



# MODELIZACIÓN ENERGÉTICA DEL PARQUE EDIFICADO A ESCALA URBANA: ENCUESTAS COMO COMPLEMENTO A LOS DATOS CATASTRALES EN LA FASE DE CARACTERIZACIÓN

*Building stock energy modelling at urban scale: surveys as a complement to the cadastral data in the characterization stage*  
*Modelização energética do parque imobiliário à escala urbana: inquéritos como complemento dos dados cadastrais na fase de caracterização*

Patricia Borges<sup>1,2</sup> , Anna Pages-Ramon<sup>3</sup>  & Oriol Travesset-Baro<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup> Observatori de la Sostenibilitat d'Andorra. Sant Julià de Lòria - Andorra. Correo: [otravesset@obsa.ad](mailto:otravesset@obsa.ad), [pborges@obsa.ad](mailto:pborges@obsa.ad)

<sup>2</sup> Institut universitari de recerca en Ciència i Tecnologia de la Sostenibilitat. Universitat Politècnica de Catalunya. Correo: [oriol.travesset@upc.edu](mailto:oriol.travesset@upc.edu), [patricia.borges@upc.edu](mailto:patricia.borges@upc.edu)

<sup>3</sup> Arquitectura, Energía y Medioambiente (AiEM). Escuela de Arquitectura. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona - España. Correo: [anna.pages@upc.edu](mailto:anna.pages@upc.edu)

Fecha de recepción: 11 de junio de 2021.

Fecha de aceptación: 27 de agosto de 2021.

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN.** La falta de información detallada sobre las propiedades que afectan al comportamiento energético de los edificios es uno de los principales obstáculos a la hora de realizar modelos energéticos del parque edificado. Esta falta de datos es uno de los motivos por el que estos modelos pueden presentar un importante desajuste entre el consumo energético estimado por los modelos, y el consumo energético real, lo que puede reducir su fiabilidad.

**OBJETIVO.** El presente trabajo presenta un caso de estudio en el cual se ha recopilado parte de la información no disponible de los edificios con el objetivo de reducir la brecha entre los resultados de las simulaciones y el consumo real. **MÉTODO.** Para ello se ha diseñado una encuesta que ha permitido recopilar la información necesaria para la generación de un modelo del parque edificado de la parroquia de Escaldes-Engordany en el Principado de Andorra.

**RESULTADOS.** Los resultados muestran que las encuestas tienen un gran potencial para



Borges, Pages-Ramon & Travesset-Baro - Modelización energética del  
parque edificado a escala urbana: Encuestas como complemento a los datos  
catastrales en la fase de caracterización.

Julio – Diciembre 2021

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i3.370>





completar la información existente relacionada con los edificios. **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.** A pesar de su potencial, la recogida de información mediante encuestas también tiene ciertas particularidades que pueden variar significativamente los resultados obtenidos a partir de estas.

**Palabras claves:** UBEM, modelización, encuesta, edificios, Andorra.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** The lack of detailed information on the properties that affect the energy performance of buildings is one of the main obstacles of the building stock models. This lack of data is one of the reasons why these models can present a significant gap between the energy consumption estimated by the models and the real energy consumption, which can reduce their reliability. **OBJECTIVE.** This paper presents a case study in which part of the unavailable information of the buildings has been collected with the aim of reducing the gap between the results of the simulations and the real consumption. **METHOD.** A survey was designed to collect the information necessary to generate a building stock model in the parish of Escaldes-Engordany in the Principality of Andorra. **RESULTS.** The results show that surveys have a great potential to complete the existing information related to buildings. **DISCUSSION AND CONCLUSIONS.** Despite its potential, the collection of information through surveys also has certain particularities that can significantly vary the results obtained from them.

**Keywords:** UBEM, modelling, survey, buildings, Andorra.

## RESUMO

**INTRODUÇÃO.** A falta de informação detalhada sobre as propriedades que afectam o desempenho energético dos edifícios é um dos principais obstáculos na realização de modelos energéticos do parque imobiliário. Esta falta de dados é uma das razões pelas quais estes modelos podem apresentar um desfasamento significativo entre o consumo de energia estimado pelos modelos e o consumo real de energia, o que pode reduzir a sua fiabilidade. **OBJECTIVO.** O presente trabalho apresenta um estudo de caso em que parte da informação indisponível dos edifícios foi recolhida com o objectivo de reduzir a distância entre os resultados das simulações e o consumo real. **MÉTODO.** Foi concebido um inquérito para recolher as informações necessárias à geração de um modelo do parque imobiliário da paróquia de Escaldes-Engordany, no Principado de Andorra. **RESULTADOS.** Os resultados mostram que os inquéritos têm um grande potencial para completar a informação existente relacionada com edifícios. **DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.** Apesar do seu potencial, a recolha de informação através de inquéritos tem também certas particularidades que podem variar significativamente os resultados obtidos a partir deles.

