

## El potencial de la rehabilitación energética a escala de distrito para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y fomentar regeneración urbana. IEA-EBC Annex 75

Potential of building renovation at district level for reducing CO<sub>2</sub> emissions and fostering urban regeneration. IEA-EBC Annex 75

Jon Terés-Zubiaga<sup>1</sup>, Manuela G. Almeida<sup>2</sup>, Ove Mørck<sup>3</sup>, Roman Bolliger<sup>4</sup>, David Venus<sup>5</sup>

### ABSTRACT

La edificación es uno de los principales sectores con mayores emisiones de CO<sub>2</sub> en Europa. Así, uno de los objetivos principales en los edificios existentes es la reducción del consumo energético (y emisiones asociadas) de una forma coste-efectiva, siendo el principal reto (especialmente en ciudades) la transformación de dichos edificios en edificios de bajo consumo y bajas emisiones. Al mismo tiempo, existen oportunidades de desarrollar y aprovechar el potencial de soluciones a escala de barrio para acelerar la consecución de dicho objetivo. En este contexto, el Proyecto de la Agencia Internacional de la Energía Annex 75 ("Cost-effective Building Renovation at District Level Combining Energy Efficiency & Renewables"), iniciado en 2017 y que se prolongará hasta el año 2021, y en el que participan 25 entidades de 13 países diferentes, tiene por objetivo desarrollar diversos enfoques y metodologías dirigidas a identificar soluciones coste-efectivas que combinen tanto la implementación de medidas de eficiencia energética como el suministro de energía desde fuentes renovables a escala de distrito. La primera sub-tarea, "Revisión de las tecnologías existentes y emergentes" compuesta por 4 paquetes de trabajo, tiene por objetivo realizar un análisis exhaustivo de las distintas opciones tecnológicas disponibles dirigidas a la rehabilitación de la envolvente del edificio y a la sustitución de los sistemas energéticos (para calor, refrigeración y ACS) en sistemas suministrados por fuentes renovables a escala de distrito. La segunda sub-tarea, "Metodología de optimización", compuesta a su vez de otros 4 paquetes de trabajo, se centra en el desarrollo de una metodología para definir e identificar estrategias coste-efectivas para la renovación de distritos con objetivos de superar los objetivos de reducción de gases de efecto invernadero y consumo energético. Esta sub-tarea tomará como referencia el trabajo desarrollado en el Annex 56, donde se desarrollaba una metodología similar dirigida en ese caso a edificios individuales. La sub-tarea C, "Casos de estudio", tiene por objetivo mostrar y evaluar las estrategias coste-efectivas de combinación de renovables con medidas de eficiencia energética en grupos de edificios, investigar factores que afectan a la elección de una determinada estrategia y recoger ejemplos de buenas prácticas. Para ello se vale de una selección de casos de estudio ubicados en distintos países europeos. Finalmente, la sub-tarea 4 "Instrumentos políticos, diálogo entre los distintos agentes y diseminación", tiene por objetivo identificar cómo desde los distintos agentes se puede promover y fomentar las combinaciones coste-efectivas de medidas de eficiencia e implementación de energías renovables a escala de distrito. Esta comunicación presentará los principales avances del proyecto hasta la fecha, así como los primeros resultados obtenidos, con especial atención al apartado de metodología y casos de estudio.

**Key Words:** Eficiencia energética en edificación, Integración Renovables, rehabilitación energética

(1) ENEDI Research Group, Department of Thermal Engineering, Faculty of Engineering of Bilbao, UPV/EHU, +34 94 601 7782, jon.teres@ehu.eus, (2) CTAC Research Center, Civil Engineering Department, School of Engineering, University of Minho, (3) Kuben Management A/S, Ellebjergvej 52, 2. sal. DK-2450. Copenhagen, (4) INDP (Institute for sustainability and Democracy Policy), Luzern, (5) AEE – Institute for Sustainable Technologies, Feldgasse 19. A-8200 Gleisdorf.

## 1. Introducción

El sector de la edificación representa el 40% del consumo de energía total de la Unión Europea y de un tercio de las emisiones de efecto invernadero [1]. En este contexto, toda acción dirigida a aumentar la eficiencia energética de la edificación y el suministro a partir de fuentes renovables puede considerarse de gran importancia en el reto de la mitigación del cambio climático.

Con este objetivo, la Unión Europea definió en 2007 el paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020, que establecía el 20/20/20 (20% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en relación con los niveles de 1990, 20% de energías renovables en la UE, y 20% de mejora de la eficiencia energética) y la en octubre de 2014 se adoptó una revisión de estos objetivos (marco sobre Energía y Clima 2030). Estas estrategias implican el desarrollo de una serie de medidas legales y otros instrumentos dirigidas a lograr dichos objetivos. En relación a las políticas europeas en edificación, la Directiva 2012/27/EU de Eficiencia Energética [2] tiene por objetivo aumentar la eficiencia energética dentro de la UE para alcanzar el objetivo de ahorro del 20% del consumo de energía primaria para 2020. Esta Directiva remarca el potencial de ahorro que presentan los sistemas de distrito de calefacción y/o refrigeración, y urge a los estados miembros a desarrollar una evaluación exhaustiva de dicho potencial.

Pero antes, la refundición de la Directiva sobre Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD, por sus siglas en inglés) en el 2010 supuso un punto de inflexión en la senda hacia un parque edificatorio más sostenible. Esta directiva introdujo dos conceptos importantes: coste-eficacia y Edificios de Energía Casi Nula (nZEB) [3]. Estos dos conceptos, sin embargo, están centrados especialmente en edificios de nueva planta. Aún así, centrar todos los esfuerzos en los edificios de nueva planta no resulta suficiente para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de carbono y energía, teniendo en cuenta el peso que la obra nueva tiene frente al parque ya edificado [4]. Así, la rehabilitación energética de edificios existentes juega un papel fundamental en el objetivo de hacer frente al cambio climático a través de la reducción de emisiones. Estas rehabilitaciones deben considerar medidas de eficiencia energética, pero también tener en cuenta las oportunidades existentes de suministro energético desde fuentes de origen renovable, producidas in situ o en el entorno próximo [5]. En este contexto, el IEA-EBC lanzó en 2010 el proyecto "Annex 56: Cost Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation", que implicó a 11 países europeos y tenía por objetivo desarrollar una metodología para facilitar la rehabilitación mediante la identificación del reparto óptimo entre medidas dirigidas a minimizar la demanda y medidas dirigidas a aumentar el suministro energético de origen renovable desde

## 1. Introduction

It is broadly known that buildings are responsible for 40% of the overall energy consumption in European Union, as well as one third of related global greenhouse gas emissions [1]. In this context, every action aimed to increase the energy efficiency of buildings, together with their supply from renewable energy sources, can be considered of great importance in the challenge of mitigating the effect of the climate change.

