

EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO EN GALICIA

Autor: Guillermo José Ferreiro Acuña

Tesis doctoral UDC / 2017

Directores: Dr. Oscar Cabeza Gras
Dr. José Luis Calvo Rolle

Tutor: Dr. Oscar Cabeza Gras

Programa de doctorado de Física Aplicada¹



¹ Programa regulado polo RD 1393/2007 ou RD 99/2011: Física Aplicada

INDICE

RESUMEN.....	7
RESUMO.....	8
<i>ABSTRACT</i>	9
1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 MOTIVACIÓN	10
1.2 ESQUEMA DE TESIS.....	10
1.3 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES.....	12
1.3.1 CAMBIO CLIMÁTICO.....	12
1.3.2 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	13
1.3.3 CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA Y FINAL	20
1.3.4 CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTORES.....	32
1.4 EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO	37
2 LEGISLACIÓN	39
2.1 INTRODUCCIÓN	39
2.2 EN LA UNIÓN EUROPEA.....	39
2.3 EN ESPAÑA	39
2.4 EN GALICIA.....	40
3 ESTADO DEL ARTE	41
3.1 INTRODUCCIÓN	41
3.2 REGISTROS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS.....	41
3.3 ESTADO DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS	42
3.4 ESTADO DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS EN GALICIA.....	45
3.5 EDIFICIOS CON CALIFICACIÓN ENERGÉTICA “A” EN GALICIA	46

4	FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES	48
4.1	INTRODUCCIÓN	48
4.2	EXIGENCIAS DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	48
4.2.1	EXIGENCIA BÁSICA HE 4: CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	48
4.2.2	EXIGENCIA BÁSICA HE 5: CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	50
4.3	TECNOLOGÍAS	51
4.3.1	INTRODUCCIÓN.....	51
4.3.2	BIOENERGÍA	52
4.3.3	ENERGÍA SOLAR DIRECTA	54
4.3.4	ENERGÍA GEOTÉRMICA	59
4.3.5	ENERGÍA HIDROELÉCTRICA.....	67
4.3.6	ENERGÍA OCEÁNICA.....	69
4.3.7	ENERGÍA EÓLICA	74
5	ZONAS CLIMÁTICAS SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	79
5.1	INTRODUCCIÓN	79
5.2	DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS CLIMÁTICAS DE LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 0 Y HE 1	79
5.3	ZONAS CLIMÁTICAS DE GALICIA DE ACUERDO A LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 0 Y HE 1	80
5.4	DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS CLIMÁTICAS DE LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 4 Y HE 5	83
5.5	ZONAS CLIMÁTICAS DE GALICIA DE ACUERDO A LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 4 Y HE 5	84
6	EDIFICIOS	85
6.1	EDIFICIO Nº 1: CENTRO DE ASISTENCIA GERONTOLÓGICA, VIVEIRO (LUGO)	85

6.1.1	EL EDIFICIO.....	85
6.1.2	DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA.....	89
6.1.3	ASPECTOS DE MEJORA Y TECNOLOGÍAS APLICABLES	94
6.2	EDIFICIO Nº 2: CENTRO DE DÍA EN CARBALLO (A CORUÑA)	136
6.2.1	EL EDIFICIO.....	136
6.2.2	DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA.....	142
6.2.3	ASPECTOS DE MEJORA Y TECNOLOGÍAS APLICABLES	147
7	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	171
7.1	CONCLUSIONES	171
7.2	TRABAJOS FUTUROS.....	171
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	172
9	LISTA DE GRÁFICOS.....	177
10	LISTA DE TABLAS.....	178
11	LISTA DE ILUSTRACIONES.....	181
12	PREFIJOS (UNIDADES ESTÁNDAR INTERNACIONALES)	185
13	ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	186
14	SÍMBOLOS.....	188
15	GLOSARIO.....	190
16	FABRICANTES DE AEROGENERADORES DE 100 kW	193
16.1	NORVENTO	193
16.1.1	MODELO: nED100.....	193
16.2	ELECTRIA WIND	196
16.2.1	MODELO: GARBÍ 100/28.....	196
16.3	DEL VALLE AGUAYO.....	198
16.3.1	MODELO: TURBEC100	198
16.4	ADES.....	200
16.4.1	MODELO: ADES 100	200

16.5 NORTHERN POWER SYSTEMS.....	202
16.5.1 MODELO: NPS 100C-24.....	202

RESUMEN

En esta tesis se plantea la reducción de los consumos de energía y las emisiones de dos edificios existentes en Galicia, uno ubicado en Carballo (A Coruña) y otro en Viveiro (Lugo). Para ello y sin modificar los aspectos arquitectónicos de los mismos, nos centraremos en la mejora de su envolvente térmica, la optimización o sustitución de los sistemas de instalaciones proyectadas y la posibilidad de potenciar o incorporar a los mismos las tecnologías renovables disponibles, de manera que se reduzca su consumo de energía primaria y final y consecuentemente sus emisiones de CO₂.

Para alcanzar los objetivos de la misma se partió del proyecto constructivo de cada uno de los edificios, en los que se incluía el archivo de calificación energética mediante el programa CALENER VYP. Partiendo de éste archivo, se fueron incorporando las sucesivas mejoras, de una manera acumulativa, observando la reducción de los consumos de energía y las emisiones; para ello se utilizó el programa citado anteriormente y el PostCalener.

Con las mejoras incorporadas al edificio ubicado en Viveiro se logró que éste produzca más energía que la que consume, de acuerdo a los usos reglamentados en la calificación energética; toda ella de origen renovable y por lo tanto sin emisiones. La singularidad de la parcela del edificio ubicado en Carballo limitó la aplicación de las tecnologías renovables; no obstante, con las mejoras incorporadas, se alcanzó un ratio de consumo de energía primaria de 63,61 kWh/m².año, que está por debajo de los requerimientos en Francia para ser considerado como edificio de consumo de energía casi nulo.

PALABRAS CLAVE: Envolvente térmica; energías renovables; consumo de energía; emisiones de CO₂.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN

El suplemento del New York Times de un día de marzo de 2011, que se entregaba junto al diario EL PAIS (1), incluía un artículo sobre un edificio de consumo energético cero del National Renewable Energy Lab, en el que se decía que: *fue diseñado con minucioso detalle para un consumo energético anual nulo*. Yo por aquel entonces estaba cursando un Máster de Energías Renovables. Mi vida profesional estuvo dedicada siempre al sector de la construcción, sobre todo al de la edificación. Nada más leer lo de un edificio de consumo energético cero, me puse a buscar fuentes de información sobre el particular y aparece la Directiva 2010/31/UE (2), de junio de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, en la que se define, quizá de una manera genérica, a los *edificios de consumo energía casi nulo* (EECN).

A los tres aspectos citados anteriormente: edificios de consumo de energía casi nulo, energías renovables y vida profesional, añado uno característico de Galicia como es el clima, y me surge la idea de comprobar si, partiendo de unos edificios existentes o en fase de proyecto, es posible, con modificaciones que no atañen a su diseño, convertir a éstos en EECN.

1.2 ESQUEMA DE TESIS

La presente tesis se plantea en siete apartados. En el primer apartado, denominado *INTRODUCCIÓN*, se pretenden reflejar cuales son las causas por el que se ha llegado al planteamiento de los edificios de consumo de energía casi nulo. El uso de energía en los edificios residenciales y comerciales es responsable del 40 %, aproximadamente, del consumo total de energía final de la Unión Europea (UE) y del 36 % de las emisiones totales comunitarias de CO₂.

Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) antropogénicos han seguido aumentando desde 1970 hasta 2010. A pesar de un número cada vez mayor de políticas para mitigación del cambio climático.

De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la influencia humana en el sistema climático es clara; el protocolo de Kyoto, que entró en vigor en febrero de 2005, establece, por primera vez, objetivos de reducción de GEI.

De acuerdo a los datos de Eurostat, el consumo de energía primaria en Europa se incrementó entre 1990 y 2012 en un 0,9%.

En lo que respecta a la dependencia energética, en 2012 en la UE-28, la más alta dependencia era para los productos derivados del petróleo, de 24 millones de terajulios (TJ), de los cuales el 93% era importado.

Parece claro que ante los datos anteriores y siendo los edificios, en Europa, responsables del 40% del consumo de energía y del 36% de las emisiones totales, algo hay que hacer al respecto. Intentar rebajar sus niveles de consumo de energía y por consecuencia reducir sus emisiones.

Ante esta situación los responsables de las distintas organizaciones nacionales y supranacionales han legislado al respecto. En el apartado segundo de la tesis, denominado *LEGISLACIÓN*, se relaciona de una manera somera la principal legislación al respecto.

Las Directivas europeas establecen los objetivos que deben lograr los Estados miembros, dejándoles elegir los medios para hacerlo. Para que los principios en ella establecidos surtan efecto para los ciudadanos, el legislador nacional debe adoptar una norma de Derecho interno que conforme el ordenamiento jurídico nacional a los objetivos de la Directiva. La Directiva fija una fecha límite para la transposición al Derecho nacional.

Como en cualquier trabajo de investigación incorporamos a la tesis un apartado denominado *ESTADO DEL ARTE* en el que se pretende reflejar la información sobre los edificios objeto de la presente tesis y en particular de los existentes en Galicia.