**Palavras-chave:** UBEM, modelação, inquéritos, edifícios, Andorra.





## INTRODUCCIÓN

El consumo energético de los edificios depende de muchos factores. Entre ellos los relacionados con la geometría, los materiales de construcción, las propiedades térmicas de los sistemas y equipamientos presentes, así como el modo como este es operado por sus ocupantes [1]. Para poder llegar a los objetivos de eficiencia energética y de mitigación propuestos en los acuerdos internacionales aprobados por la gran mayoría de los países, se necesita entender desde las ciudades no solamente la demanda energética actual de los edificios, sino también los efectos que las diferentes estrategias de mejora energética tienen sobre esta [2]. Para ello, de acuerdo con Kavgić et al. [3], una de las opciones para la aplicación eficiente y racional de las estrategias y políticas de reducción del consumo y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociados al parque edificado es recurrir a modelos energéticos.

A lo largo de las últimas décadas han emergido numerosos modelos destinados a estimar la demanda del parque edificado. Estos se diferencian entre ellos por los métodos, herramientas y técnicas empleadas, y se dividen comúnmente en tres tipos: los modelos *top-down*, los modelos *bottom-up* estadísticos, y los modelos *bottom-up* basados en la ingeniería o la física [3–6]. Recientemente, una nueva generación de herramientas de simulación desarrollada y validada para estimar la demanda energética de todo un ámbito urbano a escala de edificio se ha propuesto como una herramienta de simulación urbana eficaz. Estas se denominan Modelos Energéticos de Edificios a escala Urbana, más conocidos bajo las siglas UBEM, del inglés *Urban Building Energy Models*. Los UBEMs han surgido como un eficiente enfoque híbrido de los modelos *top-down* y *bottom-up*, de los que se espera que se conviertan en una de las herramientas principales de planificación para las empresas de energía, los municipios, planificadores urbanos, así como otros profesionales [2]. Realizados en tres pasos: caracterización, generación y simulación, y validación del modelo, los UBEM son un campo de investigación creciente que busca facilitar el análisis energético combinando los efectos de los edificios individuales en un modelo urbano agregado [7].

Uno de los principales problemas de estos modelos energéticos, y que ha suscitado una creciente preocupación durante los últimos años, es el desajuste entre el consumo energético estimado por los modelos y el consumo energético real. En este sentido, Reinhart y Cerezo [8], observaron que los errores en los resultados de la simulación tienden a compensarse cuando se analizan las demandas agregadas a escala anual, pero esos errores pueden llegar a aumentar hasta valores del 99% cuando se analizan los resultados a escala desagregada. Este desajuste se conoce como *the performance gap* [9].

La fase de caracterización es una importante fuente de inexactitudes de todo el proceso de generación de los UBEMs debido principalmente a la gran falta de datos disponibles relacionados con los edificios y los diferentes aspectos que afectan a su comportamiento energético. Para la generación de un UBEM se necesitan tres tipos de datos: la geometría de los edificios y el contexto, la información meteorológica, y las propiedades no-geométricas de los edificios [10]. En el caso de la información meteorológica, así como la geometría de los edificios, se suele encontrar la información





necesaria en la gran mayoría de ciudades, o como mínimo puede generarse mediante la información disponible. Sin embargo, referente a la información relacionada con las propiedades no-geométricas rara vez se dispone de datos. Sin duda, el catastro es una fuente de información básica en cualquier ciudad aunque la información que contiene es bastante limitada.

Las propiedades no-geométricas de los edificios consisten en toda la información relacionada con los materiales y sistemas constructivos de la envolvente del edificio, los sistemas presentes, la iluminación, así como los electrodomésticos, aparatos electrónicos, y el comportamiento de los usuarios. Este tipo de información tan detallada rara vez es recogida, por lo que en muchos casos poder integrarla en los UBEMs requiere del conocimiento de expertos locales capaces de estimar su valor.

Uno de los pocos lugares donde se recopila información sobre las propiedades no-geométricas de los edificios es en Estados Unidos. La *U.S. Energy Information Administration* (EIA) administra, entre otros, la Encuesta de Consumo Energético Residencial, más conocida bajo las siglas RECS, del inglés *Residential Energy Consumption Survey* [11]. Esta encuesta se realiza de manera periódica desde 1978, y recoge información sobre una muestra representativa a nivel nacional de las características energéticas, los patrones de uso, y los principales datos demográficos de los hogares entrevistados. Esta información combinada con los datos de los proveedores de energía para estimar los costes energéticos y el uso de la calefacción, la refrigeración, los electrodomésticos y otros usos finales, es una información fundamental para conocer la futura demanda energética y mejorar la eficiencia y el diseño de los edificios [11].

Con el fin de reducir el *performace gap* de los UBEMs originado por la escasez de información relacionada con las propiedades no-geométricas de los edificios, el objetivo del presente trabajo es mostrar una metodología basada en encuestas para complementar los datos catastrales necesarios para la fase de caracterización de los UBEMs. La metodología ha sido probada en la parroquia de Escaldes-Engordany, en el Principado de Andorra, pequeño país europeo ubicado entre España y Francia.