With this aim in mind, European Union defined in 2007 the 2020 climate and energy package, which sets the 20/20/20 (20% cut in greenhouse gas emissions from 1990 levels, 20% of EU energy from renewables, and 20% improvement in energy efficiency), and a revision of these targets (2030 Climate & Energy Framework) was adopted by the European Council in October 2014. These strategies involve the development of a set of different regulations and other instruments aimed to achieve the mentioned objectives. Respecting the European building policies, the Directive 2012/27/EU on energy efficiency [2] aims to increase the energy efficiency within the EU in order to achieve the objective of saving 20% of the primary energy consumption by 2020. This Directive highlights the significant potential for saving primary energy of district heating and cooling systems, and it urges the member states to carry out a comprehensive assessment of this potential.

But earlier, the turning point on the path towards more efficient building stock was the EPBD recast, where two important concepts were introduced: cost-optimality and the nearly Zero Energy Buildings [3]. These two concepts, however, are especially focused on new buildings. Focusing only on new buildings is not enough to achieve the carbon emissions reduction and energy targets, taking into account the low rates of replacement of the building stock in Europe [4]. Hence, energy renovation of existing buildings plays a key role on the overall objective of facing climate change by reducing carbon emissions. These renovations must consider energy efficiency measures, but also take into account opportunities that foster the implementation of supply from renewable energy sources, produced onsite or nearby [5]. With this background, IEA-EBC launched in 2010 the project "Annex 56: Cost Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation", which involved 11 European countries, and aimed to develop a methodology to enable cost effective renovation of existing buildings by identifying the optimal range of "minimisation of demand" and "renewable energy supply" measures in a cost/benefit perspective. The project helped to understand how far it is possible to go with energy efficiency measures (usually less expensive measures) and from which point the energy supply from renewable sources become more economical [5]. The project ended in 2017 and several academic publications, directly

una perspectiva coste-eficiente. El proyecto ayudó a identificar el esfuerzo necesario en medidas dirigidas a la reducción de demanda (habitualmente menos caras) y desde qué momento el suministro de energía desde fuentes renovables resulta más económico [5]. El proyecto finalizó en 2017 y dio lugar a diversas publicaciones académicas [4, 6-11], así como a diversos informes que están disponibles en la página web del proyecto.

Al mismo tiempo, existen diversas oportunidades para desarrollar y aprovechar las ventajas de las rehabilitaciones a escala de barrio. Trabajar con grupos de edificios permite aprovechar las diversas interacciones existentes entre edificios diferentes, así como acelerar el proceso de reducción de consumo energético en el sector de la edificación. En este contexto, el IEA-EBC inició en 2017 un nuevo proyecto: "Annex 75: Cost-effective Building Renovation at District Level Combining Energy Efficiency & Renewables". En este proyecto, que tiene previsto finalizar en 2022, participan 25 entidades de 13 países distintos y, en este caso, exploran las posibilidades de la rehabilitación desde una perspectiva coste-eficiencia, pero a escala de barrio. Esta comunicación presenta una visión general de este proyecto y el trabajo desarrollado hasta la fecha, con especial atención a la metodología y los casos de estudio.

## 2. Objetivos del ANNEX 75

El Annex 75 tiene por objetivo investigar oportunidades coste-eficientes dirigidas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y del uso energético de los edificios a escala de barrio, centrándose en la combinación óptima entre medidas de eficiencia y medidas de implementación de energía renovable. Para ello, el proyecto define cuatro objetivos específicos: i) hacer un análisis global de las opciones de tecnología disponibles, teniendo en cuenta la tecnología existente y emergente con potencial de ser aplicada exitosamente en este contexto (sub-tarea A); ii) desarrollar una metodología para ser aplicada en el análisis de barrios dirigida a identificar las estrategias más coste-eficientes, sirviendo de apoyo a los distintos agentes involucrados en la rehabilitación (sub-tarea B); iii) mostrar el desarrollo de dichas estrategias en casos de estudio representativos y recolectar ejemplos de buenas prácticas (sub-tarea C); iv) y finalmente, dar recomendaciones a legisladores y otros agentes involucrados en cómo se puede fomentar la implementación de combinaciones coste-eficientes (sub-tarea D) [12]. El alcance del proyecto incluye las siguientes situaciones de inicio: (1) distritos urbanos con instalación previa de calefacción descentralizada de electricidad, gas u otros combustibles fósiles y/o refrigeración descentralizada a través de sistemas individuales; (2) distritos urbanos con conexión previa a sistemas de calefacción de distrito basados en combustible fósil; y (3) distritos urbanos previamente conectados a sistemas de calefacción de distrito suministrados en una parte

or indirectly linked to the activities developed in this project, can be found in the literature [4, 6-11], as well as the different reports which are available in the website of the project.

At the same time, there are specific opportunities to develop and take advantage of district-level solutions at urban scale. Working on building clusters allows taking advantage of the different interactions and synergies existing amongst different buildings, as well as quicken the process of reducing the energy consumption in building sector. In this context, IEA-EBC started in 2017 a new project "Annex 75: Cost-effective Building Renovation at District Level Combining Energy Efficiency & Renewables". This new project (ending in 2022) involves 25 institutions from 13 different countries, and, in this case, it explores the opportunities of building renovations from a cost/benefit perspective but at district level. This communication presents a general overview of this project and the work carried out so far, with special attention to the methodology and case studies.

## 2. Objectives of ANNEX 75

The Annex 75 project aims to investigate cost-effective opportunities for reducing greenhouse gas emissions and energy use in buildings at district level, focusing on the optimal combination between energy efficiency measures and renewable energy measures. To do that, the project focuses on four specific objectives: i) to give an overview on various technology options, taking into account existing and emerging efficient technologies with potential to be successfully applied within that context (subtask A); ii) to develop a methodology to be applied to urban districts in order to identify such cost-effective strategies, supporting decision makers in the evaluation of the efficiency, impacts, cost-effectiveness and acceptance of various strategies for renovating urban districts (subtask B); iii) to illustrate the development of such strategies in selected case studies and gather related best-practice examples (subtask C); iv) and finally, to give recommendations to policy makers and energy related companies on how they can foster the uptake of cost-effective combinations (subtask D) [12]. The scope of the project includes the following three starting situations: (1) Urban districts with previously decentralised natural gas heating, oil or electricity, or decentralised cooling through individual cooling devices; (2) urban districts previously connected to district heating systems with a high share of fossil fuel; and (3) urban districts previously connected to district heating systems with a substantial share of renewable energy suppliers. A deeper description of each subtask, paying special attention to STB and STC, is presented in the following parts of this communication.