La Directiva 2010/31/UE (2), relativa a la eficiencia energética de los edificios, contempla que la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida por los EECN deberá estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía procedente de fuentes renovables producida *in situ* o en el entorno. Por este motivo hemos incluido un cuarto apartado denominado *FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES*, en el que se definen las tecnologías renovables disponibles basándonos en la publicación *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático* (3).

El clima es un factor determinante en el consumo de energía en los edificios. La Directiva 89/106/CEE del Consejo (4), relativa a los productos de construcción, en su Anexo I, ya exigía que las obras y sus sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación deben proyectarse y construirse de forma que la cantidad de energía necesaria para su utilización sea moderada, habida cuenta de las condiciones climáticas del lugar y de sus ocupantes.

En la normativa española la limitación tanto del consumo energético como de la demanda energética se establece en función del clima y de la localidad en la que se ubican los edificios. En el quinto apartado del presente documento, denominado *ZONAS CLIMÁTICAS SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN*, desarrollamos como se determina cada una de las zonas climáticas en función de la normativa española al respecto.

Tomando como base los proyectos de ejecución de dos edificios construidos, el primero de estos se denomina *CENTRO DE ASISTENCIA GERONTOLÓGICA* y está ubicado en la localidad lucense de Viveiro; el segundo de los construidos se denomina *CENTRO DE DÍA EN CARBALLO* y se ubica en la localidad coruñesa de Carballo. Estos dos edificios son los que se incluyen en el sexto apartado de la tesis denominado *EDIFICIOS*.

La selección de estos dos edificios no fue al azar, ya que para desarrollar el trabajo previsto era necesario disponer, además del proyecto de ejecución, de los archivos de los programas LIDER, CALENER VYP y CALENER GT. Ello me obligó a solicitar a mis amistades personales que pusieran a mi disposición tanto los proyectos básicos y de ejecución, como los archivos de los programas mencionados. Curiosamente los dos edificios se ubican en dos provincias distintas.

El proceso de trabajo en cada uno de ellos es el siguiente:

En primer lugar obtendremos los registros climáticos de las estaciones meteorológicas de Meteogalicia ubicadas en las proximidades del edificio o de fuentes acreditadas, que sirven de base para determinar la zona climática (z.c.) de acuerdo al Código Técnico de la Edificación (CTE).

En segundo lugar compararemos la z.c. obtenida con la que figura en el proyecto del edificio. Si ésta fuera coincidente. No realizaríamos ningún proceso más. Si no fuesen coincidentes, tomaríamos como buena la z.c. obtenida mediante los registros climáticos. Con el archivo del programa LIDER facilitado calcularíamos de nuevo la demanda energética y veríamos si la demanda tanto de calefacción o de refrigeración varía.

En tercer lugar, previo conocimiento del proyecto, en particular de las características de su envolvente, y sin modificar ninguno de los aspectos arquitectónicos, procederemos a mejorar ésta, sobre todo en lo que se refiere a aislamientos, vidrios y carpintería exteriores. Introduciendo las sucesivas mejoras en el programa LIDER iremos viendo las modificaciones en las demandas de calefacción y refrigeración.

En cuarto lugar, una vez que hayamos considerado que la mejora de la envolvente no produce variaciones significativas, aplicaremos las tecnologías disponibles a los archivos del CALENER VYP o CALENER GT, y en su caso al PostCalener², e iremos observando las variaciones en los consumos y en sus emisiones. Veremos la clasificación energética obtenida y si el consumo final del edificio es el de uno de consumo casi nulo.

En quinto y último lugar, analizaremos la rentabilidad de los costes de las mejoras aplicadas con las disminuciones en los consumos energéticos.

El último apartado de la tesis es el denominado *CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS*, que como su nombre indica será un análisis y la conclusión de los resultados obtenidos y la necesidad de seguir investigando en nuevos campos relacionados con la tesis presente.

² El programa PostCalener, reconocido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, permite el tratamiento de componentes, estrategias, equipos o sistemas no incluidos en los procedimientos originales Calener y su integración con el mismo.

1.3 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

1.3.1 CAMBIO CLIMÁTICO

La Conferencia de las Partes³ de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en su 21 periodo de sesiones⁴, en la que se aprueba el Acuerdo de París, consciente de que el cambio climático representa una amenaza apremiante y con efectos potencialmente irreversibles para las sociedades humanas y el planeta y, por lo tanto, exige la cooperación más amplia posible de todos los países y su participación en una respuesta internacional efectiva y apropiada, con miras a acelerar la reducción de las emisiones mundiales de GEI (5).

Reconociendo que el cambio climático es un problema de toda la humanidad y que, al adoptar medidas para hacerle frente, las Partes deberían respetar, promover y tener en cuenta sus respectivas obligaciones relativas a los derechos humanos, el derecho a la salud, los derechos de los pueblos indígenas, las comunidades locales, los migrantes, los niños, las personas con discapacidad y las personas en situaciones vulnerables y el derecho al desarrollo, así como la igualdad de género, el empoderamiento de la mujer y la equidad intergeneracional (5).

El Acuerdo tiene por objeto reforzar las respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza y para ello mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático (5).

El Acuerdo entrará en vigor al trigésimo día contado desde la fecha en que no menos de 55 Partes en la Convención, cuyas emisiones estimadas representen globalmente un 55% del total de las emisiones mundiales de GEI, hayan depositado sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión (5).

La OMM ha publicado un artículo de prensa⁵ en el que dice que la temperatura media global en superficie en 2015 será, probablemente, la más cálida de la que se tiene constancia y alcanzará el importante umbral simbólico de 1 grado Celsius por encima de los niveles preindustriales, lo que obedece a la combinación de un intenso episodio de El Niño con el calentamiento de la Tierra provocado por la actividad humana (6).

Esta tendencia de las temperaturas apunta a la probabilidad muy real de que 2015 sea el año más cálido del que se tienen datos. La temperatura media mundial de la superficie del mar, que alcanzó un récord en el año 2014, igualará o superará probablemente ese récord en 2015. Las temperaturas medias mundiales en zonas terrestres tan solo de enero a octubre sugieren que 2015 también va camino de ser uno de los años más cálidos de los que se tiene constancia. América del Sur está registrando el año más cálido del que se tiene datos, al igual que Asia (similar a 2007), y en África y Europa es el segundo más cálido (6).

Según la OMM, la influencia humana en el sistema climático es clara. Esto es evidente por el aumento de las concentraciones de GEI en la atmósfera, un forzamiento radiativo positivo, el calentamiento observado y comprensión del sistema climático (7).

El primer decenio del siglo XXI fue el más cálido jamás registrado desde que se empezaron a realizar mediciones en la época moderna hacia 1850. Se registraron precipitaciones superiores a la media e incluso hubo un año, a saber, 2010, que batió todos los récords. El primer decenio del siglo XXI también se caracterizó por los drásticos fenómenos climáticos y meteorológicos extremos como la ola de calor que se produjo en Europa en 2003, las inundaciones de 2010 en Pakistán, el huracán *Katrina* en Estados Unidos de América, el ciclón *Nargis* en Myanmar y las largas sequías en la cuenca del Amazonas, Australia y África oriental (8).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), entiende por "cambio climático" un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (9).

En la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima, celebrada en Ginebra en 1979, los organizadores publicaron una Declaración como un llamamiento a las naciones para que "prevean y eviten los posibles

³ Por "Parte" se entenderá una Parte en el Acuerdo.

⁴ Celebrada en París, de 30 de noviembre a 11 de diciembre de 2015.

⁵ El 25 de noviembre de 2015.

cambios en el clima motivados por la acción del hombre, que podrían resultar negativos para el bienestar de la Humanidad” (10).

En 1988 se creó el IPCC por iniciativa de la OMM y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). En 1990 este grupo presentó un primer informe de evaluación en el que se reflejaban las investigaciones de 400 científicos. En él se afirmaba que el calentamiento atmosférico de la Tierra era real y se pedía a la comunidad internacional que tomara cartas en el asunto para evitarlo (11).

Las conclusiones del IPCC alentaron a los gobiernos a aprobar CMNUCC. En comparación con lo que suele ocurrir con los acuerdos internacionales, la negociación en este caso fue rápida. La Convención estaba lista para firmar en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo que se celebró en Río de Janeiro, conocida como Cumbre para la Tierra (11).

Las observaciones del IPCC, por el hecho de reflejar un consenso científico mundial y ser de carácter apolítico, representan un contrapeso útil en el debate, con frecuencia muy politizado, sobre qué se debe hacer con respecto al cambio climático. Los informes del IPCC se utilizan con frecuencia como base para las decisiones adoptadas en el contexto de la CMNUCC, y desempeñaron un papel importante en las negociaciones que dieron lugar al Protocolo de Kyoto (12).

El Protocolo de Kyoto, que entró en vigor en febrero de 2005, establece, por primera vez, objetivos de reducción de emisiones netas de GEI para los principales países desarrollados y economías en transición, con un calendario de cumplimiento. Las emisiones de GEI de los países industrializados deberían reducirse al menos un 5% por debajo de los niveles de 1990 en el período 2008-2012, conocido como primer periodo de compromiso del Protocolo de Kioto (12).

Los seis GEI que regula el Protocolo de Kioto, recogidos en su Anexo A, son los siguientes: dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), y el hexafluoruro de azufre (SF₆).

