

**ESTUDIO SOBRE EL IMPACTO EN EL EMPLEO DE LA
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y LA APLICACIÓN DE
ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS EDIFICIOS DE
VIVIENDAS DE ZARAGOZA**



Cod.: 3054

Zaragoza, 30 de enero de 2018



C/ Mas de las Matas, 20 oficina 16 - 50014 Zaragoza

www.ideyared.es

INDICE

1.- OBJETO DEL TRABAJO Y ANTECEDENTES.....	5
1.1.- OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	5
1.2.- ANTECEDENTES.....	5
2.- METODOLOGÍA.....	7
2.1.- METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO.....	7
2.2.- ÁREAS DE ANÁLISIS OBJETO DEL ESTUDIO.....	9
2.3.- METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN EL EMPLEO.....	10
2.4.- ESTRUCTURA DE CONTENIDOS.....	10
3.- DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA.....	12
3.1.- EVOLUCIÓN DEL URBANISMO Y LA EDIFICACIÓN EN ZARAGOZA.....	12
3.2.- SECTORIZACIÓN DE LA CIUDAD EN BASE A LA TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA. CARACTERIZACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA ENERGÉTICO.....	17
3.3.- LA APLICACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS DE ZARAGOZA.....	21
3.3.1 SISTEMAS PARA AUTOCONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	22
3.3.2 SISTEMAS PARA LA GENERACIÓN TÉRMICA.....	36
3.4.- ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y POBREZA ENERGÉTICA.....	52
3.4.1 MARCO SOCIOECONÓMICO.....	52
3.4.1.1 DEMOGRAFÍA.....	54
3.4.1.2 EMPLEO Y OCUPACIONES EMERGENTES.....	57
3.4.1.3 EMPLEO VERDE: REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES.....	60
3.4.1.4 LA EDUCACIÓN Y FORMACIÓN.....	60
3.4.1.5 NECESIDADES FORMATIVAS.....	61
3.4.1.6 LA DESIGUALDAD Y LA EXCLUSIÓN SOCIAL EN ZARAGOZA.....	62
3.4.2 POBREZA ENERGÉTICA Y VULNERABILIDAD URBANA EN LA CIUDAD DE ZARAGOZA.....	63
3.5.- LA ORDENANZA URBANA DE ZARAGOZA EN MATERIA DE REHABILITACIÓN Y APLICACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	68
3.6.- ESTRATEGIAS LOCALES Y PROGRAMAS DE AYUDA EXISTENTES.....	71
3.6.1 ORDENANZA MUNICIPAL DE FOMENTO DE LA REHABILITACIÓN.....	71
3.6.2 ESTRATEGIAS LOCALES.....	73
3.6.2.1 ESTRATEGIA ZARAGOZA 2020.....	73
3.6.2.2 ESTRATEGIA DE DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE DE ZARAGOZA.....	74

3.6.2.3	ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	77
3.6.2.4	PLAN DE ACCIÓN DE ENERGÍA SOSTENIBLE (PAES).....	77
3.6.2.5	ESTRATEGIAS DE PLANIFICACIÓN SUB-MUNICIPALES	78
3.6.3	PROGRAMAS DE AYUDA	80
3.6.3.1	AYUDAS MUNICIPALES A LA REHABILITACIÓN	80
3.6.3.2	AYUDAS ECONÓMICAS PARA LA REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS EN LOS ÁMBITOS DEL ÁREA DE REGENERACIÓN Y RENOVACIÓN URBANAS (ARRU) DE ZARAGOZA.....	83
3.6.4	PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS EUROPEOS	84
3.7.-	EXPERIENCIAS LOCALES PREVIAS Y RESULTADOS	86
4.-	MARCO NORMATIVO Y LEGAL PARA LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y LA APLICACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	87
4.1.-	POLÍTICAS, ESTRATEGIAS, PLANES Y PROGRAMAS. ÁMBITOS EUROPEO, NACIONAL Y AUTONÓMICO	87
4.2.-	LEGISLACIÓN EUROPEA, NACIONAL Y AUTONÓMICA	91
4.3.-	NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN.....	93
5.-	POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA	94
5.1.-	EXPERIENCIAS EN OTRAS CIUDADES ESPAÑOLAS Y EUROPEAS	94
5.2.-	POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO DE ZARAGOZA	96
6.-	TÉCNICAS APLICABLES A LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA E INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES	100
6.1.-	TÉCNICAS EN REHABILITACIÓN ENERGÉTICA.....	100
6.2.-	APLICACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES	106
7.-	DESCRIPCIÓN DE LOS SECTORES DE LA REHABILITACIÓN Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ZARAGOZA	109
7.1.-	EVOLUCIÓN	109
7.2.-	EL PARQUE DE VIVIENDAS Y EDIFICIOS	111
7.3.-	EL CONSUMO DE ENERGÍA Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES	115
7.4.-	TIPOLOGÍAS DE EMPRESAS Y PERFILES PROFESIONALES.....	117
8.-	DESARROLLO POTENCIAL DE LOS SECTORES DE LA REHABILITACIÓN Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ZARAGOZA.....	121
9.-	NECESIDADES DIFICULTADES Y RETOS PARA EL DESARROLLO DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y LA APLICACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	122
9.1.-	NECESIDADES.....	122
9.2.-	DIFICULTADES	123
9.3.-	RETOS A PLANTEAR.....	125

10.- EFECTOS SOBRE EL EMPLEO DEL DESARROLLO DE LOS SECTORES DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	127
10.1.- INVESTIGACIONES SOBRE REHABILITACIÓN E IMPACTO EN EL EMPLEO	127
10.2.- EXPERIENCIAS DE REHABILITACIÓN Y SU IMPACTO EN EL EMPLEO	132
10.3.- POTENCIAL DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN ZARAGOZA	134
10.4.- PERFILES PROFESIONALES MÁS AFECTADOS	136
10.5.- NECESIDADES FORMATIVAS Y DE CUALIFICACIÓN PROFESIONAL	137
11.- EFECTO SOBRE LOS ÍNDICES DE POBREZA ENERGÉTICA	144
12.- EFECTO SOBRE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	146
13.- ORIENTACIONES ESTRATÉGICAS	148
13.1.- ORIENTACIONES ESTRATÉGICAS GENERALES	148
13.2.- LÍNEAS DE ACTUACIÓN Y ACCIONES PROPUESTAS	149
14.- RESUMEN Y CONCLUSIONES	150

Equipo de trabajo:

Jesús Manuel Ruiz Martínez (Ingeniero Técnico Industrial y Master en Ingeniería Medioambiental).
Coordinador del estudio.

Saúl Pérez Martínez (Licenciado en Ciencias Económicas; y Ciencias Políticas y Sociología).

Manuel Sánchez Iturbe (Ingeniero Técnico Industrial y Máster en Eficiencia Energética).

Ana Alonso Ruiz (Arquitecta y Máster en Tecnologías de Información Geográfica aplicadas al planeamiento).

Claudio Javier García Ballano (Ingeniero Industrial y Máster en Investigación y Formación Avanzada en Arquitectura).

1.- OBJETO DEL TRABAJO Y ANTECEDENTES

1.1.- OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objeto de este estudio es llevar a cabo un análisis del impacto que tiene sobre el empleo y la posible evolución futura de los sectores de la rehabilitación energética de viviendas y de las energías renovables en la ciudad de Zaragoza.

En particular se consideran los siguientes objetivos específicos:

- Proporcionar un conocimiento real del municipio.
- Identificar el posicionamiento del municipio.
- Detectar oportunidades de mejora.
- Diseño de una intervención a favor del desarrollo local.

Uno de los resultados de este trabajo será una proyección a 2020 de la situación socio – económica y laboral de la ciudad de Zaragoza en este campo.

Para ello se llevarán a cabo al menos las siguientes acciones:

- Diagnóstico y análisis del entorno socioeconómico destacando las variaciones más importantes del contexto del municipio y sector.
- Identificación del posicionamiento estratégico del municipio en los ámbitos de análisis.
- Identificación de los aspectos técnicos y legislativos que influyen en estos campos.
- Resumen de los resultados obtenidos en el estudio y recomendaciones para mejorar la eficacia, la eficiencia y el logro con el fin de contribuir a la promoción del empleo.

1.2.- ANTECEDENTES

Cómo antecedentes a este documento se pueden citar los siguientes:

- Jornada sobre Rehabilitación Energética y su impacto en la creación de Empleo. Promovida por el Ayuntamiento de Zaragoza y celebrada el 20 de abril de 2017.
- Jornada sobre Energías Renovables y su Impacto en el Empleo. Promovida por el Ayuntamiento de Zaragoza y celebrada el 28 de junio de 2017.

Además se pueden citar los siguientes trabajos como antecedentes técnicos a este estudio:

- Guía práctica de la Energía para la rehabilitación de edificios (IDAE).
- Informe “Rehabilitación de Viviendas en Aragón” (El Periódico de Aragón, 2017).

- Informe Construmat sobre el impacto económico y social de la rehabilitación de viviendas (Construmat, 2013).
- Retos y oportunidades de financiación para la rehabilitación energética de viviendas en España (WWF – European Climate Foundation, 2012).
- Energy Renovation: The Trump Card for the New Start for Europe” (European Commission, 2015).
- Eficiencia Energética en Edificios, S16. Libro de ponencias. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, 2015.
- Estudio Prospectivo de las Energías Renovables. Observatorio de las Ocupaciones del Servicio Público Estatal de Empleo, 2009.

2.- METODOLOGÍA

Para la ejecución de los trabajos se han planteado las siguientes fases y tareas.

FASE 1: Diagnóstico

- Análisis de información.
- Cálculo de indicadores.
- Descripción de la situación actual.

FASE 2: Efectos sobre el empleo.

- Definición de escenarios.
- Proyecciones para cada escenario.

FASE 3: Propuestas y conclusiones.

- Propuesta de áreas de mejora, líneas estratégicas y acciones.
- Elaboración de conclusiones.

2.1.- METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO

Se describen en este apartado los siguientes aspectos: fuentes de obtención de datos, propuestas de herramientas de análisis, indicadores de evaluación, metodología de análisis con perspectiva de género, y utilización de lenguaje no sexista en la elaboración y redacción del proyecto.

FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

Las fuentes para la obtención de datos estadísticos serán los siguientes:

URBANISMO Y EDIFICACIÓN EN LA CIUDAD DE ZARAGOZA

- Área de Urbanismo y Sostenibilidad del Ayuntamiento de Zaragoza.
- Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza.

POLÍTICAS, ESTRATEGIAS, PLANES Y PROGRAMAS

- Políticas Europeas para la renovación en la construcción “Building Renovation Strategies”.
- Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España (Ministerio de Fomento, 2014 – actualización 2017).
- Plan Estratégico de Subvenciones 2014-2017 (Ministerio de Fomento).
- Plan Estatal de Vivienda 2018-2021 (Ministerio de Fomento).

ESTADÍSTICA:

- Observatorio de Estadística del Ayuntamiento de Zaragoza.

- Instituto Aragonés de Estadística (IAEST).
- Instituto Nacional de Estadística (INEbase).
- Sistema Estadístico Europeo (SEE) formado por Eurostat, las oficinas de estadística de los estados miembros y otros organismos que elaboran estadísticas europeas.

INFORMES Y ESTUDIOS PREVIOS

- Guía práctica de la Energía para la rehabilitación de edificios (IDAE).
- Informe “Rehabilitación de Viviendas en Aragón” (El Periódico de Aragón, 2017).
- Informe Construmat sobre el impacto económico y social de la rehabilitación de viviendas (Construmat, 2013).
- Retos y oportunidades de financiación para la rehabilitación energética de viviendas en España (WWF – European Climate Foundation, 2012).
- Energy Renovation: The Trump Card for the New Start for Europe” (European Commission, 2015).
- Synthesis Report on the Assessment of Member States’ building renovation strategies (European Commission, 2016).
- A Guide to Developing Strategies for Building Energy Renovation (BPIE, 2013).

Entrevistas con actores relevantes en el campo de la rehabilitación energética y la aplicación de energías renovables:

- Mesa de la Rehabilitación de Aragón.
- Consejo de Colegios de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Aragón.
- Fundaciones y asociaciones. Fundación “La Casa que Ahorra”.

HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

Las herramientas de análisis a utilizar serán las siguientes:

- Sistemas de Información Geográficos y CAD.
- Técnicas econométricas y herramientas de análisis estadístico.
- Entrevistas a las diferentes partes interesadas.

INDICADORES DE EVALUACIÓN

El diagnóstico a realizar incluirá la extracción de diferentes indicadores que permitan determinar la situación actual y la evolución futura. Estos indicadores podrán ser de los diferentes tipos:

- Indicadores que permitan caracterizar por sectores urbanos el parque de viviendas en base a su estado de conservación y antigüedad.
- Indicadores que permitan determinar por sectores la aplicación de técnicas de rehabilitación (aislamiento de fachadas, cubiertas, renovación de instalaciones, etc).

- Indicadores que permitan determinar por sectores la aplicación de energías renovables (solar térmica y fotovoltaica, geotermia de baja entalpia, minieólica, etc).
- Indicadores que permitan valorar el dinamismo del sector de la rehabilitación energética y las energías renovables en Zaragoza.
- Indicadores que permitan valorar la intensidad del empleo asociada al sector de la rehabilitación y las energías renovables en Zaragoza.
- Indicadores que permitan valorar el impacto sobre los índices de pobreza energética.
- Indicadores que permitan llevar a cabo comparativas con otras ciudades españolas y en el contexto europeo.

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS CON PERSPECTIVA DE GÉNERO

Durante la realización de los trabajos se tendrá en cuenta la perspectiva de género en todos aquellos aspectos en que sea posible y en particular en las proyecciones de empleo.

UTILIZACIÓN DE LENGUAJE NO SEXISTA EN LA ELABORACIÓN Y REDACCIÓN DEL PROYECTO

Para la realización de este estudio se ha utilizado un lenguaje no sexista.

En particular toda la documentación, publicidad, imágenes o materiales de todo tipo han utilizado un lenguaje no sexista y se ha evitado cualquier imagen discriminatoria de las mujeres o estereotipos sexistas. En este sentido se ha fomentado una imagen con valores de igualdad, presencia equilibrada, diversidad, corresponsabilidad y pluralidad de roles e identidades de género.

2.2.- ÁREAS DE ANÁLISIS OBJETO DEL ESTUDIO

Con el fin de garantizar la utilidad del estudio se ha puesto especial atención en mantener la coherencia entre los objetivos específicos planteados y las áreas de análisis propuestas.

Así, las áreas de análisis abordadas han sido las siguientes:

- Evolución del fenómeno edificatorio y del urbanismo en la ciudad de Zaragoza.
- Descripción y clasificación de las diferentes técnicas de rehabilitación energética existentes así como de las tecnologías de producción de energía renovable aplicadas a la edificación. Ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.
- Sectorización de la ciudad de Zaragoza en base a los siguientes criterios: antigüedad del parque de viviendas y susceptibilidad a la rehabilitación energética y la aplicación de energías renovables. Viviendas desocupadas.
- Cuantificación del potencial de la ciudad en relación a la rehabilitación y la integración de energías renovables (nº viviendas afectadas, superficies de fachadas y cubiertas susceptibles de actuación, potencial de producción fotovoltaico, potencial geotérmico, nº instalaciones obsoletas, etc). Relaciones entre la rehabilitación integral y la rehabilitación energética.

- Dificultades de las comunidades de vecinos y los particulares para obtener financiación. Modelos de financiación posibles. Volúmenes de inversiones necesarios y periodos de retorno esperados.
- Índices de pobreza energética existentes e impactos positivos esperados.
- Cuantificación de los efectos positivos de las actuaciones de rehabilitación y aplicación de energías renovables en cuanto a reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Estrategias, planes y programas en diferentes ámbitos competenciales en relación al objeto de estudio.
- Situación actual del sector de la rehabilitación energética y las energías renovables, perspectivas de crecimiento y retos a los que se enfrenta (nº de empresas, personas empleadas y tipos de contratos, niveles de capacitación y necesidades de formación, acceso a conocimiento y tecnologías, dificultades financieras, barreras normativas, etc.). Relación con otros subsectores (proveedores de materiales, despachos técnicos, etc).
- Proyecciones de la evolución del empleo en el sector a 2020 (planteamiento de diferentes escenarios de actuación).
- Oportunidades de mejora. Líneas estratégicas sugeridas y acciones necesarias.
- Descripción de experiencias similares en otras ciudades en los ámbitos nacional y europeo. Iniciativas innovadoras. Valoración de resultados.
- Existencia de ayudas y subvenciones¹ en el ámbito local, autonómico y nacional.

2.3.- METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN EL EMPLEO

Para llevar a cabo las proyecciones al año 2020 se utilizarán técnicas econométricas tales como el método de proyección de empleo (MPEP) elaborado por el Departamento de Tendencias del Empleo (EMP/TRENDS) de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Se utilizarán también las proyecciones que hace el Instituto Nacional de Estadística (INE).

2.4.- ESTRUCTURA DE CONTENIDOS

Este estudio se estructura en base a los siguientes contenidos que se irán desarrollando en los apartados siguientes:

- Diagnóstico inicial de la ciudad de Zaragoza. Circunstancias a tener en cuenta para valorar el potencial de los sectores de la rehabilitación energética y las energías renovables. Índices de pobreza energética.
- Programas locales en materia de rehabilitación energética e incorporación de energías renovables en los edificios de viviendas. Experiencias previas y resultados.

- Marco normativo y legal para la rehabilitación energética y la aplicación de energías renovables.
- Posicionamiento Estratégico de la Ciudad de Zaragoza.
- Técnicas aplicables a la rehabilitación energética y a la integración de energías renovables.
- Descripción de los sectores de la rehabilitación y las energías renovables en Zaragoza.
- Desarrollo potencial de los sectores de la rehabilitación y las energías renovables en Zaragoza.
- Dificultades y retos para el desarrollo de la rehabilitación energética y la aplicación de las energías renovables.
- Efectos sobre el empleo del desarrollo de los sectores de la rehabilitación energética y de las energías renovables.
- Efectos sobre los índices de pobreza energética.
- Efectos sobre los niveles de emisión de gases de efecto invernadero.
- Orientaciones Estratégicas para la ciudad de Zaragoza.

El estudio se complementa además con el cálculo de una serie de indicadores:

- Indicadores que permitan caracterizar por sectores urbanos el parque de viviendas en base a su estado de conservación y antigüedad.
- Indicadores que permitan determinar por sectores la aplicación de técnicas de rehabilitación (aislamiento de fachadas, cubiertas, renovación de instalaciones, etc).
- Indicadores que permitan determinar por sectores la aplicación de energías renovables (solar térmica y fotovoltaica, geotermia de baja entalpia, minieólica, etc).
- Indicadores que permitan valorar el dinamismo del sector de la rehabilitación energética y las energías renovables en Zaragoza.
- Indicadores que permitan valorar la intensidad del empleo asociada al sector de la rehabilitación y las energías renovables en Zaragoza.
- Indicadores que permitan valorar el impacto sobre los índices de pobreza energética.