## 3. Subtask A. Technology overview

This subtask will provide an overview on the availa-

importante con energía renovable. En las siguientes partes de esta comunicación se presenta una descripción más detallada de cada sub-tarea, prestando especial atención a las STB y STC.

### 3. Sub-tarea A. Revisión de la tecnología

Esta sub-tarea desarrollará una revisión de las distintas opciones de tecnología disponibles para la rehabilitación de envolventes de edificios y para la sustitución de sistemas de refrigeración, calefacción y ACS a escala de distrito, en base a las aportaciones de los distintos países participantes en el proyecto. En base a la caracterización de medidas a escala de edificio, esta sub-tarea se centra en identificar posibilidades para desarrollar dichas medidas a escala de distrito. En relación a las medidas de eficiencia energética en la envolvente térmica, dichas opciones se refieren en particular a la rehabilitación coste-eficiente de grupos de edificios con estructura similar. En lo que respecta a medidas de implementación de energía renovable, se hace una distinción basada en si para un barrio determinado hay una instalación previa de calefacción de distrito, o si la calefacción y refrigeración se realizan de forma descentralizada. Para los sistemas de calefacción de distrito existentes, se desarrollan las medidas para transformarlos en sistemas basados en energía renovable. Para distritos con sistemas de calefacción y/o refrigeración descentralizados, se describen opciones para nuevos sistemas de distrito de alta o baja temperatura basados en energía renovable. Esta sub-tarea no está sólo centrada en la caracterización de las diferentes tecnologías disponibles, sino también en la identificación de potenciales, obstáculos e interdependencias entre medidas de eficiencia energéticas y medidas de implementación de renovables, así como en el análisis de futuros desarrollos.

### 4. Sub-tarea B. Metodología de optimización

La sub-tarea B se centra en el desarrollo de la metodología para definir estrategias coste-eficientes para la renovación de distritos urbanos en la línea de los objetivos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el uso de energía. La metodología propuesta estará basada en la metodología previamente desarrollada para edificios individuales en el Annex 56, extendiéndola en este caso a agrupaciones de edificios. También utilizará como referencia los resultados obtenidos en otros anexes relacionados. Se prevé además el desarrollo de alguna herramienta o la adaptación de una ya existente para facilitar la aplicación de la metodología en el análisis de casos de estudio específicos. Las herramientas resultantes estarán centradas en servir de apoyo a las primeras fases de la toma de decisiones.

Además, dentro de este proyecto, la metodología será aplicada en cálculos genéricos, así como en

ble technology options for renovating building envelopes and for switching heating and cooling systems as well as DHW systems into renewable energy based systems in districts, collected by the different participating countries in the project. Based on a characterization of measures in single buildings, the work is focused on identifying opportunities for carrying out such measures at district level. Regarding energy efficiency measures on building envelopes, such options refer in particular to the cost-effective renovation of groups of buildings with a similar structure. As far as renewable energy measures are concerned, a distinction is made based on the question whether a district heating system is available in a given district, or whether heating and cooling is carried out decentrally. For existing district heating systems, measures are described for transforming them into renewable energy based district heating systems. For districts with decentralized heating and cooling, options are described for new high-temperature or low-temperature renewable energy based district heating systems. This subtask is not only focused on characterising different available technologies, but also on identifying potentials, barriers and interdependences between energy conservation measures and renewable energy measures, as well as analysing future developments.

### 4. Subtask B. Optimization methodology and strategy development

Subtask B aims to develop the methodology to define cost-effective strategies for renovating urban districts towards far-reaching objectives regarding the reduction of greenhouse gas emissions and energy use. The proposed methodology will be based on the methodology previously developed for individual buildings in Annex 56 extending it to the level of groups of buildings. Furthermore, it will also make use of results from other related Annexes. It is planned that based on the methodology developed, one or more existing tools are identified or previously existing tools are adapted to support the application of the methodology in case-specific assessments. The resulting tools are focused on serving as a support for preliminary decisions.

Moreover, within this project, the methodology will be applied and tested in generic calculations as well as in parametric calculations based on case studies. The application of this methodology will help to identify and characterize factors, such as energy density in a given area, affecting cost-effectiveness of renovation strategies for urban districts. In addition, it will be directed to identify synergies as well as trade-offs between renewable energy measures and energy efficiency measures, and between individual and collective solutions.

Like in Annex 56, energy savings of each evaluated scenario will be calculated in comparison to a "base



cálculos paramétricos basados en casos de estudio reales. La aplicación de esta metodología ayudará a identificar y caracterizar factores que puedan afectar al coste-eficiencia de estrategias de rehabilitación en distritos urbanos. Igualmente, se centrará en identificar sinergias y los puntos de equilibrio entre medidas de implementación de renovables y medidas de eficiencia energética, así como entre soluciones individuales y colectivas.

Al igual que en el Annex 56, los ahorros de cada escenario evaluado se calcularán en comparación a un "caso de referencia". Este caso será definido al inicio del análisis, e incluirá las acciones de rehabilitación que habría que desarrollar de cualquier modo, simplemente para mantener la funcionalidad del edificio. Se asume que dichas medidas no mejoran el comportamiento energético del edificio pero que, sin embargo, implican una serie de costes. Para sistemas de calefacción y refrigeración, se asumirá también una sustitución base en el caso de referencia. En este caso, se considera un aumento de la eficiencia energética en dicho caso de referencia. La Fig. 1 esquematiza la idea del caso de referencia [13].