En general el Protocolo de Kyoto (12) es considerado como primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de GEI, y proporciona la arquitectura esencial para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme en el futuro. Cuando concluyera el primer período de compromiso del Protocolo de Kyoto en 2012, tenía que haber quedado decidido y ratificado un nuevo marco internacional que pueda aportar las severas reducciones de las emisiones que según ha indicado claramente el IPCC son necesarias.

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que se celebró en Doha, Qatar, en 2012, los Gobiernos consiguieron consolidar los logros de los últimos tres años de negociaciones internacionales en materia de cambio climático y abrir una puerta hacia la apremiante necesidad de aumentar la ambición y la acción climática a todos los niveles. Los Gobiernos, entre otras decisiones, enfatizaron la necesidad de aumentar su ambición a la hora de reducir los GEI y ayudar a los países vulnerables a adaptarse. Lanzaron un nuevo período de compromiso del Protocolo de Kyoto (12), asegurando así que los importantes modelos jurídicos y contables de este tratado continúen, y subrayando el principio de que los países desarrollados encabecen la acción encomendada por mandato de reducir las emisiones de GEI.

1.3.2 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

1.3.2.1 EN EL MUNDO

Según el IPCC las emisiones totales de GEI antropogénicos han seguido aumentando desde 1970 hasta 2010. A pesar de un número cada vez mayor de políticas para mitigación del cambio climático, las emisiones anuales de GEI crecieron en promedio un 1,0 Gt de dióxido de carbono equivalente (GtCO₂eq) (2,2%) por año desde 2000 a 2010 en comparación con las 0,4 GtCO₂eq (1,3%) por año desde 1970 hasta 2000. Las emisiones antropogénicas de GEI fueron las más altas en la historia humana desde 2000 hasta 2010 y llegaron a 49 (± 4,5) GtCO₂eq/año en 2010 (13).

Tal y como se puede observar en la ilustración 1, durante el período de crisis 2007/2008 se redujeron las emisiones, para volver a incrementarse nuevamente. Las emisiones de CO₂ derivadas de los combustibles fósiles y de los procesos industriales se han incrementado un 65% en el período 1970-2010.

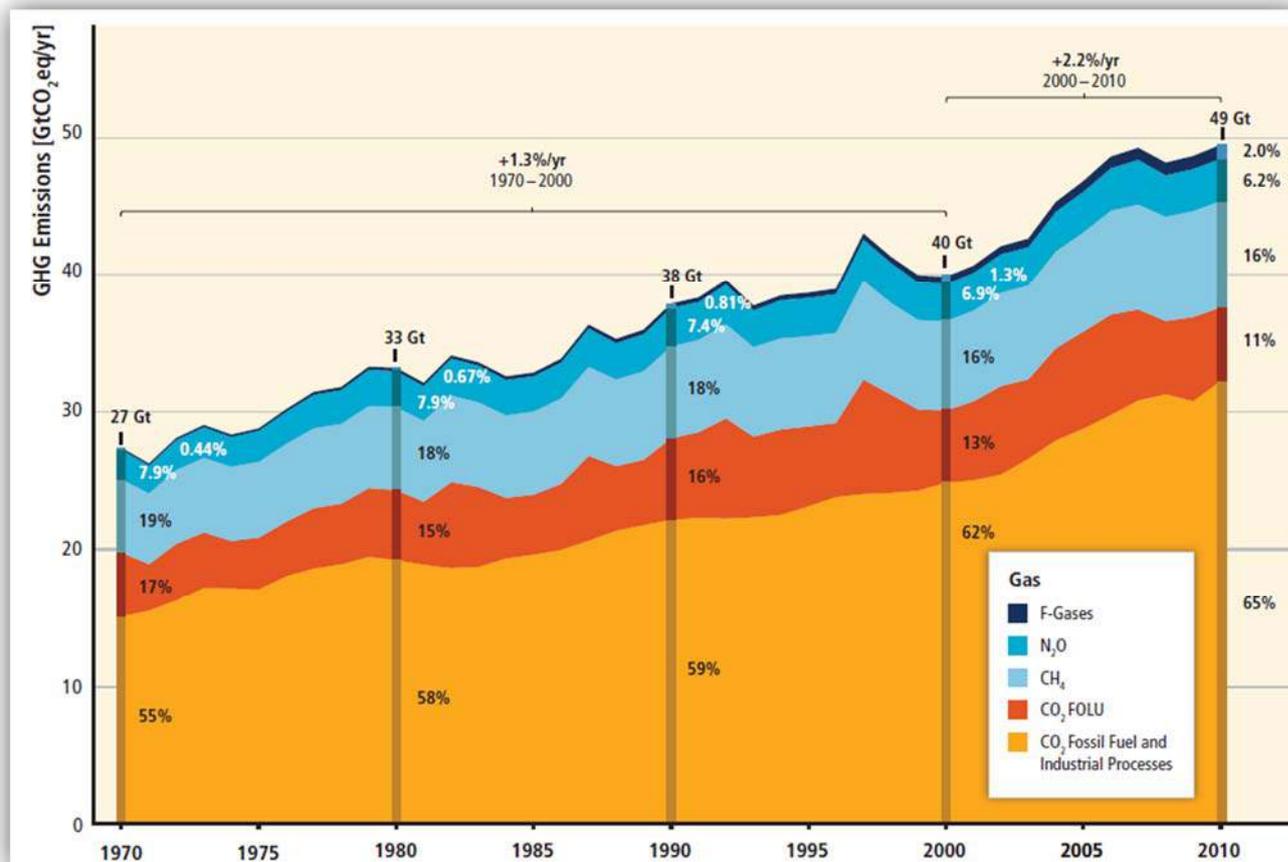


Ilustración 1: Emisiones anuales GEI antropogénicas por Grupos de Gases 1970 - 2010⁶.
Fuente: IPCC, 2014: Summary for Policymakers, In: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change.

Una emisión de CO₂-equivalente es la cantidad de emisión de CO₂ que ocasionaría, durante un horizonte temporal dado, el mismo forzamiento radiativo integrado a lo largo del tiempo que una cantidad emitida de un GEI de larga permanencia o de una mezcla de GEI. Para un GEI, las emisiones de CO₂-equivalente se obtienen multiplicando la cantidad de GEI emitida por su potencial de calentamiento mundial (PCM) para un horizonte temporal dado. Para una mezcla de GEI, se obtienen sumando las emisiones de CO₂-equivalente de cada uno de los gases. Las emisiones de CO₂-equivalente constituyen un valor de referencia y una métrica útil para comparar emisiones de GEI diferentes, pero no implican respuestas idénticas al cambio climático (14).

El índice anual de gases de efecto invernadero (AGGI) de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) muestra que entre 1990 y 2012 el forzamiento radiativo debido a los GEI de larga duración experimentó un aumento del 32%, al que el CO₂ contribuyó en casi un 80% tal y como se puede observar en la ilustración 2 (15).

⁶ CO₂FOLU: Emisiones de CO₂ de la silvicultura y otros usos de la tierra.

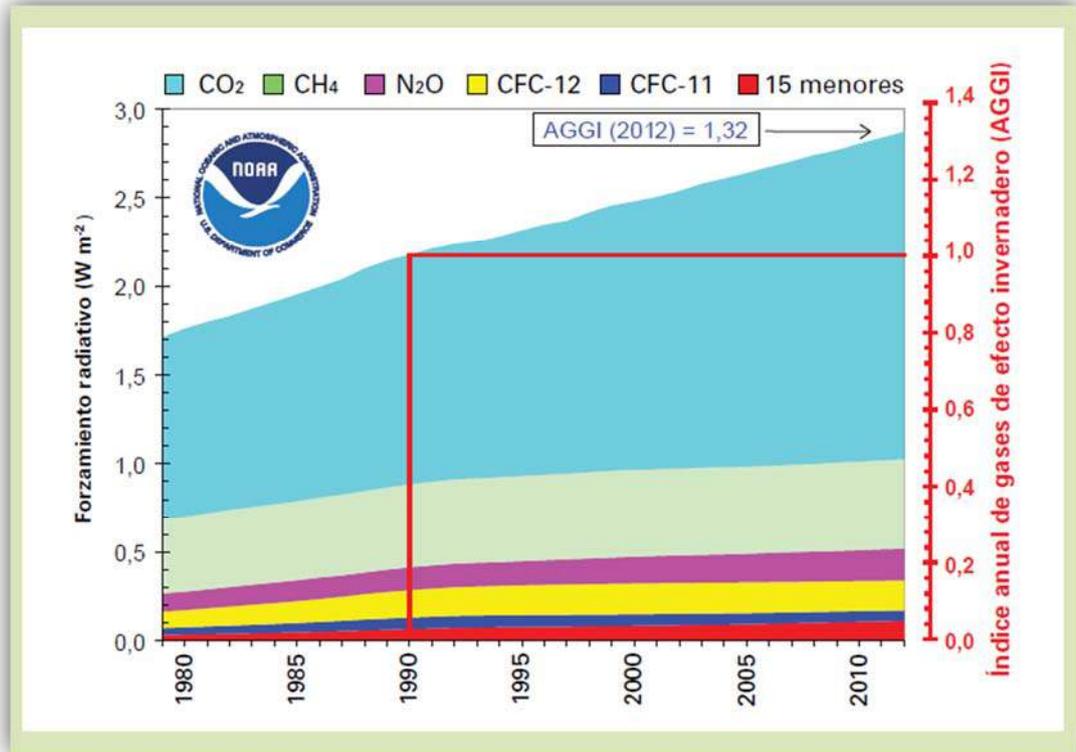


Ilustración 2: Forzamiento radiativo de la atmósfera debido a los GEI

Fuente: OMM. Boletín sobre los gases de efecto invernadero. N° 9 | 6 de noviembre de 2013.