## MÉTODO

La metodología empleada en el trabajo objeto del presente artículo se divide en las siguientes 5 etapas:

- **Etapas I: Identificación de los datos no disponibles.** En primer lugar, debe recopilarse toda la información disponible relacionada con los edificios. Generalmente, una de las principales fuentes de información es el catastro como ya se ha mencionado anteriormente. Posteriormente han de identificarse los datos no disponibles pero necesarios para una buena simulación. Para ello, saber de antemano la herramienta de modelización que se usará para la generación del UBEM es fundamental.





- **Etapa II: Diseño de la encuesta y definición de las variables de respuesta.** El diseño de la encuesta debe permitir la recogida de información relacionada con los edificios definidos en la Etapa I. En esta etapa no solo se debe prestar especial atención a la formulación de las preguntas para que estas sean claras y concisas, y puedan ser contestadas por todo tipo de público, sino también a la respuesta que se quiera obtener de cada una de las preguntas. La elección del tipo de pregunta (pregunta dicotómica, de elección múltiple, de texto abierto, etc.) es uno de los principales aspectos de la encuesta que tienen mayor influencia en la información obtenida a partir de estas.
- **Etapa III: Definición del tamaño de la muestra y recogida de datos.** Una vez diseñada la encuesta, esta debe realizarse sobre una muestra representativa de los edificios objeto de estudio. Para ello se ha de determinar el tamaño de la muestra en base a la población objetivo, el nivel de confianza del muestreo, así como el margen de error.  
Otro de los aspectos importantes a definir en esta etapa es el método a utilizar para la recogida de datos. Existen diferentes métodos para llevar a cabo una encuesta (encuestas personales, encuestas por teléfono, por correo electrónico o postal, e incluso online) cada uno ellos con sus ventajas y desventajas, y cuya elección tendrá un gran impacto sobre la calidad de las respuestas obtenidas.
- **Etapa IV: Análisis de los resultados de la encuesta.** Las respuestas recogidas se deben analizar para conocer las características de la muestra.
- **Etapa V: Transformación de los resultados de la encuesta en información útil para el modelo.** La información requerida por las herramientas de simulación energética de edificios son datos técnicos sobre los que la gran mayoría de la población no tiene el conocimiento específico. Por esta razón, las preguntas que se formulan en este tipo de encuestas han de adaptarse para que puedan ser contestadas por cualquier persona, aunque no tenga conocimientos en este campo. Por lo tanto, una vez analizados los resultados de la encuesta, estos deben transformarse nuevamente en datos útiles para la herramienta de modelización.

## RESULTADOS

La metodología presentada en el apartado anterior se ha aplicado en el parque edificado de uso residencial de Escaldes-Engordany, una de las siete parroquias que conforman el Principado de Andorra. Escaldes-Engordany es la segunda parroquia en población, con 14,599 habitantes [12], después de Andorra la Vella, la capital del país.

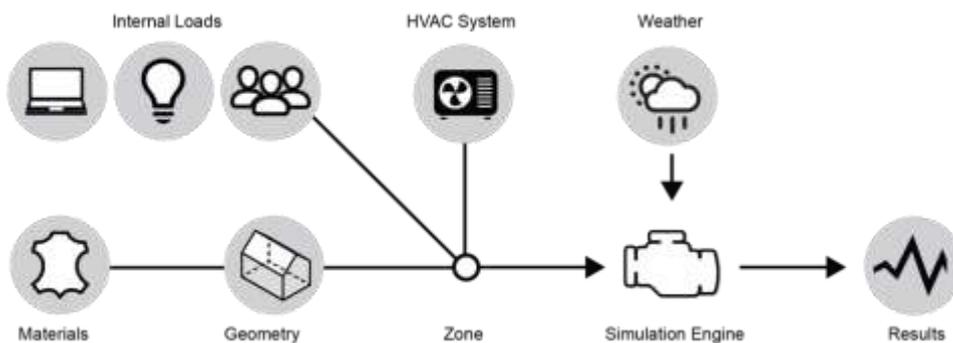
### Etapa I: Identificación de los datos no disponibles.

Los datos relacionados con los edificios que se han conseguido recopilar para la generación del UBEM de Escaldes-Engordany se basan en el catastro.



El catastro se compone de dos tipos de datos muy diferentes. Por un lado, los datos vectoriales que representan los edificios que componen el parque edificado. Y, por otro lado, un archivo con información complementaria de los mismos como la dirección, el año de construcción, el uso y la superficie para cada unidad catastral, el número de plantas de cada edificio, etc. En total el catastro de Escaldes-Engordany, que fue proporcionado por el Ayuntamiento, contiene 40030 entradas agrupadas en 1298 edificios.

La herramienta de modelización elegida para generar el UBEM de Escaldes-Engordany es el plugin *ArchSim Energy Modeling*, que es un plugin de *Rhino & Grasshopper* que aporta simulaciones completas vinculando el motor de cálculo EnergyPlus con un entorno de diseño paramétrico y modelado CAD. La Figura 1. Esquema del flujo de datos en ArchSim muestra de manera esquemática el flujo de datos que requiere ArchSim para realizar simulaciones energéticas de edificios adecuadamente.



