



## **Habitat 3.0: De la ciudad a la casa en tiempos del Big Data**

**Daniel Movilla Vega**



## **Daniel Movilla Vega**

Es doctor arquitecto (mención internacional) e investigador en ArkDes, The Swedish Centre for Architecture and Design (Suecia). Forma parte del Grupo de Investigación en Vivienda Colectiva de la Universidad Politécnica de Madrid, UPM (España), donde inició su actividad docente como profesor de Proyectos Arquitectónicos. Desde 2009 ha desarrollado una actividad académica internacional centrada en el estudio de la vivienda. Mantiene un interés especial por la investigación en las áreas social y arquitectónica que se vinculan con la definición de nuevos enfoques colectivos de residencia y ciudad. Para ello, ha trabajado como investigador invitado en las universidades de Columbia (EE.UU.), TU Delft (Países Bajos), MARKhI (Rusia), FAU-USP (Brasil) y NTNU (Noruega).

Ninguna parte ni la totalidad de este documento puede ser reproducida, grabada o transmitida en forma alguna ni por cualquier procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito de la Fundación Alternativas.

© Fundación Alternativas  
© Daniel Movilla Vega

Maquetación: Vera López López  
ISBN: 978-84-15860-72-3  
Depósito Legal: M-20093-2017

# Índice

Resumen	4
1. Introducción	5
2. Caso Español	7
2.1 Red Española de Ciudades Inteligentes, RECI	7
2.2 SmartSantander	8
3. Análisis del caso Español	14
3.1. Puntos fuertes	14
3.2. Puntos débiles	14
4. Caso Noruego	16
4.1. Research Council y Centres for Environment-friendly Energy Research	16
4.2. The Research Centre on Zero Emissions Buildings	18
4.3. <i>ZEB Living Lab</i>	19
5. Propuesta de un laboratorio de vivienda en España	37
a. ¿Qué?	37
b. ¿Cómo?	38
c. ¿Para qué?	39
Referencias bibliográficas	45

# Resumen

El desarrollo del entorno digital ha experimentado un cambio de velocidad exponencial. Sin embargo, las herramientas de investigación en torno al diseño de la vivienda en España continúan siendo las del siglo pasado. Este estudio presenta, en primer lugar, un diagnóstico general de la situación de los laboratorios urbanos de tercera generación en el país a través de uno de los casos de estudio más significativos, SmartSantander. El análisis de sus fortalezas y debilidades constituye la base para la implementación de laboratorios de vivienda de tercera generación en el país. Dicha propuesta se elabora a partir de un estudio de buenas prácticas en Noruega, donde la NTNU, en colaboración con entidades públicas y privadas, ha desarrollado un proyecto exitoso de laboratorio residencial de tercera generación, el ZEB Living Lab en la ciudad de Trondheim. Tras examinar las particularidades del caso nórdico, se presenta una propuesta de actuación para el establecimiento de laboratorios residenciales 3.0 en España que se articula en torno a tres ejes: innovación en el hábitat, sostenibilidad social e impacto económico.

# Abstract

The development of the digital environment has experienced an exponential change. However, research tools for housing design in Spain remain as the ones from the previous century. Firstly, this study presents a general diagnosis of the situation of third generation urban laboratories in the country, drawn from one of the most significant case studies: SmartSantander. The analysis of its strengths and weaknesses is the basis for the implementation of third generation laboratories in the country. This proposal is based on a good practice study in Norway, where NTNU, in collaboration with public and private entities, has developed a successful third-generation residential laboratory, ZEB Living Lab in Trondheim. After examining the particularities of the Nordic case, a proposal is presented for the establishment of residential laboratories 3.0 in Spain. This is structured under three topics: habitat innovation, social sustainability and economic impact.

# 1. Introducción

El presente estudio parte de la consideración de que los principios que gobiernan el diseño de vivienda contemporánea aún permanecen ajenos a la apertura tecnológica que nuestra sociedad ha experimentado en las últimas décadas. El medio digital ha protagonizado uno de los desarrollos más exponenciales de la época, transformando radical e irreversiblemente nuestros hábitos y maneras de entender el mundo. Sin embargo, las herramientas de investigación que manejamos para el diseño residencial, así como su impacto en la ciudad, continúan siendo las mismas que en el pasado siglo.

La investigación que se incluye en este informe se ha llevado a partir del estudio de dos casos paradigmáticos, uno nacional y otro en el extranjero: el proyecto SmartSantander, ubicado en la ciudad de Santander, y el proyecto Living Lab de Trondheim, Noruega. En ambos casos se han desarrollado estudios de campo y entrevistas in situ a especialistas.

Se propone, en primer lugar, un diagnóstico de la situación actual de los laboratorios de tercera generación en España. A pesar de su escaso desarrollo y alcance en el país, en los últimos años se ha producido un importante despliegue de medios para el estudio de la ciudad como laboratorio urbano. Un buen ejemplo de ello es el proyecto SmartSantander, seleccionado como caso de estudio a nivel nacional. Durante el desarrollo de la primera fase de este proyecto se han instalado 12.000 sensores en el área urbana. Dicha infraestructura tiene como objetivo hacer de Santander una smart city, facilitando el desarrollo de modelos de laboratorio urbanos y residenciales de tercera generación. Este logro debería poder producirse de manera gradual, desde el análisis e interpretación cuantitativa de la ciudad al estudio cualitativo de la residencia: de la ciudad como laboratorio urbano – la esfera de lo público –, a la casa como laboratorio doméstico – la esfera de lo privado. Sin embargo, dicho salto está aún lejos de poder producirse en España. La escasa financiación pública, el desinterés de la empresa privada y la falta de una metodología científica verificada que permita implementar este tipo de laboratorios con garantías son los principales responsables de tal situación.

Para el estudio del caso internacional, el Living Lab de Trondheim, se ha realizado una estancia de seis semanas en la Norwegian University of Science and Technology, NTNU. Durante este periodo se ha llevado a cabo un estudio en profundidad sobre buenas prácticas en el ámbito de la investigación residencial en Noruega. El interés del país noruego en este ámbito de investigación radica en su tradición de regulación nacional de

diversos sectores vinculados a la construcción de la ciudad. Dicha regulación ha permitido proteger de la especulación inmobiliaria el entorno residencial construido y, como consecuencia directa, las áreas urbanas. Teniendo presente la especificidad del marco nórdico, el estudio desarrollado en The Research Centre on Zero Emissions Buildings, ZEB ha jugado un papel estratégico en la investigación debido a dos cuestiones: el carácter modélico de su financiación y su apuesta por establecer conexiones con la empresa privada. En esta línea, el objeto colocado bajo el microscopio ha sido el ZEB Living Lab, una instalación residencial de investigación polivalente construida en la ciudad de Trondheim por el ZEB Centre.

El análisis del ZEB Living Lab permitirá determinar, a través de un estudio comparado, las fortalezas y limitaciones del caso español. ZEB Living Lab es un proyecto exitoso de laboratorio de vivienda de tercera generación centrado en la investigación sobre edificios libres de emisiones de gases de efecto invernadero. La descripción del centro, sus sistemas de medición y la metodología aplicada, permitirán llevar a cabo una valoración de viabilidad a la hora de considerar una posible transferencia al caso español. Para ello, se han incluido en este estudio parte de los resultados ya obtenidos en el proyecto de investigación a nivel sociológico. Sin embargo, a fecha de elaboración del presente informe, los resultados de carácter energético no se han hecho aún públicos, por lo que no han sido considerados en el estudio.

Para concluir, este informe recopila un conjunto de propuestas para la implementación, en el contexto español, de un laboratorio residencial de tercera generación capaz de optimizar los puntos de interacción con los usuarios en situaciones basadas en la realidad. Este frente de aproximación al diseño residencial facilitará de manera simultánea el fomento de nuevos diseños urbanos, así como de procesos colaborativos y de gestión ciudadana emergentes en el entorno construido, para la próxima generación de viviendas y ciudades. Dichas propuestas se estructuran en tres apartados: innovación en el hábitat, sostenibilidad social e impacto económico.

## 2. Caso español

### 2.1. Red Española de Ciudades Inteligentes

La *Red Española de Ciudades Inteligentes, RECI*, comenzó en el año 2011 sobre la base del *Manifiesto por las Ciudades Inteligentes: Innovación para el progreso* (RECI, 2011). Este documento tenía como objetivo la creación de una red abierta que permitiera dinamizar el progreso de la economía, de la sociedad y de las empresas en las ciudades por medio del uso de las denominadas *Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC*.

La finalidad de esta estructura es llevar a cabo un avance conjunto en el desarrollo de ciudades sostenibles que repercuta de forma positiva en la vida de sus ciudadanos. Para ello, cuestiones como el ahorro energético, la movilidad sostenible, la gestión digital o la atención a los residentes ocupan un lugar central. La red se estructura en cinco ámbitos de actuación: 1) innovación social; 2) energía; 3) medioambiente, infraestructuras y habitabilidad; 4) movilidad urbana; y 5) gobierno, economía y negocios.

En la actualidad, la *RECI* cuenta con una presencia homogénea por el país a través de 65 ciudades, entre las que se encuentran Madrid, Barcelona o Santander. A su vez, la red forma parte de la *Federación Española de Municipios y Provincias, FEMP* y recibe el patrocinio de Telefónica.

El *Manifiesto de Ciudades Inteligentes* define éstas como ciudades que “*disponen de un sistema de innovación y de trabajo en red para dotar a las ciudades de un modelo de mejora de la eficiencia económica y política permitiendo el desarrollo social, cultural y urbano*”. Asimismo, reconoce entre sus principales objetivos la “*apuesta por las industrias creativas y por la alta tecnología que permita ese crecimiento urbano basado en el impulso de las capacidades y de las redes articuladas, todo ello a través de planes estratégicos participativos que permitan mejorar el sistema de innovación local*” (ibíd). De este modo, el *Manifiesto de las Ciudades Inteligentes* aborda la necesaria colaboración entre el sector público y privado para el progreso de la innovación tecnológica y el conocimiento. Esto se traduce en la oportunidad de conformar redes de investigación a través de proyectos específicos desarrollados de manera conjunta entre universidad y empresa. La apuesta por la investigación y el desarrollo no debe reducirse a la fase inicial de implementación de

sensores en la ciudad, tal y como ahora sucede en la gran mayoría de ellas, sino al aprovechamiento y explotación de los mismos.

## **2.2. SmartSantander**

El proyecto *SmartSantander* es una iniciativa de carácter experimental a escala urbana, construida sobre la base de dispositivos, aplicaciones y servicios propios de una ciudad inteligente. Dicha iniciativa ha sido diseñada en la ciudad de Santander con una voluntad lo suficientemente extensa, abierta y flexible como para poder fomentar una cooperación horizontal y vertical con otros proyectos experimentales. Estas condiciones son las que permitirán favorecer el desarrollo de nuevas aplicaciones por parte de los propios residentes. Se pretende así avanzar de manera cualitativa en el manejo de nuevas tecnologías del Internet de las Cosas, así como en el análisis de los test realizados por los usuarios en situaciones reales. La primera fase del proyecto ha implicado la instalación de alrededor de 20.000 sensores de diversas tecnologías repartidos entre las ciudades de Belgrado, Guildford, Lübeck y Santander. En esta última se han instalado cerca de 12.000 sensores.