Indicadores que permitan llevar a cabo comparativas con otras ciudades españolas y en el contexto europeo.

¹ Orden VMV/971/2017, de 7 de julio, por la que se convocan, para el ejercicio 2017, ayudas de fomento a la rehabilitación edificatoria correspondiente a la prórroga para 2017, del Plan Estatal de fomento del alquiler de

3.- DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA

3.1.- EVOLUCIÓN DEL URBANISMO Y LA EDIFICACIÓN EN ZARAGOZA

Según Rafael del Miguel en su artículo “Metamorfosis Urbana en Zaragoza” publicado en la Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales de la Universidad de Barcelona, Zaragoza se ha tenido que enfrentar desde la segunda mitad del siglo pasado a unos rápidos cambios demográficos y económicos y de la metamorfosis de la trama urbana debido a un proceso de éxodo rural hacia la ciudad. Esto ha hecho posible que Zaragoza se duplicase demográfica y urbanísticamente en menos de tres décadas. Así pues, Zaragoza pasó de 244.015 habitantes en 1950, a 571.855 en el Censo de 1981. Durante las dos décadas siguientes, Zaragoza crece relativamente poco llegando a 594.394 en 1991 y a 614.905 habitantes en el Censo de 2001. Actualmente cuenta con una población de 664.938 según el padrón de enero de 2017.

De cara al punto que nos ocupa en cuanto a la evaluación del parque edificatorio de la ciudad, se observa que, en términos generales, ha seguido paralelo al crecimiento demográfico. Entre las décadas de los cincuenta, sesenta y setenta del siglo XX, Zaragoza experimentó un incremento de 327.840 habitantes, como consecuencia de dos factores fundamentales: el éxodo rural inducido por una segunda etapa de industrialización en la ciudad y la alta natalidad coincidente con la fase final de la transición demográfica. Cabe destacar que existen además tres hitos muy importantes dentro de este desarrollo en cada una de las décadas anteriores como es la construcción de la Base Aérea en 1954, la puesta en marcha del Polo de Desarrollo en 1964 y la implantación de la factoría de General Motors en 1982.

Por el contrario, durante las décadas de los ochenta y noventa del siglo pasado este proceso de crecimiento demográfico sufrió una brusca desaceleración y el crecimiento fue tan solo de 43.050 habitantes. Esto no se trata de un proceso aislado de la ciudad de Zaragoza, sino que fue coincidente con el seguido la mayoría de las grandes ciudades españolas.

Ya en la primera década del siglo XXI, Zaragoza ha experimentado un incremento demográfico promovido por las dinámicas de la tercera fase del desarrollo metropolitano en España. En esta primera década, Zaragoza incrementó su población un 10 por ciento, pasando de los 614.905 habitantes en el Censo de 2001 al entorno de los 680.000 habitantes, existiendo diferencias notables entre las cifras publicadas para 2010 por el Ayuntamiento de Zaragoza de una población de 696.656 habitantes mientras que el INE ofrecía la cifra de 675.121 habitantes. Cabría destacar dos hitos muy importantes que propiciaron el crecimiento demográfico de esta década como son la llegada de la Alta Velocidad y la celebración de la Exposición Internacional de 2008, cuyos efectos socioeconómicos son indiscutibles.

viviendas, la rehabilitación edificatoria y renovación urbanas 2013-2016 (BOA de 13/07/2017).

Esta dinámica demográfica ha llevado consigo, por un lado, una transformación del uso del suelo que, en la actualidad, dibuja una distribución con respecto a las coberturas artificiales tal como refleja la figura 1, correspondiente a 8.677,08 Has.

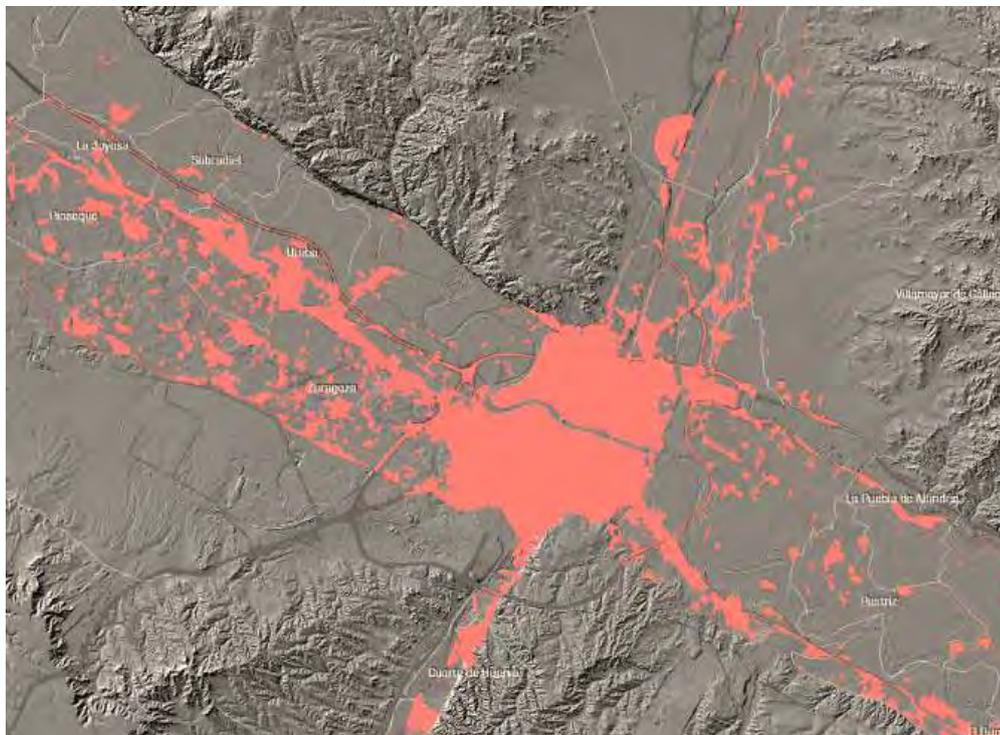


Figura 1. Zona cubierta por superficies artificiales en la ciudad de Zaragoza

La expansión inmobiliaria ha venido caracterizando no sólo a la ciudad durante este último periodo, fundamentalmente a propósito de los planes parciales de Valdespartera y Arcosur², sino en el entorno metropolitano, aspecto que deja patente la desproporción entre la dinámica poblacional y las previsiones residenciales imposible de equilibrar en los diferentes municipios que conforman el entorno metropolitano de Zaragoza. En 2004, según un reportaje publicado en Heraldo de Aragón, y recuperado por Ramón Betrán, “veinticuatro municipios comprendidos en un círculo de 30 kilómetros de radio con centro en Zaragoza tenían suelo calificado para construir unas 50.000 nuevas viviendas a corto plazo, lo que suponía casi la desaparición del suelo no urbanizable en algunos de ellos, como Cuarte, con 2.041 habitantes y 5.000 viviendas previstas en suelos todavía sin urbanizar”.

Rafael de Miguel explica que en estos últimos años se ha propiciado una extensión de la periferia metropolitana, especialmente en el ámbito residencial. “La conformación de un área metropolitana como espacio de integración socioeconómica supramunicipal o como ciudad real compuesta por una ciudad central y unos municipios de residentes *commuters* se ha ido produciendo

² Por los que inicialmente se preveía incrementar en 9.687 y 21.500 unidades respectivamente el parque de viviendas de la ciudad. La urbanización del área de Valdespartera, así como sus edificaciones se han realizado siguiendo criterios de aprovechamiento bioclimático (posteriormente referido), mientras que el destino del barrio de Arcosur está siendo más controvertido.

prácticamente en la última década, en la que residentes zaragozanos y nuevas familias jóvenes abandonan el municipio capital para alojarse –preferentemente- en los colindantes a Zaragoza debido a un menor precio del suelo y de la vivienda, a una mayor diversidad de la oferta inmobiliaria o a razones ambientales”. A este respecto, es de interés los datos sobre el porcentaje de habitantes que residen en los municipios del entorno de la ciudad con respecto al total del área metropolitana, incluida la capital, incrementándose en cada censo y alcanzando el 13,1 por ciento en 2011.

Por otro lado, la evolución del tejido urbano de la ciudad de Zaragoza entre 1908 y 2008 que se observa en la figura 2 ha supuesto destinar una mayor superficie de espacio libre y de usos complementarios por vivienda en los crecimientos actuales que en los más pretéritos. Este hecho no responde únicamente a dar respuesta a las exigencias normativas con respecto a los mínimos de espacios libres, equipamientos, reservas dotacionales a escala de ciudad, sino que el incremento de este ratio para los nuevos desarrollos responde a la constante de fijar como tipología residencial preferente la vivienda unifamiliar aislada con jardín, o los bloques de viviendas con un patio interior mancomunado de grandes dimensiones.

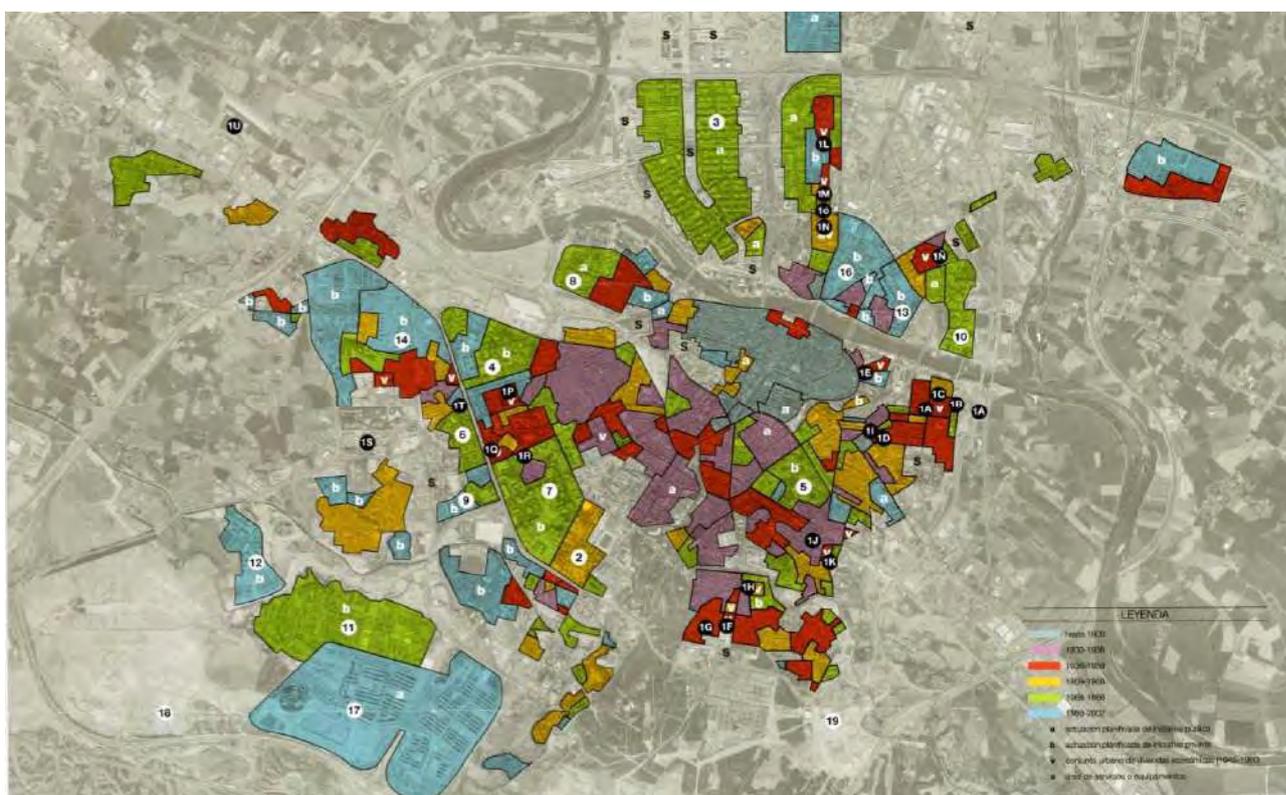


Figura 2. Evolución del tejido residencial en la ciudad de Zaragoza entre 1908 y 2008 (Ayuntamiento de Zaragoza)

Las autoridades competentes en materia de vivienda consideran que la rehabilitación contribuye a mantener o generar empleo. Así, se han venido aplicando medidas de política económica para potenciar la rehabilitación con el propósito de apoyar la actividad económica y la generación de empleo. La ciudad de Zaragoza cuenta con una experiencia en rehabilitación urbana amplia y constituye un ejemplo clave durante estos últimos años desde el que poder extraer conclusiones

sobre las políticas económicas de vivienda aplicadas al espacio urbano en la ciudad construida. Tal como refieren Ruiz y Alfaro, gran parte de las intervenciones urbanísticas han sido llevadas a cabo a través de la delimitación de las áreas de rehabilitación y renovación urbana, cuestión importante a efectos de poder ser beneficiarios de las ayudas económicas previstas en el correspondiente Plan de Vivienda.

En este sentido se aprueba la ordenanza municipal de fomento a la rehabilitación de Zaragoza en 2010, documento que recoge, junto con las áreas de Rehabilitación de Centro Histórico (ARCH), las ARI declaradas por la Comunidad Autónoma de Aragón con objeto de recuperar los barrios degradados de Grupo María Andrea Casamayor y de la Coma (antes Girón), Alférez Rojas, Puente Virrey Rosellón, Picarral y Rabal. En este mismo documento aparece el concepto de área de rehabilitación preferente municipal (ARPM), en atención a “determinadas zonas del término municipal, no declaradas ARI por la Comunidad Autónoma, que tienen ya algún tipo de declaración urbanística, o que formando parte de zonas con Planes Integrales municipales, se encuentran en un estado de cierto deterioro físico y social, o que ya se han recogido en otros programas municipales”.

Un ejemplo de estos ARPM lo constituyen las áreas residenciales de la ciudad surgidas en las décadas de los 40 a 60 que responde a los criterios de diseño urbano de posguerra y que han sido declarados por el propio Plan General de Ordenación Urbana de la ciudad (PGOUZ) como Conjuntos Urbanos de Interés, a efectos de su rehabilitación, mejora y determinación de medidas de protección y regulación.



Figura 3. Áreas de Rehabilitación Integral (ARI), Áreas de Rehabilitación de Centro Histórico (ARCH) y Conjuntos Urbanos de Interés, recogidos en la figura de Áreas de Rehabilitación Preferentes Municipales (ARPM) según Ordenanza Municipal de Fomento a la Rehabilitación de Zaragoza, publicada en BOP 31/08/2010. Ruiz y Alfaro, 2017.

Estos términos han sido sustituidos por el de Áreas de Regeneración y Renovación Urbanas (ARRU), si bien las actuales áreas se corresponden con las anteriores delimitaciones declaradas en la ordenanza municipal de fomento a la rehabilitación de Zaragoza de 2010. En la figura 3 quedan señaladas las anteriores áreas mencionadas.

De cara a poder evaluar las posibles futuras acciones a llevar a cabo en los edificios de viviendas en Zaragoza en términos de rehabilitación energética y aplicación de energías renovables, conviene estudiar el número de viviendas por unidad censal en la ciudad, diferenciando entre viviendas principales y vacías, con respecto a la densidad total de viviendas y al total de la población.

- Densidad de viviendas por unidad censal: da una idea de la distribución de las viviendas en la ciudad, de si existen zonas muy densas u otras en las que se concentran las viviendas en torno a grandes espacios libres o infraestructuras y sistemas de uso general para la población.
- Número de habitantes por unidad censal: se quiere estudiar si existe, como inicialmente parece, una relación unívoca entre el mayor número de viviendas y el mayor número de población.
- Porcentaje de vivienda principal con respecto a la total: se pretende detectar cuáles son las zonas de la ciudad en las que existe un mayor porcentaje de viviendas no principales, en aras de poder caracterizar diferentes patrones de ocupación residencial. Se ha estimado un umbral en torno al 80 por ciento como escenario en el que se considera necesario estudiar los factores que fundamentan el uso de la vivienda como no principal.
- Porcentaje de vivienda vacía: del mismo modo, se pretende identificar las zonas en las que existe un mayor porcentaje de vivienda vacía en la ciudad. Se ha estimado unos umbrales del 10 y del 30 por ciento como escenarios que deben diferenciarse y estudiarse ulteriormente en profundidad en función también de otras variables.

La figura 4 da razón de esta comparativa tomando los datos del último censo de viviendas y población, correspondiente al año 2011. En ella comprobamos que muchos de los barrios tienen una densidad muy alta, que alcanza valores medios superiores a las 150 viviendas por hectárea en Delicias, Centro o Las Fuentes. También, identificamos que existe un alto porcentaje de vivienda vacía en torno a la carretera Madrid (Valdefierro y Delicias), así como en el primer cinturón de la ciudad. También observamos zonas discontinuas de vivienda vacía en Torrero, Las Fuentes, San José y Casablanca, además de zonas específicas de la ciudad con el máximo porcentaje de vivienda vacía en torno al paseo Calanda, en Fernando el Católico y en torno al Casco Antiguo de la ciudad. Finalmente, llama la atención lo consolidado que parece estar el barrio de la Almozara en términos de porcentaje de vivienda principal con respecto al total de viviendas.