La Agencia Internacional de la Energía prevé que las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂) aumentarán en un promedio de 0,7% por año, en el período 2012-2035, hasta un total de 37,2 Gt de CO₂ en 2035 (16).

1.3.2.2 EN LA UNIÓN EUROPEA

En lo que respecta a la Unión Europea, de acuerdo a la publicación *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014* (17), las emisiones de gases de efecto invernadero totales, sin el sector “Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Selvicultura (LULUCF, por sus siglas en inglés), en el UE-28 disminuyeron en un 19,2 % entre 1990 y 2012 (1.082 millones de toneladas de CO₂-equivalente), tal y como se observa en el gráfico 1.

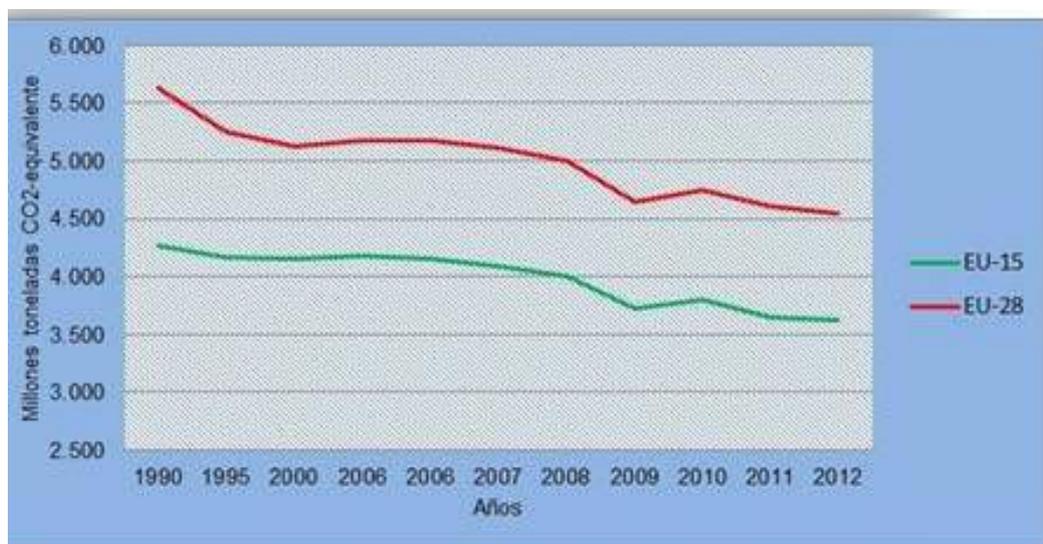


Gráfico 1: Emisiones de GEI, sin LULUCF, en UE-28 y UE-15. Series 1990-2012.

Fuente: *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014*.

En 2012, las emisiones totales de gases de efecto invernadero en la UE-15, sin LULUCF, fueron del 15,1 % (642 millones de toneladas CO₂-equivalente) por debajo de los niveles de 1990, y un 15,1% (646 millones toneladas CO₂-equivalente por debajo de sus niveles del *año base* de Kioto.

La Comisión Europea, en el documento EUROPA 2020 (18), fija como objetivos principales, entre otros, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero al menos en un 20 % en comparación con los niveles de 1990, o en un 30 % si se dan las condiciones al efecto⁷; incrementar el porcentaje de las fuentes de energía renovables en nuestro consumo final de energía hasta un 20 % y en un 20 % la eficacia energética.

Otro de los objetivos del documento anterior, en cuanto a crecimiento sostenible, es desligar crecimiento económico y uso de recursos, reduciendo las emisiones de carbono de la economía, incrementando el uso de energías renovables, modernizando el sector del transporte y promoviendo un uso eficaz de la energía.

En el mismo documento los objetivos que se refieren a reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, eran menos ambiciosos que los figuran en las Conclusiones de la reunión del Consejo Europeo de octubre de 2014, que ha refrendado el objetivo, vinculante para la UE, de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de la Unión por lo menos en un 40 % para 2030 con respecto a los valores de 1990 (19).

El principal instrumento europeo para alcanzar este objetivo será un régimen de comercio de derechos de emisión (RCDE) reformado y que funcione correctamente, con un instrumento que establezca el mercado en consonancia con la propuesta de la Comisión. El factor anual de reducción del límite máximo de emisiones permitidas pasará del 1,74 % al 2,2 % a partir de 2021.

En la tabla 1, de la página siguiente, se refleja la contribución de los Estados miembros a las emisiones de GEI de la UE, expresadas en millones de toneladas de CO₂-equivalente, excluyendo LULUF. En ella se puede observar que en el conjunto de la EU-15 el país que más incrementó sus emisiones en el periodo 1990-2012 fue España con un 17%, seguido de Portugal con un 12%. Los países que más las redujeron fueron Dinamarca, Alemania y Reino Unido en un 33%. En el conjunto de la EU-15 se redujeron en un 18%.

En lo que respecta a la EU-28, los países con mayor incremento de emisiones en el periodo 1990-2012 fueron Chipre y Malta con un 33%, seguidos de España con un 17%. Por el contrario los que más la redujeron fueron Letonia con un 136%, seguido de Lituania con un 123%. En el conjunto de la EU-28 las emisiones se redujeron un 24%

⁷ El Consejo Europeo del 10 y 11 de diciembre de 2009 concluyó que como parte de un acuerdo general para el período posterior a 2012, la UE reitera su oferta condicional de alcanzar una reducción del 30 % en 2020 en comparación con los niveles de 1990, siempre que otros países desarrollados se comprometan a unas reducciones comparables y que los países en desarrollo contribuyan adecuadamente en proporción a sus responsabilidades y capacidades respectivas.

Tabla 1: Contribución de los Estados miembros a las emisiones de GEI de la UE⁸.

Estado Miembro	1990	1995	2000	2006	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Variación*
Austria	78	80	80	93	90	87	87	80	85	83	80	3%
Belgica	143	150	146	142	138	133	136	123	131	120	117	-22%
Dinamarca	69	76	69	64	72	67	64	61	61	57	52	-33%
Finlandia	70	71	69	69	80	78	70	66	74	67	61	-15%
Francia	557	553	561	559	547	538	533	509	516	490	490	-14%
Alemania	1.248	1.118	1.040	994	1.002	977	980	913	946	929	939	-33%
Grecia	105	110	127	135	132	135	131	124	118	115	111	5%
Irlanda	55	59	68	70	69	68	68	62	62	58	59	7%
Italia	519	530	551	574	563	555	541	490	499	487	460	-13%
Luxemburgo	13	10	10	13	13	12	12	12	12	12	12	-8%
Holanda	212	223	213	209	206	204	203	198	209	195	192	-10%
Portugal	61	71	84	88	83	80	78	75	71	69	69	12%
España	284	322	380	431	424	432	398	360	347	346	341	17%
Suecia	73	74	69	67	67	65	63	59	65	61	58	-26%
Reino Unido	775	723	690	675	672	662	643	590	606	563	581	-33%
EU-15	4.262	4.170	4.157	4.183	4.158	4.093	4.007	3.722	3.802	3.652	3.622	-18%
Bulgaria	109	76	59	64	65	68	67	58	60	66	61	-79%
Croacia	32	24	27	31	31	33	31	29	29	29	26	-23%
Chipre	6	8	9	10	10	10	11	10	10	10	9	33%
República Checa	196	152	146	146	147	147	142	134	137	135	131	-50%
Estonia	41	20	17	18	18	21	20	16	20	20	19	-116%
Hungría	98	78	77	78	77	76	73	67	68	66	62	-58%
Letonia	26	13	10	11	12	12	11	11	12	11	11	-136%
Lituania	49	22	20	23	24	26	25	20	21	22	22	-123%
Malta	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33%
Polonia	466	441	396	399	414	415	406	388	407	406	399	-17%
Rumania	248	175	134	141	145	143	140	120	116	122	119	-108%
Eslovaquia	73	53	49	50	50	48	49	45	45	45	43	-70%
Eslovenia	18	19	19	20	21	21	21	19	19	19	19	5%
EU-28	5.626	5.253	5.123	5.177	5.175	5.116	5.006	4.642	4.749	4.606	4.546	-24%

Fuente: Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014.
* Variación en el periodo 1990-2012.

1.3.2.3 EN ESPAÑA

En la tabla 2 se muestran los valores absolutos correspondientes a las emisiones brutas totales (excepción hecha de las que corresponden al sector LULUCF), de acuerdo a la publicación INVENTARIOS NACIONALES DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA 1990-2012. DOCUMENTO RESUMEN (20).

Tabla 2: Valores absolutos (kilotoneladas de CO₂-equivalente)⁹.

Año base PK	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	
	289.773,21	283.749,22	322.108,19	380.004,18	431.392,66	398.444,15	359.659,15	347.181,00	345.887,15	340.808,59

Fuente: INVENTARIOS NACIONALES DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA 1990-2012.