*SmartSantander* está constituido por quince socios, entre los que se incluyen instituciones y empresas europeas y una institución australiana. Telefónica I+D y la Universidad de Cantabria han liderado el proyecto, esta última actuando como coordinador técnico. A ellos se han sumado el Ayuntamiento de Santander y el Gobierno de Cantabria, por medio de la Consejería de Industria y Desarrollo Tecnológico y SODERCAN (Sociedad para el Desarrollo Regional de Cantabria). El resto de socios del proyecto son Alcatel Lucent Italy, Alcatel Lucent Spain, Ericsson d.o.o, TTI Norte, las universidades de Surrey, Lübeck, Lancaster y Melbourne, la Commissaria à l'Energie Atomique, el Computer Technology Institute y el Alexandra Institute.

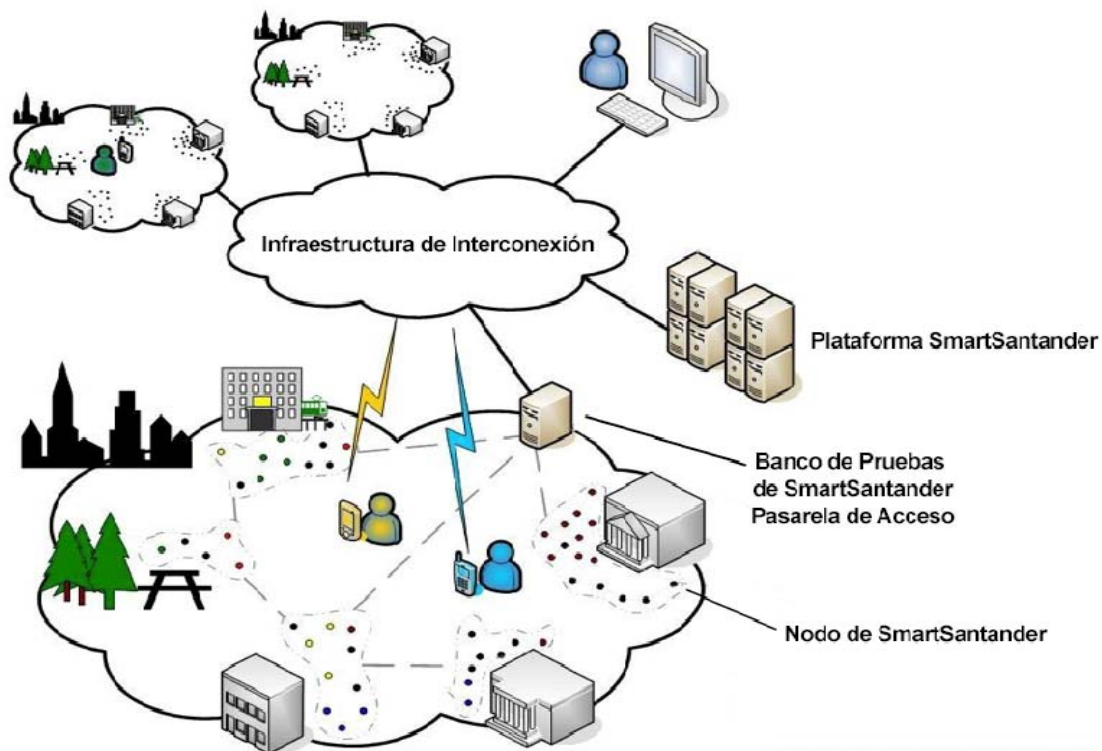
La primera fase del proyecto contó con un presupuesto total de 8,67 millones de euros, formando parte del séptimo Programa Horizonte 2020 de la Unión Europea, con una contribución comunitaria de 6 millones de euros. Por su parte, SODERCAN aportó 500.000 euros y Telefónica I+D 200.000 euros. Esta fase inicial tuvo una duración de tres años, desde septiembre de 2010 hasta septiembre de 2013.



## Funcionamiento de la infraestructura

*SmartSantander* está organizado como un centro experimental escalable, heterogéneo y fiable a gran escala para la implementación de nuevas tecnologías en la vida real. Los principales requerimientos para una plataforma experimental basada en el Internet de las Cosas se definieron de manera consensuada en el año 2009, durante las sesiones RWI de la Asamblea sobre el Futuro de Internet en Praga (Presser et al., 2009). El centro de Santander ha perseguido el cumplimiento de todos estos requerimientos. Para ello se ha construido la arquitectura informática de nivel avanzado que se muestra en la figura inferior. Esta arquitectura depende en gran medida de los componentes que existían en la ciudad con anterioridad al proyecto, siendo estos complementados con los nuevos dispositivos instalados.

Figura 1: Esquema de la arquitectura de *SmartSantander*.



*Fuente: SmartSantander.*

## ¿Qué puede ser analizado y cómo?

Entre los principales objetivos del proyecto se encuentra el fomento del uso de las instalaciones experimentales por parte de la comunidad científica, de los proveedores de servicios y de los usuarios finales, esto es, los ciudadanos. Se busca así reducir las barreras

técnicas y sociales que actualmente impiden que el Internet de las Cosas pueda ser una realidad manejable a nivel usuario en la vida cotidiana de la ciudad. Con el fin de atraer el interés de los distintos agentes y demostrar la utilidad de la plataforma *SmartSantander*, una de las medidas más importantes del proyecto ha sido la incorporación de una extensa gama de aplicaciones. Las áreas de aplicación fueron seleccionadas teniendo en cuenta su impacto potencial en los ciudadanos en términos de diversidad, escala y dinámicas esenciales para las soluciones avanzadas de protocolo, las cuales son evaluadas a través de la propia plataforma. Por ello, *SmartSantander* se constituye como una plataforma atractiva para los diferentes agentes implicados: la industria, las comunidades de usuarios, aquellas entidades que tienen la intención de usar la instalación experimental para probar y distribuir nuevos servicios y aplicaciones y, finalmente, investigadores del Internet de las Cosas, que pueden validar sus tecnologías de vanguardia (protocolos, algoritmos, interfaces de radio, etc.)

### **Funciones Principales**

Los objetivos de la plataforma se organizan en torno a tres funciones principales:

- 1) La validación de métodos de modelos arquitectónicos del Internet de las Cosas.
- 2) La evaluación de los elementos necesarios de la arquitectura del Internet de las Cosas, en los protocolos y mecanismos de gestión e interacción, tecnologías de los dispositivos y servicios de apoyo claves tales como localización, gestión de identidad y seguridad.
- 3) La evaluación de la aceptación social de los servicios ofrecidos a los ciudadanos, así como de las propias tecnologías del Internet de las Cosas.

### **Casos prácticos en funcionamiento**

Actualmente, el laboratorio *SmartSantander* está compuesto por alrededor de 2.000 etiquetas mixtas RFID con código QR, 200 módulos GPRS y 3.000 dispositivos IEEE 802.15.4, colocados tanto en ubicaciones estáticas (farolas, fachadas de edificios, paradas de autobús, etc.) como a bordo de vehículos móviles (autobuses, taxis). En el laboratorio que se ha desplegado por la ciudad de Santander se han implementado ya los siguientes casos prácticos:

- **Vigilancia ambiental.** Consta de alrededor de 2.000 sensores dispuestos principalmente por el centro de la ciudad, situados en farolas y fachadas (Fig. 2).

Dichos sensores aportan datos sobre diferentes parámetros medioambientales, tales como temperatura, CO2, contaminación acústica, iluminación y presencia de vehículos.

- **Gestión del aparcamiento exterior.** Incorpora en torno a 400 sensores de aparcamiento basados en tecnología ferromagnética, enterrados bajo el asfalto (Fig. 2). Dichos sensores detectan las plazas libres de aparcamiento en la zona.
- **Supervisión ambiental móvil.** Para completar la vigilancia ambiental anteriormente citada, además de la disposición de sensores en puntos estáticos, se recogen otros datos a través de dispositivos situados en vehículos que recorren partes determinadas de la ciudad. Dichos sensores se encuentran en 150 vehículos públicos, incluyendo autobuses, taxis, coches de policía y camiones de recogida de residuos.
- **Control de Intensidad de Tráfico.** Cerca de 60 dispositivos instalados en los principales accesos a la ciudad miden los principales parámetros de tráfico en tiempo real. Esto incluye volúmenes de tráfico, ocupación de la vía, velocidad de vehículos o longitud de cola.

Figura 2: Arquitectura de los sensores de Vigilancia Ambiental y Gestión del Aparcamiento Exterior en la ciudad de Santander.

La figura muestra una captura de pantalla del despliegue en el centro de Santander, donde se pueden observar los sensores de aparcamiento, luminosidad, CO2 y ruido.



*Fuente: SmartSantander.*

- **Guía de plazas libres de aparcamiento.** Un total de 10 paneles colocados en las principales intersecciones del viario de la ciudad dirigen a los conductores a las

plazas de aparcamiento libres. Esto es posible gracias a la información obtenida por los sensores de parking instalados.

- **Riego de parques y jardines.** En dos de las principales áreas verdes de la ciudad, el parque de Las Llamas y los jardines de Pereda, se han instalado alrededor de 50 dispositivos que monitorizan el riego. Se obtienen así parámetros relacionados con la humedad, la temperatura, la velocidad del viento o las precipitaciones, consiguiendo una mayor eficiencia en el sistema de riego.
- **Realidad aumentada.** En torno a 2.000 etiquetas RFID con código QR colocadas a lo largo de la ciudad ofrecen la posibilidad de señalar puntos de interés general, tales como lugares de atracción turística, comercio, parques, plazas y otros espacios públicos. A pequeña escala, este servicio permite distribuir información sobre la base de ubicación en el medio urbano.
- **Sensores participativos.** En este escenario, los usuarios emplean sus dispositivos móviles para enviar información física - coordenadas GPS, orientación, datos ambientales (ruido, temperatura, etc.). Esta información alimenta a su vez la plataforma *SmartSantander*. Asimismo, se ofrece a los usuarios la suscripción a servicios gratuitos, como "El Pulso de la Ciudad", a través de la cual poder recibir alertas de determinados tipos de acontecimientos que tienen lugar en ese momento en la ciudad. Los usuarios pueden también convertirse en transmisores de dichos datos, informando al servicio acerca de esos mismos eventos y notificando a otros usuarios.

### **Programas anexos**

- **Recogida de Residuos Inteligente.** Este programa permite conocer parámetros variables del Servicio de Recogida de Residuos y de Limpieza de la ciudad en tiempo real. Para ello se emplea una infraestructura de sensores de llenado instalados en los propios contenedores de residuos. La empresa especializada en tecnología NEC, junto con la empresa concesionaria del servicio de recogida de residuos y limpieza viaria ASCAN-GEASER, han desarrollado un proyecto pionero que dota al servicio de la inteligencia necesaria para el análisis de datos en tiempo real como una herramienta para la toma de decisiones en su gestión. Esta dotación permite minimizar los recursos necesarios y reducir los costes operativos derivados de la prestación del servicio. El proyecto ha sido financiado al completo por la empresa ASCAN-GEASER, tal y como se había establecido en el pliego de

condiciones para la concesión del Servicio de Recogida de Residuos y de Limpieza Viaria.