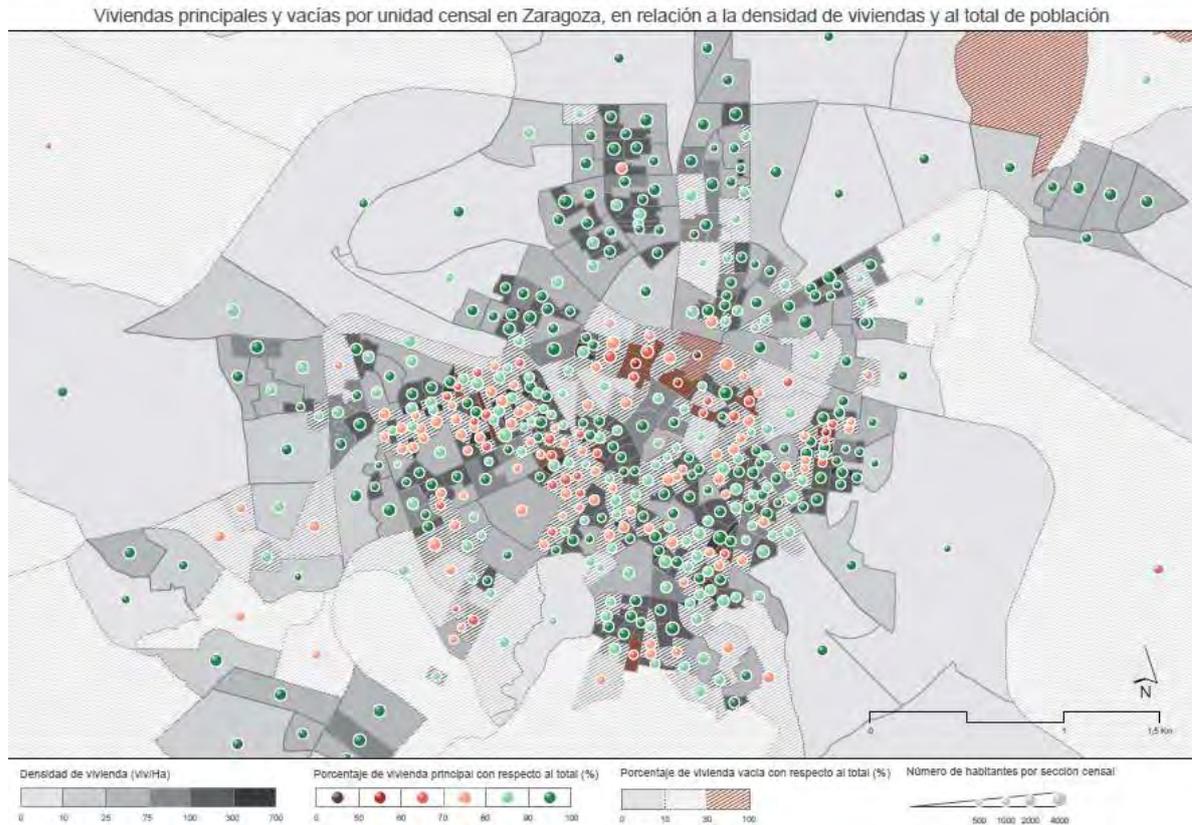


Figura 4. Viviendas principales y vacías por unidad censal en Zaragoza, en relación a la densidad de viviendas al total de población

3.2.- SECTORIZACIÓN DE LA CIUDAD EN BASE A LA TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA. CARACTERIZACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA ENERGÉTICO

Sectorización de la ciudad en base a la tipología constructiva y caracterización desde el punto de vista energético.

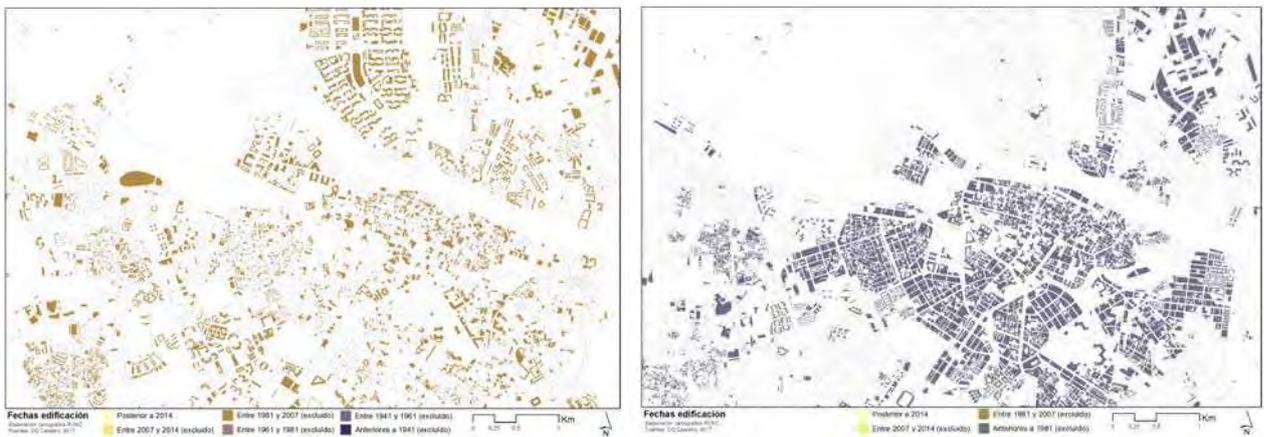
En este apartado se va a tratar de generar una visión general del parque edificatorio de la ciudad clasificando las viviendas en función de su año de construcción.

Si atendemos a la propia división del espacio temporal según los cuatro grandes bloques en los que divide la tipología de viviendas el actual programa oficial de Certificación Energética CE3X, estas se clasificaría según los cuatro siguientes bloques:

- Posteriores a 2014
- Entre 2007 y 2014 (excluido 2014)
- Entre 1981 y 2007 (excluido 2007)
- Anteriores a 1981 (excluido 1981)



Figuras 5 y 6. De izquierda a derecha, viviendas construidas con posterioridad a 2014 y viviendas construidas entre 2007 y 2014 (excluido 2014)



Figuras 7 y 8. De izquierda a derecha, viviendas construidas entre 1981 y 2007 (excluido 2007) y viviendas construidas anteriormente a 1981 (excluido 1981)

Si atendemos al documento del Ministerio de Fomento “Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España en desarrollo del artículo 4 de la directiva 2012/27/UE” de Junio de 2014, este divide el parque de viviendas de España en función del año de construcción dentro de los periodos concretos que se detallan a continuación:

- Viviendas anteriores a 1940
- Viviendas construidas entre 1940 y 1960
- Viviendas construidas entre 1960 y 1980
- Viviendas construidas entre 1980 y 2007
- Viviendas construidas entre 2007 y 2014
- Viviendas construidas con posterioridad a 2014

Esta división lógica tiene su fundamento en los cambios de técnicos o normativos acaecidos en cada uno de los anteriores periodos. Así pues, se considerará lo siguiente:

- Antes de 1940 se construía de según una edificación tradicional.
- Entre 1940 y 1960 se llevó a cabo el primer ciclo de expansión urbana con tipologías de bloques.
- Entre 1960 y 1980 se llevó a cabo el segundo ciclo de expansión urbana con cambios en los sistemas constructivos.
- Entre 1980 y 2007 aparecieron nuevos cambios técnicos y comenzó el periodo de aplicación de la NBE-CT/79 que demandaba un mínimo de aislamiento térmico en los cerramientos.
- Entre 2007 y 2014 aparecen nuevos cambios normativos significativos con la del Código Técnico de la Edificación CTE que exige condiciones de eficiencia energética al edificio.
- A partir de 2014 entra en vigor la actual versión de CTE en materia de ahorro de energía.



Figura 9. Clasificación del parque de viviendas de Zaragoza en base al año de construcción y a los periodos de referencia de la Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España

Si se representan cada uno de los rangos por separado, se obtienen además las siguientes figuras.

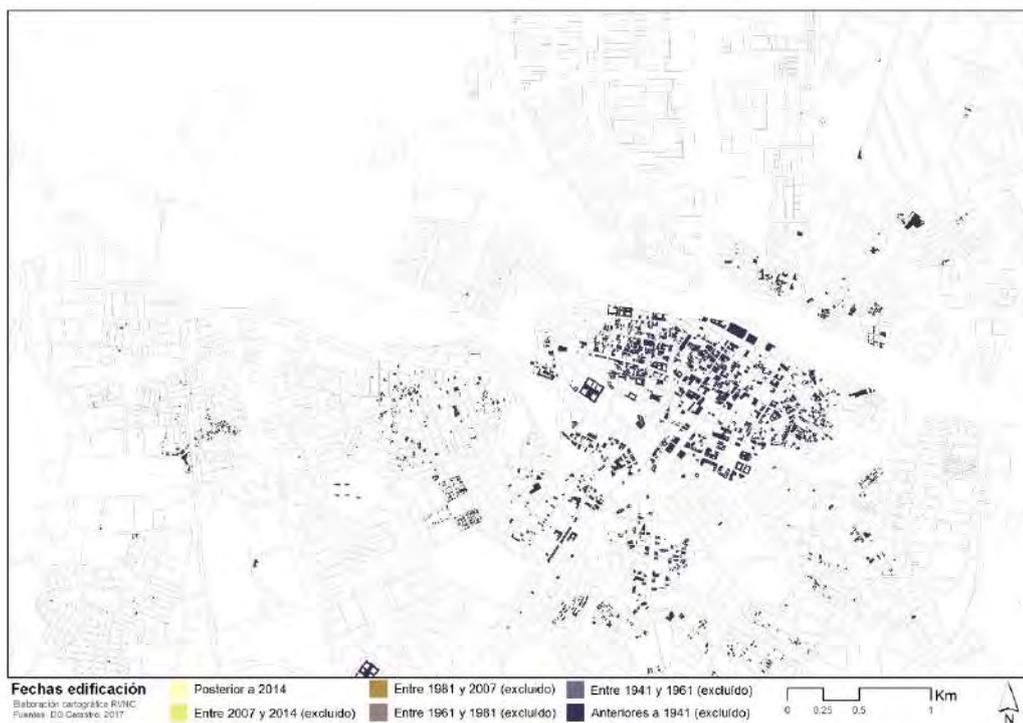


Figura 10. Viviendas construidas con anterioridad a 1941

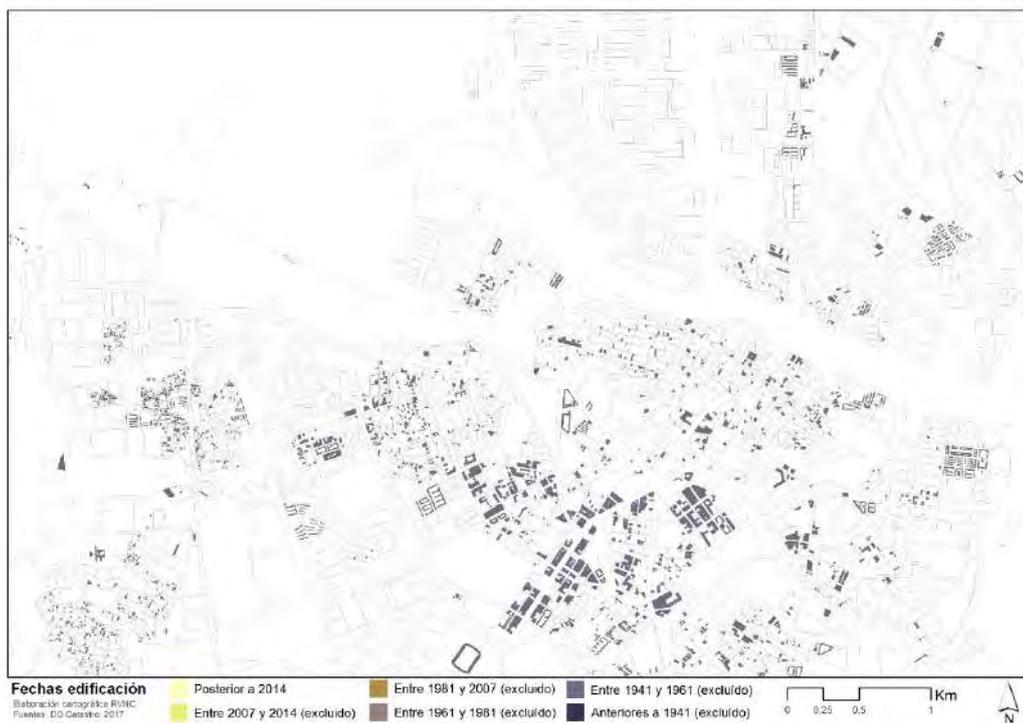


Figura 11. Viviendas construidas entre 1941 y 1961

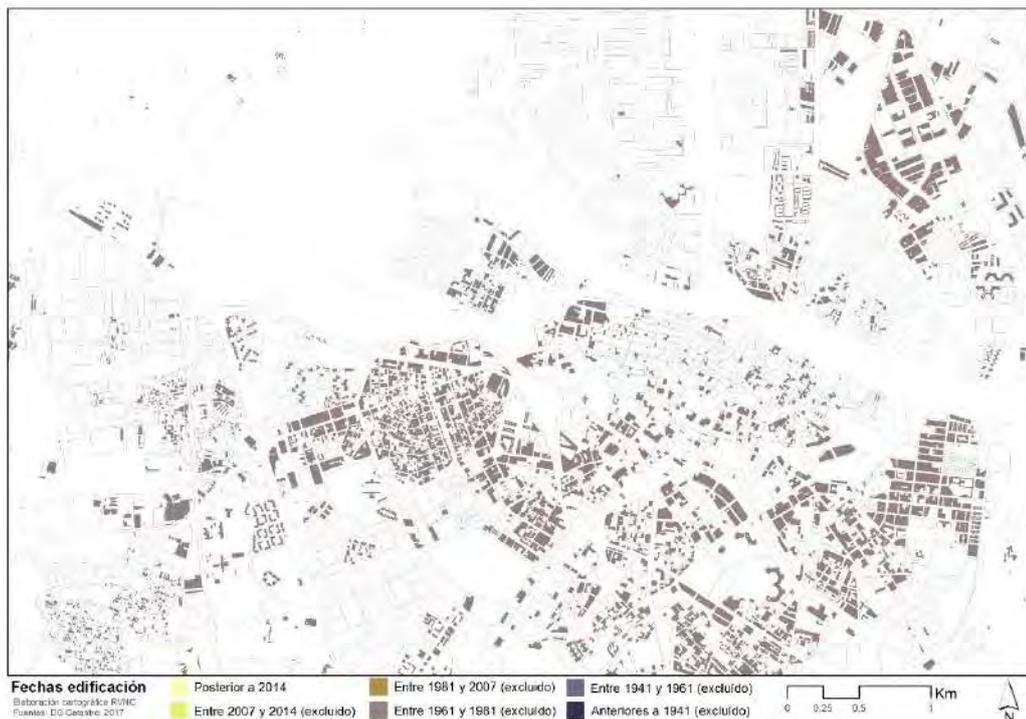


Figura 12. Viviendas construidas entre 1961 y 1981

3.3.- LA APLICACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS DE ZARAGOZA

El ahorro energético es uno de los pilares fundamentales para conseguir edificios energéticamente eficientes, pero éste debe ser complementado con sistemas energéticos renovables de alta eficiencia que nos permitirán conseguir una mayor autonomía energética a la vez que una mayor reducción de las emisiones de efecto invernadero. Por otro lado, la implantación de energías renovables en viviendas, puede ser el motor que reactive este sector e impulse la generación de empleo en la región en los próximos años.

La selección del tipo de energía renovable a implantar en edificios de viviendas dependerá principalmente de factores económicos, siendo diferente la rentabilidad y viabilidad según cada caso concreto. Por lo que la elección de la solución ideal se deberá realizar tras un estudio detallado de aspectos como:

- Ubicación y geometría del edificio.
- Integración en las instalaciones existentes.
- Posibilidad de reducir su impacto visual.
- Factores climáticos de la zona.

A continuación, describiremos las diferentes soluciones energéticas renovables que son posibles implantar en los edificios existentes; podemos distinguir dos grupos:

- Aquellos cuyo objetivo es la generación de energía eléctrica para su autoconsumo ya sea en instalaciones aisladas o conectadas a la red.
- Aquellos destinados a calentar o enfriar un fluido térmico para su uso en los sistemas propios de climatización o de agua sanitaria.

3.3.1 Sistemas para autoconsumo de energía eléctrica

Para el caso de zonas urbanas, las energías renovables aprovechables a considerar se limitan a dos: Energía Solar y Eólica³. Ambas pueden aplicarse de forma independiente o bien coexistir en instalaciones híbridas.

Dentro de la consideración de autoconsumo podemos diferenciar las instalaciones conectadas a red de las instalaciones aisladas.

Instalaciones conectadas a Red:

Según el RD 900/2015, existen dos modalidades de autoconsumo:

- **Tipo 1:** limitada a potencias inferiores a 100 kW, no se puede instalar una potencia superior a la potencia contratada; en este caso el productor es el mismo consumidor. Los excedentes de producción se vierten a la red sin ningún tipo de remuneración o bien se instala un dispositivo de vertido cero (corte de producción cuando no hay consumo). La instalación de baterías está permitida siempre y cuando compartan un equipo de medida de la generación neta o de la energía horaria consumida; esto supone que se deberá instalar un contador adicional unidireccional tal como se muestra en el siguiente esquema:

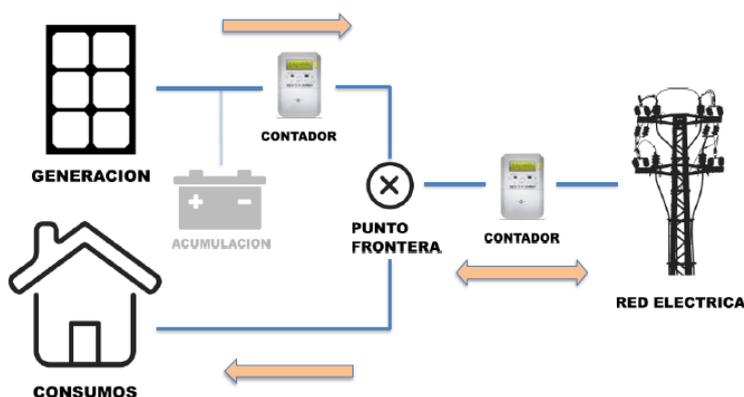


Figura 13. Tipo 1 de instalación conectada a red

Esta modalidad es la más habitual para consumidores/productores individuales (una vivienda o una pequeña comunidad de propietarios).

³ Otras fuentes renovables como la hidráulica, mareomotriz geotérmica de alta entalpía, son de difícil aplicación en entorno urbano y menos aún en la ciudad de Zaragoza, por lo que no serán consideradas en este informe.

- **Tipo 2:** la suma de las potencias instaladas no puede superar a la potencia contratada; en este caso el productor es diferente del consumidor y solo hay un titular para todas las instalaciones de generación. Los excedentes de producción pueden ser inyectados a la red con remuneración, pero el productor debe satisfacer un peaje de generación en función de la energía vertida a la red. El titular se ha de dar de alta en el Registro Autonómico de Instalaciones de Producción en Régimen Especial. La instalación de baterías está permitida siempre y cuando compartan un equipo de medida de la generación neta o de la energía horaria consumida; para potencias inferiores a 100 kW se mantiene un esquema similar al del tipo 1, mientras que para potencias superiores a 100kW se debe ir a un esquema como el siguiente:

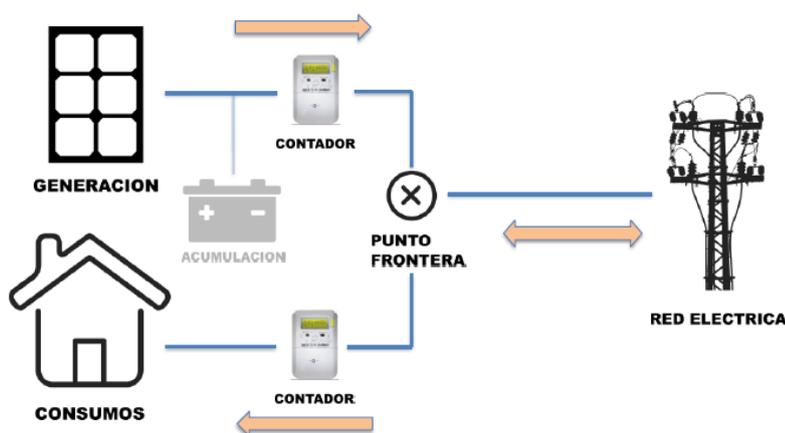


Figura 14. Tipo 2 de instalación conectada a red

Esta modalidad es la más indicada para grandes comunidades de vecinos y permite superar una potencia instalada de 100 kW.