⁸ En millones de toneladas de CO₂-equivalente, excluyendo LULUCF.

⁹ Año base PK (Protocolo de Kyoto): para la estimación de la cifra del año base se tomó como referencia el año 1990 para el CO₂, CH₄ y N₂O y el año 1995 para los gases fluorados HFC, PFC y SF₆, por lo que el año base es en sí un híbrido de los dos años anteriores y no corresponde a un año natural.

La evolución del índice, ver gráfico 2, ha venido marcada por un crecimiento sostenido en el periodo 1990-2007, excepción hecha de los años 1993, 1996, 2001 y 2006 en que se registran descensos respecto al año anterior, siguiendo la serie con dos caídas consecutivas muy importantes en los años 2008 y 2009, una caída de menor nivel en 2010 y una relativa estabilidad a partir de este último año. El descenso tan acusado que se produce en los años 2008 y 2009 merece un comentario especial, pues resulta de la combinación de dos elementos muy relevantes: i) el drástico cambio en la distribución de combustibles utilizados en el sector de generación de electricidad (con una caída muy fuerte del consumo de carbón); ii) el reflejo de la recesión económica, que provocó una caída notable en sectores con una contribución importante a las emisiones del inventario (20).



Gráfico 2: Índice de evolución de las emisiones de CO₂.

Fuente: INVENTARIOS NACIONALES DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA 1990-2012.

El promedio de emisiones en el período 2008-2012, fue un 23,70% superior al «año base» del Protocolo de Kyoto (12). Éstas, en cambio, de acuerdo al Protocolo deberían reducirse en, al menos, un 5% durante ese período.

Tabla 3: Índice de evolución anual (año base=100)

Año base PK	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	Quinquenio 2008-2012
100,00	97,90	111,20	131,10	148,90	137,50	124,10	119,80	119,40	117,60	123,70

Fuente: INVENTARIOS NACIONALES DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA 1990-2012.

1.3.2.4 EN GALICIA

En lo que respecta a Galicia, de acuerdo al *Informe Emisiones en Galicia. Serie (1990-2012)*, durante el año 2012 se emitieron 30,05 millones de toneladas de CO₂-equivalente de GEI, lo que representa un aumento de 2,67 millones de toneladas de CO₂-equivalente en términos absolutos, y un incremento de 9,7% en términos relativos, con respecto al 2011 (21).

En el gráfico 3 podemos observar una tendencia de crecimiento entre los años 1990-2004, con ligeros retrocesos en algún año de esta serie. A partir del año 2007 desciende bruscamente hasta el año 2010; desde este último hasta el 2012, la tendencia se vuelve a invertir de una manera brusca.



Gráfico 3: Emisiones de GEI en Galicia.
Fuente: Informe Emisiones en Galicia. Serie (1990-2012).

En el mismo Informe se dice que las emisiones de GEI en Galicia se situaron en el año 2012, un 6,30% por encima del año 1990. Este aumento no se produjo de forma homogénea en todos los sectores tal y como se puede observar en el gráfico 4. Mientras que en el transporte, en los sectores residencial y comercial (englobados en la categoría de otros sectores) y en el tratamiento de residuos se incrementaron de forma significativa con respecto al año 1990, otros sectores como las industrias del sector energético redujeron sus emisiones.

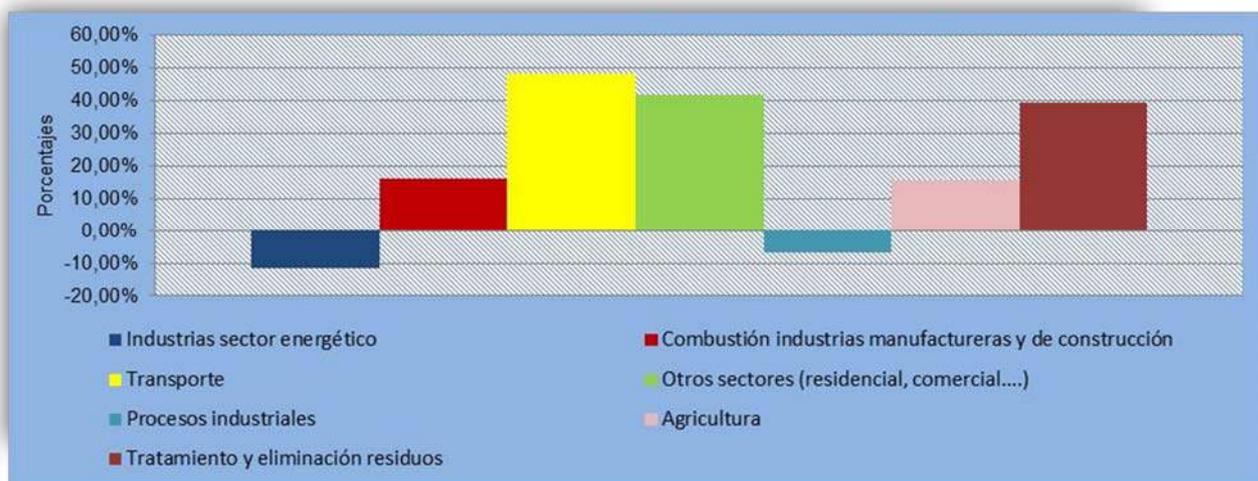


Gráfico 4: Porcentaje de incremento emisiones de GEI en Galicia por sectores.
Fuente: Informe Emisiones en Galicia. Serie (1990-2012).

1.3.3 CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA Y FINAL

1.3.3.1 EN EL MUNDO

De acuerdo a la publicación *BP Statistical Review of World 2014*, el consumo mundial de energía primaria creció en un porcentaje inferior a la media del 2,3% en 2013, un tercer aumento consecutivo por debajo del promedio (22).

Según la misma fuente, el crecimiento en el consumo fue inferior a la media en todas las regiones, excepto América del Norte. Todos los combustibles, excepto el petróleo, la energía nuclear y las energías renovables crecieron a tasas inferiores a la media. El petróleo sigue siendo el combustible dominante en el mundo, pero ha perdido participación en el mercado durante 14 años consecutivos. Las energías renovables y las hidroeléctricas alcanzaron niveles récord de consumo de energía primaria mundial (6,7% y 2,2%, respectivamente). Las economías emergentes representaron el 80% del aumento mundial en el consumo de energía. El consumo de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) aumentó en un nivel superior a la media del 1,2%. El consumo en la UE y Japón se redujo un 0,3% y 0,6%, respectivamente. Las economías emergentes sin embargo, siguen dominando la demanda de energía mundial, ya que representaron el 80% del crecimiento del año pasado y casi el 100 % de crecimiento en la última década.

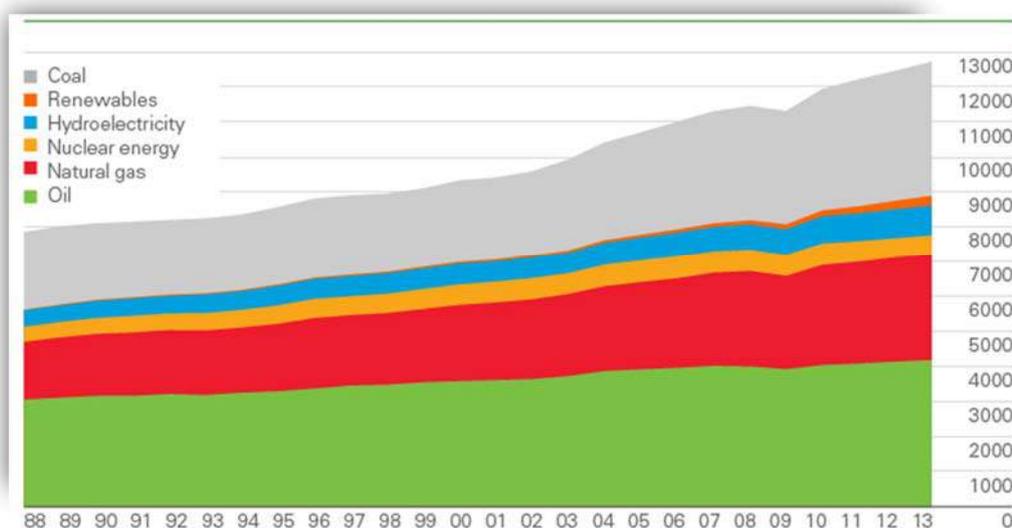


Ilustración 3: Consumo de energía primaria en el Mundo (Mtoe).
Fuente: BP Statistical Review of World 2014.

Según *BP Energy Outlook 2035*, la demanda mundial de energía primaria aumentará en un 41% entre 2012 y 2035, en un promedio del 1,5% anual hasta 2035. Se espera que el crecimiento se modere a lo largo de ese período, aumentando a una media anual del 2% hasta 2020 y, posteriormente, de apenas el 1,2% hasta el año 2035. El 95% de este crecimiento se prevé que provenga de las economías de países no miembros de la OCDE, con China e India a la cabeza, representando más de la mitad de este crecimiento (23).

La desaceleración de China y de la industria se reflejará en una marcada desaceleración en el crecimiento del consumo del carbón.

Todos los combustibles muestran crecimiento durante el periodo de previsión, con el crecimiento más rápido visto en las energías renovables con un 6,40% anual. La nuclear crecerá a un ritmo del 1,90% anual, y la energía hidroeléctrica lo hará al 1,80% anual, tal y como se refleja en la ilustración 4.