- **Smart Water.** A través de una infraestructura de sensores de supervisión y monitorización de agua instalados en las tuberías, se obtiene información que permite adecuar y hacer más eficaces las necesidades relativas al suministro, la gestión y la optimización de la red de agua por parte de Aqualia, la empresa que gestiona el abastecimiento de agua en Santander. Asimismo, la empresa ofrece la posibilidad a sus usuarios de conocer su consumo en tiempo real y de recibir avisos sobre el estado del servicio por medio de una aplicación. Debido a su complejidad y alto coste económico, este proyecto se ha llevado a cabo exclusivamente en un único barrio de la ciudad, Nueva Montaña, a modo de prototipo.

## 3. Análisis del caso español

### 3.1. Puntos fuertes

*SmartSantander* se presenta como un proyecto con un enorme despliegue tecnológico que, actualmente:

- a) Con respecto a la innovación en el hábitat urbano, beneficia directamente a los ciudadanos facilitando el aparcamiento de vehículos, ofreciendo información sobre la ciudad y sobre el consumo de suministros.
- b) En relación con la sostenibilidad social, promueve el desarrollo de proyectos de jóvenes investigadores y su empleabilidad, estableciendo una colaboración con el departamento de Ingeniería de la Comunicación de la Universidad de Cantabria.
- c) Finalmente, en lo que se refiere al impacto económico, el centro proporciona un ahorro sustancial a las empresas de residuos y gestión del agua que participan de él, ofrece servicios de realidad aumentada y de información al sector turístico y optimiza las prestaciones del Ayuntamiento a los ciudadanos.

### 3.2. Puntos débiles

La implementación del proyecto *SmartSantander* en la ciudad de Santander se llevó también a cabo con el objetivo de fomentar los proyectos experimentales en la comunidad científica. No obstante, el ámbito académico ha quedado reducido al de las tecnologías de la información y de las telecomunicaciones. El laboratorio se encuentra en condiciones de poder servir como plataforma para otros campos de investigación, tales como el tráfico, la ciencias de los materiales, el medio ambiente, la salud, las ciencias sociales o la arquitectura.

#### Problema 1

Los trabajos de investigación que se llevan a cabo a través de *SmartSantander* se centran en el estudio de las tecnologías y funcionalidades (arquitecturas de sistemas, *Smart Water*, recogida inteligente de residuos o análisis de tráfico), de procesos directos e

independientes. No constituyen en conjunto, por tanto, un grupo de ensayos ambicioso a partir del cual poder desarrollar un proyecto de innovación de mayor complejidad.

En muchas ocasiones, el alcance directo del servicio a los ciudadanos se confunde con la búsqueda de una metodología simple. Un ejemplo ilustrativo de ello puede observarse en los sensores que se han instalado en los contenedores de basura o en las tuberías de Aqualia. La aplicación de una metodología simple y directa (lleno/vacío o caudal de agua) reduce notablemente la potencialidad del sensor, que se limita a la transferencia sencilla de datos.

## **Problema 2**

Debido a la falta de propuestas de investigación más ambiciosa, la directiva ha decidido mantener los sensores en abierto con la pretensión de que cualquier ciudadano, empresa o grupo de investigación de la universidad pueda plantear nuevos proyectos o desarrollar prototipos de aplicaciones que haban uso de los datos recogidos por los sensores. Sin embargo, esta medida se ha revelado insuficiente. La atracción y conservación de talento humano y conservarlo requiere un plan estratégico de investigación de mayor alcance.

Los proyectos de I+D que forman sinergias entre la universidad y la empresa privada necesitan instalaciones con una infraestructura de investigación compleja, esto es, instrumentos de ensayos avanzados que requieren una metodología específica y especializada. El despliegue de estos medios dentro del ámbito estratégico del proyecto permitiría la atracción de grupos de investigación y empresas innovadoras a día de hoy demandan medios tecnológicos punteros.

## **Problema 3**

*SmartSantander* es un proyecto de escala urbana. El proyecto inicial partía del estudio comparativo de cuatro ciudades: Belgrado, Guildford, Lübeck y Santander. En la actualidad está centrado en la ciudad de Santander y debido a la amplitud de la superficie de trabajo, ciertos proyectos como *Smart Water* se han visto obligados a trabajar con áreas más reducidas de la ciudad. El despliegue de una infraestructura de sensores conlleva un presupuesto que aumenta con el tamaño de la zona de estudio. Por ello, y debido a la falta de fondos económicos, parece razonable pensar en el manejo de proyectos de menor escala, con voluntad de configurarse como prototipos, que se sirvan de la infraestructura global y sean escalables a nivel urbano.

## 4. Caso Noruego

El caso de estudio internacional seleccionado es el *ZEB Living Lab* de la ciudad de Trondheim, un laboratorio de vivienda de tercera generación desarrollado por el *Research Centre on Zero Emissions Buildings, ZEB*. Dicho centro pertenece a su vez al programa *FME* desarrollado por el *Research Council* del gobierno noruego.

### 4.1. Research Council y Centres for Environment-friendly Energy Research

El *Research Council* de Noruega es una agencia nacional que actúa como consejera para las autoridades gubernamentales del país en materia de investigación. A tal efecto, distribuye en torno a 9 mil millones de coronas noruegas (990 millones de euros) anuales para el desarrollo de actividades de investigación e innovación. Dicho consejo trabaja para promover la cooperación internacional e incrementar la participación dentro del área de investigación e innovación del *Programa Marco* de la Unión Europea. En este contexto, el *Research Council* crea lugares de encuentro y proporciona plataformas de diálogo entre investigadores, destinatarios de la investigación y patrocinadores de dicha actividad.

El programa de los *Centres for Environment-friendly Energy Research, FME* está dirigido por el *Research Council* de Noruega. A través de él, se persigue el establecimiento de centros de investigación durante periodos de tiempo limitado que lleven a cabo proyectos acotados y, a largo plazo, de alto alcance internacional. En términos generales, el *FME* busca dar solución a desafíos específicos del sector energético. Entre los objetivos concretos del programa se encuentran:

- 1) Estimular la innovación en las empresas, haciendo especial hincapié en investigación a largo plazo y atrayendo a compañías que trabajen en el ámbito internacional para que establezcan sus proyectos de I+D en Noruega.
- 2) Facilitar los vínculos entre empresas de innovación y grupos de investigación de gran impacto.
- 3) Promover el desarrollo de grupos de investigación punteros a nivel internacional y su inclusión en redes internacionales.



- 4) Estimular la formación en investigación en aquellos campos que sean de interés específico para los socios empresariales, y fomentar la transferencia del conocimiento y la tecnología obtenida entre investigación y empresa.

El programa *FME* cubre el espectro completo de investigación en materia de energías respetuosas con el medio ambiente. Como punto de partida engloba todas las áreas que cubren los programas energéticos del *Research Council* (*ENERGIX* y *CLIMIT*). Precisamente, los centros se estructuran en torno a cada una de las siguientes cuatro áreas temáticas:

- a) Sistemas energéticos
- b) Consumo y conversión energéticos
- c) Energías renovables
- d) Captura y almacenamiento de Carbono (CCS)

### **Institución Anfitriona y socios**

Los centros *FME* se constituyen a partir de una institución anfitriona, pudiendo ser ésta una universidad, una facultad o un centro de investigación. Como requisito principal, dicha institución debe tener una sólida reputación dentro de las áreas especializadas sobre las que trabajará el centro. La administración del organismo anfitrión debe emitir una declaración de intenciones expresando su compromiso a la hora de cumplir las obligaciones como institución anfitriona, y explicar el modo en que la investigación del *FME* se integra dentro de su plan estratégico de investigación.

Los socios (empresas, organizaciones públicas y otros centros de investigación) deben colaborar con el centro a través del aporte de financiación, instalaciones y conocimiento, así como de iniciativas propias, durante el ciclo de vida del centro. De igual modo, los socios comerciales tienen la obligación de señalar el potencial comercial que prevén gracias a las actividades del centro.

### **Presupuesto**

El presupuesto total asignado por parte del *Research Council* para los once centros del plan *FME* ascienden a 1.200 millones de coronas noruegas (130 millones de euros) durante un periodo de ocho años. Cada centro recibe una asignación del *Research Council* de entre 8 y

20 millones de coronas noruegas (880.000 y 2.200.000 euros) al año, y la institución anfitriona y los socios deben contribuir con, al menos, la misma cantidad.

## 4.2. Research Centre on Zero Emissions Buildings

*Research Centre on Zero Emissions Buildings* o *ZEB Centre* es uno de los once centros nacionales para Investigación en Energías Responsables con el medio ambiente, *FME*, establecido por el *Research Council* de Noruega para el periodo 2009-2016. De los cuatro grupos temáticos de los centros *FME*, *ZEB Centre* se enmarca dentro de la investigación en sistemas energéticos y en consumo y conversión energéticos, y tiene como objetivos principales la contribución al desarrollo de tecnologías energéticas respetuosas con el medio ambiente y el incremento del nivel de conocimiento en este área en Noruega.

La institución anfitriona del centro es la *Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet*, *NTNU*, estando dirigido conjuntamente por dicha universidad y por el instituto de investigación *SINTEF*. Esta co-dirección permite una posición estratégica, garantizando el intercambio permanente de ideas entre el *ZEB Centre*, la comunidad académica internacional y la industria de la construcción de Noruega.

El interés del *ZEB Centre* para este estudio se encuentra en el amplio rango de materias que abarca su equipo de investigadores. El centro nació inicialmente para el desarrollo de productos y soluciones eficientes para la edificación, tanto de nueva planta como de edificaciones existentes - de uso residencial, comercial y público -, que permitieran la penetración en el mercado de edificios de emisiones cero de gases de efecto invernadero en cualquiera de los procesos de construcción, uso o demolición.

Desde su fundación, el *ZEB Centre* ha participado activamente en nueve proyectos de edificación, tanto de reforma como de nueva construcción, entre los que se encuentran viviendas, edificios de oficinas y laboratorios de vivienda:

- 5 viviendas unifamiliares de nueva planta, de 154 m<sup>2</sup> cada una, en Skarpnes, Arendal.
- 2 edificios de oficinas renovados en el *Powerhouse Kjørbo* de 5.000 m<sup>2</sup> en total, Sandvika.
- Una vivienda unifamiliar de demostración *ZEB Pilot House* de 200 m<sup>2</sup> en Larvik.
- 720 viviendas de nueva construcción de 80.000 m<sup>2</sup> en total en Ådland, Bergen.
- Un edificio de oficinas de nueva construcción de 2.000 m<sup>2</sup> en Visund, Haakonsværn.

- El edificio de oficinas de nueva construcción *Powerhouse Brattøra* de 14.000 m<sup>2</sup> en Trondheim.
- El instituto de educación secundaria de nueva construcción *Heimdal VGS* de 26.000 m<sup>2</sup> en Trondheim.
- El edificio de oficinas de nueva construcción *Campus Evenstad* de 1.100 m<sup>2</sup> en Koppang.
- El edificio de investigación de nueva construcción *ZEB Living Lab* de 100 m<sup>2</sup> en Trondheim.

