ni la formación de moho.

C. Tipo de terreno

Se ha usado ácido clorhídrico para analizar la efervescencia (ver figura 9) y se ha visto en ambas muestras que tenía presencia de material calizo porque reaccionaron al ácido, por lo que el material no era una arcilla pura, siendo una forma de detectar que es una marga. El resultado de las muestras del terreno ha sido para la muestra 1, arena un 36%, limo un 54%

y arcilla 10% y para la muestra 2, arena un 25%, limo un 61 % y arcilla un 14%.

Según gráficas de triángulo de texturas, el terreno es franco limoso, que se corresponde con las **margas limosas**, que tienen una conductividad térmica media de 2,1 W/m·K, por lo que se puede determinar correctamente la transmitancia térmica de la envolvente usando para el resto de componentes el catálogo de elementos constructivos del CTE.

D. Modelado 3D lineal y calificación energética

A través del modelo lineal en 3D obtenido y la configuración de la envolvente y equipos energéticos considerados (solo el agua caliente sanitaria) ya que los usuarios no disponen de equipos de refrigeración ni calefacción dentro de la casa-cueva) configurados en la herramienta unificada HULC (versión 2016), arroja unos datos de calificación energética tipo D debido en parte a la demanda de calefacción, ya que el programa técnicamente no está preparado para este tipo de construcciones. Los datos globales obtenidos por consumo eléctrico de 1,25 kg/CO₂/m²/año y por combustibles fósiles de 18,17 kg/CO₂/m²/año mientras que por energía primaria no renovable de 92,51 kWh/m²/año.

IV. CONCLUSIONES

Como conclusiones finales, las múltiples herramientas utilizadas en la verificación del cumplimiento de las exigencias, especialmente las referidas a la habitabilidad, requieren una gran especialización al ser necesario conocimientos de las distintas ramas de la arquitectura e ingeniería (monitorización y control parámetros medioambientales, topografía, mecánica del suelo, calificación energética, etc.), de ahí la necesaria formación multidisciplinar.

Por otro lado, como se ha podido comprobar para gestionar la legalización de una casa-cueva como vivienda bastaría con realizar el proceso de tramitación según proceda en el ayuntamiento; en el caso de estudio mediante el reconocimiento de la situación de asimilado al régimen de

fuera de ordenación, situación que recogen los decretos autonómicos de Andalucía, similar al establecido en Canarias, y que el PGOU de Cuevas del Almanzora lo permite.

Sería necesario legislar adecuadamente este tipo de construcciones, aunque pudiéndose, se encuentran fuera del marco reglamentario, más desde el punto de vista legal que técnico. Bastaría unos ajustes en la normativa tanto técnica como urbanística de la población para permitir su adecuación funcional, su rehabilitación y permitir así su legalización.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa PCE Ibérica S.L. por la donación a la Universidad de equipos para la toma de datos de esta investigación.

REFERENCIAS

Decreto 117/2006, de 1 de agosto, por el que se regulan las condiciones de habitabilidad de las viviendas y el procedimiento para la obtención de la cédula de habitabilidad de Canarias.

González, M. J. et al. (2010). Uso de sistemas basados en escáner 3D para digitalización y estudio del patrimonio arqueológico. *Virtual Archaeology Review*, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 99-102, apr. 2010. ISSN 1989-9947. Available at: <<https://polipapers.upv.es/index.php/var/article/view/5128>>. Date accessed: 31 jan. 2019. doi.org/10.4995/var.2010.5128

León, L.; Muñoz, S.; León, J.; Bustamante, P. (2010). Monitorización de variables medioambientales y energéticas en la construcción de viviendas protegidas: Edificio Cros-Pirotecnica en Sevilla. *Informes de la Construcción*, Vol. 62, 519, 67-82, julio-septiembre 2010. ISSN: 0020-0883. doi: 10.3989/ic.09.045

López, M. J. (2016). Las casas cueva: un análisis de las cuestiones jurídicas que plantean. *Revista Crítica de Derecho Inmobiliario*. Nº 76, p. 1993-2026, marzo de 2016.

Norma (2002) UNE-EN ISO 7726 Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas. Marzo 2002.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación y modificaciones posteriores.

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y modificaciones posteriores.



Reconocimiento – NoComercial (by-nc): Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.