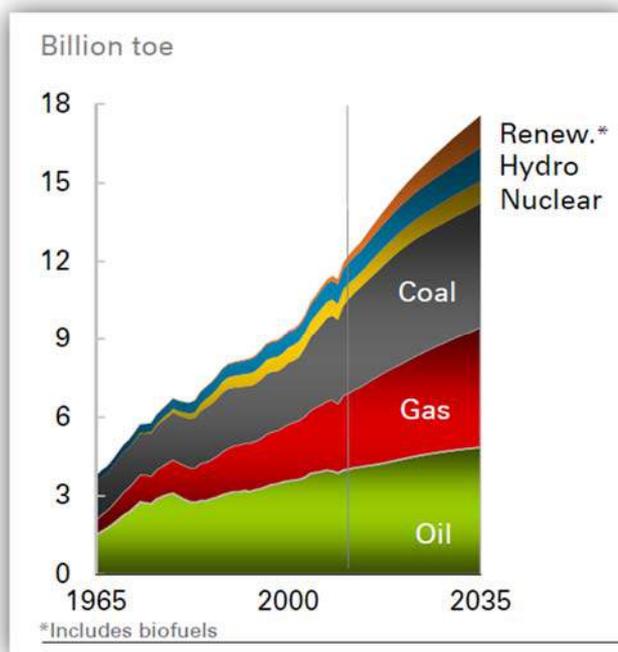


Ilustración 4: Previsión de consumo por combustibles.
Fuente: BP Energy Outlook 2035.

La Agencia Internacional de la Energía contempla que la demanda de energía primaria a nivel mundial aumentará alrededor de un tercio en el período de 2012 a 2035, ilustración 5, hasta un total de 17.376 Mtoe, impulsada al alza principalmente por China, la India, la Asociación de Naciones del Asia del Sudeste Asiático (ASEAN) y el Oriente Medio. El consumo de petróleo y carbón crecerá más lentamente que el aumento general de la demanda de energía (12% y 16%), mientras que el gas natural, las energías renovables y nucleares modernas lo harán más rápidamente (44%, 74% y 134%). A pesar de las fuentes de energía de baja o cero emisiones de carbono que cumplan el 45% del crecimiento de la demanda de energía primaria, la participación de los combustibles fósiles en la demanda de energía primaria cae, de forma gradual, desde su actual 82% a una cuota de 76% en el 2035 (16).

	1990	2000	2012*	2020	2025	2030	2035	2012-2035**
Oil	3 231	3 663	4 158	4 469	4 545	4 600	4 666	0.5%
Gas	1 668	2 072	2 869	3 234	3 537	3 824	4 127	1.6%
Coal	2 230	2 357	3 796	4 137	4 238	4 309	4 398	0.6%
Nuclear	526	676	642	869	969	1 051	1 118	2.4%
Hydro	184	225	313	391	430	466	501	2.1%
Bioenergy***	893	1 016	1 318	1 488	1 598	1 718	1 848	1.5%
Other renewables	36	60	142	311	432	566	717	7.3%
Total (Mtoe)	8 769	10 070	13 240	14 899	15 749	16 534	17 376	1.2%
<i>Fossil fuel share</i>	<i>81%</i>	<i>80%</i>	<i>82%</i>	<i>79%</i>	<i>78%</i>	<i>77%</i>	<i>76%</i>	<i>n.a.</i>
Non-OECD	4 047	4 506	7 606	9 019	9 859	10 623	11 406	1.8%
OECD	4 522	5 292	5 271	5 478	5 461	5 455	5 484	0.2%
CO₂ emissions (Gt)	20.9	23.7	31.5	34.3	35.4	36.2	37.2	0.7%

* 2012 data are preliminary estimates. ** Compound average annual growth rate. *** Includes traditional and modern biomass uses. Notes: Mtoe = million tonnes of oil equivalent; Gt = gigatonnes; Non-OECD and OECD totals exclude international bunkers.

Ilustración 5: Demanda energía mundial y emisiones de CO₂. Escenario Nuevas Políticas.
Fuente: World Energy Investment Outlook 2014.

1.3.3.2 EN LA UNIÓN EUROPA

De acuerdo a los datos de Eurostat, el consumo de energía primaria se incrementó entre 1990 y 2012 en un 0,9%. Mientras que el consumo de combustibles fósiles sólidos (carbón y sus derivados) disminuyeron un 35,4%, el del petróleo (incluidos los productos derivados del petróleo) se redujo un 12,0%, el consumo de energías renovables aumentó un 159,0%, el gas natural (incluyendo gases manufacturados) aumentó un 34,4% y la energía nuclear se incrementó en un 11,0%. El consumo de energía primaria alcanzó su punto máximo en 2006 y luego disminuyó en un 8,0% en 2012 (24); véase la tabla 4.

Tabla 4: Consumo de energía primaria en UE-28 (Mtoe).

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2020 target
Primary Energy	1.569,7	1.566,4	1.617,8	1.711,6	1.653,6	1.596,4	1.583,5	1.483,0
Solid Fossil Fuels	453,2	364,0	320,3	316,8	281,5	286,2	292,6	
Oil & Petroleum Products	549,9	563,2	567,4	580,9	521,8	503,5	483,9	
Gas (Natural & Derived)	282,4	321,1	380,4	429,7	433,2	389,7	379,4	
Nuclear Heat	205,2	227,3	243,8	257,5	236,6	234,0	227,7	
Renewables	71,2	83,4	97,4	117,2	168,7	168,7	184,4	
Other	7,7	7,5	8,5	9,6	11,9	14,4	15,4	

Fuente: Eurostat. European Commission.

Según los mismos datos, en 2012, el consumo de energía primaria de petróleo y productos del petróleo alcanzó un mínimo histórico desde 1990; sin embargo de petróleo y productos petrolíferos siguen siendo la fuente más importante de consumo de energía primaria, con una cuota del 30,6%. El consumo de energía renovable alcanzó los niveles récord en 2012 y su participación en el consumo de energía primaria fue del 11,6%. Véase el gráfico 5.

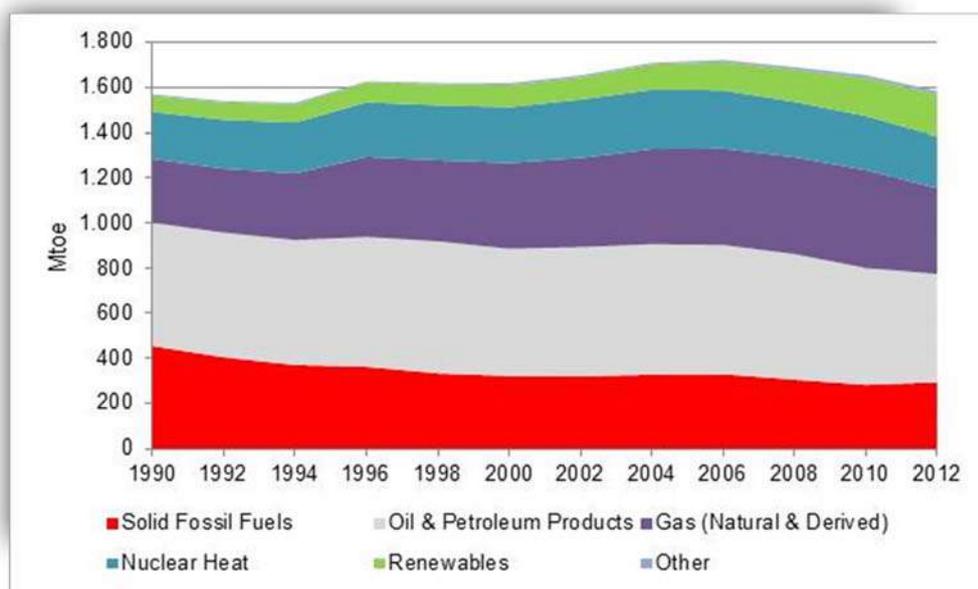


Gráfico 5: Consumo de energía primaria por fuentes UE-28 (Mtoe).
Fuente: Eurostat. European Commission.

También según Eurostat, el consumo de energía final se incrementó entre 1990 y 2012 en un 2,2%. Mientras que el consumo de combustibles fósiles sólidos (carbón y sus derivados) disminuyó en un 61,9% y el consumo de energía final de fuentes renovables aumentaron un 108,3. El consumo energía final alcanzó su punto máximo en 2005-2006 y luego disminuyó en un 7,3% en 2012 (24). Véase la tabla 5.

Tabla 5: Consumo de energía final en UE-28 (Mtoe).

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2020 target
Final Energy	1.080,2	1.079,0	1.131,2	1.189,3	1.160,0	1.107,2	1.103,4	1.086,0
Solid Fossil Fuels	124,2	83,0	62,2	53,3	49,8	48,7	47,3	
Oil & Petroleum Products	446,7	464,4	489,8	505,8	458,3	445,2	430,2	
Gas (Natural & Derived)	229,9	247,2	267,5	281,2	273,0	244,7	252,9	
Electricity	186,0	194,3	217,6	239,5	244,4	239,9	240,6	
Derived Heat	54,3	45,4	44,6	52,4	53,4	47,2	48,3	
Renewables	38,1	43,2	48,1	55,3	78,1	76,7	79,4	
Non-renewable wastes	0,9	1,5	1,3	1,8	2,9	4,8	4,6	

Fuente: Eurostat. European Commission.