**Figura 1.** Esquema del flujo de datos en ArchSim [13]

Primeramente, y como punto de partida del modelo se necesita la volumetría del o de los edificios a simular. A continuación, se combinan las propiedades no-geométricas con la geometría. En este caso, las propiedades no-geométricas son las características físicas de los materiales y los sistemas constructivos de los diferentes elementos de la envolvente de los edificios (paredes, tejados, ventanas, etc.), y también las características de los sistemas de climatización, las cargas internas (equipamientos e iluminación), así como los horarios de utilización de estos por parte de los usuarios. Una vez que toda la información no-geométrica se ha asociado a la volumetría, esta es exportada al motor de simulación, que en el caso de ArchSim es EnergyPlus, donde se añade el archivo climático característico de la zona de estudio, para finalmente obtener los resultados de la simulación.

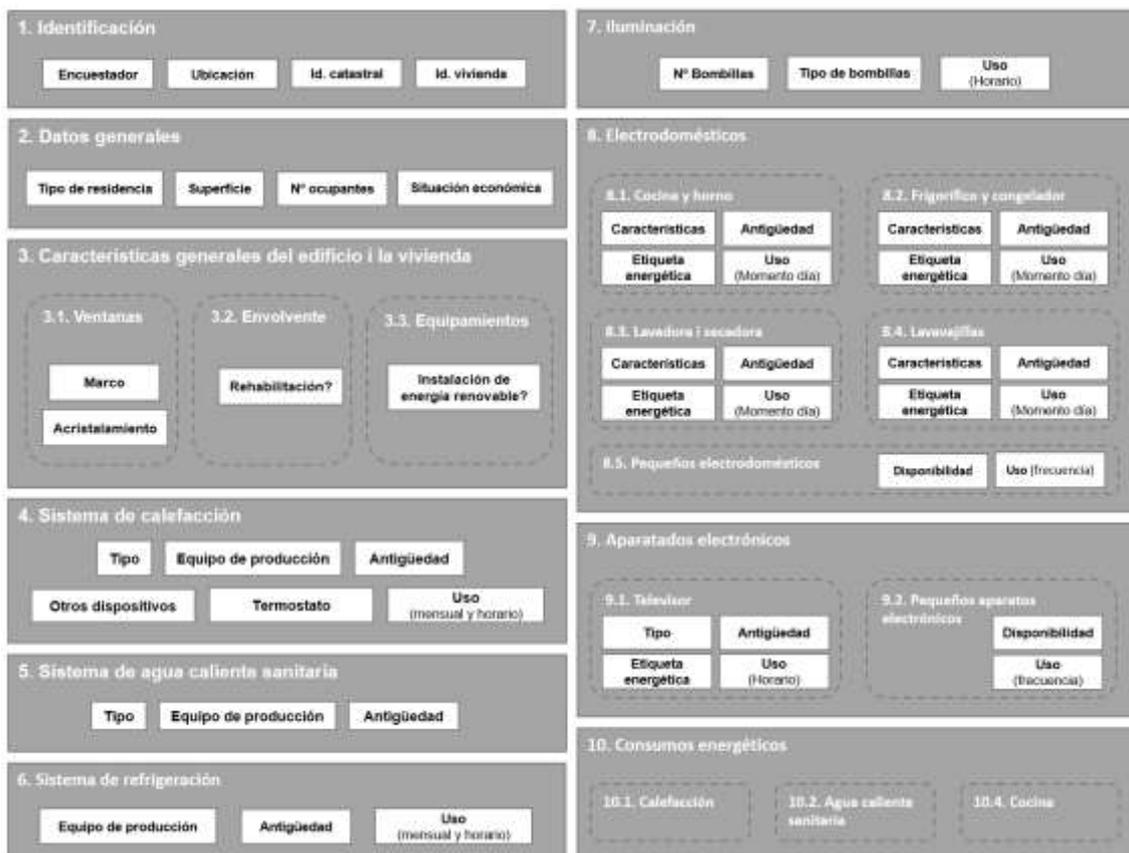
En vista de los datos recopilados y de los requisitos de ArchSim, se constató que los únicos datos disponibles para integrar en el UBEM eran la volumetría, realizada mediante una extrusión de los datos vectoriales incluidos en el catastro facilitado por el Ayuntamiento de Escaldes-Engordany, y las propiedades no-geométricas relacionadas con los materiales de construcción de los diferentes elementos que componen la envolvente de los edificios. Para estos últimos se usó un informe elaborado por el Colegio de Arquitectos de Andorra (COAA), y el despacho de arquitectura Sabaté

Associats (SaAs) [14] por encargo de FEDA, la principal compañía suministradora de electricidad de Andorra. Este informe incluye una caracterización exhaustiva del parque edificado de todo el país y define, para diferentes periodos constructivos de los edificios, las características arquitectónicas de estos. Al disponer de los datos del año de construcción de los edificios, se pudieron asignar las características de los materiales a sus correspondientes edificios.

Los atributos que no se pudieron generar con la información disponible, y que, por tanto se recopilaban mediante la encuesta, son los referentes a los sistemas de climatización, cargas internas y horarios de utilización de los usuarios.