En todos ellos se ha desarrollado una investigación cuyo objetivo ha sido lograr el objetivo de emisiones cero.

El *ZEB Centre* en la actualidad reporta los siguientes beneficios:

- a) Con respecto a la innovación en el hábitat, investiga sobre edificios que proporcionan un ambiente interior salubre y confortable, flexible frente a los posibles cambios de las necesidades y exigencias del usuario; prima el diseño arquitectónico y la sencillez en la construcción, uso, operatividad y mantenimiento; y por último, se persigue que los ensayos que se llevan a cabo tengan un impacto ambiental negativo mínimo durante su construcción, uso y demolición, y que sean resistentes a los posibles cambios meteorológicos del clima al que están expuestos.
- b) En relación con la sostenibilidad social, el centro incorpora la cadena de valor de investigación y mercado dentro de la industria de la construcción noruega. Esto representa más de 200.000 empleados - incluyendo jóvenes investigadores y estudiantes.
- c) Finalmente, se ha demostrado un impacto económico del centro especialmente significativo. La facturación anual media durante este periodo ha sido de 360 mil millones de coronas noruegas (40.000 millones de euros), aportando beneficios económicos a constructores, usuarios y a la sociedad.

## 4.3 ZEB Living Lab

### ¿Qué es un *Living Lab*?

Un *Living Lab* se define como un laboratorio de investigación en el que se estudia el desarrollo de nuevas tecnologías y su interacción con los usuarios. En los años ochenta,

William Mitchell, desde el *Massachusetts Institute of Technology*, MIT definió la operativa *Living Lab* como un método para el prototipado y validación de soluciones complejas en un medio lo más natural posible. Los *Living Labs* pueden ser utilizados también como laboratorios de investigación en materia residencial donde se recojan y analicen patrones humanos de comportamiento.

Asimismo, el estudio requiere el despliegue del término ‘casa’ en dos conceptos: ‘vivienda’ y ‘hogar’. Por ‘vivienda’ se entiende la construcción física, mientras que la idea de ‘hogar’ se conecta con la esfera social, de las emociones y de las relaciones humanas (Ellsworth-Krebs et al., 2015).

Los conocimientos que se han extraído del experimento que se llevó a cabo en el *Living Lab* de Trondheim han permitido entender el modo en que esta doble idea de ‘casa’, en tanto que ‘vivienda’ y ‘hogar’, puede emerger en un entorno altamente tecnológico.

#### 4.3.1. El laboratorio

##### ***ZEB Living Lab***

El proyecto *ZEB Living Lab*, situado en la ciudad noruega de Trondheim, consiste en un laboratorio en el que poder analizar las tecnologías de última generación que buscan alcanzar la emisión de energía neta cero. Dicho laboratorio, desarrollado por el *ZEB Centre*, adopta la forma material y las funciones específicas de una vivienda unifamiliar de 100 m<sup>2</sup>, de la que se prevé un periodo de vida útil de 60 años (figura 3). El objetivo de emisión cero se plantea, por un lado, minimizando la demanda energética en el periodo de uso, y por otro, produciendo energía solar, acumulando de este modo un excedente de energía anual (Goia et al., 2015).

Figura 3: El *ZEB Living Lab* durante la última fase de su construcción: izquierda: vista suroeste; derecha: vista noroeste.



Fuente: *ZEB Centre*

El primer experimento cualitativo en el *ZEB Living Lab* tuvo lugar entre los meses de septiembre de 2015 hasta abril de 2016. Durante este tiempo se seleccionaron seis grupos de residentes, de entre dos y cuatro miembros cada uno, que residieron en el laboratorio durante periodos de 25 días cada uno. Los grupos de residentes incorporaron a parejas de adultos con edad superior a 60 años, parejas con hijos pequeños y parejas de estudiantes menores de 30 años. Todos ellos debían haber convivido juntos con anterioridad.

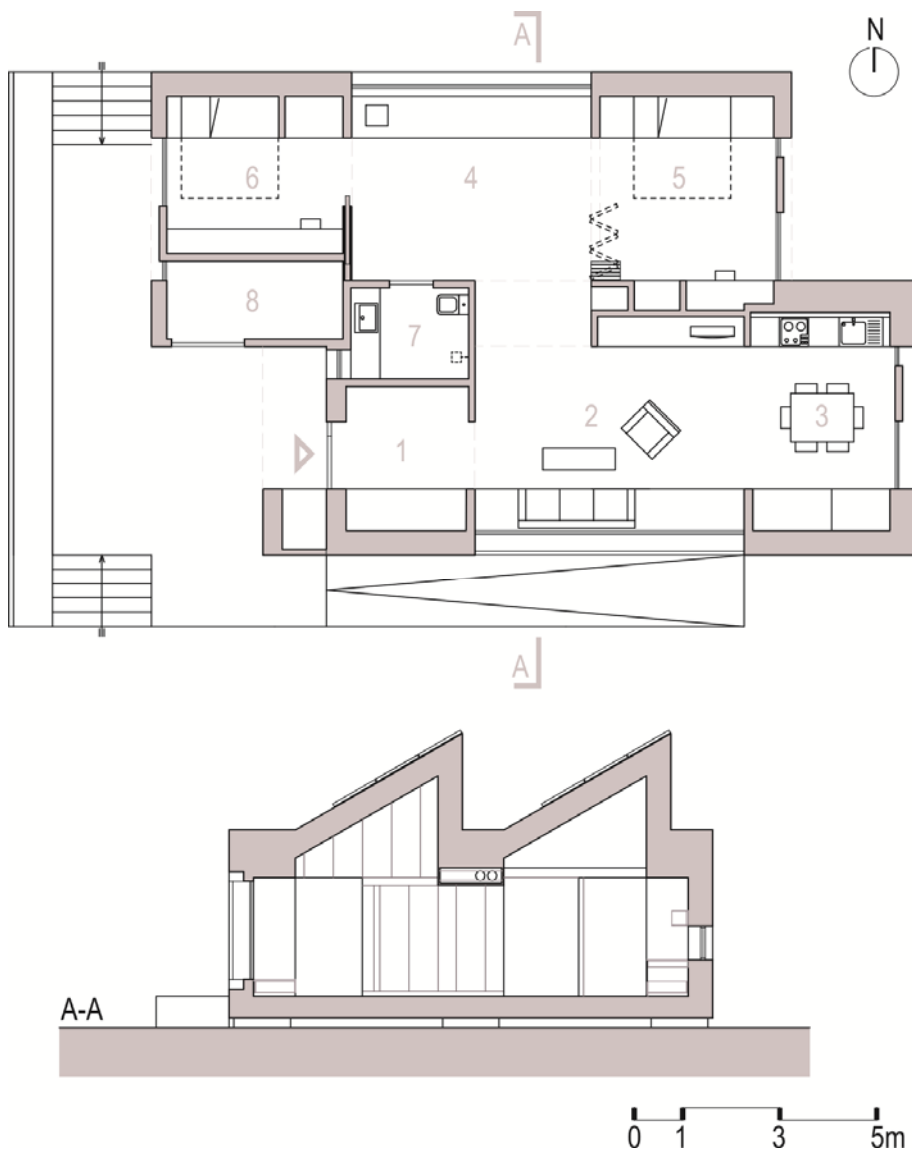
- Grupo 1: Estudiantes. Pareja heterosexual de 22 años de edad. Anteriormente residían en un apartamento de estudiantes de 52 m<sup>2</sup>.
- Grupo 2: Estudiantes. Dos amigas de 20 y 21 años. Antes del experimento residían en un apartamento compartido junto con otras tres chicas. El apartamento se encontraba en un edificio de viviendas que había sido construido en 1905.
- Grupo 3: Familia heterosexual con hijos pequeños. En el momento del experimento la madre tenía 31 años, el padre 36, el hijo mayor 6 años y la hija pequeña 2 años. Anteriormente residían en una casa adosada de 185m<sup>2</sup>, construida en 2007.
- Grupo 4: Pareja heterosexual de más de 60 años. En el momento del experimento el marido tenía 81 años y la esposa 68 años. Anteriormente vivían en una casa unifamiliar de 170 m<sup>2</sup>.
- Grupo 5: Familia heterosexual con hijos pequeños, la madre de 31 años, el padre de 37 y las dos hijas de 3 y 2 años respectivamente. Anteriormente residían en una casa unifamiliar de 135 m<sup>2</sup>.
- Grupo 6: Pareja heterosexual de más de 60 años, el marido de 61 años y la esposa de 56 años. Antes del experimento residían en una vivienda unifamiliar de 120 m<sup>2</sup>.

El experimento fue dirigido por un grupo interdisciplinar de investigadores, integrado por arquitectos, sociólogos e ingenieros. Además de los seis grupos, uno de los investigadores del equipo residió en la casa durante un período de prueba de una semana antes del inicio del experimento, con el fin de probar el adecuado funcionamiento del equipamiento técnico.

El área material de estudio está organizada a modo de vivienda unifamiliar de dos habitaciones, ubicada en el límite con el campus de la *NTNU* en Trondheim. La vivienda cuenta con un volumen total aproximado de 500 m<sup>3</sup> y con una superficie calefactada de aproximadamente 100 m<sup>2</sup>.

La vivienda, así como la mayor parte del mobiliario que ésta incorpora, son un diseño del arquitecto Luca Finocchiaro. La planta de la vivienda (figura 4) se organiza en dos estancias diáfanas principales, una zona de estar orientada a sur y una zona de trabajo y descanso orientada a norte. La entrada está localizada en el extremo suroeste, y el recibidor está abierto al salón y a la cocina, permitiendo el acceso directo. Las dos estancias, orientadas al este y al oeste respectivamente, se encuentran a cada uno de los lados de la estancia de trabajo y estudio. La habitación de control técnico (con acceso sólo desde el exterior de la vivienda), el baño y la cocina, se encuentran en el eje central de la planta, optimizando así la distribución del equipamiento técnico.

Figura 4: Planta y sección del *Living Lab* (1: entrada; 2: zona de estar; 3: cocina; 4: zona de estudio y trabajo; 5,6: habitaciones; 7: baño; 8: habitación de control técnico)



Fuente: ZEB Centre.

A nivel constructivo, la vivienda incorpora un aislamiento térmico adecuado a las condiciones climáticas de su ubicación: las paredes, el suelo y la cubierta cuentan están resueltos con una estructura de madera convencional con triple capa aislante de lana de roca, de 40, 40 y 45 cm respectivamente. Asimismo, la vivienda cuenta con las últimas tecnologías en aislamiento térmico, equipamiento de vivienda, aprovechamiento de energía solar, sistemas de climatización y control de superficies.

Asimismo, el *ZEB Living Lab* incorpora dispositivos con los que poder medir parámetros como el suministro energético, los sistemas de calefacción y climatización y el análisis de ciclo de vida, ACV. En definitiva, el experimento residencial permite el estudio de los aspectos sociales, físicos y técnicos que determinan la demanda energética de la vivienda.