Ambas tipologías pueden ser aplicadas en viviendas o agrupaciones de viviendas en un entorno urbano, si bien la elección de una u otra modalidad dependerán de factores económicos y organizativos. Así, por ejemplo, la tipología 1 es más indicada para pequeños consumidores que generan su propia energía, siendo su tramitación mucho más rápida y sencilla, sobre todo para potencias inferiores a 10 kW. Si bien esta opción no te permite vender el excedente de energía, por lo que no es conveniente excederse en la potencia instalada.

En el caso de grandes comunidades de viviendas en las que se disponga de amplios espacios para la instalación de paneles (normalmente en las cubiertas de los edificios), es posible pensar en instalaciones de tipo 2, si bien esta opción supone que exista un solo titular (como comunidad de propietarios, mancomunidad u otra forma fiscal) quien será la que gestione la generación y venta sobrante de energía. En este caso la potencia instalada se ajustará al consumo de los servicios generales del edificio o agrupaciones de edificios. Una aplicación muy interesante de la auto-generación en este caso es su utilización para la carga de vehículos eléctricos en plazas de garajes comunitarios, así como los servicios generales de garajes y mancomunidades. En este

caso, las propias baterías de los vehículos se podrían utilizar como sistema de almacenamiento de soporte.

Instalaciones aisladas:

Son todas aquellas que funcionan sin estar conectadas a la red. Este tipo de instalaciones están orientadas a pequeños consumidores individuales que no tienen posibilidad o gran dificultad de conectarse a la red. Se han de dimensionar para dar servicio al 100% de las necesidades eléctricas propias, y por lo general requieren de sistemas de almacenamiento de energía, lo que hace que sean mucho más costosas que las conectadas a red. Sin embargo, la evolución de la tecnología, la paulatina reducción de los precios de las baterías, y facilidad en su legalización, hacen que este tipo de instalaciones sean cada vez más atractiva y una forma de conseguir la total independencia energética.

3.3.1.1 Energía solar fotovoltaica

Como veremos en este apartado, se trata de un recurso que hoy en día no está suficientemente explotado, a pesar de que las condiciones de irradiación solar en Zaragoza y las tipologías de una gran parte de las cubiertas de sus edificios lo permiten.

Potenciar la instalación de sistemas de captación solar para autoconsumo en zonas urbanas puede dar lugar a un importante impacto en el incremento del empleo de la región, evitando la deslocalización hacia otros países que muchas empresas españolas del sector han tenido que sufrir para afrontar la “moratoria Solar” de los últimos 5 años. A su vez, con el autoconsumo se reduce el efecto de la pobreza energética, y se disminuye el impacto de emisiones de efecto invernadero al utilizarse una fuente renovable (aproximadamente 46 gr CO²/kWh producido).

Los costes de generación eléctrica con esta fuente renovable en España ya ha alcanzado la paridad con respecto a la red eléctrica, es decir, es inferior o igual al precio generalista de compra de la electricidad directamente de la red eléctrica, a pesar de la reciente caída del precio del petróleo; con una tendencia de reducirse aún más por la disminución del precio de los equipos captadores, la introducción de nuevas tecnologías, así como un previsible incremento de las tarifas eléctricas (debido a la progresiva reducción de la nuclear y el incremento del precio de los combustibles fósiles).

El abaratamiento de los sistemas de almacenamiento de energía es otro de los aspectos que pueden acelerar significativamente la penetración de la energía solar (a pesar de que la legislación española en estos momentos lo penaliza). La implantación de sistemas de generación distribuida con acumulación reduce las pérdidas en las redes de distribución mejorando su eficiencia, además de aliviarla de sobrecargas.

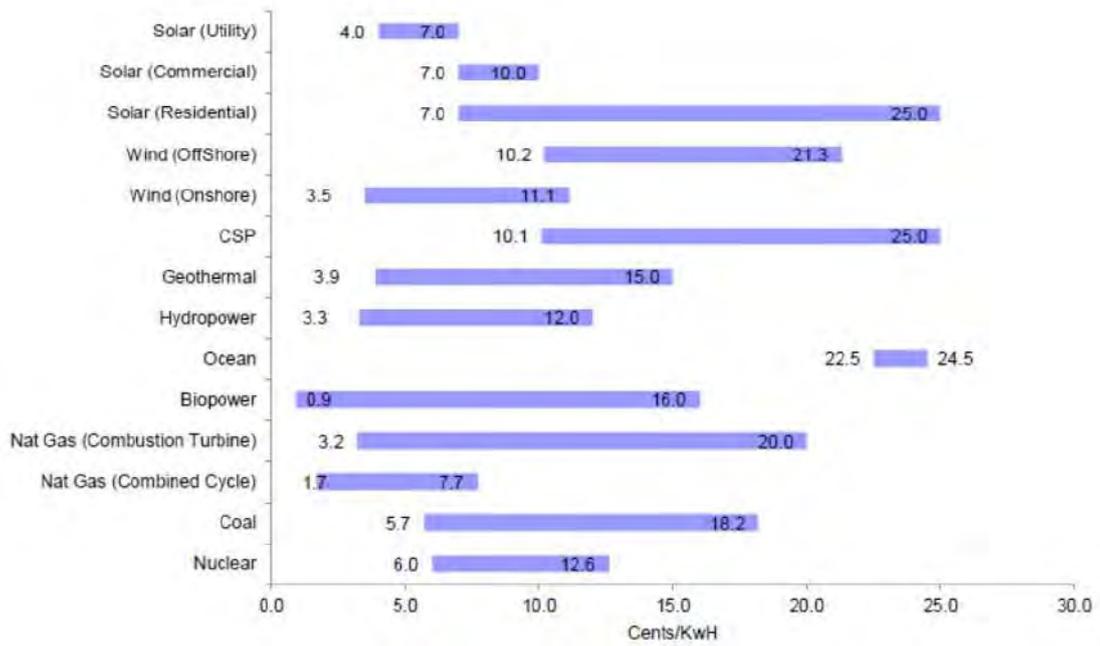


Figura 15. Tabla comparativa del coste de la energía según su procedencia; Fuente: Deutsche Bank, febrero 2015, "Solar Grid Parity in a Low Oil Price Era"

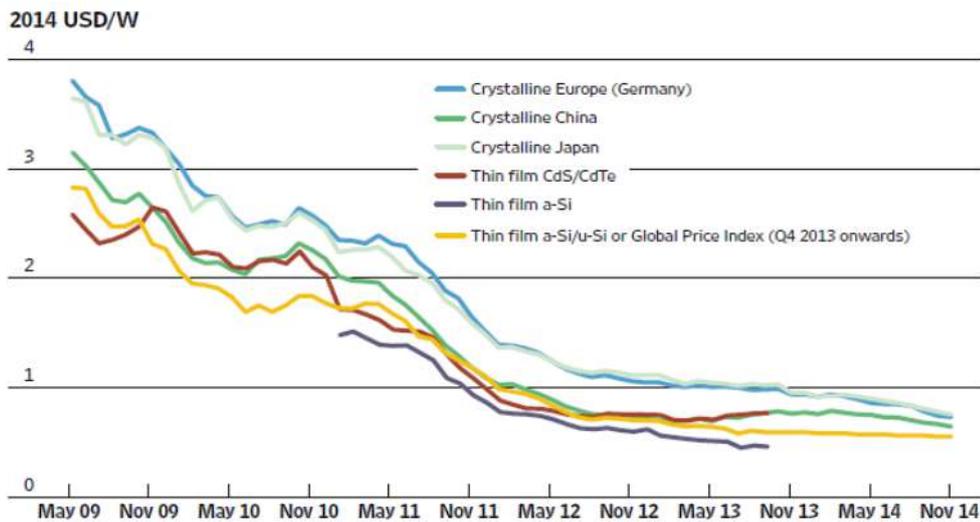


Figura 16. Evolución del precio de los paneles solares en Europa desde 2009 a 2014, para distintas tecnologías. Fuente: "GlobalData 2014 and pvXchange. 2014"

A nivel mundial, la generación fotovoltaica está experimentando un importante incremento, alcanzándose cada año cifras record. Alemania se ha convertido en uno de los países que más facilidades fiscales ha adoptado y que se han reflejado en el cada vez mayor número de instalaciones de autoconsumo, a pesar de su baja radiación solar.

Sin embargo, a pesar de todo un horizonte favorable para la introducción de la energía fotovoltaica, en España seguimos sufriendo una parálisis desde el año 2012, debido principalmente a una regulación poco favorable y poco clara. Si bien en el 2015 se aprobó el RD 900/2015 dejando una puerta abierta a la implantación del autoconsumo en los edificios de viviendas, sus importantes restricciones sigue frenando la introducción de esta tecnología. No obstante, se espera que pronto esta legislación se acomode a la Comunitaria, donde ya se otorga al ciudadano su derecho a generar su propia energía sin que ello suponga un coste adicional.

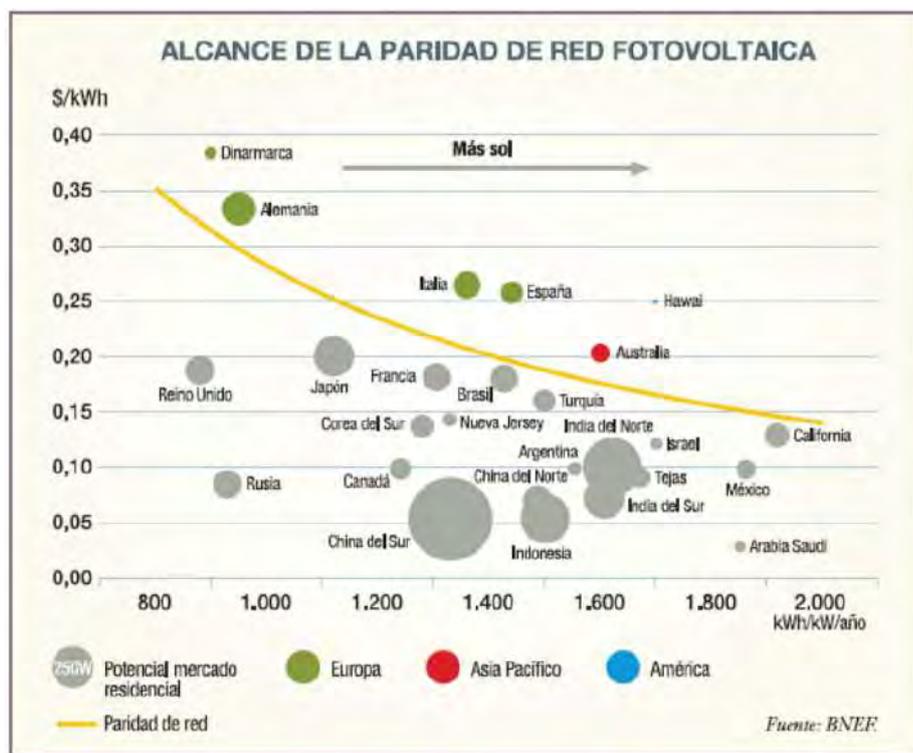


Figura 17. Países que han alcanzado la paridad con la red eléctrica; Fuente: Informe anual Unión Española Fotovoltaica “UNEF”, 2013.

Caracterización del potencial fotovoltaico en la ciudad de Zaragoza

Las cubiertas son las superficies de los edificios que más energía solar recibe, y es por tanto donde más rendimiento adquiere la instalación de los dispositivos de captación. Por tanto, el primer paso para determinar el potencial de esta fuente de energía, es conocer la superficie útil de cubiertas y la superficie disponible para la colocación de paneles solares.

Normalmente, los edificios construidos antes del 2006, no se ha tenido en cuenta en su diseño la posibilidad de la instalación de éstos equipos; sin embargo, las diferentes tipologías de cubiertas observadas en la ciudad de Zaragoza permiten que puedan ser aprovechadas para este fin en un gran número de ellas.

La determinación de ésta superficie útil es compleja, pues además de que existen diferentes formas constructivas (cubiertas planas, cubiertas inclinadas) y orientaciones, suelen estar ocupadas por otras instalaciones y elementos constructivos que dificultan la instalación de las

unidades captadoras. A su vez, se han de tener en consideración los diferentes usos comunitarios y privados, así como la presencia de elementos de sombreado (edificios próximos más elevados y otros obstáculos).

Se observa que, con el transcurso de los años, las técnicas constructivas de las cubiertas han ido evolucionando, pasando de cubiertas inclinadas de teja a una disposición de cubiertas planas. La orientación y parcelación también ha ido evolucionando; así por ejemplo en las zonas del casco histórico tenemos una distribución más heterogénea y desordenada, con parcelas más pequeñas y edificios de muy diferentes alturas; y que ha ido evolucionando hacia parcelas con agrupaciones de mayor dimensión y orden a medida que la ciudad ha ido creciendo en el tiempo.

Es por ello que el aprovechamiento masivo de las cubiertas en zonas como el casco histórico para el uso de equipos captadores, puede verse dificultado y limitado por estas razones, aunque existe la posibilidad de utilizar esta tecnología de forma individualizada en alguno de sus edificios.

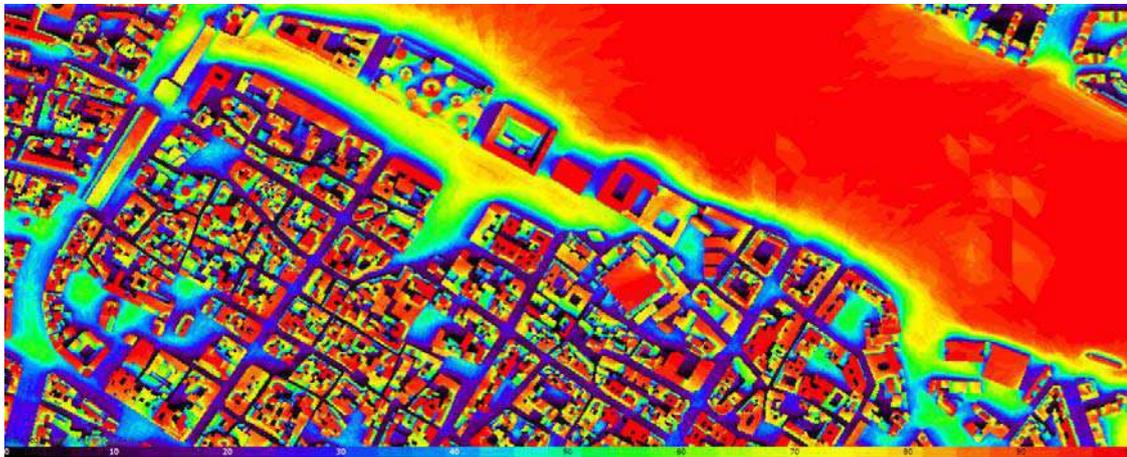


Figura 18. Mapa de radiación solar en el casco histórico de Zaragoza: los edificios presentan un mayor desorden en su distribución, con diferentes alturas de cubiertas que dan lugar a sombreados que reduce la capacidad de su aprovechamiento solar.

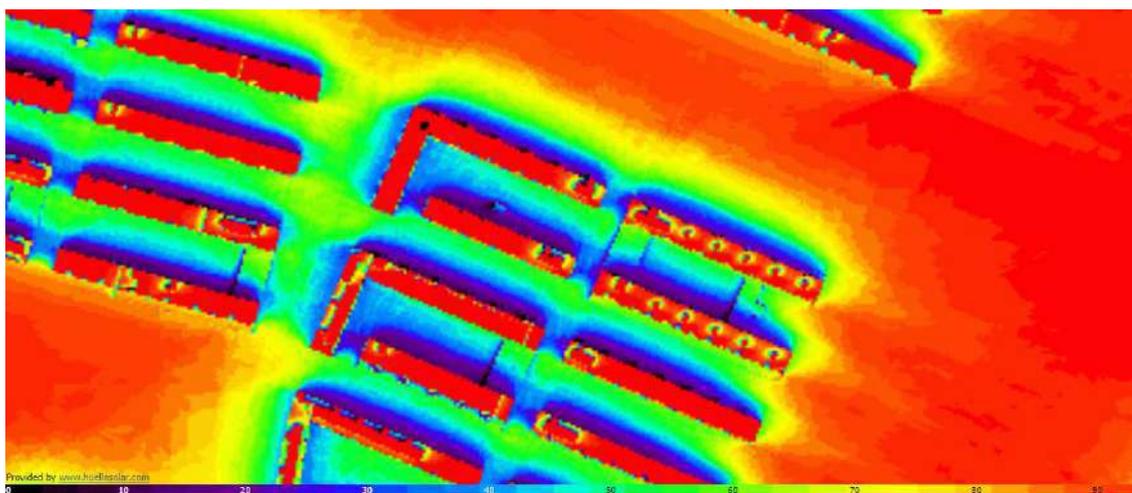


Figura 19. Mapa de radiación solar en Valdespartera: la tipología de edificios es más ordenada, los edificios se encuentran más separados y están a la misma altura lo que permite un mayor aprovechamiento de las cubiertas para su uso como superficie de captación solar.

Simulación de la radiación solar sobre cubiertas, metodología de cálculo.

Mediante programas de simulación se puede generar el mapa de insolación solar. En este caso hemos empleado el ofrecido por Huellasolar.com. En dicha simulación se tiene en cuenta aspectos como el sombreado de edificios próximos, así como los diferentes obstáculos que aparecen en las mismas cubiertas. En este mapa queda reflejada la radiación solar media anual recibida por cada superficie, y nos permitirá localizar los puntos más idóneos para la instalación de las placas solares.

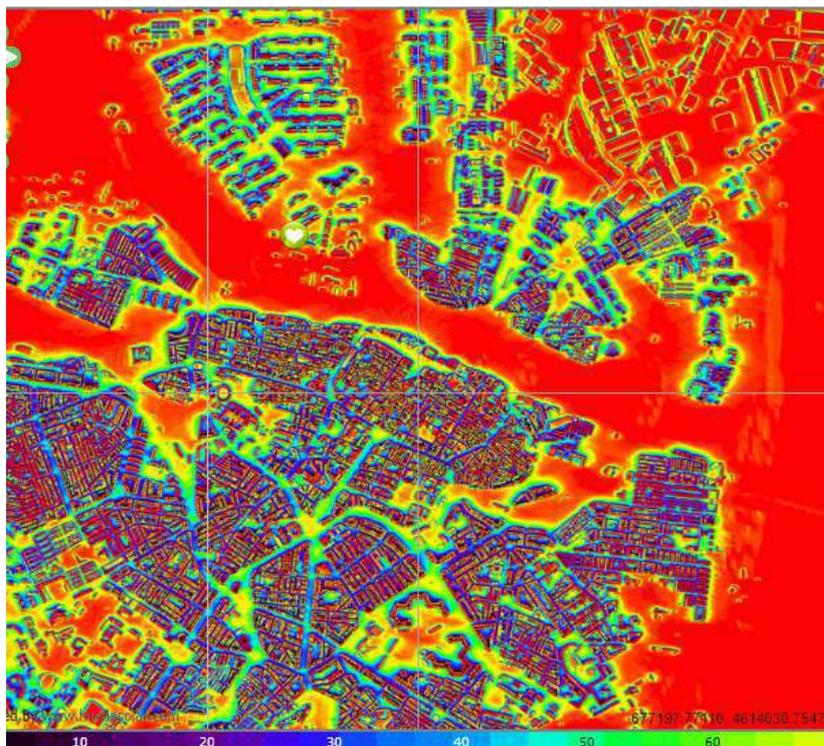


Figura 20. Mapa de radiación solar de la ciudad de Zaragoza: Nos permite determinar el potencial de captación solar de las cubiertas de los edificios.