## Etapa II: Diseño de la encuesta y definición de las variables de respuesta

Para el diseño y la estructura de la encuesta objeto del presente artículo se han tenido en cuenta la encuesta RECS mencionada anteriormente. La encuesta diseñada consiste en un cuestionario desarrollado específicamente para la recogida de información de las viviendas de Escaldes-Engordany, y se estructura en 10 secciones como se muestra en la Figura 2. Estructura de la encuesta realizada.



**Figura 2.** Estructura de la encuesta realizada

El cuestionario fue diseñado especialmente para que fuera lo más sencillo y breve posible, con el fin de reducir la carga de respuesta de los encuestados y así recoger los datos de forma eficaz. Por ello se limitaron las preguntas de respuesta de



texto abierto al mínimo, priorizando las preguntas en las cuales el encuestado dispone de opciones de respuesta, como las preguntas de opción única o múltiple, según las necesidades de cada pregunta. Vale la pena mencionar que para el diseño de la encuesta se utilizó la herramienta ArcGis Survey123 [15], desarrollada por Esri, que permite disponer de los datos en tiempo real en la plataforma ArcGis según se van realizando encuestas. La encuesta es pública y se puede consultar en el enlace <https://arcg.is/0CiySK>.

### **Etapas III: Definición del tamaño de la muestra y recogida de datos.**

La última versión del catastro facilitada por el ayuntamiento de Escaldes-Engordany cuenta con 1298 edificios, de los cuales 767 (59,1%) tienen al menos una referencia catastral de uso residencial. Una de las principales particularidades energéticas del parque edificado de Escaldes-Engordany, y del Principado de Andorra en general, es que las principales fuentes de energía son la electricidad y el gasóleo [9]. Aunque la tendencia de los últimos años muestra un claro aumento del uso de la electricidad para los diferentes sistemas y equipamientos presentes en los hogares del Principado de Andorra, en la mayoría de los casos se emplea el gasóleo para la calefacción. De hecho, según las encuestas de Presupuestos Familiares [16] se estima que los edificios con calefacción eléctrica, y por lo tanto 100% eléctricos, representen aproximadamente el 15% del parque edificado de Andorra. En vista de esto, y con el objetivo de que la muestra sobre la cual se pretende realizar la encuesta sea representativa de estos dos grandes tipos de edificios se ha subdividido la población objetivo en dos grupos, los edificios eléctricos representados por 49 edificios (6.3%) y los edificios con gasóleo para calefacción (93.7%). Para cada uno de estos grupos se ha calculado el tamaño de la muestra con un margen de error del 3%. El tamaño de la muestra para la encuesta de Escaldes-Engordany es de 296 edificios, de los cuales 44 son 100% eléctricos y 252 usan gasóleo de calefacción más electricidad.

La encuesta se realizó en persona a una única vivienda de los edificios incluidos en la muestra. Fue conducida por técnicos del *Centre de Recerca Sociològica del Institut d'Estudis Andorrans* (CRES-IEA) [17], con experiencia en la realización de encuestas. Aunque las encuestas personales requieren de más recursos y tiempo, se escogió este método porque el índice de respuesta suele ser más elevado y permite evitar posibles errores por falta de comprensión del encuestado. Previamente al trabajo de campo, se hizo una formación a los encuestadores para resolver dudas y preguntas, y de esta manera evitar posibles dudas que pudiesen surgir durante la realización de las encuestas. Además, también se les facilitó material auxiliar de soporte como imágenes y documentos explicativos para ayudar a la comprensión de algunas preguntas, así como una carta de presentación del proyecto donde se especificaba el fin del estudio y como se iban a tratar los datos recopilados.

### **Etapas IV: Análisis de los resultados de la encuesta**

El análisis de los resultados de las encuestas se ha realizado mediante el software RStudio [18]. A continuación, se destacan algunos de los resultados más relevantes del análisis de los datos recogidos.





En relación con el sistema de calefacción, el 88% de los encuestados dispone de una instalación fija. De estos, el 66% disponen de un sistema centralizado y el 75% de un sistema de calefacción mediante caldera de gasóleo, de los cuales la mayoría (61%) tienen más de 15 años de antigüedad.