La metodología desarrollada estará orientada a buscar respuesta a las siguientes preguntas: (1) ¿Cuáles son las combinaciones entre medidas de eficiencia energética e implementación de renovables más coste-eficientes en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumo energético en distritos urbanos? Y, en particular, ¿Cuáles son las estrategias coste-eficientes que combinan calefacción o refrigeración a escala de distrito basada en fuentes renovables disponibles en el entorno (calor ambiental, energía solar, calores residuales...) con medidas de eficiencia energética en la envolvente térmica de los edificios?; (2) ¿Cómo se comparan, en términos de coste-eficiencia e impactos, dichas estrategias con aquellas que combinan un sistema descentralizado basado en energías renovables con medidas de eficiencia energética en la envolvente de los edificios? Y, en particular, ¿En qué circunstancias son las soluciones descentralizadas en combinación con medidas de eficiencia energética en los edificios más ventajosas?; (3) ¿Qué factores determinan el equilibrio coste-eficiente entre medidas de eficiencia energética y medidas dirigidas a implementar energía renovable, cuando el objetivo es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumo de energía primaria?; y finalmente, (4) ¿hasta qué punto difiere el coste-eficiencia de las medidas de rehabilitación de la envolvente térmica a escala de distrito del coste eficiencia de dichas medidas en el caso de hacerlo en edificios individuales con un sistema energético descentralizado basado en fuentes de energía renovable?

### 5. Sub-tarea C. Casos de estudio

Esta sub-tarea se centra en mostrar el desarrollo de estrategias coste-eficientes que combinan medidas

case". The reference case is defined at the beginning of the assessment. This "reference case" includes the type of renovation activities which would have to be carried out anyway, just to restore the building's functionality. It is assumed that these anyway measures do not increase the building's energy performance but they involve costs; if necessary, hypothetical assumptions are made about the costs for such measures. For heating systems, a replacement is also taken into account in the reference case. An increase in energy efficiency is thereby usually taken into account also in the reference case. Fig. 2 illustrates what is meant with an "anyway renovation" [13].

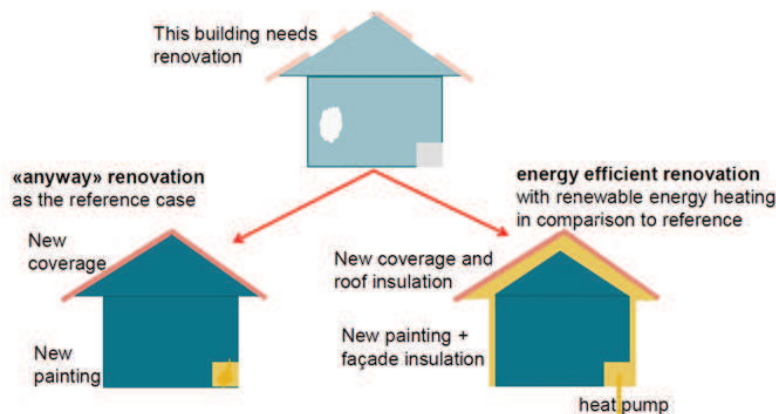
The methodology developed will be oriented to answer the following research questions: (1) What are cost-effective combinations between renewable energy measures and energy efficiency measures to achieve far-reaching reductions in greenhouse gas emissions and primary energy use in urban districts? And, in particular, what are cost-effective strategies to combine district-level heating or cooling based on available environmental heat, solar energy, waste heat or natural heat sinks, with energy efficiency measures on the buildings' envelopes?; (2) How do related strategies compare in terms of cost-effectiveness and impacts with strategies that combine a decentralized switching of energy carriers to renewable energies with energy efficiency measures on the buildings' envelopes? And, in particular, under which circumstances does it make sense to use available renewable energy potentials in cities at a district level, and under which circumstances are decentralised renewable energy solutions, in combination with energy efficiency measures on the buildings' envelopes, more advantageous?; (3) Which factors determine the cost-efficient balance between efficiency measures on the building envelopes and measures that promote the use of renewable energies, if far-reaching reductions in greenhouse gas emissions and primary energy use in urban districts are the target?; and finally, (4) to what extent does the cost-effectiveness of renovation measures on the building envelopes in the case of a local district heating system based on renewable energies differ from the cost-effectiveness of such measures in case of a decentralized use of renewable energy sources for heating in each individual building?

### 5. Subtask C. Case studies

This subtask is focused on showing the development of cost-effective strategies combining energy efficiency measures and renewable energy use in building renovation at district level, to investigate factors influencing the choice for a cost-effective strategy, and to gather related best-practice examples. Moreover, through the detailed assessment of selected case studies and successful stories, it aims to obtain information regarding the necessary framework conditions or policy instruments for facilitating the up-take of cost effective strategies for far-reaching

**Figura 1.**

Distinción entre medidas que habría que desarrollar de cualquier modo, y medidas de eficiencia energética. Una rehabilitación de mantenimiento, mostrada en la parte izquierda de la imagen, está dirigida a mantener la funcionalidad del edificio, sin mejoras de carácter energético. En una rehabilitación energética, mostrada en la parte derecha de la imagen, la rehabilitación aborda la cuestión de la funcionalidad y además mejora el comportamiento energético del edificio [13].



de eficiencia energética y de implementación de energía renovable a escala de distrito, para investigar los factores con mayor influencia en la elección de una estrategia adecuada, y reunir ejemplos de buenas prácticas. Además, a través del análisis detallado de diversos casos de estudio y casos de éxito, esta sub-tarea busca obtener información sobre las condiciones necesarias que se deben dar y qué instrumentos políticos existen o pueden desarrollarse para facilitar el desarrollo (y éxito) de estas estrategias, así como investigar el papel de los co-beneficios asociados. Esta sub-tarea se desarrollará en cuatro paquetes de trabajo diferenciados: el primero se centra en la identificación de casos de éxito en diferentes países, evaluando sus características específicas y extrayendo lecciones útiles para ser replicados en otras experiencias; un segundo paquete de trabajo se centra en el análisis paramétrico de diferentes casos de estudio; y el tercer y cuarto paquete de trabajo tienen por objetivo listar los factores que facilitan y los diferentes barreras existentes para replicar los casos de éxito, así como desarrollar una guía de buenas prácticas para la transformación de barrios existentes en barrios de bajas emisiones.