### **El experimento: contexto técnico y social**

La evaluación del rendimiento de la vivienda se llevó a cabo en seis marcos sociales diferentes, coincidentes con los seis grupos de residentes mencionados. Las mediciones se realizaron a partir de las actividades diarias de los usuarios. El número de grupos y el tiempo de duración de cada periodo se determinó en función de tres factores: a) el marco presupuestario del que se disponía; b) el tiempo limitado del que se disponía del laboratorio; y c) la necesidad de incluir tantos grupos de residentes como fuera posible con el fin de que los resultados del experimento pudieran contrastarse, siendo lo más precisos y fiables que fuera posible.

De acuerdo con los datos recogidos por el *ZEB* durante los diferentes periodos de residencia, el mayor desafío para los usuarios fue el establecimiento de su propio hogar en un periodo de tiempo breve y en una vivienda con prestaciones tecnológicas más avanzadas de lo habitual. Sin embargo, la desvoltura de los residentes ante estas dificultades fue aprovechada por el equipo de investigadores de cara a la comprensión de la evolución del hogar y a la evaluación del rendimiento energético, arrojando luz sobre el vínculo entre costumbres de la vida diaria y consumo energético.

Otra cuestión estrechamente asociada con el entendimiento del hogar que jugó una especial importancia en el experimento fue la privacidad, esto es, la creación de un espacio de relación y hábitat íntimo. Esta privacidad fue entendida en el caso de estudio noruego sobre la base de los planteamientos de Garvey (2001) y Gullestad (1992). La privacidad del hogar fue así considerada como el lugar de oportunidad en el que se desarrollaban las negociaciones y compromisos entre los miembros de la familia para establecer las rutinas y

el uso de los espacios y de los objetos. Estas negociaciones se entendieron como un proceso continuo que reorganizaba el hogar de manera permanente y que influía de manera directa o indirecta en el consumo energético (Ellsworth-Krebs et al., 2015).

#### **4.3.2. El experimento social**

##### **Metodología para la medición y valoración del hogar: observación de los participantes en un espacio experimental.**

Los aspectos anteriormente mencionados tienen un impacto significativo en el proceso de formación de una casa dentro de la metodología *Living Lab*. Los grupos de residentes querían tener una "casa bonita", pero mudarse al laboratorio implicaba una clara ruptura con sus rutinas que les distanciaba de las estrategias decorativas que tenían en sus propias casas y que representaba un desafío para su propio sentido de la privacidad (Cieraad, 1999).

Los pocos objetos que llevaron consigo los grupos de residentes fueron, desde el punto de vista sociológico, un claro indicador de lo que los usuarios estimaban necesario en el proceso de preservación de la idea de hogar.

Otro aspecto que condicionó las decisiones de los usuarios durante la mudanza y residencia fue el máximo aprovechamiento de las posibilidades que ofrecía la vivienda. En este sentido, un *Living Lab* no debería estar concebido como una mera vivienda estándar con la pretensión última de sacarle partido, sino que ha de ser diseñada según los mejores parámetros de diseño de arquitectura contemporánea. Éste fue el planteamiento que prevaleció en el *ZEB Living Lab* de Trondheim, dando como resultado una vivienda que, a efectos materiales y funcionales, resultaba muy diferente a las casas habituales de los usuarios.

El equipo de investigación que trabaja en el experimento cualitativo incluye un antropólogo y un sociólogo. Con el fin de recopilar información de carácter empírico, se utilizaron métodos cualitativos antes, durante y después de los períodos de residencia. Estos métodos incluyeron entrevistas estructuradas y semiestructuradas, fotografías y observación de los participantes. Asimismo, los residentes escribieron un diario, hicieron grabaciones de video y se hicieron responsables de rellenar un libro de visitas. Las preguntas de las entrevistas antes y después de la estancia se centraron en las expectativas y experiencias de los propios usuarios, mientras que las entrevistas realizadas durante el periodo de estancia iban



dirigidas al entendimiento de las actividades diarias que llevaban a cabo en la nueva vivienda. Las entrevistas durante las estancias tuvieron lugar durante la tercera semana, en la mayoría de las ocasiones tras 16-18 días de residencia.

Los diarios de los residentes tenían como objetivo la obtención de una visión general de sus rutinas en la casa, en lo relativo a los horarios de uso, así como del tipo de actividades que se llevaron a cabo en ella. Estos diarios resultaron útiles también a la hora de analizar los datos de energía registrados por los sensores (detallados en el siguiente capítulo). De este modo, pudo trazarse una relación directa entre actividad en el hogar y consumo de energía doméstica.

Las cuestiones metodológicas que surgieron del estudio antropológico y sociológico del experimento se comenzaron a abordar en junio de 2015, casi tres meses antes del inicio del experimento. La observación y el estudio de los sujetos se convirtió, no sin cierto escepticismo por parte de los sectores más críticos, en un método validado por el propio contexto experimental que proporciona el *Living Lab*. Esto no sólo es posible, sino también necesario, en contextos que simulan recreaciones de la vida real. En el caso específico del *ZEB Living Lab*, las relaciones entre los usuarios tenían lugar en el espacio de veinticinco días, pasados los cuales se comenzaba a desarrollar un nuevo conjunto de relaciones. Uno de los retos fue tratar de preservar la independencia de estas relaciones en cada grupo. El objetivo de ello era evitar las reminiscencias de los anteriores hogares, animando a los residentes a hacer su propio hogar en el *ZEB Living Lab* durante su periodo de estancia, independientemente de las actividades que hubieran realizado los anteriores residentes (Korsnes et al., 2016).

También se incorporó al experimento el modo en que los usuarios percibían la casa y la tecnología que se había implementado. A tal efecto, las principales herramientas utilizadas, además de los cuadernos y de una cámara, fueron la propia capacidad de observación del antropólogo y las entrevistas a los residentes sobre su propia experiencia.

La respuesta al contexto humano experimental se centró en las relaciones secuenciales entre los seis grupos que vivieron en el laboratorio. La variable humana se consideró como el principio fundamental que guiara el experimento, examinando o comparando tanto el orden como las rutinas sociales de los diferentes grupos. El método aplicado para el análisis y la interpretación de las conversaciones consistió en la observación paciente de la actividad social y de la participación de los miembros en las mismas. A pesar de que en el *ZEB Living Lab* los nuevos grupos se mantuvieron separados de los residentes anteriores, la

investigación requirió que el contexto social establecido por cada grupo residente fuera comparado con los anteriores e interpretado sobre esta base.

Asimismo, el antropólogo efectuó diversas visitas informales al laboratorio durante los periodos de residencia. Durante las mismas se mantuvieron conversaciones cortas e informales con los residentes. La duración de estas visitas se estableció a través de mutuo acuerdo con los residentes.

La información recopilada durante estos periodos no era en ningún caso desligable del contexto noruego. Al contrario, el contexto experimental en el que se ha realizado el trabajo de campo en el laboratorio ha desafiado la capacidad de los residentes para establecer el sentimiento de privacidad necesario para sus rutinas diarias. La casa *ZEB Living Lab* forma parte del campus universitario de Trondheim, estando muy próxima a una carretera transitada. Esta situación condujo a que los residentes a menudo se sintieran observados, incluso cuando el equipo de investigación no estaba tomando datos. Las ventanas del *ZEB Living Lab* eran de grandes dimensiones y no todas contaban con persianas o cortinas que permitieran el aislamiento visual. Esta situación generó diversas respuestas. La primera pareja que residió en el laboratorio, por ejemplo, al descubrir que había muchas posibilidades de ser observados si caminaban desnudos entre el dormitorio principal y el baño, decidió ir a su vivienda habitual el segundo día para recoger sus batas. De hecho, el uso de persianas en el *Living Lab* se convirtió en un indicador del grado de satisfacción que mostraban los residentes en relación a su exposición con exterior. Un grupo de residentes, por ejemplo, no llegó a hacer uso de las persianas durante su estancia, sino que recurrió al sistema de sombreado, que permitía mantener más contacto con el exterior. Otro grupo de residentes, en cambio, comenzó su periodo de estancia con las persianas abiertas y terminó con ellas cerradas. El uso de estos elementos en el *ZEB Living Lab* contrasta con la falta de cortinas cerradas en la mayoría de las salas de estar y cocinas noruegas.

### **¿Se puede formar un hogar en un *ZEB Living Lab*?**

Podemos definir el término hogar como una idea localizable que representa y organiza el espacio a lo largo del tiempo (Douglas, 1991). Veinticinco días es un periodo de tiempo considerablemente más extenso que unas vacaciones, pero considerablemente más corto de lo que se necesita habitualmente para lograr establecer una sensación de pertenencia al lugar. Más bien al contrario, vivir en el *ZEB Living Lab* estuvo lejos de lo que los residentes podrían reconocer como su actividad habitual.

Los investigadores animaron a los usuarios a que se comportaran como si el laboratorio fuera su propio hogar, a que continuaran con sus rutinas cotidianas y construyeran otras nuevas, pero como era de esperar, el marco experimental de la vivienda y el breve período de residencia limitó los alcances en esta dirección. Tres ejemplos concretos que tuvieron lugar en el laboratorio ilustran las diferentes reacciones de los residentes a ambas cuestiones, el marco doméstico y el período de tiempo establecido. Para ello, conviene aclarar que el *ZEB Living Lab* proporcionaba el mismo contexto físico y técnico durante todo el experimento. La casa contaba con el equipamiento básico de cocina (encimera, horno, nevera, lavavajillas y lavadora) y estaba completamente amueblada. Antes de que cada grupo se mudara al laboratorio, se explicó lo que contenía la casa y todo aquello que se recomendaba incorporar, como por ejemplo, ropa de cama o aspiradora. Además, se sugirió a los futuros residentes que llevaran con ellos los artículos que pudieran ayudar a establecer una sensación de hogar. Cada grupo de residentes respondió de una manera diferente:

El grupo 1 de residentes (pareja joven de estudiantes) aceptó la sugerencia y decidió llevar a la casa aquellos objetos que, para ellos, conferían un sentido de hogar. Acordaron que las plantas eran necesarias, pero el residente varón se oponía a traer demasiados objetos de su propio hogar al *ZEB Living Lab*. Al final, decidieron entre los dos un número limitado de objetos que sentían que definían su hogar: una tetera naranja, un oso polar de cristal, una mecedora y una reproducción de *The Great Wave* de Katsushika Hokusai. Se trataba de objetos principalmente decorativos, especialmente si se tiene en cuenta que tanto la tetera como la mecedora se utilizaron en contadas ocasiones. Como estudiantes, con una economía modesta y acostumbrados a condiciones de vida menos estables, consideraron que el *ZEB Living Lab* era un hogar confortable. En el laboratorio tenían acceso ilimitado a agua caliente y calefacción en una época del año, octubre, en la que estaban bajando las temperaturas y las horas de luz a un ritmo considerable. El *ZEB Living Lab* se convirtió en un hogar no sólo por los objetos que habían elegido llevar consigo. La luz natural y la ubicación fueron factores que desempeñaron también un papel central en este proceso. Al terminar su periodo de residencia, en la última entrevista, manifestaron estar celosos de los nuevos residentes que se habían mudado a "nuestro hogar".