Es posible simular la producción fotovoltaica anual generada por una superficie determinada. Sin embargo en dicha simulación no se puede identificar la tipología de las cubiertas, el uso de los edificios, ni las cubiertas que no pueden ser utilizadas por ser de uso privado o estar siendo utilizadas por otras instalaciones. Por lo que es necesario realizar un filtrado estudiando caso por caso, o bien utilizar herramientas como el visualizador de edificios 3D de google earth. Con este visualizador podremos identificar además las cubiertas que ya están siendo utilizadas por colectores y paneles solares así como otro tipo de instalaciones.

Toda esta información la cruzaremos con la obtenida en la cartografía e información del catastro, que nos permitirá identificar el número de viviendas asignada en cada parcela así como su año de construcción.

Después de filtrar toda esta información, haremos uso de la cartografía urbana de Zaragoza para plasmar sobre ella las superficies útiles de cubierta susceptibles de ser utilizadas para su

aprovechamiento solar. Con todo ello podremos determinar el potencial de captación solar por edificio, grupos de edificios o juntas municipales completas.

En el siguiente ejemplo hemos determinado el potencial fotovoltaico de un edificio con 120 viviendas en la zona del Actur. En las siguientes figuras se muestra una imagen del edificio seleccionado, su plano catastral y una imagen del estudio de radiación solar.



Figura 21. Edificio seleccionado para un ejemplo de estudio del potencial fotovoltaico

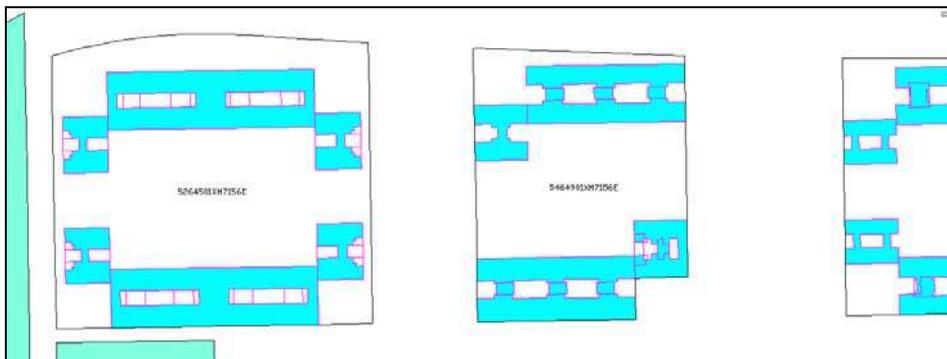


Figura 22. Plano catastral del edificio seleccionado

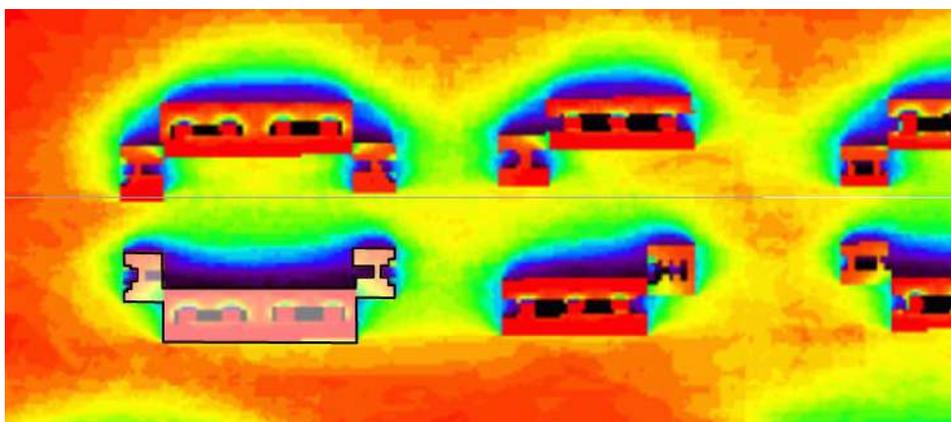


Figura 23. Estudio de radiación solar

En base a lo anterior la tabla de resultados obtenidos es la siguiente:

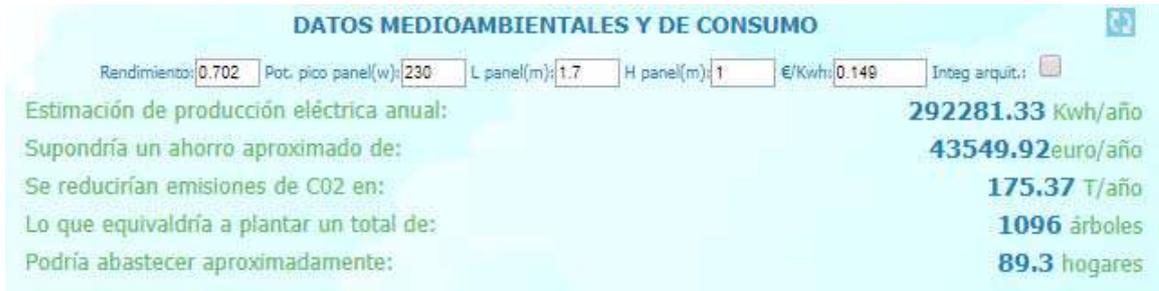


Figura 24. Tabla de resultados para el edificio seleccionado como ejemplo

Como podemos ver, el potencial fotovoltaico de la cubierta de dicho edificio puede cubrir las necesidades eléctricas de 89 de las 120 viviendas del conjunto, lo que representa un 74% de las necesidades totales.

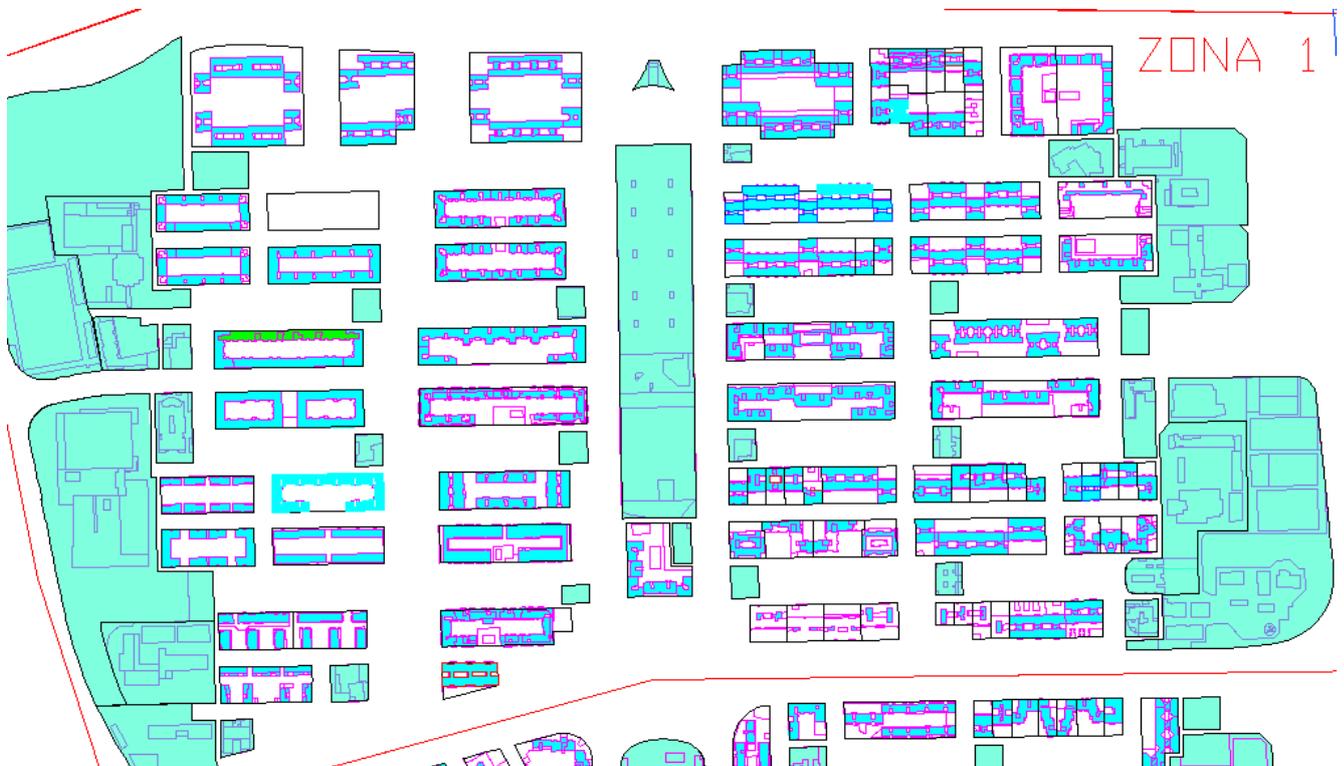


Figura 25. Superficie de cubiertas aprovechables para la captación solar una vez filtradas las zonas donde no es posible instalar paneles solares. Para esta zona del Actur, obtenemos una superficie utilizable de 121.721 m² (plano de elaboración propia).

3.3.1.2 Energía eólica

España es uno de los países a la cabeza de la generación de energía eólica, siendo la región de Aragón una de las que más potencial eólico tiene. La ciudad de Zaragoza está ubicada en una zona donde la componente de aire es muy importante, por lo que la capacidad de generación eólica en sus edificios puede ser utilizada como fuente de energía renovable.

Velocidad media del viento año 2012 (km/h)

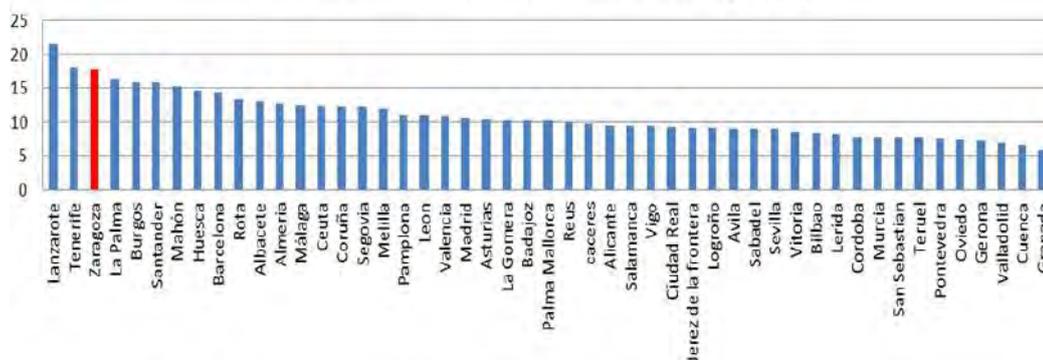


Figura 26. Velocidad media del viento en distintas ciudades. En el caso de Zaragoza, con 17,7 km/h es la media más alta de la península. (Gráfica elaborada con datos de AEMET; <http://www.tutiempo.net/>).

Sin embargo, a pesar de estos aspectos positivos, este tipo de energía no ha sido aprovechada todavía en la ciudad de Zaragoza. Las razones son variadas:

- **Elevado coste:** Si bien el coste del kWh obtenido por la gran eólica permite su rápida amortización, no ocurre lo mismo con los aerogeneradores de pequeña potencia utilizados en las ciudades (mini-eólica). El mercado mundial de las pequeñas turbinas eólicas todavía se encuentra en la fase de desarrollo inicial, su baja introducción en el mercado hace que esta tecnología sea todavía muy costosa y poco viable. No obstante se piensa que su coste se verá reducido a medida que se vaya introduciendo en el mercado de una forma más genérica.
- **Difícil implantación en edificios ya construidos:** La ubicación idónea de los aerogeneradores es en las cubiertas de los edificios, pues es allí donde se alcanzan mayores velocidades del viento y por tanto un mayor rendimiento. Para ello, la estructura del edificio ha de estar preparada para soportar los esfuerzos adicionales del viento, lo que limita también el tamaño y la potencia máxima admisible de los aerogeneradores, no siendo aconsejable la instalación de aerogeneradores de más de 10 kW.
- Para una correcta ubicación de los equipos se ha de realizar un estudio detallado de la velocidad del viento y de los efectos aerodinámicos de la zona: afecciones de los edificios colindantes, orografía del terreno, forma del edificio, etc.
- **Impacto visual:** El impacto visual de los aerogeneradores es importante, lo que reduce su uso a las zonas periféricas de la ciudad.
- **Aspectos legales y administrativos:** La complejidad en los procedimientos administrativos, con una normativa incierta y cambiante, y la poca o nula experiencia en las autorizaciones municipales para la implantación de sistemas de generación eólica en zonas urbanas junto con una falta de una normativa urbanística que la regule, dificultan las licencias de obras y otras autorizaciones administrativas; lo que frena la implantación de esta tecnología en zonas urbanas; todo ello repercute negativamente en la maduración de este sector así como la reducción de costes.

- **Emisión de ruido:** que limita la capacidad de los aerogeneradores utilizados en el casco urbano a pequeñas potencias (mini-eólica: con potencias inferiores a 100kW). Los aerogeneradores de eje vertical tienen la capacidad de emitir menos ruido que los tradicionales de eje horizontal, sin embargo su eficiencia y rentabilidad es mucho menor.

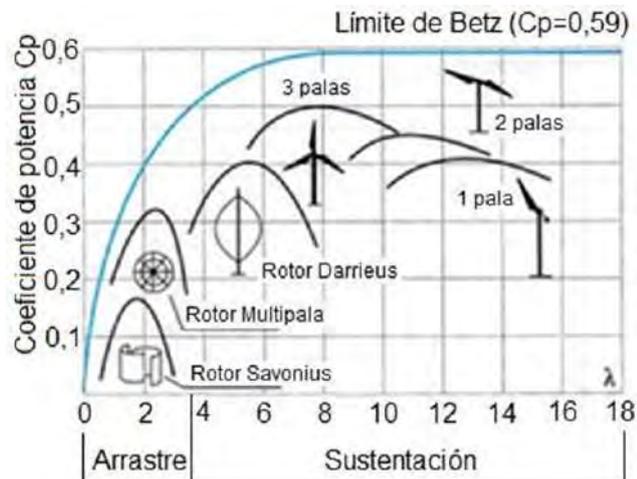


Figura 27. Curvas de rendimiento para las diferentes tecnologías de aerogeneradores. Si bien los de eje horizontal de tres palas son los que mayor rendimiento ofrecen, su elevada emisión de ruido no las hace aconsejables en un entorno urbano, siendo más apropiado los de eje vertical tipo Darrieus, si bien, como se puede ver en la gráfica, tienen un menor rendimiento

- **Pequeña contribución energética:** La limitación de potencia de estos equipos y la variabilidad del recurso eólico hace que el aporte energético no sea muy elevado, por lo que estos sistemas han de estar complementados con otros como la fotovoltaica en sistemas híbridos.

Caracterización de potencial eólico en un entorno urbano

Dentro de un entorno urbano resulta difícil establecer un comportamiento genérico del viento. El viento, al incidir sobre los edificios, origina un determinado patrón de flujo del aire muy local y diferenciado. Los obstáculos, naturales o artificiales, contribuyen a la modificación de ese flujo, que varía dependiendo de la dirección del viento y de su intensidad.

Una forma de conocer la tipología del viento en una zona es hacer uso de las estaciones meteorológicas más próximas; sin embargo, estas suelen estar fuera de la zona urbana y en espacios despejados como son los aeropuertos. El estudio del viento en las proximidades de la ciudad, puede darnos una idea de cómo se caracteriza de una forma muy genérica. Sin embargo, dentro del núcleo urbano la situación puede ser muy diferente.

El estudio del viento en un entorno urbano se ve influenciado por muchos condicionantes, como las construcciones y otros obstáculos. Las ciudades generan superficies de gran rugosidad, lo que afecta a la velocidad media del viento reduciéndola, pero además, se produce un incremento muy importante de la turbulencia.

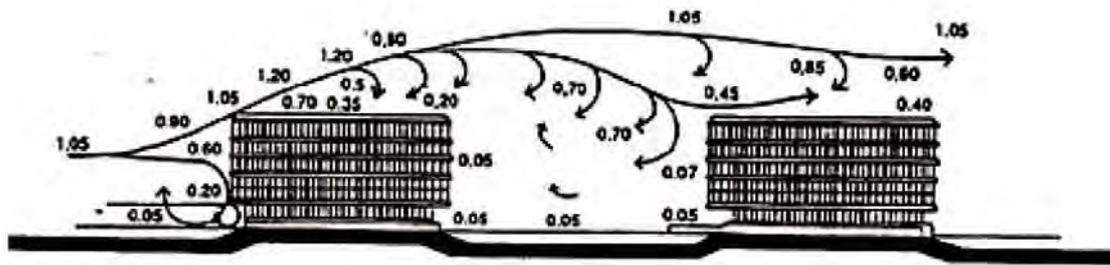


Figura 28. El comportamiento del viento en un entorno urbano adquiere una gran complejidad (Ref.: “Sol y Viento: de la investigación al diseño”).

Esto implica que el diseñador, basándose en unos datos meteorológicos de partida y adecuándolos a las condiciones del sitio de la obra, puede llegar a hipótesis sobre cuál será el movimiento del aire alrededor de los edificios. Una confirmación de esta hipótesis solamente puede obtenerse con estudios en un túnel de viento o mediante la simulación por modelización y medición computacional de dinámica de fluidos (CFD). La utilización de un túnel del viento resulta costosa y complicada debido a la complejidad del problema, por lo que no queda suficientemente justificado su uso en estos casos.

No obstante es posible realizar una estimación del potencial eólico en la ciudad de Zaragoza recurriendo a los mapas eólicos, aunque éstos sólo son válidos para alturas superiores a 30m y fuera de la influencia de las edificaciones.