Así, el proyecto considera dos tipos diferentes de casos: los casos de éxito y casos de estudio. Los casos de éxito incluyen barrios que ya han sido (o están siendo actualmente) rehabilitados, mientras que los casos de estudio son barrios que presentan el potencial de ser rehabilitados, aunque aún no se haya proyectado una rehabilitación específica. Las principales diferencias entre ambos tipos se resumen en la Tabla 1. Los casos de éxito analizan situaciones reales, identificando su potencial para ser replicados, factores que lo facilitan, obstáculos posibles y lecciones aprendidas. En los casos de estudio elegidos, sin embargo, se recopila la información necesaria para desarrollar análisis paramétricos aplicando y evaluando la metodología desarrollada en la sub-tarea B. Los potenciales casos de estudio son barrios urbanos con necesidad de rehabilitación donde los resultados obtenidos puedan servir de guía en la elección de la estrategia de rehabilitación a seguir en cada barrio. Los casos de estudio y casos de éxito seleccionados hasta la fecha para ser evaluados se presentan en las Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4, respectivamente.

renovations of districts, as well as to investigate the role of the associated co-benefits. Four different work packages are planned to be developed in this subtask: the first aims to identify success stories in different countries, evaluating their specific features and lessons learned to be replicated in other experiences; a second work package is focused on parametric assessments of different cases studies; and third and fourth work packages aim to list enabling factors and obstacles for replicating successful case studies and to develop good practice guidance for transforming existing districts into low-emission districts, respectively.

Then, two different types of cases are considered in the project: success stories, and case studies. Success stories include districts that have been already renovated (or they are being currently renovated), whereas case studies are districts that present the potential to be renovated, even though no specific renovation had been projected yet. The main differences between them are summarised in Table 1. Success stories aim to analyse real cases, identifying replicability potential, enabling factors and obstacles and barriers and extracting lessons learned. In the selected cases studies, however, the necessary data is gathered to carry out parametric assessments applying and evaluating the methodology developed in Subtask B. Potential case studies are existing urban districts with renovation needs where the results of case studies can provide guidance in choosing an appropriate renovation strategy for the respective district. The case studies and success stories selected to be evaluated so far are presented in Table 2, Table 3, and Table 4, respectively.

## 6. Subtask D. Policy instruments, stakeholder dialogue and dissemination





Finally, Subtask D aims to give recommendations to policy makers and local energy related companies about how they can foster the uptake of cost-effective combinations of energy efficiency measures and renewable energy measures in building renovation at district level. The subtask also aims to provide guidance to building owners. It includes a review on

CASOS DE ÉXITO	CASOS DE ESTUDIO
No tienen por qué seguir los criterios ni la metodología de la STB (número de edificios, tipología, densidad...)	Deben seguir los criterios y la metodología de la STB (número de edificios, tipología, densidad...)
Va han sido (o están siendo) renovados	No han sido aún renovados
No precisan de cálculos adicionales mediante la aplicación de la metodología de la STB	Se realizan cálculos detallados mediante la aplicación de la metodología de la STB




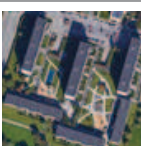

**Tabla 1.**  
Principales diferencias entre casos de éxito y casos de estudio.

PAÍS	CASO DE ESTUDIO		
<b>AUSTRIA</b>	Dr. Karl Renner Ring, Liezen	Número de edificios	
		38	
		Área acondicionada	
		13,017	
<b>NORUEGA</b>	Furuset, Oslo	Número de edificios	
		-	
		Área acondicionada	
		260,000	
<b>PORTUGAL</b>	Vecindario de Santa Tecla, Braga	Número de edificios	
		8	
		Área acondicionada	
		3,925	
<b>PORTUGAL</b>	Residencial Picoto, Braga	Número de edificios	
		7	
		Área acondicionada	
		2,300	
<b>ESPAÑA</b>	Adurtza, Vitoria-Gasteiz	Número de edificios	
		249	
		Área acondicionada	
		286,094	
<b>ESPAÑA</b>	Abetxuko, Vitoria-Gasteiz	Número de edificios	
		133	
		Área acondicionada	
		178,388	
<b>ESPAÑA</b>	Otxarkoaga, Bilbao	Número de edificios	
		114	
		Área acondicionada	
		220,320	

**Tabla 2.**  
Casos de estudio seleccionados para ser analizados en el Annex 75.

PAÍS	CASO DE ESTUDIO		
AUSTRIA	Strubergasse	Número de edificios	
		14	
		Área acondicionada	
		42,000	
DINAMARCA	Aalborg	Número de edificios	
		1228	
		Área acondicionada	
		120,000	
ITALIA	Valdastico	Número de edificios	
		4	
		Área acondicionada	
		4,013	
ITALIA	Turin	Número de edificios	
		-	
		Área acondicionada	
		-	
ITALIA	Sangallo	Número de edificios	
		3	
		Área acondicionada	
		3,661	

**Tabla 3.** Casos de éxito seleccionados para ser analizados en el Annex 75.

PAÍS	CASO DE ESTUDIO		
PORTUGAL	Boavista	Número de edificios	
		28	
		Área acondicionada	
		80,000	
PORTUGAL	Rainha D. Leonor	Número de edificios	
		25	
		Área acondicionada	
		5,000	
PORTUGAL	Vila D'Este	Número de edificios	
		109	
		Área acondicionada	
		126,000	
SUECIA	Malmö	Número de edificios	
		6 (276 apartamentos)	
		Área acondicionada	
		-	
SUECIA	Lünd	Número de edificios	
		14	
		Área acondicionada	
		11,956	

**Tabla 4.** Casos de éxito seleccionados para ser analizados en el Annex 75 (continuación).



## 6. Sub-tarea D. Instrumentos políticos, diálogo entre agentes y difusión

Finalmente, la sub-tarea D tiene por objetivo dar recomendaciones a administraciones y compañías energéticas locales sobre cómo promover la implementación de combinaciones coste-eficientes de medidas de eficiencia energética y medidas de implementación de renovables en la rehabilitación de edificios a escala de distrito. Esta sub-tarea también busca servir de guía a los propietarios de los edificios. Incluye una revisión de instrumentos políticos, modelos de negocio para el diálogo entre agentes, así como el desarrollo de diversas guías que reúnan recomendaciones para la promoción de estrategias a escala de distrito para legisladores y compañías implicadas, y guías para propietarios e inversores sobre estrategias de rehabilitación coste-eficiente.

## 7. Ejemplo de caso de estudio: el barrio de Otxarkoaga, en Bilbao

A modo de ejemplo, en este apartado se presenta uno de los casos de estudio que va a ser evaluado en este proyecto. El caso de estudio es el barrio de Otxarkoaga, ubicado en Bilbao. El área estudiada (representada en la Fig. 2) abarca unas 24 HA. La gran parte de Otxarkoaga se construyó en apenas 2 años (1959-1961), cuando se proyectaron y levantaron las 3672 viviendas distribuidas en 114 edificios. Además, se realizó una rehabilitación significativa en el barrio

policy instruments, business models and models for stakeholder dialogue, as well as the development of different guidebooks, gathering guidelines for policy makers and energy related companies on how to encourage the implementation of cost effective strategies at district level, as well as guidelines for owners and investors about cost-effective renovation strategies.