El grupo 3 (familia con dos niños pequeños) respondió de una manera completamente diferente dentro del mismo marco residencial. Desde el primer momento anunciaron que no eran decoradores. Llevaron consigo una cantidad limitada de objetos que eran principalmente funcionales: juguetes para mantener a sus dos hijos felices (los niños se aburrían de estos juguetes y los padres tuvieron que estar reemplazándolos continuamente

durante los 25 días de estancia) y ropa suficiente, pero una cantidad limitada. Esto último implicó un uso de la lavadora con una frecuencia mayor a la que habría sido la habitual en su propio hogar. El espacio físico y técnico proporcionado por el *ZEB Living Lab* planteó ciertos inconvenientes a estos residentes durante el período de estancia. La familia se mudó a principios de enero, la época más fría del año (con una temperatura de  $-14^{\circ}$  /  $-15^{\circ}$  durante la primera semana). A comienzos del período de residencia, debido a la temperatura exterior y a algunos problemas técnicos, el laboratorio no les pareció lo suficientemente cálido. Aunque los incidentes se solucionaron, afectaron de manera sustancial a su relación con la vivienda. Acudieron a su domicilio habitual para coger un radiador de aceite que les permitiera contar con una fuente de calor adicional durante su estancia. Este grupo no llegó a considerar que el *ZEB Living Lab* fuera su hogar. Más bien al contrario, parecía que nunca hubieran llegado a abandonar su anterior vivienda. Regresaron a ella regularmente por diferentes motivos durante los 25 días de estancia y expresaron una clara preferencia por su propia casa a lo largo del experimento. Además de los problemas técnicos, encontraron el diseño de la vivienda menos funcional que su propia casa. Encontraban dificultades en el diseño para sociabilizar entre ellos, así como para organizar de manera eficaz la forma en la que sus hijos ocupaban las estancias.

El tercer ejemplo es el grupo 4 (pareja de jubilados) que convirtió el *ZEB Living Lab* en su hogar de manera casi inmediata. Durante la primera semana de residencia, debido a ciertos problemas técnicos, las ventanas de mayores dimensiones de la casa tuvieron que ser retiradas para instalar otras nuevas. Uno de los miembros de la pareja dio la bienvenida personalmente a los ocho técnicos, a los especialistas en ventanas y a otros profesionales del laboratorio, explicando que tenía un sentimiento de protección hacia la vivienda porque consideraba que ésta era su nueva casa. Durante este proceso de obra se movieron flores, plantas, mantas y candelabros de la zona próxima a la ventana y de la zona de asientos, y la propia residente se vio obligada a abandonar la sala de estar principal y cobijarse en el estudio para poder leer.

La reparación de la ventana fue un proceso mucho mayor de lo que el residente y el antropólogo esperaban, pero cuando se preguntó a los usuarios si les había parecido apropiado que un técnico visitara la casa y ajustara algunos de los sensores, los residentes respondieron que les parecía correcto y que estaban acostumbrados a recibir a técnicos en su vivienda habitual. Conviene tener en cuenta que el *ZEB Living Lab* cuenta con un sistema técnico complejo. Como consecuencia de ello, fue necesario realizar ajustes de manera regular, pero a pesar de ello, el sentimiento de hogar que este grupo concreto tenía hacia el

laboratorio no desapareció. Para la pareja, el *ZEB Living Lab* fue un verdadero espacio experimental. Eran conscientes de ser parte de un experimento desde el primer momento, motivo por el cual decidieron llevar un número de objetos tal que permitiera convertirlo en su hogar rápidamente. En este sentido, velas, flores y dibujos hechos por sus nietos contribuyeron notablemente a hacer del laboratorio un verdadero hogar.

### **Conclusiones: hacer un hogar del *ZEB Living Lab***

La visión recogida en el *ZEB Living Lab* tuvo por objeto contribuir a comprender cómo se puede establecer un hogar dentro de un entorno altamente tecnológico, así como las implicaciones que esto tiene para el uso de la tecnología implementada en el propio laboratorio. El análisis de los resultados reveló problemas energéticos y técnicos derivados del comportamiento de los residentes. Por ejemplo, el segundo grupo (dos amigas estudiantes) se mostró más confiado sobre el consumo de energía en *ZEB Living Lab* que en su propia casa. Otro caso fue el del grupo 6 (pareja de jubilados) que dormían por la noche con la ventana abierta, una costumbre muy habitual en la cultura noruega. Este hábito incrementó sustancialmente el consumo energético en el periodo nocturno de este grupo respecto a los demás participantes del experimento.

Los ejemplos presentados por los investigadores del *ZEB Living Lab* se centraron principalmente en el contexto experimental proporcionado por el laboratorio y en los desafíos que éste implicó tanto a nivel metodológico como a nivel doméstico. El estudio de relaciones secuenciales permitió comparar las rutinas de los diferentes grupos y comprender la causa de las diferencias y similitudes. La mayoría de los vínculos con el espacio físico y de las actividades relacionadas con la vida familiar quedaron atrás cuando los residentes se mudaron al *ZEB Living Lab*. Sin embargo, aquellos que optaron por llevar consigo los objetos que consideraban necesarios para construir un vínculo con el entorno doméstico lograron construir un hogar. En este sentido, el entorno doméstico experimental, donde los residentes son constantemente observados y puntualmente vigilados, sintiéndose parte de un experimento, permite hallar pistas interesantes sobre el modo en que los sujetos relacionan su identidad con el espacio físico del *ZEB Living Lab*.

### 4.3.3. El experimento científico

#### Metodología

El sistema de control del *Living Lab* fue desarrollado sobre la base de que la información recogida se emplearía para caracterizar la eficiencia energética y el comportamiento medioambiental de la vivienda. Por ello, las funciones del sistema de recogida de datos incluyeron:

- 1) Monitorización de los parámetros más relevantes que afectan al medio ambiente, tanto en el interior (temperatura del aire, ratio de humedad y presión, concentración de CO<sub>2</sub>, iluminación difusa) como en el exterior (temperatura del aire, ratio de humedad y presión, velocidad del viento, radiación solar global sobre diferentes planos e iluminancia).
- 2) Registro de los patrones de los usuarios y de los hábitos de los residentes (ocupación de las estancias, disposición y utilización de los sistemas de ventanas y persianas, uso y control de los dispositivos electrónicos y sistemas de iluminación).
- 3) Medición del consumo de energía para climatización, ventilación, agua caliente sanitaria, iluminación artificial, dispositivos electrónicos y otros usos.
- 4) Cuantificación del uso de la energía solar (mediante techos fotovoltaicos y paneles solares térmicos) y de la energía de la red; análisis de la eficiencia en conversión y almacenamiento de energía para diferentes usos.

1) Partiendo de estas bases, los requisitos para la selección de los instrumentos del sistema de control fueron fijados de la siguiente manera:

- a) Teniendo en cuenta el alcance de las instalaciones de control, era necesario conseguir un punto medio entre precisión, número y tipo de sensores. Esto es debido a que las medidas en el *ZEB Living Lab* no podían ser tan exactas como las obtenidas en las instalaciones de un laboratorio de ensayos.
- b) Los sensores debían estar integrados en el edificio, de la misma forma que lo harían en una casa real, y debían ser elegidos entre aquellos que pudieran ser utilizados en una vivienda al uso. Es decir, debían evitarse sensores hechos a medida o de precios elevados.
- c) Debido a la naturaleza experimental del *ZEB Living Lab*, podían haberse instalado

más sensores que en un edificio convencional. Sin embargo, se optó por que el número de sensores y su ubicación fuera lo más parecido posible a como serían en un caso real de una vivienda ocupada.

- d) El sistema de mediciones debía ser muy flexible y permitir actualizarse o renovarse fácilmente con nuevas tecnologías específicas, tales como: ventanas, otros sistemas de revestimiento de edificios o diferentes sistemas de climatización. De este modo, el laboratorio se podría beneficiar del desarrollo de tecnologías con una precisión más cercana a la de un laboratorio de ensayo.
- e) Los sensores debían tomar las medidas y analizar los datos según los estándares técnicos para la evaluación de energías y confort (EN 15251, IEC 62053).

### **Elementos del sistema de control: sensores y transductores**

- **Mediciones en el entorno físico exterior.**

La construcción se equipó con una estación meteorológica que integraba sensores para medir la temperatura exterior (Pt 100; rango: -40...+60 °C; precisión:  $\pm 0.3$  °C), humedad relativa (sensor de humedad capacitivo de película delgada; rango: 0...100%; precisión:  $\pm 3\%$ ), presión barométrica (sensor piezoresistivo, rango: 600...1100 hPa; precisión:  $\pm 50$  Pa), velocidad del viento (sensor ultrasónico de dos ejes; rango de velocidades: 0...60 m/s; rango de dirección: 0...360 deg; precisión de la velocidad:  $\pm 3\%$ ; precisión de la dirección:  $\pm 2$  grados), e irradiación solar global en plano horizontal (termopila; rango: 0...2000 W/m<sup>2</sup>; precisión: piranómetro de segunda clase).

La comunicación entre la estación meteorológica y el control técnico se realizó mediante protocolo Modbus. La estación meteorológica se instaló en el tejado de la construcción, componiéndose de un luxómetro que recogiera la iluminancia global (directa, difusa y reflejada) en plano horizontal (termopila, 0...150 klux; precisión:  $\pm 5\%$ ).

La irradiancia global se midió en otras dos ubicaciones: en el plano inclinado del tejado y en la fachada sur, ambos mediante termopilas (rango: 0...2000 W/m<sup>2</sup>; precisión: piranómetro de segunda clase).

La temperatura exterior se recogió mediante dos sensores adicionales ubicados en las fachadas más expuestas, sur y norte (Pt 100; rango: -50...+90 °C; precisión:  $\pm 0.1$  °C).

Ambos sensores se protegieron adecuadamente de la influencia de la irradiancia solar directa mediante protectores solares.

- **Mediciones en el entorno físico interior y ocupación de la vivienda.**

La temperatura interior de cada una de las estancias del *ZEB Living Lab* se midió a una altura de 1,6 m sobre el suelo. Además en las estancias de estar y de estudio se midió la estratificación térmica del aire en 5 niveles (0,1-0,8-1,6-2,4 y 3,2 metros sobre el nivel del suelo). La temperatura se recogió mediante un sensor de montaje en pared con sonda Pt100 (rango: -30...70 °C; precisión:  $\pm 0.1$  °C).

La humedad relativa se monitorizó también gracias a una sonda de medición capacitativa fijada a la pared (range: 0...100%; accuracy:  $\pm 3\%$ ) integrada en un multi-sensor, en todas las habitaciones de la vivienda. El sensor de humedad relativa integraba un sensor de temperatura (banda de Silicio; rango: 0...50 °C; precisión:  $\pm 0.8$  °C) que utilizaba el control como señal de temperatura. Este formato se eligió para que los sensores de medición pudieran estar desvinculados de los sensores de control del sistema de calefacción y ventilación.

La temperatura ambiente y la humedad relativa se midieron también en cada uno de los difusores de la planta de ventilación (sala de estar, cocina, sala de estudio y los dos dormitorios) mediante sensores en conducto que integraban sensores de banda prohibida de temperatura (rango: 0...50 °C; precisión:  $\pm 0.8$  °C) y una sonda de capacitancia para la medida de la humedad relativa (rango: 0...100%; precisión:  $\pm 3\%$ ).