En 2012, el consumo de energía final de petróleo y productos del petróleo alcanzó un mínimo histórico desde 1990, sin embargo el petróleo y los productos petrolíferos siguen siendo la fuente más importante del consumo final de energía, con una cuota del 39,0%. Los combustibles fósiles sólidos están experimentando una tendencia a disminuir a largo plazo y contribuyen sólo el 4,3% del consumo final de energía. Los combustibles juntos (sólidos, líquidos y gaseosos) representan el 66,2% del consumo total de energía final fósil. La electricidad tiene una cuota del 21,8%.

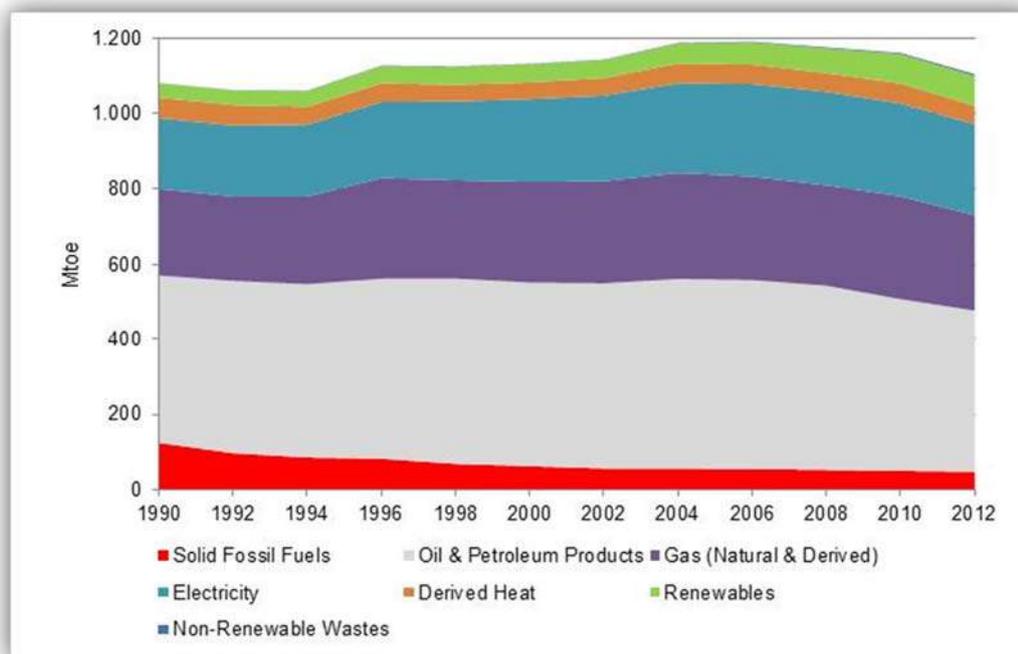


Gráfico 6: Consumo de energía final por fuentes UE-28 (Mtoe).
Fuente: Eurostat. European Commission.

Los valores objetivo para el consumo de energía en 2020 se fijan en el artículo 3 de la Directiva 2012/27/UE: en 2020 el consumo energético de la Unión tiene que ser no más de 1.474 Mtoe de energía primaria o no más de 1.078 Mtoe de energía final.

Los valores anteriores son para la UE-27. Para la UE-28, los valores equivalentes son 1.483 Mtoe de consumo de energía primaria y de 1.086 Mtoe de consumo final de energía.

En lo que respecta a la dependencia energética, en 2012 en la UE-28, la más alta dependencia era para los productos derivados del petróleo, de 24 millones de TJ, de los cuales el 93% era importado. Para el gas natural, el consumo interior bruto en 2012 fue de 16 millones de TJ, el 66% de lo cubierto por las importaciones. La producción de combustibles sólidos en la UE-28 ha estado en declive durante las últimas dos décadas. En la UE-28 en 2012, se importó el 42% del consumo interior bruto de los combustibles sólidos. La tendencia desde 1990 es a una dependencia mayor de las importaciones.

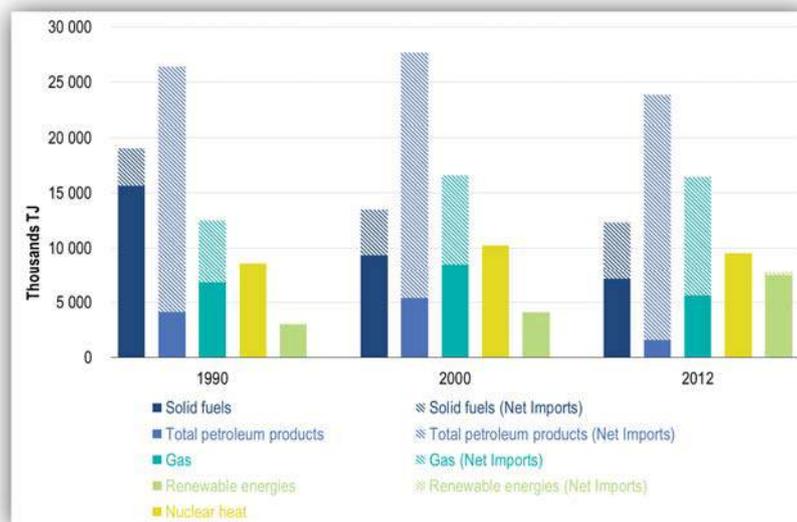


Gráfico 7: Dependencia energética por combustible, EU-28, 1990-2000-2012 (Miles TJ).
Fuente: Eurostat. European Commission.

1.3.3.3 EN ESPAÑA

De acuerdo al Boletín Estadístico del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR), actualizado con fecha de abril de 2014, el consumo de energía primaria en España en 2013 fue de 121.117 kilotoneladas equivalentes de petróleo (ktep), con descenso del 6,04% sobre el de 2012, 128.909 ktep. Este consumo se obtiene como resultado de sumar al consumo de energía final, los consumos en los sectores energéticos (consumos propios y consumos en transformación, especialmente en generación eléctrica y refinerías de petróleo) y las pérdidas.

El consumo de energía primaria disminuyó entre 2006 y 2013 un 19,46%. Mientras que el consumo de carbón disminuyó un 41,06%, el del petróleo se redujo un 25,22%, el del gas natural disminuyó un 16,49% y la energía nuclear se redujo un 5,64%, el consumo de energías renovables solar térmica y eólica¹⁰ aumentó un 365,78%, la biomasa, los biocarburantes y residuos renovables y no renovables aumentaron un 128,06%. En lo que respecta a la energía hidráulica pasó de 2.232 ktep en 2006 a 3.163 ktep en 2013. El consumo de energía primaria alcanzó su punto máximo en 2007 y luego disminuyó en un 17,74% en 2013 respecto a ese año; véase el gráfico 8.

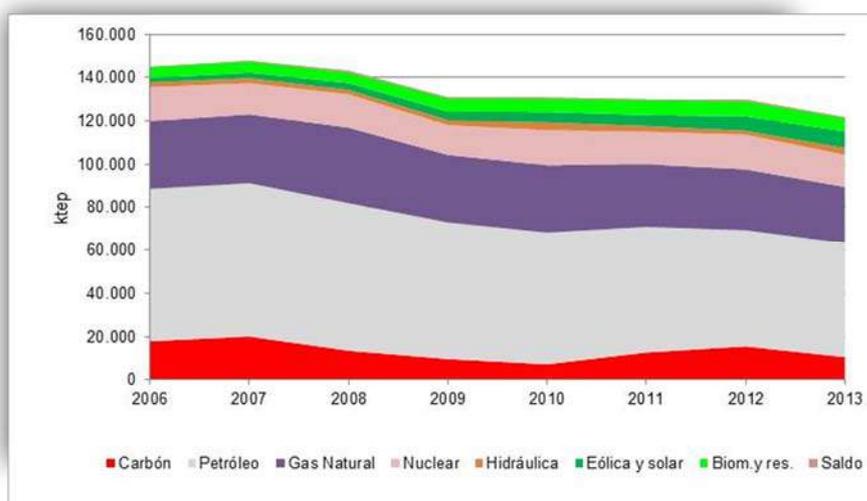


Gráfico 8: Consumo de energía primaria por fuentes en España (ktep).
Fuente: MINETUR (SEE).

¹⁰ Las energías renovables (distintas de la hidráulica clásica) han sido objeto de una profunda revisión en toda la serie.

El consumo de energía final, también con datos del mismo Boletín, fue de 84.536 ktep en el año 2013. Éste disminuyó entre 2006 y 2013 un 17,96%. Mientras que el consumo de carbón disminuyó un 24,90%, los gases derivados del carbón¹¹ disminuyeron en un 2,95%, los productos petrolíferos se redujeron un 28,06%, el del gas natural disminuyó un 3,40%, la electricidad lo hizo en un 9,54%, el consumo de energías renovables aumentó en un 133,09%. El consumo de energía final alcanzó su punto máximo en 2007 y luego disminuyó en un 19,20% en 2013 respecto a ese año.