## 7. An example of the case study: Otxarkoaga district in Bilbao

As an example, following, one of the case studies to be evaluated in this project is presented. The case study is Otxarkoaga district, located in the eastern part of Bilbao. The selected area to be studied (depicted in Fig. 3) is about 24 HA. The main part of Otxarkoaga District was entirely built up in barely two years (1959-1961), when 3672 apartments distributed in 114 buildings were projected and constructed, and an important renovation was carried out in the district in the eighties, promoted by the city council. Even though some buildings have been renovated in the last years, a base case based on the construction features of the envelope resulted after the renovation works carried out in the eighties, will be assumed for this study. Based on the data provided by Bilbao Social Housing, the assumed construction for façade presents an U-Value of 0.74 W/m<sup>2</sup>.K, and for the roof the U-value is 2.27 W/m<sup>2</sup>.K (detail description of the envelop is presented in [14]). The main parameters of windows are summarised in Table 5.



**Figura 2.**  
Planta del barrio analizado.

MARCO (30%)	$U_{\text{marco}}$ [W/m <sup>2</sup> .K]	VIDRIO	$U_{\text{vidrio}}$ [W/m <sup>2</sup> .K]
Metálico sin rotura de Puente térmico	5.7	4/6/4	3.44

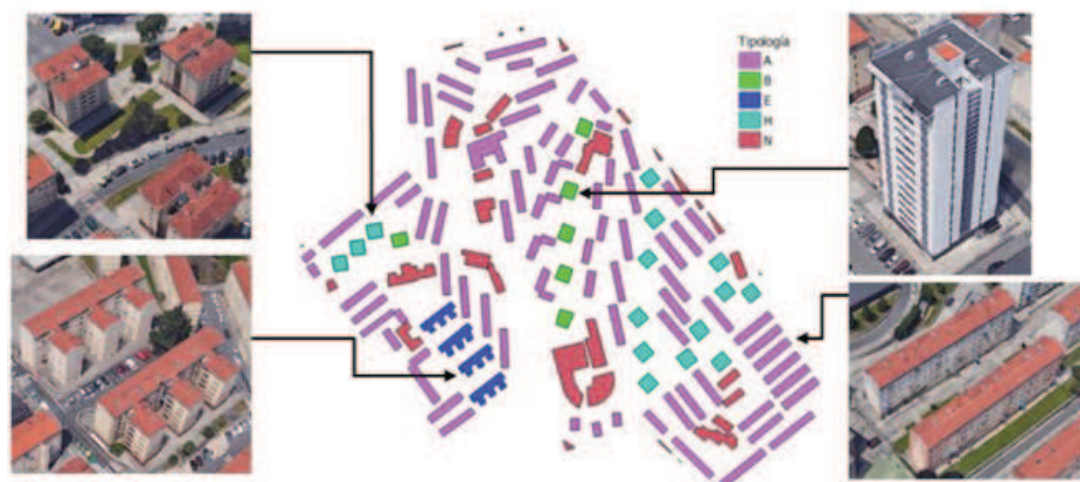
**Tabla 5.**  
Ventanas consideradas en el modelo de TRNSYS.

en la década de los 80. Aunque algunos edificios han sido rehabilitados en los últimos años, para este estudio se tomará como caso de referencia las características de la envolvente resultantes tras la mencionada renovación realizada en la década de los 80. Según la información facilitada por Viviendas Municipales de Bilbao, la construcción de la fachada presenta un valor de U de 0.74 W/m<sup>2</sup>.K, y la cubierta de 2.27 W/m<sup>2</sup>.K. (se puede encontrar una descripción detallada de la envolvente térmica de estos edificios en [14]). Los parámetros principales de las ventanas se resumen en la Tabla 5.

Asumidas dichas características constructivas, y con el objetivo de optimizar el proceso de cálculo de demanda de calefacción, los distintos edificios del barrio han sido clasificados de acuerdo a su morfología (ver Fig. 3). En base a esta clasificación, se calcula la demanda agregada de calefacción mediante simulaciones dinámicas realizadas con TRNSYS. Aspectos como la posición relativa del edificio en el distrito y su influencia en las ganancias solares no se consideran en este cálculo general.

Assuming those construction features, and with the aim of optimising the demand calculation process, the buildings comprised in the district have been classified according to their morphology (see Fig. 4). Based on this classification, the aggregated heating demand is calculated by dynamic simulation using TRNSYS software. There are some aspects, such as the relative position of each building in the district and its influence on solar gains, that will not be taken into consideration.

Eight different scenarios for conservation measures in the envelope will be considered. (see Table 6). The reduction of energy demand associated to each measure is calculated in the same way as in the base case. Heating demand for each scenario in each topology is depicted in Fig. 5. Thermal energy demand for DHW will be assumed as 27.47 kWh/m<sup>2</sup>.year, based on the amount of apartments (3384), assuming 4 people per apartment according to the number of bedrooms per apartment (3, in the majority of the cases) and 28l/person-day and considering a centralization factor of 0.7, as Spanish regulation fixes [15]. An electricity demand of 35 kWh/m<sup>2</sup>.year has been assumed. No cooling needs will be considered.



**Figura 3.** Morfologías de edificio identificadas en Otxarkoaga.

Se analizaran 8 escenarios diferentes de rehabilitación de la envolvente (ver Tabla 6). La reducción de la demanda de calefacción asociada a cada medida es calculada de la misma forma que el caso de referencia. La demanda de calefacción de cada escenario en cada una de las tipologías s presenta en la Fig. 4. Se asume una demanda de energía para ACS de 27.47 kWh/m<sup>2</sup>.año, en base al número de viviendas (3384), asumiendo 4 personas por vivienda de acuerdo al número de habitaciones (3 por vivienda, en la mayoría de los casos) y 28 l/persona-día y considerando un factor de centralización del 0.7, según estipula el CTE [15]. Se asume una demanda de electricidad de 35 kWh/m<sup>2</sup>.año. No se considera demanda de refrigeración.

Based on these results, aggregated energy demand for DHW, heating and electricity can be estimated for each scenario, and different energy systems technologies, based on the overview developed in Subtask A will be evaluated. Thus, the total energy demand for the whole district in each scenario is presented in Table 7.