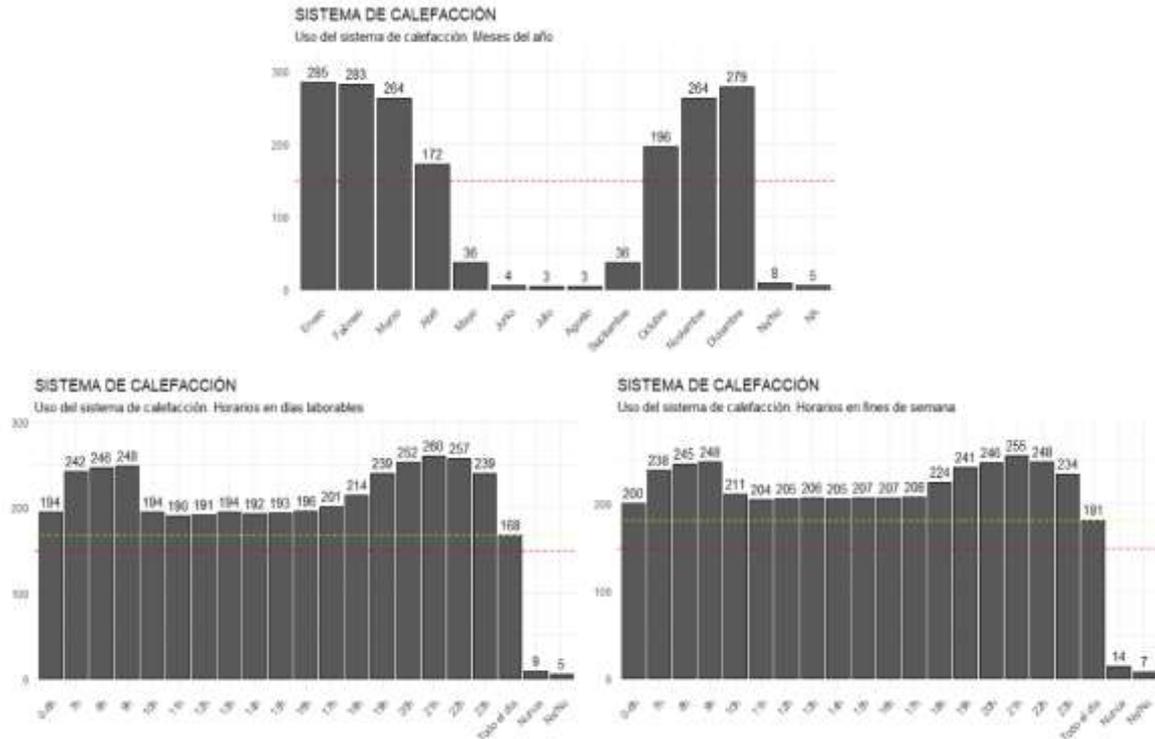
Referente al sistema de agua caliente sanitaria (ACS), aproximadamente la mitad de los encuestados disponen de un sistema compartido con el de calefacción. Vale la pena puntualizar que esta condición se da cuando el sistema de calefacción es mediante caldera de gasóleo. En cuanto a los sistemas de ACS independientes del sistema de calefacción, el 59% usa calderas eléctricas i el 38% termo acumuladores eléctricos. Con respecto a la antigüedad de los sistemas de ACS, igual que para los sistemas de calefacción, la mayoría tiene más de 15 años.

En cuanto a la refrigeración, tan solo un 7% de los encuestados dispone de este sistema por lo que la refrigeración no es significativa para el caso de estudio objeto del presente trabajo.

En relación con la iluminación, las lámparas son principalmente del tipo LED, y de media, los encuestados tienen 6 lámparas encendidas un mínimo de 4h.

A parte de la información referente a las características de los sistemas de climatización, iluminación, electrodomésticos, y aparatos electrónicos, también se obtuvo información referente a su utilización. La Figura 3 muestra los resultados obtenidos para el sistema de calefacción.

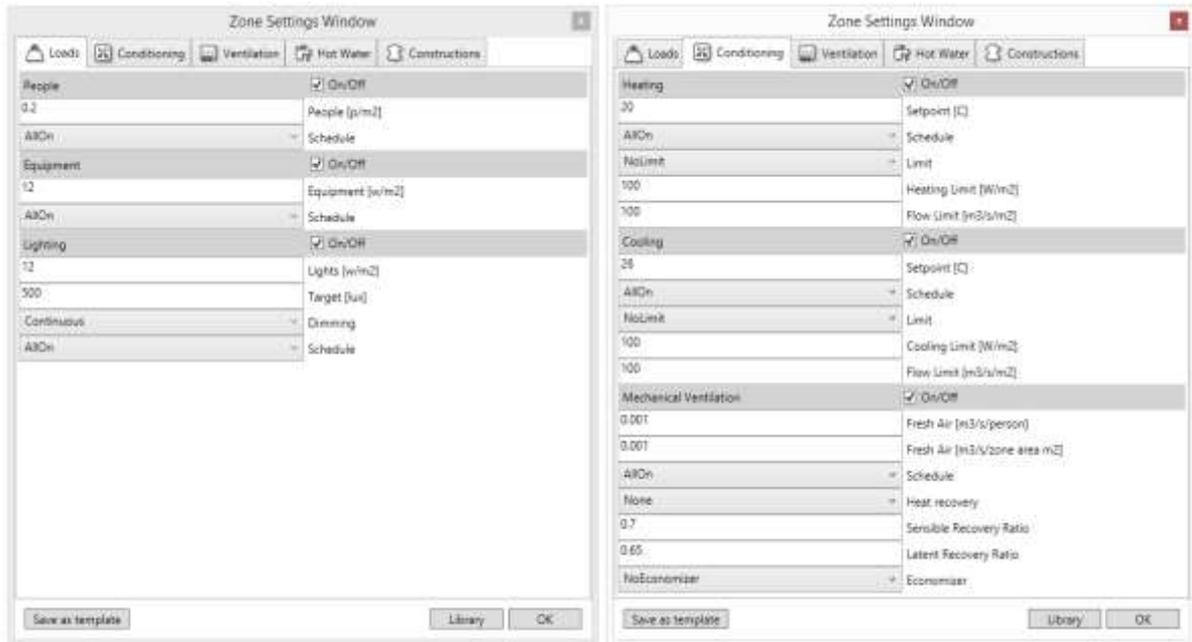




**Figura 3.** Utilización de los usuarios encuestados para el sistema de calefacción mensual y horaria

**Etapa V: Transformación de los resultados de la encuesta en información útil para el modelo**

Los datos requeridos por ArchSim, igual que las demás herramientas de modelización, son datos sobre la potencia por superficie ( $W/m^2$ ) para cada una de las propiedades no-geométrica como puede apreciarse en la Figura 4.