Los valores de concentración de CO<sub>2</sub> se registraron mediante un sensor de infrarrojos no dispersivo (rango: 0...2000 ppm; precisión:  $\pm 70$  ppm + 5% MV), con un sensor en cada habitación.

El nivel de iluminación difusa se registró mediante un sensor combinado instalado en el techo, consistente en una sonda para la intensidad lumínica (sensor digital de iluminancia; rango: multi-rang, conmutable, en uso 0...1000 lux; precisión:  $\pm 5\%$ ) y un sensor específico para la detección de movimiento (sensor de infrarrojos). Esta solución permitió la detección de presencia de personas para obtener el registro detallado por horas de cada habitación.

El comportamiento de los usuarios se observó también registrando la posición (abierta/cerrada) de todas las ventanas (tanto de las automáticas como de las operadas



manualmente) mediante un sensor magnético de contacto simple, al igual que el uso de luz artificial de cada una de las luminarias LED - la demanda energética para iluminación se calculó a partir de las señales de control enviadas a cada luminaria desde el control.

- **Consumo energético en calefacción, ventilación y agua caliente sanitaria.**

La demanda de energía térmica para calefactar se midió mediante dos terminales independientes (un radiador de alta temperatura y un panel térmico de baja temperatura bajo suelo). Para ambos circuitos, se empleó un medidor de energía térmica en combinación con sondas térmicas PT500 y medidores de flujo ultrasónico, consiguiendo una precisión del 2% - al utilizarlos en combinación con agua pura como fluido de transferencia térmica. El seguimiento de la demanda energética cuando los paneles térmicos de baja temperatura bajo suelo estaban en funcionamiento permitió obtener resultados detallados, ya que la demanda energética se pudo separar en tres zonas diferentes: las zonas de estar (entrada, salón, cocina y estudio), los dormitorios y el baño. En las instalaciones de calefacción los sensores de medición estaban separados de los sensores de control.

La demanda energética para el agua caliente sanitaria y la demanda de agua para ventilación (cuando la batería de agua está activada) se monitorizan mediante una configuración similar (medidor de energía térmica conectado a sondas térmicas PT500 y medidores de flujo ultrasónico). Todos los medidores de energía estaban conectados al DAQ mediante protocolo de comunicación Modbus.

La demanda de energía térmica correspondiente a la ventilación se calculó a partir de mediciones de la velocidad del aire, temperatura y humedad relativa en los conductos de ventilación. Con este objetivo, se instalaron dos sensores integrados cada uno por una sonda PT100 (rango: -40...+150°C; precisión:  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) y una sonda de medición capacitativa (rango: 0...100%; precisión  $\pm 3\%$ ), uno en el conducto principal de alimentación y el otro en el conducto principal de extracción. La velocidad del aire se midió mediante un sensor de hilo caliente (rango: 0,1...30 m/s; precisión 10%) en cada uno de los dos conductos principales. Tanto la demanda de energía térmica sensible como la latente se calcularon a partir de valores físicos medidos. Sin embargo, conviene recordar que el sistema instalado permitía controlar únicamente la carga sensible.

El consumo energético en calefacción, ventilación y agua caliente sanitaria se monitorizó a través de varios contadores de energía eléctrica, colocados en las líneas (monofásicas) que alimentaban los diferentes componentes del equipamiento de la vivienda. Todos estos

contadores tenían una resolución de 1 Wh y una precisión del 2%. La subdivisión exacta de calefacción, ventilación y agua caliente sanitaria se obtuvo mediante un postratamiento de la información, que permitió diferenciar de manera precisa la energía consumida por cada una de las funciones mencionadas anteriormente.

- **Consumo energético en iluminación, dispositivos electrónicos y otros usos.**

El consumo energético en iluminación, dispositivos electrónicos y otros usos, se registró detalladamente en la vivienda a través de varios contadores de energía eléctrica semejantes a los descritos en el párrafo anterior.

La lista de líneas eléctricas no puede ser explicada en este informe por ser demasiado extensa. Sin embargo, de manera resumida, el consumo de energía eléctrica de la vivienda que no estaba relacionado con calefacción, ventilación o agua caliente sanitaria se agrupó en cinco categorías: iluminación, dispositivos electrónicos, uso y control de los sistemas de ventanas y persianas automáticas, otros usos y monitorizado y control de la vivienda.

El sistema de monitorizado consistía en un total de 25 líneas que se analizaron independientemente unas de otras (mediante contadores monofásicos de 1Wh de resolución y una precisión del 2%), permitiendo alcanzar un alto nivel de detalle, siendo posible separar los consumos energéticos de cada dispositivo (nevera, vitrocerámica, horno, extractor de humos, lavavajillas, lavadora, secadora...), de cada enchufe, de cada ventana, de cada persiana y de sus controles. Asimismo, la línea eléctrica se monitorizó independientemente y, tal y como se ha mencionado anteriormente, mediante contadores con señales de control, se logró determinar el consumo de energía en iluminación para cada una de las luminarias.

- **Abastecimiento energético a partir fuentes renovables, almacenamiento (fotovoltaicos, paneles solares térmicos, campo colector en superficie) y abastecimiento de la red eléctrica.**

La corriente obtenida mediante paneles fotovoltaicos en el tejado se monitorizó mediante dos contadores (EEM1; resolución: 1Wh; precisión: 2%), uno por cada tejado, a partir de los datos obtenidos del convertidor mediante la comunicación RS485 bajo protocolo Modbus. Entre otros, los datos obtenidos del convertidor incluyeron: horas de servicio, potencia y voltaje de corriente continua, potencia reactiva y aparente.

La energía y la potencia trifásicas administradas por la red se monitorizaron mediante un contador de potencia (63rd, 128 muestras por ciclo), que recogió, para cada fase: intensidad (rango: 0,5... A; precisión  $\pm 0,5\%$ ), voltaje (rango: 10...227 V; precisión  $\pm 0,2\%$ ), factor de potencia (precisión:  $\pm 0,002$ ) potencia activa (precisión:  $\pm 0,2\%$ ), frecuencia (precisión:  $\pm 0,01$  Hz), energía activa y reactiva (precisión: IEC 62053-23 Clase 2 y IEC 62053-23 Clase 0,5 respectivamente).

- **Otras magnitudes físicas monitorizadas.**

También se llevaron a cabo mediciones adicionales de temperatura y humedad en otros puntos de la planta de la vivienda con motivos diferentes (control, ecuación de conservación de la energía, análisis en profundidad de los componentes). En general, las mediciones adicionales de temperatura en fluidos transportadores de calor, como agua o agua con glicol, se realizaron mediante sondas PT100 de clase I, mientras que para medir la temperatura del aire o en superficies se utilizaron termopares de tipo J/T (precisión:  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ). Las mediciones de humedad relativa se hicieron mediante sensores capacitativos con precisión  $\pm 3\%$ .

### **Toma de datos y sistema de control**

La captación de señales de los sensores y transductores se llevó a cabo mediante un sistema de equipo de National Instrument basado en la plataforma CompactRIO. Dicho sistema consistía en una estructura modular, donde controladores, chasis de expansión y módulos de entrada/salida se combinaron libremente, pudiendo modificarse para los requerimientos de cada medición. Una de las principales ventajas de utilizar este sistema es que la expansión y modificación futuras del sistema de medida se podrá realizar de manera relativamente sencilla.

La configuración inicial que se eligió para el *ZEB Living Lab* incluía un controlador y dos chasis de expansión. Se instalaron un total de 19 módulos con señal de entrada/salida.

La captación de señales para construir el control del equipo se generó mediante hardware de adquisición de datos. Las señales de control más comunes fueron 0 ... 10 V, señales digitales (lógica 24 V) y comunicaciones en serie Modbus.

Tanto el sistema de adquisición de datos integrado como el sistema de control se controlaban mediante el código de programación de National Instrument LabVIEW. Éste

consistía en un entorno de programación gráfica específicamente desarrollado para mediciones y pruebas sofisticadas. Se desarrollaron interfaces de usuario para permitir que los usuarios controlaran algunas de las especificidades del edificio. Una de las principales ventajas de este sistema fue que el grado de control sobre él que tenían los usuarios se pudo cambiar con relativa facilidad de un experimento a otro. Se desarrolló una interfaz de usuario diferente para cada experimento con el fin de permitir a los residentes controlar sólo algunas de las características del edificio. Se desarrolló también una interfaz de usuario más exhaustiva que manejara componentes completos del edificio, de modo que ésta pudiera ser utilizada por los investigadores para cuando el laboratorio no estuviera ocupado.

## 5. Propuesta de laboratorio de vivienda en España

### a. ¿Qué?

Tras el desarrollo del presente estudio se propone la implementación de laboratorios como el *ZEB Living Lab* de Trondheim en diferentes puntos estratégicos del territorio nacional. Las redes de gestión automática y eficiente de las infraestructuras y los servicios urbanos, existentes ya en más de 60 ciudades del territorio nacional, deben servir como plataformas sobre las que poder escalar el proceso de investigación, desde el nivel doméstico al nivel urbano. Esta condición de continuidad debiera ser la premisa que guiara la investigación y el desarrollo de productos y servicios relacionados con el Internet de las cosas y, en concreto, los laboratorios inteligentes de tercera generación. La mejora de las condiciones de vida y de la sostenibilidad en el hábitat no son, como demuestran los dos casos de estudio seleccionados, cuestiones independientes. Por el contrario, calidad de vida y sostenibilidad bien entendidas son campos que forman parte el uno del otro. Asimismo, los parámetros de conexión y mejora implementados no pueden limitarse al ámbito de lo doméstico, ni aspirar únicamente a la escala urbana. El ritmo de la ciudad – en términos de programa, consumo, relaciones o energía – es dependiente de manera directa del modo en que vibra el tejido residencial que lo conforma; y este tejido, a su vez, está conformado por una membrana permeable: nuestra casa no termina donde lo hacen los límites de nuestra vivienda, ni nuestra ciudad lo hace en el portal de nuestras casas. Calidad de vida, sostenibilidad, vivienda y ciudad deben ser, por tanto, las cuatro variables de nuestra ecuación.

Del estudio de los dos casos considerados, *SmartSantander* y *ZEB Living Lab*, se desprende un conjunto de potencialidades propias de cada proyecto de laboratorio. Lejos de la réplica inmediata o de la transferencia directa, lo que en este estudio se propone es la conexión de ambos procesos de investigación de manera más progresiva, como los juegos de matrioshkas: uno ha de poder incluirse dentro del otro, y ambos deben reconocerse como elementos de la misma familia. Para ello, desde una aproximación deductiva – de lo general a lo particular – la definición del modelo *Living Lab* estará vinculada al proyecto matriz *smart city* desde el comienzo de definición del primero: no sólo a efectos geográficos, como ha sucedido hasta ahora, sino reconociéndose como parte de su proyecto de materialidad, habitabilidad, energía y sostenibilidad. Desde una aproximación inductiva, el despliegue de nuevos sensores requeridos por el *Living Lab*, así como la consideración de patrones de conducta en los usuarios potenciales, alimentará al proyecto *smart city*: ampliación y

especialización de la infraestructura, incremento de la eficacia en la gestión de la misma y validación de la metodología *Living Lab* a nivel de ciudad.