Finally, possible topology of the district heating network is defined. A detailed definition of a network of these characteristics, which requires a detailed analysis of the situation, is out of the scope of this study. However, it is necessary the definition of a realistic proposal in order to make an estimation of the investment required, both for distribution and for the building where heat generators will be located.

	SIN CAMBIAR VENTANAS		CAMBIANDO VENTANAS	
	ESCENARIO 0	INVERSIÓN TOTAL 0 €	ESCENARIO 4	INVERSIÓN TOTAL 53086 €
<b>Edificio actual</b> (sin rehabilitación energética de la envolvente)	Fachada actual (U=0.74 W/m <sup>2</sup> .K)	0 €	Fachada actual (U=0.74 W/m <sup>2</sup> .K)	0 €
	Cubierta actual (U=2.27 W/m <sup>2</sup> .K)	0 €	Cubierta actual (U=2.27 W/m <sup>2</sup> .K)	0 €
	Ventanas actuales (U=4.12 W/m <sup>2</sup> .K)	0 €	Ventanas 6/12/6 + PVC (U=2.76 W/m <sup>2</sup> .K)	53086 €
<b>Renovación "BAU"</b> (Business As Usual)	<b>ESCENARIO 1</b>	<b>INVERSIÓN TOTAL 15271 €</b>	<b>ESCENARIO 4</b>	<b>INVERSIÓN TOTAL 68357 €</b>
	Fachada +6 cm aislamiento. (U=0.43 W/m <sup>2</sup> .K)	11074 €	Fachada +6 cm aislamiento. (U=0.43 W/m <sup>2</sup> .K)	11074 €
	Cubierta +6 cm aislamiento. (U=0.53 W/m <sup>2</sup> .K)	4197 €	Cubierta +6 cm aislamiento. (U=0.53 W/m <sup>2</sup> .K)	4197 €
	Ventanas actuales (U=4.12 W/m <sup>2</sup> .K)	0 €	Ventanas 6/12/6 + PVC (U=2.76 W/m <sup>2</sup> .K)	53086 €
<b>Renovación "escenario mejorado"</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	<b>INVERSIÓN TOTAL 23123 €</b>	<b>ESCENARIO 6</b>	<b>INVERSIÓN TOTAL 93259 €</b>
	Fachada +8 cm aislamiento. (U=0.36 W/m <sup>2</sup> .K)	14433 €	Fachada +8 cm aislamiento. (U=0.36 W/m <sup>2</sup> .K)	14433 €
	Cubierta +14 cm aislamiento. (U=0.26 W/m <sup>2</sup> .K)	8690 €	Cubierta +14 cm aislamiento. (U=0.26 W/m <sup>2</sup> .K)	8690 €
	Ventanas actuales (U=4.12 W/m <sup>2</sup> .K)	0 €	Ventanas 3/12/3 Low-e + PVC (U=1.89 W/m <sup>2</sup> .K)	70133 €
<b>Renovación "alto estándar"</b>	<b>ESCENARIO 3</b>	<b>INVERSIÓN TOTAL 23123 €</b>	<b>ESCENARIO 7</b>	<b>INVERSIÓN TOTAL 122366 €</b>
	Fachada +14 cm aislamiento. (U=0.24 W/m <sup>2</sup> .K)	25610 €	Fachada +14 cm aislamiento. (U=0.24 W/m <sup>2</sup> .K)	25610 €
	Cubierta +20 cm aislamiento. (U=0.19 W/m <sup>2</sup> .K)	12156 €	Cubierta +20 cm aislamiento. (U=0.19 W/m <sup>2</sup> .K)	12156 €
	Ventanas actuales (U=4.12 W/m <sup>2</sup> .K)	0 €	Ventanas 4/16/4/16/4/16 + PVC (U=1.15 W/m <sup>2</sup> .K)	84600 €

**Tabla 6.**  
Escenarios asumidos.

En base a estos resultados, se calcula la demanda agregada de ACS, calefacción y electricidad para cada escenario, y dicha demanda se utilizará como referencia en la evaluación de las distintas posibilidades tecnológicas dirigidas a cubrir esa demanda, en base a la revisión y caracterización presentada por la STA. La demanda de energía para el distrito completo se presenta en la Tabla 7.

Finalmente, se define una posible topología para la red de distrito. Queda fuera del alcance de este es-

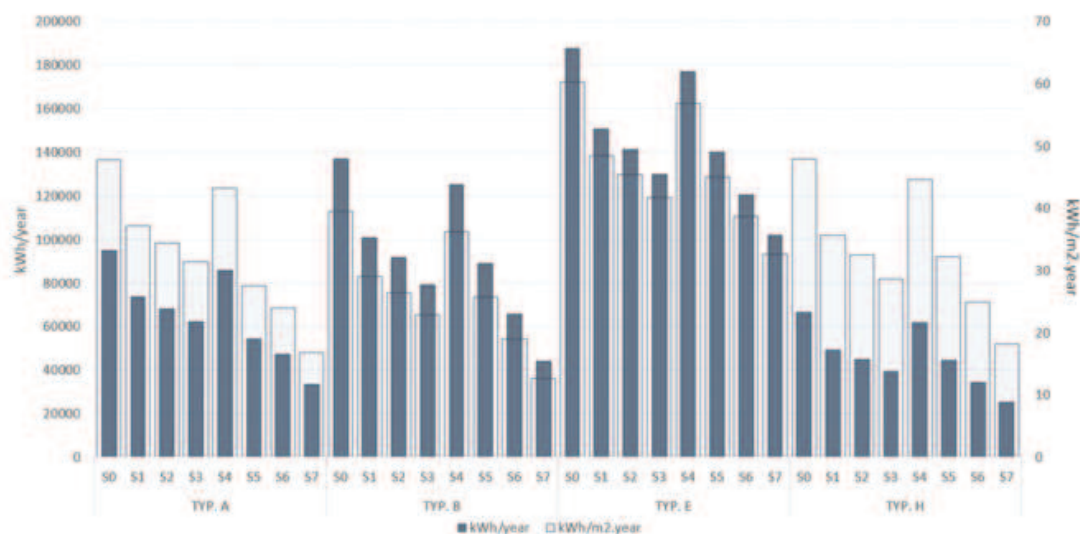
Thus, the district heating network depicted in Fig. 6 will be assumed for this project, based on the study presented in [16].