**Figura 4.** Pestaña de las cargas internas y acondicionamiento de la ventana de configuraciones de ArchSim

Aunque las preguntas diseñadas en la encuesta no recopilan esta información de forma directa porque ello requeriría de un alto conocimiento de los sistemas energéticos presentes en los hogares, sí que puede deducirse. En este sentido, se han estimado las potencias a partir del tipo de sistema y su antigüedad. Además, vale la pena mencionar que Archsim agrupa todos los electrodomésticos y aparatos electrónicos presentes en la vivienda en un solo elemento al que llama equipamiento tal y como se puede apreciar en la Figura 4. En la encuesta esta información se recopila para cada uno de los elementos por separado, por lo tanto, ha sido necesario agruparla.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Numerosos autores afirman que cada vez hay más evidencias que demuestran que los UBEMs tienen la capacidad de modelar con veracidad el uso energético global de los edificios, siempre y cuando se disponga de información suficiente de estos. No obstante, la escasez de datos disponibles relacionados con los edificios sigue siendo hoy en día una realidad en muchas ciudades y países. Un claro ejemplo de ello es el Principado de Andorra.

Generalmente, para obtener la información acerca de los sistemas de climatización, el tipo de iluminación, los electrodomésticos y aparatos electrónicos, así como los patrones de comportamiento de los usuarios, se suele recurrir a expertos locales con la capacidad y el conocimiento necesarios para estimar un valor lo más realista posible.



En el presente trabajo se ha visto que las encuestas pueden ser una herramienta muy útil para la obtención de datos no disponibles sobre el parque edificado. Pero antes de llevarlas a cabo hay que tener en cuenta ciertos aspectos que pueden influenciar la información recogida.

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta son las preguntas que componen la encuesta. Por un lado, hay que prestar especial atención a la formulación de estas. Hay que tener presente que las encuestas están dirigidas a personas que no siempre tienen conocimientos técnicos sobre los edificios y sus sistemas y equipos. De hecho, uno de los factores clave de la encuesta de Escaldes-Engordany fue el tipo de pregunta. El hecho que prácticamente la totalidad de las preguntas fueran de respuesta cerrada permitió que, aunque en ocasiones la persona encuestada no supiese la respuesta a la pregunta, esta era deducida por descarte de las respuestas.

Otro de los aspectos a tener en cuenta a la hora de realizar este tipo de encuestas es el método para la recogida de datos. Aunque la encuesta de Escaldes-Engordany fue diseñada lo más sencilla y breve posible, en muchos casos los encuestados necesitaron aclaraciones por parte del encuestador para poder contestar a algunas de las preguntas. Además, los otros métodos como el telefónico o la encuesta online presentan menores índices de respuesta.

La encuesta generada para Escaldes-Engordany ha permitido recopilar una gran cantidad de información sobre las propiedades no-geométricas de los edificios necesarias para poder generar el UBEM adecuadamente. En opinión de los autores, la encuesta generada, o una encuesta similar, debería realizarse de manera periódica por agencias regionales o nacionales para tener mayor conocimiento de las características del parque edificado y de los diferentes aspectos que afectan a su comportamiento energético. Esto permitiría disponer de una base de datos con información histórica muy útil, no solo para integrarla en un UBEM, sino también para realizar otros estudios energéticos relacionados con el parque edificado.

Buena parte del trabajo futuro en esta línea de investigación se centrará en cuantificar las mejoras introducidas gracias a las encuestas en cuanto a precisión del modelo. Para este fin, es fundamental disponer de los datos de consumo de energía final de los edificios para compararla con los resultados obtenidos de la simulación.

## FUENTES DE FINANCIAMIENTO

El presente trabajo ha sido financiado por el Departament d'Ensenyament Superior, Recerca i Ajuts a l'estudi del Ministeri d'Educació del Govern d'Andorra mediante la Ayuda de Tercer Ciclo (ATC021-AND-2018/2019) y la Ayuda de investigación por Temática Andorra (APTA0014-AND/2017).

## DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran la no presencia de conflicto de interés.





## APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El presente artículo presenta la aplicación una metodología basada en encuestas para complementar los datos catastrales necesarios para la fase de caracterización de los UBEMs.

## DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Todos los autores han contribuido de forma sustancial al diseño del manuscrito, búsqueda bibliográfica, análisis e interpretación de datos, redacción del manuscrito y revisión crítica de contenido.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración del Observatori de la Sostenibilitat d'Andorra (UPC), y la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) en el marco del proyecto de investigación BIA2016-77675-R concedido por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) del Gobierno de España, y el Centre de Recerca Sociològica del Institut d'Estudis Andorrans (CRES-IEA).

La autora Patricia Borges, agradece al Gobierno de Andorra la ayuda de tercer ciclo, ATC021-AND-2018/2019, 2019/2020.

## REFERENCIAS

- [1] A.A. Famuyibo, A. Duffy, P. Strachan, Developing archetypes for domestic dwellings - An Irish case study, *Energy Build.* 50 (2012) 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.03.033>.
- [2] O. Pasichnyi, J. Wallin, O. Kordas, Data-driven building archetypes for urban building energy modelling, *Energy*. 181 (2019) 360–377. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.197>.
- [3] M. Kavgic, a. Mavrogianni, D. Mumovic, a. Summerfield, Z. Stevanovic, M. Djurovic-Petrovic, A review of bottom-up building stock models for energy consumption in the residential sector, *Build. Environ.* 45 (2010) 1683–1697. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.01.021>.
- [4] L.G. Swan, V.I. Ugursal, Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 13 (2009) 1819–1835. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.033>.
- [5] W. Li, Y. Zhou, K. Cetin, J. Eom, Y. Wang, G. Chen, X. Zhang, Modeling urban building energy use: A review of modeling approaches and procedures, *Energy*. 141 (2017) 2445–2457. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.071>.
- [6] N. Abbasabadi, J.K. Mehdi Ashayeri, Urban energy use modeling methods and tools: A review and an outlook, *Build. Environ.* 161 (2019) 106270. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106270>.
- [7] M.H. Kristensen, R.E. Hedegaard, S. Petersen, Hierarchical calibration of archetypes for urban building energy modeling, *Energy Build.* 175 (2018) 219–234. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.07.030>.



- [8] C.C. Davila, C. Reinhart, J. Bemis, Modeling Boston: A workflow for the generation of complete urban building energy demand models from existing urban geospatial datasets, *Energy*. 117 (2016) 237–250.  
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.057>.
- [9] P. De Wilde, The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation, *Autom. Constr.* 41 (2014) 40–49.  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.02.009>.
- [10] C.F. Reinhart, C. Cerezo Davila, Urban building energy modeling - A review of a nascent field, *Build. Environ.* 97 (2016) 196–202.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.12.001>.
- [11] U.S. Energy Information Administration, Residential Energy Consumption Survey (RECS). <https://www.eia.gov/consumption/residential/>.
- [12] Departament d'Estadística del Govern d'Andorra, Població per Parròquia 2020. <https://www.estadistica.ad/> (accessed June 1, 2021).
- [13] T. Logan, ArchSim Primer, General concepts.  
<https://tkdogan.gitbooks.io/archsim-primer/content/EnergyModel.html> (accessed June 1, 2021).
- [14] COAA, SaAS, Quantificació del potencial d'eficiència energètica en el sector de l'edificació a Andorra (informe no públic), (2012).
- [15] Esri, ArcGis Survey123. <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>.
- [16] Departament d'Estadística del Govern d'Andorra, Enquesta Pressupostos Familiars. <https://www.estadistica.ad/serveiestudis/web/index.asp> (accessed June 1, 2021).
- [17] Institut d'Estudis Andorrans, Centre de Recerca Sociològica Homepage, (n.d.). <https://www.iea.ad/cres> (accessed June 1, 2021).
- [18] RStudio, Homepage. <http://www.rstudio.com/> (accessed June 1, 2021).



## NOTA BIOGRÁFICA



Patricia Borges. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-4447-2822>

Es investigadora en el Observatorio de la Sostenibilidad de Andorra (OBSA). Obtuvo su grado en Ingeniería de la Edificación, y tiene una maestría en Ciencia y Tecnología de la Sostenibilidad por la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Actualmente es doctoranda del programa de Doctorado en Sostenibilidad de la UPC, y sus principales líneas de investigación son la edificación y la energía.



Anna Pages-Ramon. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0003-3507-8492>

Es Doctora arquitecta. Es profesora del Departamento de Tecnología de la Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña. Sus investigaciones se centran en el ámbito de la arquitectura, la energía y la sostenibilidad.



Oriol Travesset-Baro. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0001-9997-9789>

Es investigador en el Observatorio de la Sostenibilidad de Andorra (OBSA). Es ingeniero de telecomunicaciones y doctor en ciencia y tecnologías de la sostenibilidad por la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC). Sus investigaciones recientes se han centrado principalmente en explorar cómo el Principado de Andorra puede avanzar hacia un sistema energético más sostenible. Sus principales intereses de investigación incluyen la modelización de sistemas energéticos, la planificación energética, las energías renovables y la movilidad sostenible.





This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.



Borges, Pages-Ramon & Travesset-Baro - Modelización energética del  
parque edificado a escala urbana: Encuestas como complemento a los datos  
catastrales en la fase de caracterización.

Julio – Diciembre 2021

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i3.370>