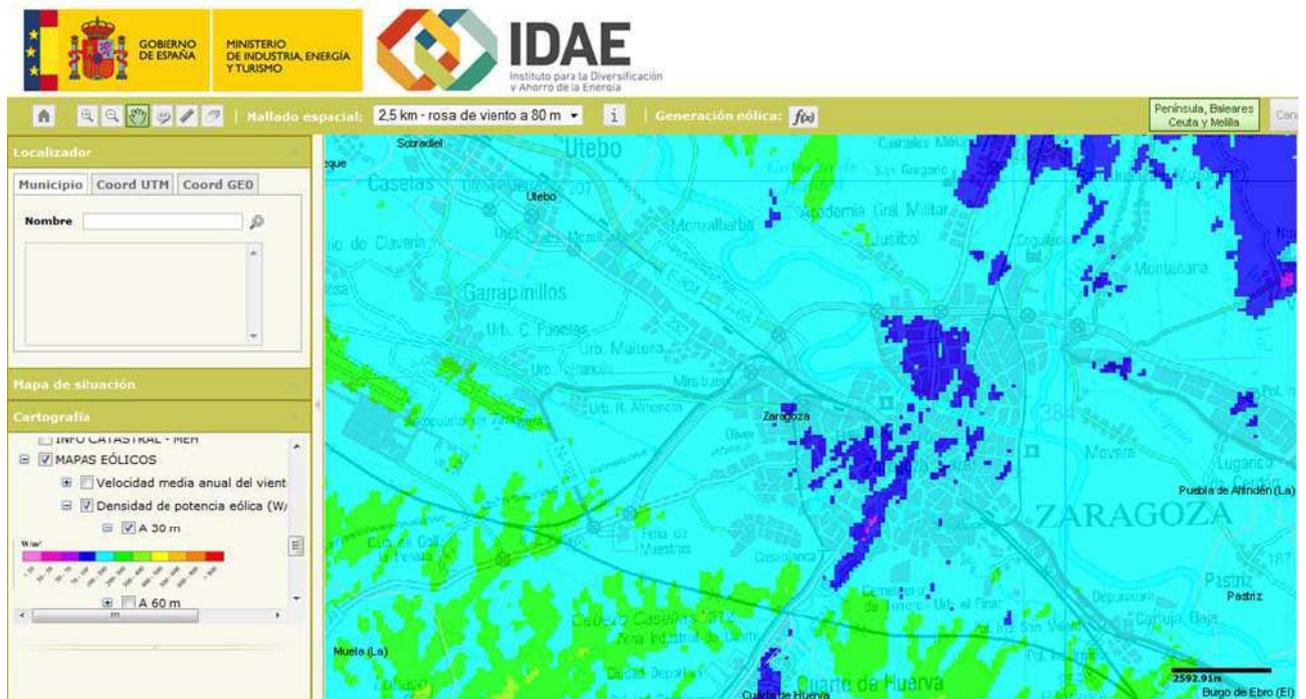


Figura 29. Mapa eólico ciudad de Zaragoza: Mediante aplicaciones ofrecidas por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), o CENER (Centro Nacional de Energías Renovables) podemos establecer una evaluación inicial del potencial eólico en la ciudad de Zaragoza. En este caso se ha establecido el potencial eólico (en w/m2) a 30 m de altura, en la ciudad de Zaragoza y en su entorno, obtenido mediante “meteosim”.

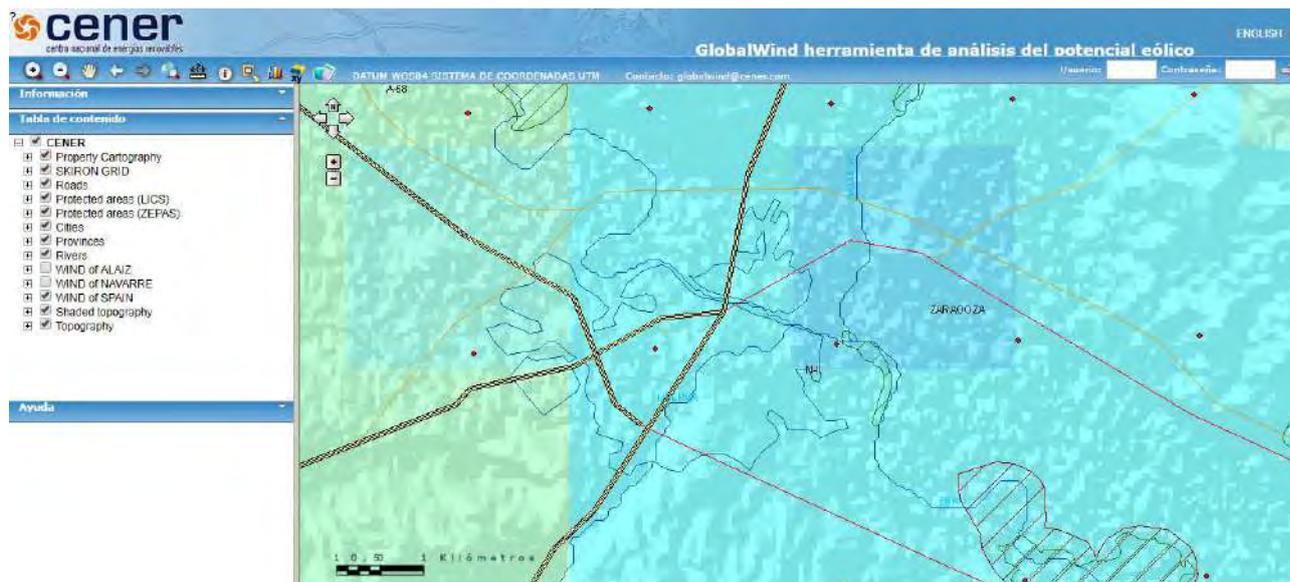


Figura 30. Mapa eólico ciudad de Zaragoza ofrecido por CENER.

Aspectos legales y administrativos para la autorización de instalaciones de mini-eólica en zona urbana

Actualmente no existe un procedimiento para la autorización municipal de instalaciones mini-eólicas en la ciudad de Zaragoza, no obstante, el Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE), junto con la Asociación de Empresas de Energía Renovable (AppA), han elaborado un borrador con una serie de directrices que pueden utilizarse como herramienta para una adecuada regulación en la instalación, construcción y mantenimiento de sistemas de energía mini-eólica hasta 100 kW en entornos de competencia municipal.

En dichas recomendaciones se fomenta el “Etiquetado de aerogeneradores de pequeña potencia”, para garantizar el crecimiento ordenado de la energía eólica de pequeña potencia en España, garantizando la calidad técnica y prestaciones de los aerogeneradores que se instalen.

Esta Etiqueta se utiliza ya como referencia dentro del Programa de subvenciones a proyectos singulares de entidades locales que favorezcan el paso a una economía baja en carbono en el marco del Programa operativo FEDER de crecimiento sostenible 2014-2020 (Real Decreto 616/2017, de 16 de junio); en particular, dentro de las actuaciones dedicadas a las instalaciones eólicas de pequeña potencia dirigidas al autoconsumo eléctrico conectadas a red y aisladas.

Por otra parte, al considerarse estos sistemas como generadores de energía eléctrica para autoconsumo, están sujetas a la normativa actual al respecto, sobre todo al RD 900/2015, de Autoconsumo (ver apartado 4.3 de este informe).

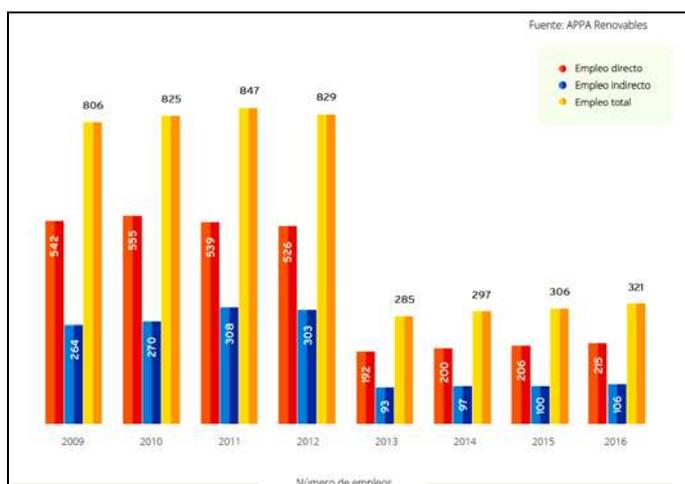
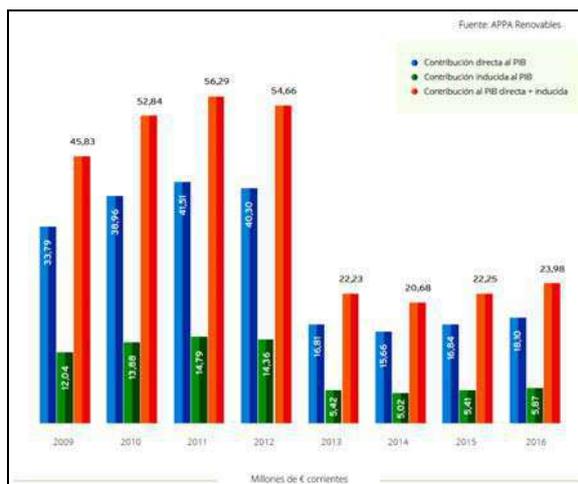
Aspectos económicos y de generación de empleo

Según un estudio desarrollado por la AppA (Asociación de empresas de Energías Renovables) sobre el impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España, la mini-eólica ha dado lugar a un leve incremento en el volumen de negocio en España durante el año 2016, aportando al PIB 23,98 millones de euros. Lo que confirma una tendencia al alza después de tres años de fuertes bajadas. No obstante, este valor queda muy lejos del alcanzado en el año 2013 con 56,29 millones de euros en el año 2011 y de una tendencia alcista del 10% a nivel internacional⁴.

Por otra parte, en 2016, el sector de la energía mini-eólica generó 321 empleos. De ellos, 215 fueron empleos directos y 106 empleos indirectos, mejorando en un 5% el número de empleos de 2015 pero sigue muy lejos de los datos obtenidos por el sector en 2011, cuando se alcanzó los 847 puestos de trabajo.

Dentro del ámbito de la ciudad de Zaragoza, la implantación de mini-eólica es meramente anecdótica no existiendo ninguna instalación en viviendas del casco urbano. Si bien existen ejemplos de instalaciones en edificios del sector terciario como el edificio CIEM y centros de investigación como el CIRCE.

Por otra parte hay que considerar que el uso de la mini-eólica en edificios existentes está muy limitado por aspectos técnicos y económicos (refuerzos estructurales, limitación en las emisiones de ruido, impacto visual, etc), por lo que el mayor nicho de mercado se encuentra restringido a los aerogeneradores de menos de 10 kW. Por otra parte, la mayor parte de la tecnología de la mini-eólica es de importación, siendo el 50% de los mini-aerogeneradores fabricados en tan solo 5 países (Canadá, China, Alemania, el Reino Unido y los EE.UU); y de los 121 fabricantes tan solo en España existen 8. Por ello, al no estar el mercado lo suficientemente maduro, el coste del aerogenerador es muy variable dependiendo del fabricante, no obstante, podemos establecer un ratio de 1500€/kW instalado, de los que 350€ correspondería a la mano de obra.



Figuras 31 y 32. De izquierda a derecha, contribución al PIB de la energía mini-eólica y generación de empleo por parte del sector de la energía minieólica (APPA Renovables)

⁴ Informe Small Wind World Report Update 2016, publicado por la Asociación Mundial de la Energía Eólica (WWEA)

No obstante, aunque el impacto económico de la introducción de la mini-eólica en la reforma energética de las viviendas de la ciudad de Zaragoza no podemos considerarla como de importancia relevante, hay que tener en cuenta que el uso de esta tecnología es complementario a otras que sí lo son como la fotovoltaica. Normalmente las empresas dedicadas a suministrar e instalar sistemas de generación fotovoltaicos también incluyen la eólica entre sus productos. Por otra parte, el crecimiento del desarrollo de la mini-eólica de pequeña potencia puede servir para impulsar la introducción de la mini-eólica en otros sectores como el público o el industrial, donde es más fácil utilizar equipos de mayor potencia y mayor rendimiento.

3.3.2 Sistemas para la generación térmica

Aparte de la producción propia de energía eléctrica mediante sistemas renovables, es posible generar otro tipo de energía en forma de calor que podremos utilizar en nuestros sistemas de climatización y utilización doméstica de agua caliente sanitaria.

3.3.2.1 Biomasa

La biomasa es considerada una energía renovable que puede ser utilizada dentro de la reforma energética de un edificio. El uso de este tipo de combustible está recomendado para la reconversión de antiguas instalaciones centralizadas de carbón, gasóleo y gas;

La biomasa se suministra generalmente en forma de pellet, que debe ser almacenado para un periodo mínimo de funcionamiento; esto supone disponer de un espacio suficiente de almacenamiento, por lo que es difícil de aplicar en instalaciones individuales.

La mayor ventaja que tiene el uso de la biomasa, aparte de ser un combustible renovable, es su bajo coste con respecto a otros combustibles. También es de considerar la baja inversión inicial, sobretodo en instalaciones centralizadas.

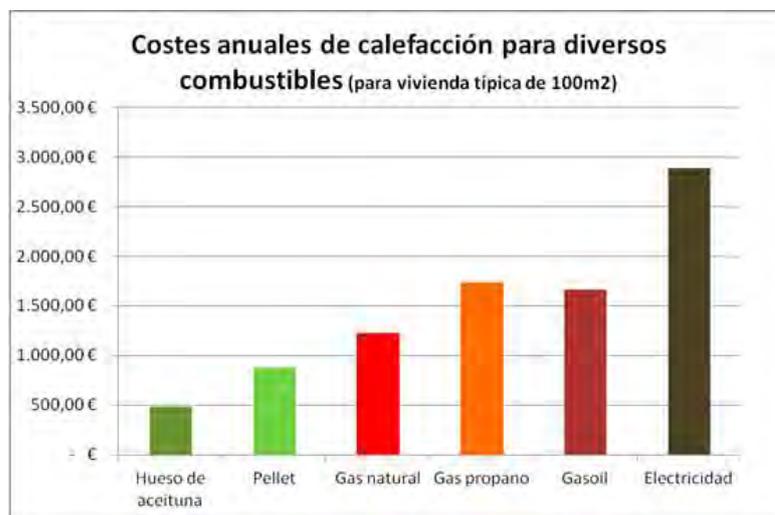


Figura 33. Coste anual de diferentes combustibles; la biomasa se considera uno de los de menor coste.

Por el contrario, es necesario tener en cuenta, que, aun siendo un combustible renovable, no es aconsejable su uso generalizado en una ciudad por los problemas de contaminación ambiental local que se puede producir.

3.3.2.2 Geotermia

La geotermia de baja entalpía consiste en aprovechar la temperatura del subsuelo para ser utilizada en los sistemas de calefacción, refrigeración y producción de ACS; generalmente se utiliza una bomba de calor agua-agua para realizar la transferencia térmica. El aprovechamiento de la temperatura del terreno, al no sufrir tantas alteraciones como la temperatura exterior, permite mejorar notablemente el rendimiento de los equipos.

Podemos diferenciar dos sistemas de captación geotérmica⁵:

- En circuito abierto: aprovecha la temperatura de los flujos de agua del freático mediante un pozo de captación y otro de emisión; en este caso la profundidad de captación no es muy alta.
- En circuito cerrado: Aprovecha la temperatura directamente del terreno mediante una sonda geotérmica; en este caso se necesita una gran superficie de intercambio térmico, por lo que las sondas geotérmicas adquieren una gran longitud. Según el tipo de sonda utilizada, existen dos modalidades: con sonda horizontal y con sonda vertical.

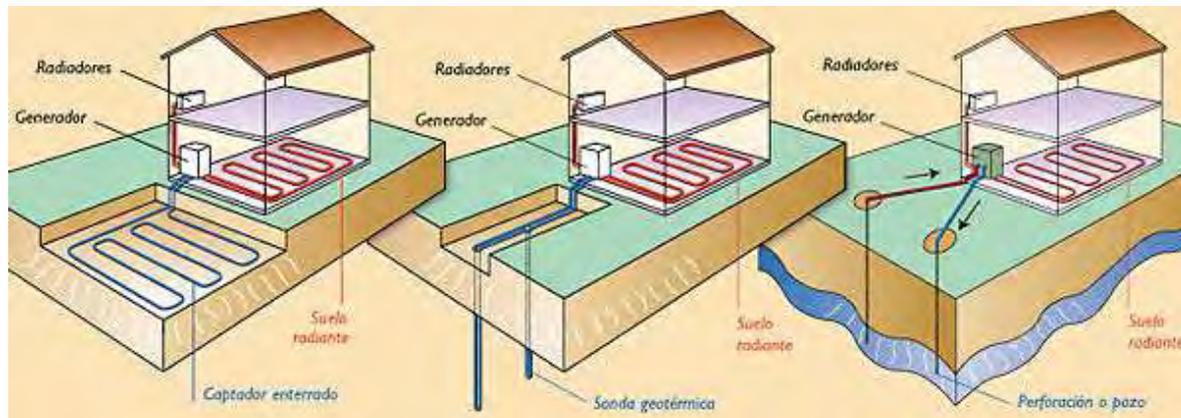


Figura 34. Diferentes sistemas de captación geotérmica.

Si bien este sistema ofrece una de las soluciones energéticamente más eficientes que se conocen, existen ciertos aspectos que se han de tener en cuenta a la hora de considerar esta solución:

⁵ Aunque existen otros sistemas como los intercambiadores tierra aire, o tubos canadienses, no los consideraremos por la dificultad que supone su instalación en edificios existentes dentro de una zona urbana.

- Dentro de un ámbito urbano, el uso de geotermia de baja entalpía está más bien indicado en instalaciones centralizadas de viviendas o edificios de uso terciario, por lo que su implantación en una reforma energética de viviendas individuales está bastante limitada.
- Otra importante limitación que impide un uso sistemático de esta tecnología es la saturación térmica del subsuelo, por ello, para su correcto uso es necesario conocer la afección de otros aprovechamientos geotérmicos de la zona. En la figura siguiente aparece la simulación térmica del terreno debida a los aprovechamientos geotérmicos existentes en la ciudad de Zaragoza, y como estos flujos térmicos reducen la capacidad térmica en las zonas colindantes.
- En sistemas de circuito abierto, se ha de considerar la capacidad de captación del pozo, que depende de un nivel freático que puede verse afectado por su estacionalidad y por la presencia de otras captaciones en el entorno.
- Se ha de considerar los posibles problemas de solubilidad del terreno al cambiar la temperatura del freático y el efecto de las presiones hidráulicas debido a los procesos de captación e inyección de agua, y que pueden producir alteraciones en la estabilidad del terreno que afecten a las cimentaciones de los edificios.