## 8. Conclusions

Existing building renovation plays a key role on reducing carbon emissions, and doing it at district level allows taking advantage of the synergies existing amongst different buildings and it gets faster the process of reducing the energy consumption in

tudio una definición detallada de una red de estas características, que requeriría un análisis detallado de la situación. Sin embargo, al mismo tiempo, es necesaria la definición de una propuesta realista para hacer una estimación de la inversión requerida, tanto para la propia distribución como para la construcción del edificio donde van a ubicarse los generadores de calor. Así, para este estudio se asume la red de distrito representada en la Fig. 5, basada a su vez en el trabajo presentado en [16].

the building sector. The final objective of the project "Annex 75: Cost-effective Building Renovation at District Level Combining Energy Efficiency & Renewables" is to develop general guidelines for policymakers and other stakeholders that allow carrying out an effective transition to a low-carbon economy in this sector. The project aims to obtain a general view on existing and emerging technologies, as well as the main potential and barriers related to them. The development of a methodology and specific



**Figura 4.** Demanda de calefacción para cada tipología considerada en cada uno de los 8 escenarios asumidos .

**Tabla 7.** Demanda de energía agregada para calefacción, electricidad y ACS.

Área acondicionada: 187.629,1 m <sup>2</sup>	CALEFACCIÓN		ELECTRICIDAD	ACS
	Escenarios	(kWh/m <sup>2</sup> año)	(kWh/año)	(kWh/año)
	S0	44.46	8,342,647	6,567,018.5
	S1	32.99	6,190,011	
	S2	30.15	5,657,590	
	S3	26.29	4,932,445	
	S4	40.87	7,667,878	
	S5	29.39	5,514,343	
	S6	22.21	4,167,432	
	S7	15.47	2,902,763	
				5,154,171.38





**Figura 5.**  
Propuesta de la red de calefacción de distrito.

## 8. Conclusiones

La rehabilitación de edificios juega un papel fundamental en la reducción de las emisiones de carbono, y hacerlo a escala de barrio permite aprovechar las sinergias existentes entre diferentes edificios y acelerar el proceso de reducción de consumo de energía en el sector de la edificación. El objetivo final del proyecto "Annex 75: Cost-effective Building Renovation at District Level Combining Energy Efficiency & Renewables" es desarrollar unas guías generales para legisladores y otros agentes que permitan desarrollar una transición efectiva hacia una economía baja en carbono en este sector. El proyecto busca obtener una visión general de las tecnologías existentes y emergentes, así como de sus principales potenciales y obstáculos. También considera el desarrollo de una metodología y herramientas específicas dirigidas a su aplicación para identificar las soluciones más adecuadas en áreas urbanas diferentes, teniendo en consideración aspectos tanto técnicos como económicos, usándola para evaluar mejoras potenciales en una variedad de barrios y casos de estudio localizados en los diferentes países participantes. El proyecto también recolectará diferentes casos de estudio a lo largo de Europa. Toda la información recogida y generada estará disponible de forma gratuita en la web del proyecto (<http://annex75.iea-ebc.org/>).

tools is also considered, aimed to be applied to identify the most suitable solutions in different urban areas, taking into consideration both technical and economic issues, using it for evaluate the potential improvements of several districts and case studies located in the different participating countries. The project will also collect different successful stories across Europe. All information collected and generated will be freely available in the project website (<http://annex75.iea-ebc.org/>).

## REFERENCIAS / REFERENCES

- [1] European Commission, Energy, transport and environment indicators. Eurostat (2012).
- [2] European Commission, Directive 2012/27/EU on Energy Efficiency (2012).
- [3] European Commission, Directive 2010/31/EU on the Energy Performance of Buildings (2010).
- [4] O. Mørck, M. Almeida, M. Ferreira, N. Brito, K.E. Thomsen, I. Østergaard, Shining examples analysed within the EBC Annex 56 project, *Energy Build.* 127 (2016) 991-998.
- [5] IEA-Annex 56, IEA-Annex 56: Cost Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation (2011-2015), IEA-Annex 56. 2015 (2015).
- [6] O. Morck, M. Almeida, M. Ferreira, N. Brito, K.E. Thomsen, I. Østergaard, Shining Examples Analysed within the EBC Annex 56 Project, *Energy Procedia.* 78 (2015) 2334-2339.
- [7] S. Domingo-Irigoyen, A. Sánchez-Ostiz, J.S. Miguel-Bellod, Cost-effective Renovation of a Multi-residential Building in Spain through the Application of the IEA Annex 56 Methodology, *Energy Procedia.* 78 (2015) 2385-2390.
- [8] Å Blomsterberg, E. Pedersen, Tenants Acceptance or Rejection of Major Energy Renovation of Block of Flats – IEA Annex 56, *Energy Procedia.* 78 (2015) 2346-2351.
- [9] K.E. Thomsen, J. Rose, O. Morck, S.Ø Jensen, I. Østergaard, Energy Consumption in an Old Residential Building Before and After Deep Energy Renovation, *Energy Procedia.* 78 (2015) 2358-2365.
- [10] M. Almeida, A. Bencreciuto, M. Ferreira, A. Rodrigues, Cost-effective Energy and Carbon Emission Optimization in Building Renovation – A Case-Study in a Low Income Neighbourhood, *Energy Procedia.* 78 (2015) 2403-2408.
- [11] F. Cappelletti, T.D. Mora, F. Peron, P. Romagnoni, P. Ruggeri, Building Renovation: Which Kind of Guidelines could be Proposed for Policy Makers and Professional Owners?, *Energy Procedia.* 78 (2015) 2366-2371.
- [12] IEA EBC Annex 75, IEA EBC Annex 75 - Cost-effective Building Renovation at District Level Combining Energy Efficiency & Renewables.
- [13] W. Ott, R. Bolliger, V. Ritter, S. Citherlet, S. Lasvaux, D. Favre, B. Périsset, M. Almeida, M. Ferreira, S. Ferrari, Methodology for Cost-Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation (Annex 56). Report produced within the IEA's Energy in Buildings and Communities Programme, Annex 56, <http://www.iea-annex56.org>. [Last accessed 2019-06-06] (2017).
- [14] J. Terés-Zubiaga, A. Campos-Celador, I. González-Pino, C. Escudero-Revilla, Energy and economic assessment of the envelope retrofitting in residential buildings in Northern Spain, *Energy Build.* 86 (2015) 194-202.
- [15] Ministerio de Vivienda. Gobierno de España, Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, (Código Técnico de la Edificación) (2006) Sección 1. 11816-11831.
- [16] E. Iturriaga Hidalgo, Desarrollo de un método simple para la optimización del diseño de las instalaciones en edificios residenciales de consumo energético casi nulo en el País Vasco (2017).