## **b. ¿Cómo?**

Para que este tipo de experiencias puedan llevarse a cabo es imprescindible el trabajo en diversos niveles: acuerdos institucionales, convocatorias públicas competitivas, alianzas público/privadas e iniciativas privadas.

### **b.1. Acuerdos institucionales**

La creación de un marco institucional fuerte, desde el cual las instituciones competentes establezcan puntos de encuentro y fomenten el desarrollo de estos laboratorios, es un paso indispensable. Para ello se propone la formalización de un acuerdo municipal entre ayuntamiento, universidad y colegio de arquitectos de cada localidad. Cada uno de estos organismos deberá velar por la promoción de buenas prácticas desde el ámbito de la gestión, la investigación, y la técnica y el diseño respectivamente, al tiempo que de manera conjunta pondrán todos los medios necesarios para lograr la adecuada financiación de dichos laboratorios.

### **b.2. Convocatorias públicas competitivas**

Debido a la reducida inversión en i+D en el país, las convocatorias públicas de fondos europeos representan una vía de financiación imprescindible. Los proyectos del programa marco *Horizon 2020* requieren la formación de un grupo de socios de al menos 3 países miembros de la Unión Europea o de países asociados. La red de investigación debe estar apoyada por los agentes locales mencionados en el punto anterior, pudiendo establecerse vínculos con estructuras de investigación semejantes al *ZEB Centre* de Trondheim. Un ejemplo de ello puede ser el *HSB Living Lab* de la Universidad de Chalmers, en Gotemburgo. Del mismo modo, la construcción de un *Living Lab* requiere una metodología compleja que ya ha sido convenientemente desarrollada a nivel internacional, y que se ha aplicado de manera exitosa en diversos centros de investigación, como los mencionados en Trondheim y Gotemburgo. Las instituciones internacionales contribuirán con sus conocimientos y experiencias en el desarrollo y estudio de laboratorios de vivienda, aportando mayor solvencia al proyecto, al tiempo que éstas continúan realizando sus propios ensayos.

### **b.3. Alianzas público/privadas**

El esfuerzo y apoyo a esta iniciativa no puede ni debe proceder únicamente del sector público. Teniendo en cuenta que numerosas organizaciones privadas forman parte ya de la estructura fundacional de las *smart city* existentes en el territorio nacional, la colaboración entre éstas y los organismos públicos resulta tan necesaria como deseable. En concreto, la fórmula de cofinanciación permitirá repartir responsabilidades entre las estructuras implicadas, en lo que respecta tanto al acuerdo institucional mencionado en el primer punto – ayuntamiento, universidad y colegio de arquitectos – como a grandes empresas nacionales interesadas en realizar inversiones en el proyecto.

### **b.4. Iniciativas privadas**

Desde un punto de vista pragmático, se prevé que numerosas empresas españolas vinculadas al mundo de las nuevas tecnologías y del sector de la construcción estén interesadas en colaborar económicamente en la construcción de proyectos *Living Lab*. Así lo demuestra el caso de Trondheim. Esta alternativa de financiación se desarrolla en apartado “c.3. Impacto económico” de las conclusiones de este informe.

## **c. ¿Para qué?**

### **c.1. Innovación en el hábitat: Construcción de *Living Labs* dentro de las *Smart Cities*.**

El principal foco de interés en un laboratorio de vivienda se encuentra en los usuarios y en el modo en que lo habitan. Permite analizar la manera en que los residentes hacen uso de las últimas tecnologías en domótica, tales como el control inteligente de las instalaciones y equipamientos, interfaces de usuario inteligentes y la interacción con el conjunto de los sistemas energéticos. Por tanto, debe prestarse una especial atención a la etapa de comprobación, en que las soluciones desarrolladas son evaluadas y verificadas en un primer estadio, reforzando las colaboraciones entre los socios de la industria y los investigadores.

Para ello se propone un estudio en tiempo real de los parámetros dinámicos que permita optimizar el diseño del edificio y sus inmediaciones, dirigiéndolo hacia una mejor eficiencia energética, estudiando el uso y las relaciones de los usuarios (su comportamiento en casa y en el vecindario, diseñando alteraciones e interacciones en las esferas privada, colectiva y pública), ensayando materiales experimentales y evaluando sistemas para mitigar el impacto climático.

A lo largo del presente estudio se ha podido demostrar el impacto en innovación que supone este modelo de investigación en las diferentes fases de vida del laboratorio:

- 1) Durante su construcción, es posible ensayar procesos constructivos que traten de minimizar el impacto ambiental. Al tratarse únicamente de una vivienda, existe la posibilidad de testear ciertos métodos de edificación que no se podrían plantear a una escala mayor por dificultades técnicas.
- 2) La explotación del edificio es el periodo más fructífero de un *Living Lab*. El contexto físico de la vivienda y el contexto social del hogar se pueden analizar e interpretar, favoreciendo una investigación interdisciplinar que combine las ciencias sociales con las ciencias de los materiales y del medio ambiente.
- 3) Finalmente, tras la conclusión de los proyectos planteados en el marco físico del laboratorio, se procederá a la demolición del mismo. Esta última fase permite también ensayar diferentes procesos, desde la emisión cero de gases de efecto invernadero hasta estudios de durabilidad y contaminación de los distintos componentes.

#### **c.2. Sostenibilidad social: diseño de un laboratorio colaborativo.**

Este planteamiento responde a la urgente necesidad de crear un punto de encuentro entre el mundo académico, la sociedad y la industria en España. La experiencia en este aspecto durante las últimas décadas se revela tremendamente insuficiente a la hora de capacitar a nuestros arquitectos e ingenieros ante los retos que plantea la construcción de un mundo tecnológico: debemos estimular el emprendimiento entre los jóvenes y fomentar la apuesta por ideas culturales que permitan el crecimiento de la sociedad desde parámetros no solamente económicos. En este sentido, el sistema desarrollado por la *NTNU* en Trondheim ha demostrado su solvencia en términos de investigación, al mismo tiempo que ha ido proporcionando nuevos métodos y oportunidades para el desarrollo social dentro de su propia investigación. Los resultados más valiosos de esta forma de entender la academia son la transferencia de ideas de innovación social a emprendimiento real y el incremento del número de patentes y de hechos tangibles en torno a la producción creativa.

Con el fin de incrementar la calidad en el diseño arquitectónico del laboratorio y apostar por las nuevas generaciones de arquitectos, se propone que éste se lleve a cabo a través de convocatorias de concursos de ideas para jóvenes arquitectos que hayan terminado sus estudios en los últimos 5 años. Dicho proyecto puede ser supervisado por el colegio de arquitectos correspondiente a la localidad en que éste será construido.



Asimismo, la investigación desarrollada en el laboratorio debe conllevar un compromiso con la empleabilidad de los jóvenes investigadores. Debido a la envergadura de este tipo de proyectos, un joven investigador en España no cuenta con la trayectoria suficiente como para poder solicitar un proyecto de *Living Lab* a título individual. Por el contrario, estos proyectos deben ser solicitados por organizaciones de mayor tamaño y alcance, que en este caso se corresponderían con las organizaciones firmantes de los acuerdos locales de las *Smart Cities*. Una vez que esta financiación se haya conseguido, debe velarse para la elaboración de un acuerdo a nivel nacional que favorezca la inclusión de jóvenes investigadores en este tipo de proyectos a través de becas y contratos de investigación.

Por último, la toma de datos en el laboratorio requiere de residentes que habiten en él. El propio laboratorio debe habilitarse para que sean estos jóvenes investigadores y estudiantes los que lo habiten, favoreciendo la emancipación y autonomía de los mismos por medio de becas de residencia.

**c.3.** Impacto económico: un laboratorio de ensayo de materiales y sistemas para las empresas privadas.

El desarrollo de un plan estratégico de investigación escalable permite que el proyecto inicial crezca de manera eficiente, evitando el gasto desmedido y el dispendio de fondos. Un *Living Lab* requiere de un gran presupuesto para su financiación, pero su pequeña escala permite que los proyectos que se desarrollen utilicen el conjunto de las instalaciones del laboratorio desde el inicio, obteniendo un rendimiento máximo. De este modo, se evita que ningún elemento de ensayo que haya requerido inversión económica quede en desuso.

Para ello, el *Living Lab* debe utilizarse como centro de ensayo de materiales y sistemas para la empresa privada. El proyecto asegurará así que el nuevo conocimiento alcance el mercado, al tiempo que garantice su viabilidad económica y su repercusión real en la sociedad. Precisamente en el caso de estudio internacional, son las propias empresas las que aportan financiación al proyecto con el fin de testear materiales y productos que a continuación serán lanzados al mercado.

Al igual que en el caso de Trondheim, se plantea la firma de convenios entre la universidad y las empresas. Se proponen, a modo de ejemplo deseable:

- a) la Asociación de Promotores Constructores de España (APCE) podría firmar convenios de colaboración durante la construcción del *Living Lab* para testear

nuevos métodos que luego puedan aplicar sus empresas asociadas a gran escala en sus proyectos;

- b) un convenio formado por las empresas que conforman la Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas (ASEFEVE) para ensayar sus nuevas soluciones en el laboratorio, y que a continuación podrían sacar al mercado.

Estos acuerdos de cooperación estratégica no sólo servirían para fortalecer los lazos con la industria, sino que la proporción de información fiable y exhaustiva sea lo suficientemente útil como para promover el necesario cambio hacia una sociedad más sostenible.

## Referencias bibliográficas

- Cieraad, I. (1999), *An Anthropology of Domestic Space*, Nueva York, Syracuse University Press.
- Douglas, M. (1991), *The Idea of Home: A Kind of Space*, *Social Research*, 58 (1).
- Ellsworth-Krebs, K., Reid, L., Hunter, C.J. (2015), *Home-ing in on domestic energy research: "house", "home," and the importance of ontology*, *Energy Research & Social Science*, 6.
- Garvey, P. (2001), *Organized Disorder: Moving Furniture in Norwegian Homes*, Oxford, Berg.
- Goia, F., Finocchiaro, L. and Gustavsen, A. (2015), *The ZEB Living Laboratory at the Norwegian University of Science and Technology: a zero emission house for engineering and social science experiments*, 7PHN Sustainable Cities and Buildings, Copenague.
- Gullestad, M. (1992), *The Art of Social Relations: Essays on Culture, Social Action and Everyday Life in Modern Norway*, Oslo, Scandinavian University Press.
- Hammersley, M., Atkinson, P. (2004), *Ethnography: Principles in Practice* Third edition, Londres, Routledge.
- Korsnes, M. et al. (2016), *Compliance and Deviation: How occupants interact with a high performance zero emission building*, Trondheim, Norwegian University of Science and Technology.
- Presser, M., Prasad, N., and Hauswirth, M. *Real World Internet* (2009) Future Internet Assembly – RWI Session, Praga.
- RECI (2011), *Manifiesto por las Ciudades Inteligentes. Innovación para el progreso*. Recurso online < <http://www.redciudadesinteligentes.es> > (último acceso: 5 mayo 2017)

Rørtveit, N. H., Setten G. (2015), Modernity, Heritage and Landscape: The Housing Estate as Heritage, *Landscape Research*, 40 (8).

Woods, R. et al. (2016), Making a home in Living Lab: the limitations and potentials associated with living in a research laboratory.