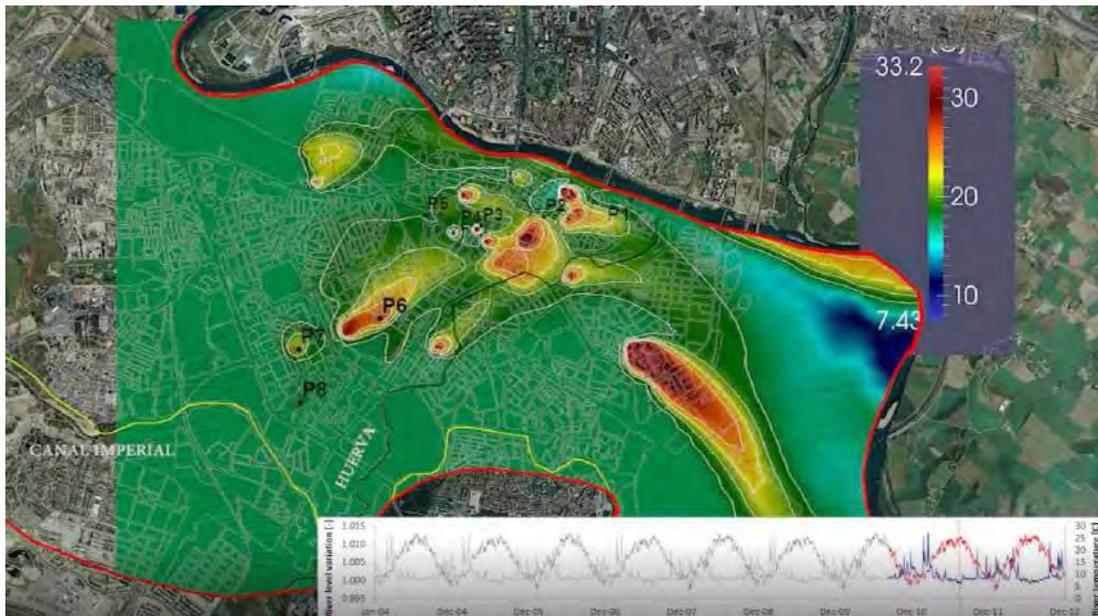


Figura 35. Modelización de los aprovechamientos geotérmicos en el acuífero aluvial del Ebro en Zaragoza (Fte. IGME – CHE, 2014)

Actualmente, en España no existe una legislación clara que regule este tipo de instalaciones para su uso en climatización y ACS, tal como se hace en otros países europeos como Alemania. No obstante, existen diversas normas procedentes de diferentes organismos que son necesarios considerar:

- **Normativa Minera:** En estos momentos está considerado como un tipo de explotación de recursos mineros por lo que se rige por la normativa minera, en concreto por la “ley 22/1973, de 21 de julio”. No obstante, hay que indicar que en virtud el artículo 3.2 de la Ley

de Minas "la extracción ocasional y de escasa importancia de recursos minerales, cualquiera que sea su clasificación, siempre que se lleve a cabo por el propietario de un terreno para su uso exclusivo y no exija la aplicación de técnicas mineras, queda fuera del ámbito de aplicación de la Ley." Por tanto, este tipo de aprovechamientos podría estar considerado exento de este régimen de autorizaciones. Sin embargo, aunque la última propuesta de reforma de ley no ha salido adelante, es posible que dicha ley sufra modificaciones en los próximos años.

- **Normativa Ambiental:** Por otro lado, también puede ser de aplicación la normativa ambiental: Ley 21/2013, de 9 de diciembre. En este caso los proyectos geotérmicos han de estar sometidos a una evaluación ambiental en los casos que sea necesaria una fracturación hidráulica (evaluación ambiental ordinaria según su anexo I), o en los casos de perforaciones de más de 500m de profundidad (evaluación ambiental simplificada). Ambas situaciones no se suelen dar en este tipo de instalaciones, por lo que no se verán afectadas por dicha legislación.
- **Legislación de aguas:** En el caso de captaciones geotérmicas abiertas, éstas son consideradas como una captación y un vertido de agua, por lo que le afecta la legislación nacional de aguas, en concreto el "RD 1/2001 de 20 de Julio", siendo los órganos de cuencas, en este caso la Confederación hidrográfica del Ebro quien se encarga de la autorización de la concesión.
- **Legislación autonómica:** Por otra parte, existe una Normativa autonómica: la "Ley 7/2006 de protección ambiental de Aragón" donde se establece que las perforaciones geotérmicas se someterán a un estudio caso por caso para una Evaluación de Impacto Ambiental.

3.3.2.3 Aerotermia

Si bien la aerotermia (bombas de calor aire-agua) no se puede considerar en principio como energía renovable dado que consume energía eléctrica de la red, esta tecnología está reconocida como fuente de energía renovable por la directiva europea (2009/28/CE)⁶; su alto rendimiento en la generación de frío y calor, y bajas emisiones de CO₂ con respecto a otras fuentes, permite en ocasiones justificadas ser el sustituto de la solar térmica.

Se aconseja su utilización en la reconversión de los sistemas de combustión como el carbón, el gasóleo o el gas que son de menor eficiencia, o cuando no disponemos de espacio suficiente para la instalación de sistemas de captación solar. Por ello, se puede considerar como una opción en edificios de cierta antigüedad, sobretudo en aquellos de poca altura afectados por el sombreado de edificios colindantes, o con mala orientación. Esta es, por tanto, una buena opción para los edificios del casco antiguo.

⁶ Siempre que la producción final de energía supere de forma significativa el insumo de energía primaria necesaria para impulsar la bomba de calor.

Según el Código Técnico de la Edificación (CTE), para que un sistema de aerotermia pueda sustituir al agua caliente solar, es necesario que se cumplan dos condiciones:

- Que la energía primaria consumida sea inferior a la solar (considerando un sistema mixto Solar con apoyo con gas).
- Que las emisiones de gases de efecto invernadero sean inferiores a las generadas por el sistema solar+gas.

La aerotermia, además de generar agua caliente para calefacción y ACS, tiene la ventaja de poder producir agua fría para refrigeración, lo que puede ser un buen sustituto de muchas instalaciones mixtas donde se emplea energía eléctrica para climatización junto con otra fuente energética no renovable. Este es el caso de muchos de los edificios antiguos ubicados en el centro de Zaragoza (cuyas viviendas están normalmente utilizadas como despachos profesionales).

Como contrapartida, la sustitución de un sistema tradicional por aerotermia puede suponer una reforma integral de toda la instalación interior, ya que tenemos que pasar a un sistema de baja temperatura, donde los emisores de calor existentes quedarían bajos de potencia. Por ello, esta solución es indicada en los casos, en los que, por su antigüedad, se requiera realizar una reforma integral de los sistemas de calefacción y climatización. En estos casos es aconsejable utilizar sistemas por suelo radiante por su mayor eficiencia y confort.

Aunque la instalación individual de aerotermia es la que más comúnmente se utiliza, también existe la posibilidad de instalaciones centralizadas, si bien esta solución está más indicada en edificios de uso terciario.

Según las estimaciones de un fabricante de estos equipos, en 2016 se ha producido en España un crecimiento de este tipo de instalaciones superior al 40% respecto al año anterior, sin embargo, todavía queda lejos de las ventas en otros países europeos donde este tipo de tecnología está más generalizada.

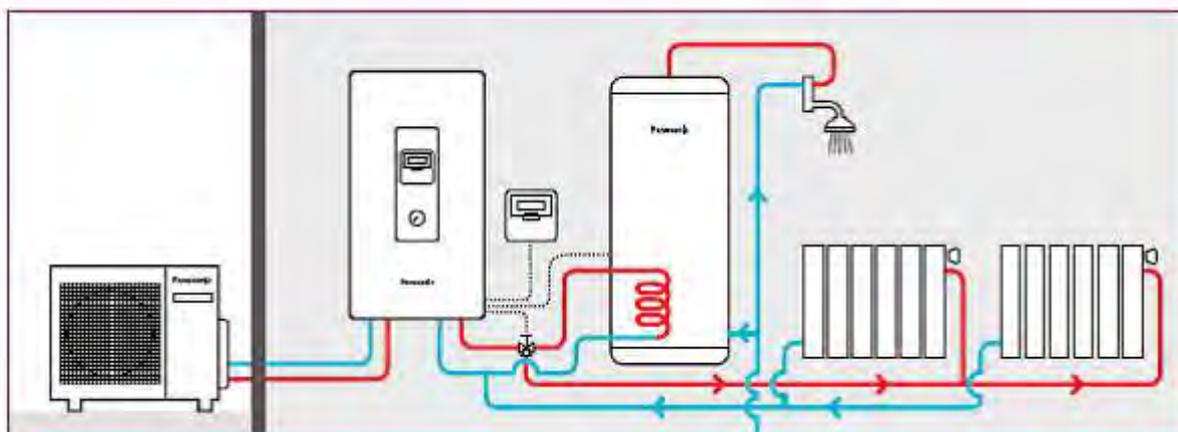


Figura 36. Esquema tipo de una instalación individual de aerotermia (Ref: Panasonic)

3.3.2.4 Agua caliente sanitaria solar

La generación de agua caliente sanitaria de origen solar es uno de los sistemas más comunes en edificios nuevos tras la aparición del Código Técnico de Edificación. Siendo obligatoria su instalación a no ser que se justifique el uso de otra fuente considerada como renovable. En el caso de Zaragoza, la aportación mínima solar está entre el 50% y 70% de la necesidad anual de ACS (según la demanda diaria prevista).

No es obligatoria su instalación en edificios construidos antes de la aplicación de esta normativa, si bien, las ventajas energéticas que ofrece y su cada vez menor costo, hace de este un recurso energético de fácil aplicación en muchos edificios de Zaragoza. Sin embargo, son muy pocos los edificios de Zaragoza (anteriores a la aplicación del CTE) que han optado por esta solución energética. Las razones pueden ser las siguientes:

- Falta de información sobre sus ventajas económicas.
- Dificultad de ser instalada por falta de espacio en cubierta o acceso a otras instalaciones.
- Bajo rendimiento en edificios en sombra.
- Poca disponibilidad económica de los vecinos para realizar una importante inversión inicial.

La producción de ACS de origen solar es posible introducirla de una forma relativamente sencilla, aprovechando los sistemas existentes de generación de calor, tanto en instalaciones centralizadas como individuales. Además, su tramitación administrativa y legalización es mucho más sencilla que otras como la fotovoltaica. Por otra parte, este tipo de instalaciones están sujetas a diferentes ayudas económicas destinadas a incentivar soluciones de eficiencia energética en viviendas.

Para su implantación es indispensable la existencia de suficiente superficie disponible en las cubiertas de los edificios y la no existencia de elementos que puedan generar sombras en los colectores durante largos periodos. También es importante disponer de huecos verticales de comunicación entre la cubierta y los equipos de generación de calor existentes, así como espacio para la instalación de los acumuladores. Por ello, es necesario realizar un estudio detallado en cada caso, donde se determine la solución técnica más idónea y se calcule su beneficio económico y ambiental.

Por otro lado, la implantación de sistemas de producción solar mejora la calificación energética de la vivienda aportando un mayor valor añadido al inmueble.

Aunque la normativa solo es aplicada a la producción de agua caliente para uso sanitario, la tecnología de hoy en día permite un mayor aprovechamiento de este recurso también para su uso en calefacción, lo que reduce los periodos de amortización de la instalación.

Tipologías de instalaciones de ACS solar

Existen diferentes configuraciones para la instalación ACS solar, pudiendo ser agrupadas en dos: instalaciones individuales e instalaciones colectivas. Las primeras, son destinadas fundamentalmente a viviendas unifamiliares, mientras que las colectivas son gestionadas por comunidades de propietarios o empresas de servicios energéticos. En este estudio nos centraremos en estas últimas pues son las que más utilidad e implicación socio-económica puede tener en un entorno urbano.

La implantación de un sistema de generación de agua caliente solar en la reforma energética de un edificio, no implica reformar o sustituir los equipos generadores existentes, sino que deberemos adaptarnos a los mismos; por ello, antes de adoptar la solución más adecuada será necesario conocer cómo es el sistema de generación de agua caliente del edificio.

Observando el parque de instalaciones de calefacción y ACS de las viviendas de Zaragoza, e independientemente de la fuente energética empleada, vemos que existen dos tipos de instalaciones: Instalaciones individuales (en gran mayoría mediante calderas murales de gas, con o sin depósito de ACS integrado), e instalaciones centralizadas (con una caldera o agrupación de calderas y depósitos de ACS que abastecen a toda una comunidad o agrupación de viviendas)⁷.

El esquema de ambas tipologías permite la fácil inserción de un sistema de generación de calor solar mediante los elementos de gestión y transferencia de calor adecuados, sin tener por ello que realizar importantes modificaciones en los equipos existentes.

A. Instalación para edificios dotados con calderas de gas individual

Las instalaciones de calefacción y ACS con calderas individuales mixtas de gas es una de las formas más comunes utilizada en las viviendas de Zaragoza. En este caso, es posible el aprovechamiento de la energía solar mediante una instalación de colectores solares comunes, ubicados en la cubierta, junto con unos kits de aprovechamiento solar que se instalan en cada caldera. Estos kits se encargan de realizar la transferencia de energía calorífica desde el circuito solar al sistema de calefacción y acumulador de ACS de cada vivienda. En este caso se puede considerar tres variedades: con sistema de acumulación centralizado, con acumulación individual, o un sistema mixto. La elección de un sistema u otro dependerá de los espacios disponibles para la instalación de todos sus elementos.

⁷ No hemos considerado las instalaciones de aerotermia o geotermia pues en su mayoría han sido instaladas en edificios donde ya se han aplicado medidas de eficiencia energética.

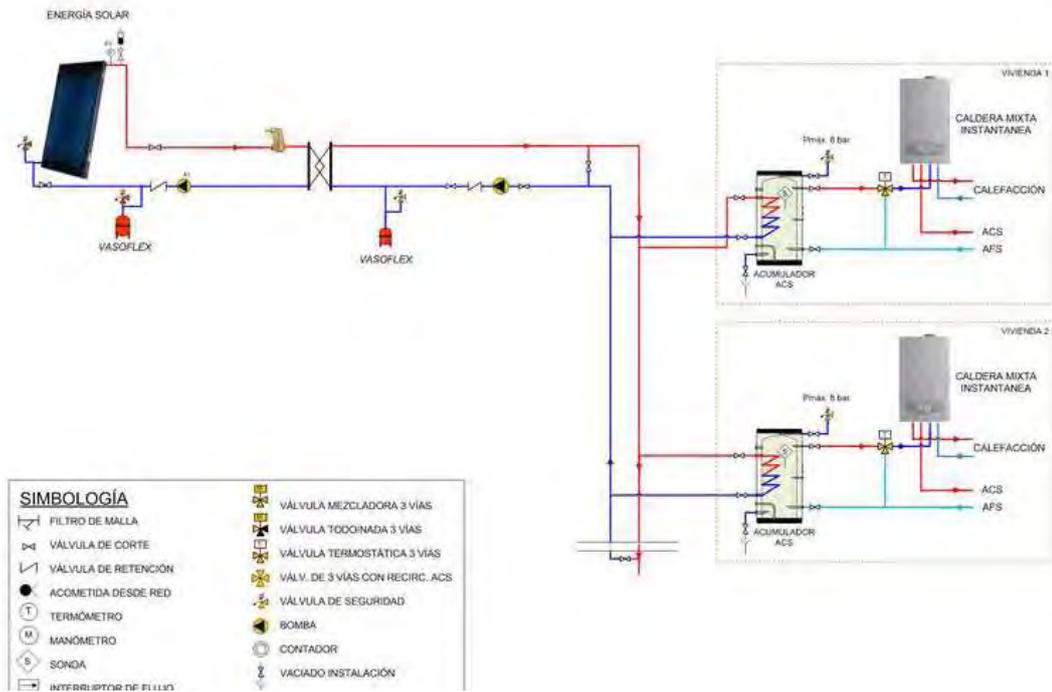


Figura 37. Instalación solar Tipo 1: con depósitos de ACS distribuidos y calderas individuales

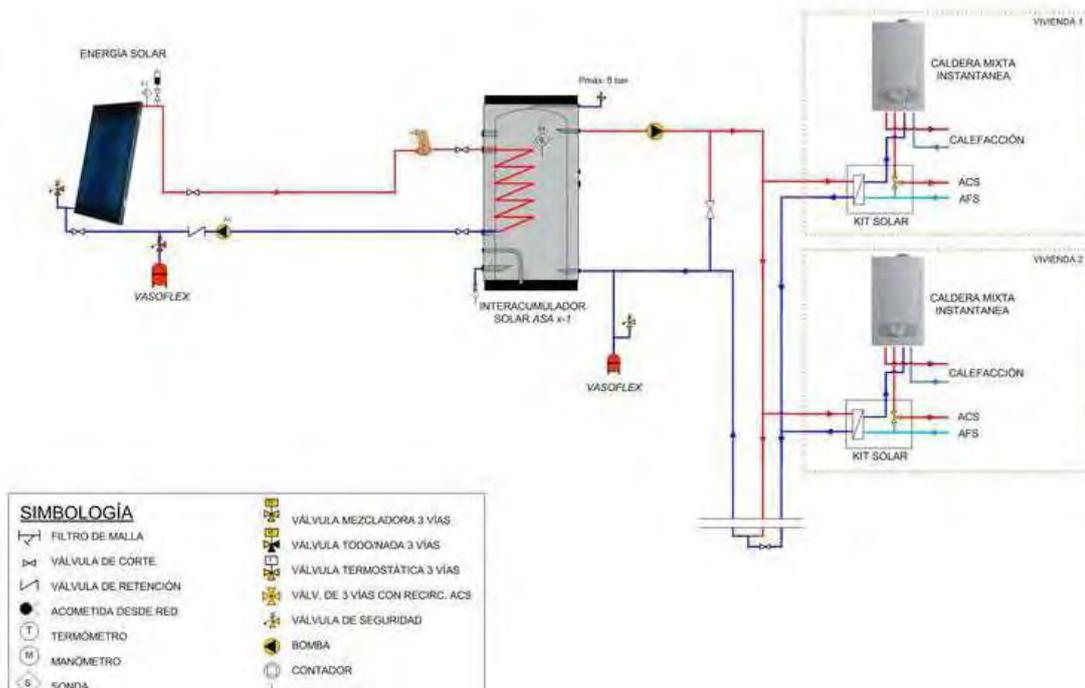


Figura 38. Instalación solar Tipo 2: con un depósito centralizado de ACS y calderas individuales

B. Instalación en edificios dotados de calderas centralizadas:

Independientemente del tipo de energía que se emplee en la generación de ACS (electricidad, gas, gasóleo, biomasa o carbón), normalmente, en un sistema centralizado siempre está disponible un almacenamiento de ACS también centralizado que se puede ser usado para la nueva instalación solar. Si bien es obligatoria la instalación de un depósito adicional solo para la generación solar.

La adaptación a la generación solar, es en estos casos mucho más sencilla que para instalaciones con calderas individuales por lo que su coste inicial también es menor. La situación mejora aún más cuando la centralización de calderas se ubica en la propia cubierta, este es el caso de muchas instalaciones centrales con calderas de gas.

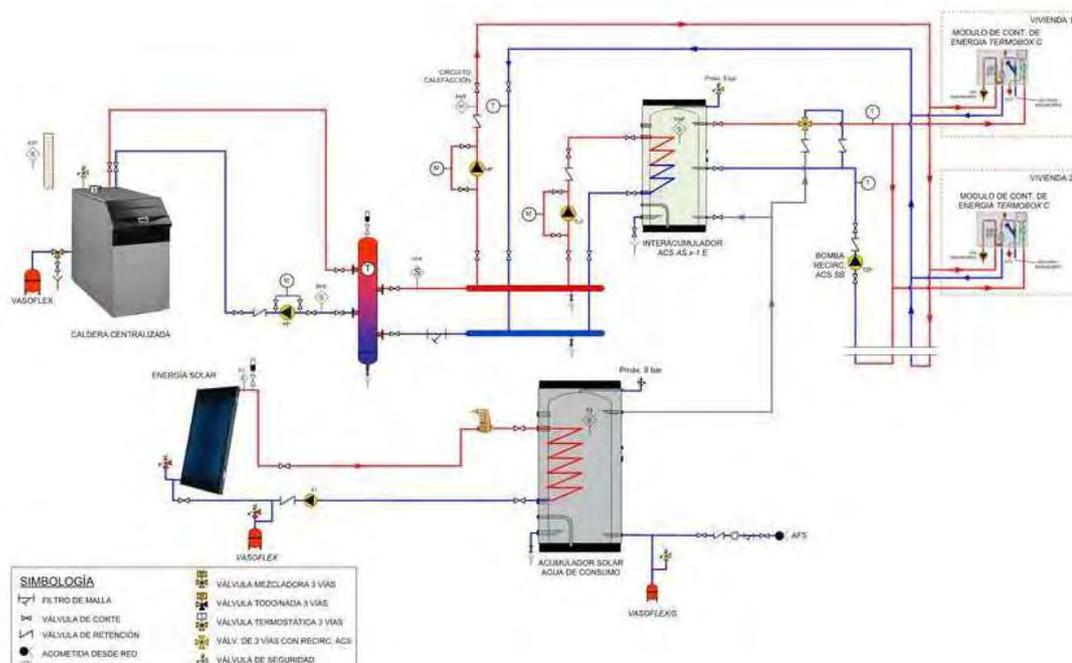


Figura 39. Instalación solar tipo 3: con un depósito centralizado de ACS y caldera centralizada

Dimensionado de instalaciones de ACS solar

El dimensionado de la instalación solar se realiza siguiendo los criterios establecidos en el Código Técnico de la Edificación “CTE” en su Documento Básico DB-HE4; aunque dicha reglamentación no obliga su utilización en edificios existentes, sí es de aplicación cuando en ellos se realizan una reforma energética importante. Si bien deja la suficiente flexibilidad para los casos en los que, por las propias características del edificio, no sea posible su implantación total o parcial.

El tamaño de la instalación solar está determinado por la demanda estimada de ACS, que para el caso de viviendas se establece en un consumo de 28 l/día (a 60°C) por persona. La ocupación también está determinada por el número de dormitorios, según la siguiente tabla:

Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Figura 40. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado

La demanda diaria calculada se verá reducida por un factor de centralización que depende del número de viviendas.

La contribución solar mínima anual, en el caso de la ciudad de Zaragoza (situada en zona climática IV), varía según la demanda diaria de ACS; siendo del 50% para demandas de hasta 5000 l/d (corresponde a unas 45 viviendas de tres dormitorios), del 60% si estamos en el rango entre 5000 l/d y 10.000 l/d (equivalente a 90 viviendas de tres dormitorios) y del 70% para consumos superiores.

La normativa también exige unas medidas de seguridad contra sobrecalentamientos y una relación entre superficie de captación y volumen acumulado, así como unos límites de pérdidas por orientación, inclinación y sombras, que se han de tener en cuenta a la hora de fijar la ubicación de los colectores y el dimensionado de los equipos.

Para dar un orden de magnitud de lo que representa una instalación de ACS solar en la ciudad de Zaragoza, puede servir la siguiente tabla de resultados donde se han considerado las siguientes situaciones óptimas:

- Colectores ubicados con una orientación Sur.
- Instalación en cubiertas planas.
- Inclinación de los captadores: 45°.
- No se consideran pérdidas por sombreadamiento.
- Todas las viviendas son de tres dormitorios con un total de cuatro ocupantes por vivienda.
- Temperatura de almacenamiento de 60°C.
- Colectores solares de 2,36m² de superficie eficaz, con un factor óptico de 0,808 y pérdidas térmicas de 3 W/m²K.

COD. TRABAJO: 3054	IMPACTO EN EL EMPLEO DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y LA APLICACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS DE ZARAGOZA	CLIENTE: ZARAGOZA DINÁMICA
---------------------------	--	-----------------------------------

Nº Viviendas	nº personas	nº Captadores	acumulacion ACS (litros a 60ºC)	Sup captación (m2)	contribución solar (kWh/año)	Contribucion solar %	Sup. cubierta necesaria (m2)
1	4	1	160	2,36	1.903	78,0%	3
10	40	6	800	14,16	13.677	56,8%	32,2
20	80	11	1500	25,96	25.589	53,2%	59,0
30	120	16	2000	37,76	37.364	51,8%	85,7
40	160	21	2500	49,56	49.125	51,0%	129,4
50	200	33	4000	77,88	73.245	60,9%	203,4
60	240	39	5000	92,04	87.061	60,3%	240,4
70	280	46	5500	108,56	102.169	60,7%	283,5
80	320	52	6500	122,72	115.988	60,3%	320,5
90	360	74	9000	174,64	153.978	71,1%	456,1
100	400	81	10000	191,16	169.507	70,5%	499,2
110	440	86	11000	202,96	186.323	70,4%	530,0
120	480	96	12500	226,56	202.055	70,0%	591,7
130	520	104	15000	245,44	219.623	70,2%	641,0
140	560	112	15000	264,32	235.949	70,1%	690,3
150	600	120	16000	283,2	252.765	70,0%	739,6
160	640	128	17000	302,08	269.582	70,0%	788,9
170	680	136	18000	320,96	286.398	70,0%	838,2
180	720	144	19000	339,84	303.214	70,0%	887,5
190	760	152	20000	358,72	320.030	70,0%	936,8
200	800	160	21000	377,6	336.846	70,0%	986,1
210	840	166	22000	391,76	353.662	70,0%	1023,1
220	880	176	23000	415,36	370.478	70,0%	1084,7

Figura 41. Estimación de las necesidades de generación de ACS solar siguiendo los criterios del CTE DB-HE4 para la ciudad de Zaragoza, dependiendo del número de viviendas a las que sirve. En la tabla se distinguen en colores los diferentes saltos en la contribución solar mínima exigida por el CTE: del 50% (hasta 5000 L/d), del 60% (entre 5000 L/d y 10.000 L/d), y del 70% (para un consumo diario de más de 10.000L/d).

Se observa cómo a partir de comunidades de propietarios de más de 90 viviendas, la superficie de cubierta necesaria para ubicar los colectores empieza a ser de importancia debido a que las exigencias mínimas de contribución solar se ve incrementada al 70%, siendo ésta la principal limitación con la que nos encontremos a la hora de su implantación en edificios existentes.

La superficie aprovechable de las cubiertas también está limitada por otros factores como la ocupación por otras instalaciones (salidas de humos, equipos de aire acondicionado, casetones de ascensores, antenas, etc.), o su uso privado o no comunitarios (terrazas privadas, solárium, tenderos, etc.). Por otra parte también se ha de tener en cuenta si la orientación del edificio permite una mejor ubicación y organización de los colectores con un mejor aprovechamiento del espacio disponible y el efecto de las sombras que los obstáculos del entorno puedan generar en las superficies captoras.

Por ello, la tipología de las cubiertas son determinantes a la hora de ser utilizadas para la instalación de colectores solares. Así, las cubiertas inclinadas con orientación Sur, son las que ofrecen un mayor aprovechamiento de su superficie; mientras que las cubiertas planas favorecen los trabajos de mantenimiento y permiten elegir la mejor orientación de los colectores.



Figura 42. Ejemplo de cubierta ocupada por usos privados e instalaciones: tiene muy poco aprovechamiento solar (Google earth)



Figura 43. Ejemplo de cubierta inclinada con orientación Sur. Permite un mejor aprovechamiento de la superficie de la cubierta, si bien el acceso para mantenimiento es más difícil, siendo necesario adoptar medidas de seguridad en el trabajo. Este es el caso de edificios construidos antes de la aplicación del CTE. (Google earth)

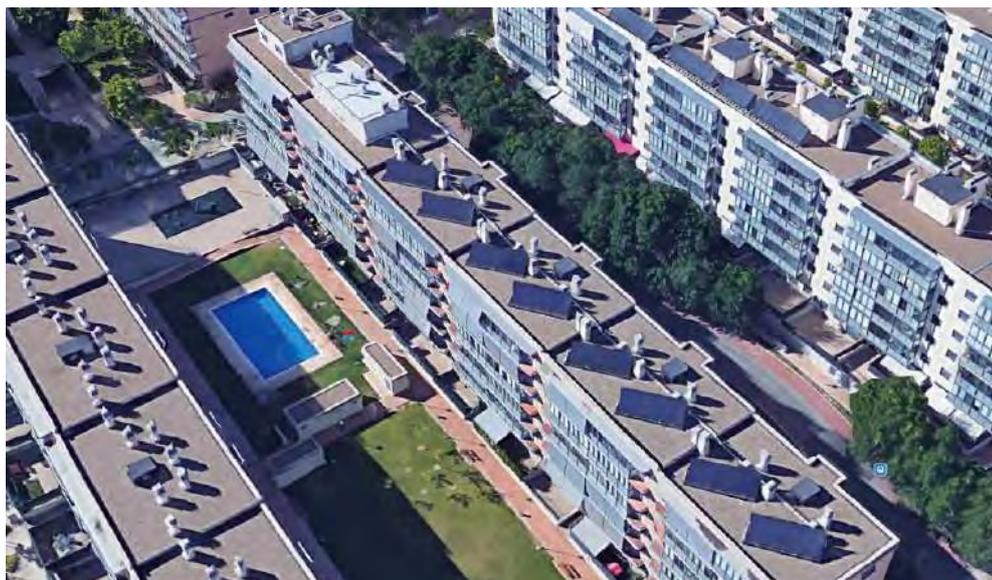


Figura 44. Ejemplo de Instalación solar sobre cubierta plana; permite elegir la orientación óptima y un buen acceso para mantenimiento. Este es el caso de edificios de nueva construcción con aplicación del CTE (Google earth).



Figura 45. Ejemplo de disposición de cubiertas inclinadas con diferentes orientaciones y alturas lo que dificulta seriamente la instalación de colectores solares; este es el caso de la zona del casco histórico. (Ref: Google earth).

Aspectos económicos: evaluación de costes

Establecer de una forma genérica el coste de una reforma energética con instalación solar térmica, resulta complejo pues depende de muchos factores (aportación solar mínima, tipologías de cubiertas, instalaciones existentes, disponibilidad de espacios, etc...), por lo que su valoración es muy diferente según cada caso. Por ello, optaremos por valorar una instalación tipo (con los tres tipos de instalaciones más comunes en la ciudad de Zaragoza), y con la tipología de edificio más corriente en la ciudad de Zaragoza (edificios residenciales con viviendas de hasta tres dormitorios), en unas condiciones óptimas de funcionamiento (colectores con orientación Sur, cubierta plana, sin sombreadamientos, etc...). La valoración la simularemos para estas tres tipologías:

- Tipo 1: Instalaciones con caldera mixta individual y sistema de almacenamiento de ACS-solar centralizado.
- Tipo 2: Instalaciones con caldera mixta individual y sistema de almacenamiento de ACS-solar distribuido.
- Tipo 3: Instalaciones con caldera centralizada y sistema de almacenamiento de ACS-solar centralizado.

Del análisis de los resultados podemos observar:

- Los diferentes escalonamientos debidos a los saltos por la aportación mínima exigida en el CTE según el consumo medio diario de ACS a 60°C. Estos saltos se producen a partir de aproximadamente 45 viviendas (paso del 50% al 60% de aportación solar) y 90 viviendas por edificio (paso del 60% al 70% de aportación solar).
- El coste para instalaciones centralizadas de calefacción y ACS está siempre por debajo de las individuales, por lo que en este tipo conseguiremos una amortización más rápida.

- A título comparativo, podemos ver un salto cuantitativo muy grande entre una instalación para una vivienda unifamiliar con respecto a las instalaciones colectivas de cualquier tipo.
- A medida que se incrementa el número de viviendas, el coste por superficie de colectores instalados se ve reducido, lo que supone una menor inversión y por tanto una recuperación más rápida de la inversión.

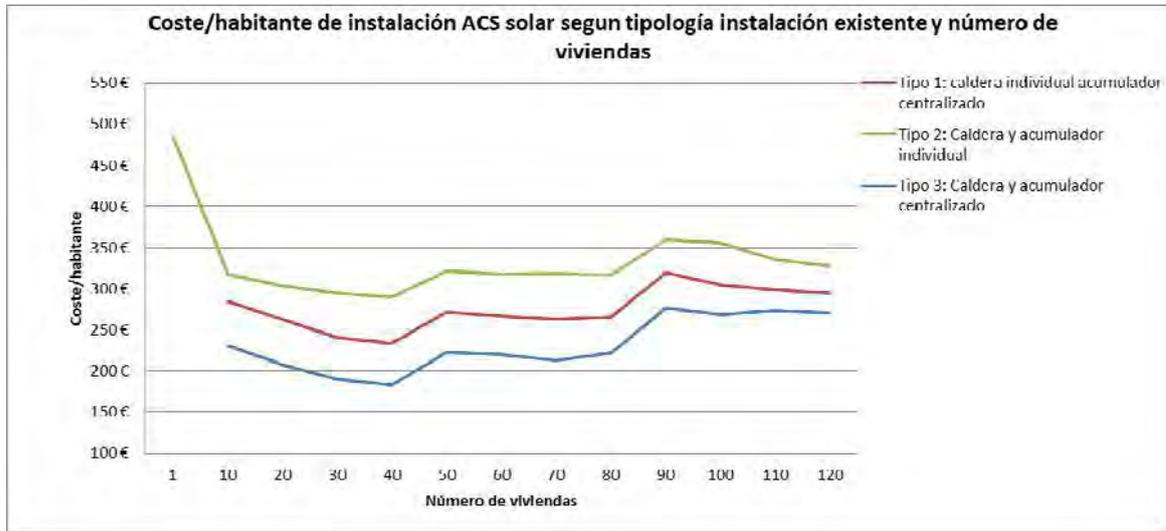


Figura 46. Coste/habitante de instalación ACS solar según tipología de instalación existente y número de viviendas

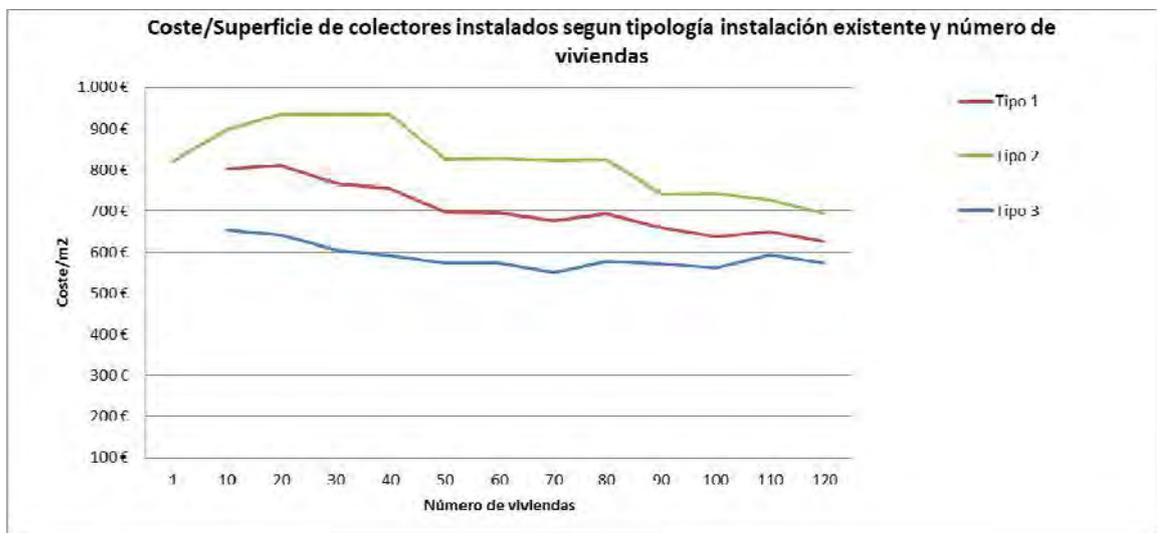


Figura 47. Coste/superficie de colectores instalados según tipología de instalación existente y número de viviendas

A continuación, se muestra una tabla resumen de la valoración por la implantación de energía solar en instalaciones existentes para las tres tipologías citadas.

Nº Viviendas	nº personas	nº Captadores	Sup captación (m2)	contribución solar (kWh/año)	coste instalación individual con kit solar	coste instalación individual con acumulación individual	Coste instalación con caldera y acumulación centralizadas	Coste por habitante			coste por superficie colector			Coste por kWh generado (€/kWh-año)
								Tipo 1: con caldera individual y acumulador centralizado	Tipo 2: con caldera y acumulador individual	Tipo 3: caldera y acumulador centralizado	Tipo 1: con caldera individual y acumulador centralizado	Tipo 2: con caldera y acumulador individual	Tipo 3: caldera y acumulador centralizado	
1	4	1	2,36	1.903		1.936		484,0			820,34		1,02	
10	40	6	14,16	13.677	11.370	12.719	9.238	318,0	231,0		898,23	652,40	0,83	
20	80	11	25,96	25.589	21.033	24.278	16.656	303,5	208,2		935,21	641,60	0,82	
30	120	16	37,76	37.364	28.937	35.309	22.829	294,2	190,2		935,09	604,58	0,77	
40	160	21	49,56	49.125	37.427	46.304	29.329	289,4	183,3		934,30	591,79	0,76	
50	200	33	77,88	73.245	54.254	64.338	44.569	321,7	222,8		826,12	572,28	0,74	
60	240	39	92,04	87.061	63.919	76.249	52.681	317,7	219,5		828,43	572,37	0,73	
70	280	46	108,56	102.169	73.457	89.279	59.572	318,9	212,8		822,39	548,75	0,72	
80	320	52	122,72	115.988	85.097	101.190	70.918	316,2	221,6		824,56	577,88	0,73	
90	360	74	174,64	153.978	115.007	129.295	99.628	359,2	276,7		740,35	570,48	0,75	
100	400	81	191,16	169.507	121.813	142.137	107.278	355,3	268,2		743,55	561,19	0,72	
110	440	86	202,96	186.323	131.580	147.551	120.273	299,0	273,3		648,31	592,59	0,71	
120	480	96	226,56	202.055	141.605	157.048	129.769	295,0	270,4		625,02	572,78	0,70	
Promedio								275,5	231,5		705,4	588,2	0,7	

Figura 48. Tabla resumen de la valoración por la implantación de energía solar en instalaciones existentes para las tres tipologías