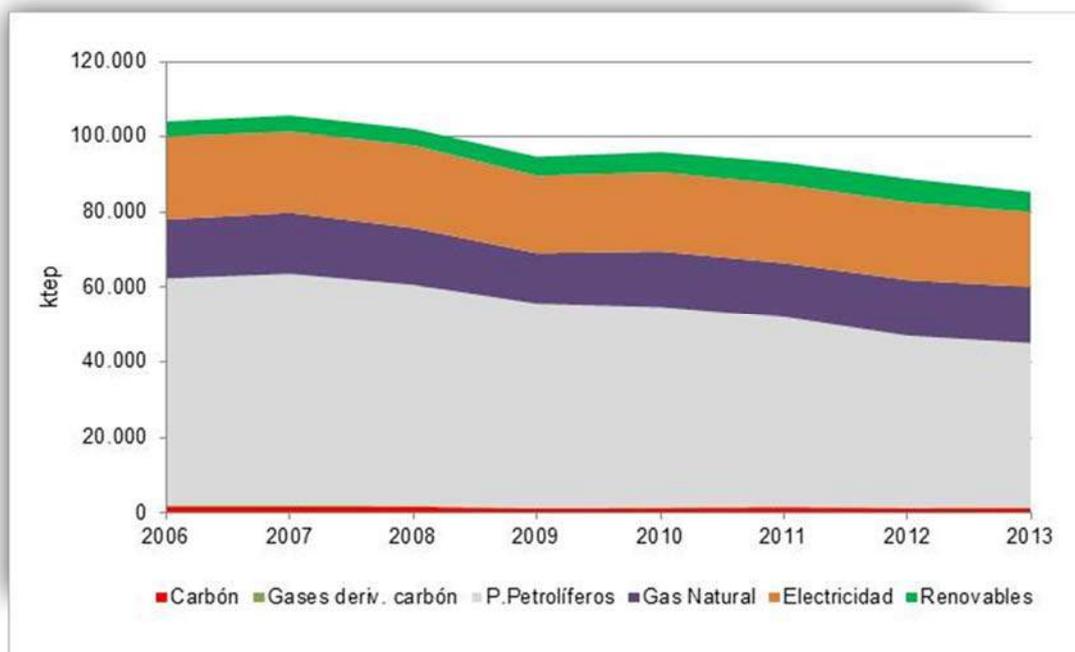


Gráfico 9: Consumo de energía final por fuentes en España (ktep).
Fuente: MINETUR (SEE).

En lo que se refiere al consumo de energía en el año 2020, el *Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011-2020*, en el contexto del Escenario de referencia, prevé un incremento del 20% en el consumo de energía primaria respecto al nivel del 2010, lo que implica un crecimiento medio anual de la demanda a una tasa cercana al 2%. Diferenciado según fuentes energéticas, destaca la evolución de las energías renovables, cuya demanda llega a duplicarse en el horizonte del 2020. A continuación, le sigue el gas natural, con un incremento acumulado del 40% en el periodo 2010-2020. Esta evolución es especialmente significativa en el caso de las energías renovables, cuya contribución a la demanda primaria crecerá desde cerca del 11% en 2010, a prácticamente el 18% en 2020 (25).

El Escenario de referencia asume la hipótesis energética de que hasta 2009 se mantienen las medidas previstas por la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética E4¹² y su Plan de Acción 2008-2012¹³, para, posteriormente, no incorporar ninguna medida de eficiencia energética adicional en el periodo 2010-2020. Las únicas ganancias de eficiencia en este último periodo se corresponden con las medidas adoptadas por la E4 hasta 2009, que continuarán generando ganancias de eficiencia a lo largo de la vida útil de los equipamientos incorporados. El consumo de energía primaria previsto en este escenario alcanza los 156,9 Mtep. El consumo de energía final previsto, para el mismo escenario es de 115,9 Mtep.

En cuanto a la dependencia energética, empleando la metodología Eurostat para medir dicho indicador, se observa una mejora desde 2008, el 82%, situándose en el 73,20% en 2012 (26).

¹¹ La rúbrica "Gases derivados del carbón" sólo se desglosa de la del "Carbón" desde 2006.

¹² La Estrategia de ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) 2004-2012, aprobado por el Gobierno el 28.11.2003, definió sobre un escenario al horizonte de dicha Estrategia, los potenciales de ahorro y las medidas a llevar a cabo al objeto de mejorar la intensidad energética de nuestra economía e inducir un cambio de convergencia hacia los compromisos internacionales en materia de medio ambiente.

¹³ Un nuevo Plan de Acción, para el periodo 2008-2012, continuación en el tiempo del anterior completa el horizonte de aquella Estrategia.

1.3.3.4 EN GALICIA

Galicia tiene una gran transformación de energía primaria en energía disponible para el consumo final. Galicia transforma cerca del 10% de la energía primaria del Estado y una parte importante de la energía final generada a partir de recursos primarios autóctonos e importados, se exporta a otras regiones o países. Por todo esto, las perspectivas de evolución de la demanda de energía primaria dependerán de la variación de la demanda de energía final prevista para Galicia, así como de las variaciones previstas en el resto del Estado y en otros países, ya que es a donde se dirige el 35% de la energía transformada en esta Comunidad (27).

La Energía Primaria Total, en Galicia, es el resultado de añadir a la energía primaria gallega el saldo de la importada del resto del Estado o de otros países, así como las variaciones en los stocks de los productos considerados (28).

En Galicia la intensidad energética primaria es mayor que en España debido a que esta Comunidad Autónoma tiene muchos centros transformadores de energía por lo que la energía primaria (energía a transformar) es elevada (ver ilustración 6, al final de este apartado).

Según el *Balance Energético de Galicia 2012* (28), en Galicia, de una energía primaria total de 12.663 ktep, un 83,6 % (10.587 ktep) corresponde a la energía importada (crudo de petróleo, petróleo, carbón, gas natural y biocombustibles) y el 16,4 % restante (2.076 ktep), a los productos energéticos locales (energía hidroeléctrica, eólica, biomasa, residuos de biomasa, biogás, bioetanol, biodiesel, RSU¹⁴, residuos Marpol¹⁵, aceites reciclados de vehículos y embarcaciones, basura, grasas animales y los procesos energéticos de los residuos). En la tabla 6 se reflejan los consumos de energía primaria en Galicia desglosados por fuentes energéticas. El mayor valor de la serie 2000-2012 corresponde al año 2007 con un consumo de energía primaria de 13.842 ktep.

Tabla 6: Consumo de energía primaria en Galicia¹⁶ (ktep).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Crudo de petróleo	5.568	5.093	5.376	5.656	5.067	5.404	5.040	5.222	4.892	4.035	4.615	3.684	4.123
Productos petrolíferos	1.889	2.042	2.093	1.999	2.128	2.309	2.222	2.499	2.383	2.350	2.306	2.218	1.884
Carbón galego	1.572	1.638	1.712	1.610	1.556	1.450	1.366	1.351	42	0	0	0	0
Carbón de importación	1.808	1.761	2.020	1.813	2.109	1.735	1.709	1.960	1.755	1.634	1.324	1.904	2.877
Gas natural	203	292	363	468	500	541	567	987	1.889	1.456	1.678	1.890	1.547
Gran Hidráulica	761	776	421	685	483	304	608	536	426	578	841	502	365
Mini Hidráulica	39	42	43	51	47	40	70	53	59	80	95	63	54
Viento	117	181	253	299	370	491	533	585	603	681	729	642	705
Biomasa y residuos de biomasa	422	446	407	434	451	437	443	452	443	441	724	798	801
Biogás	1	1	2	5	10	7	5	4	4	5	6	7	5
Biocombustibles	0	0	4	54	70	89	85	80	81	133	147	152	235
RSU	0	34	69	85	83	84	82	91	82	85	81	38	46
Otros residuos	17	17	26	32	34	36	30	21	23	20	17	17	17
Sol	0	0	0	0	1	1	1	1	2	3	3	4	4
Total	12.397	12.323	12.789	13.191	12.909	12.928	12.761	13.842	12.684	11.501	12.566	11.919	12.663

Fuente: Elaboración propia a partir de "Generación e importación de la Energía Primaria", Instituto Energético de Galicia (INEGA).

El consumo de energía primaria se incrementó en el año 2012 un 6,24% respecto al año anterior a pesar de que la energía primaria autóctona bajo un 5,43%; ello fue debido a que la energía primaria importada aumentó un 8,87%. El año de mayor consumo de energía primaria en la serie 2000-2012 fue el año 2007, con un total de 13.842 ktep.

La importación de crudo de petróleo disminuyó en el año 2012 un 25,95% respecto al año 2000.

El año 2008 fue el último que incluyó el carbón por el cierre de las minas de Galicia debido a la legislación ambiental. La importación de gas natural se incrementó un 662,07% en el año 2012 respecto al año 2000.

¹⁴ RSU: Residuos Sólidos Urbanos.

¹⁵ Se denominan "residuos MARPOL" a los residuos generados durante el servicio de los buques, así como en sus operaciones de mantenimiento y limpieza, incluidas las aguas residuales y los residuos distintos de los del cargamento.

¹⁶ Según el INEGA, se denomina crudo de petróleo, al petróleo que proviene de los países productores, para la elaboración de productos petrolíferos en la refinería de A Coruña. Los productos petrolíferos son los combustibles ya elaborados o semielaborados que se transforman en las diversas factorías.

En lo que respecta a la energía proveniente del agua, la Gran hidráulica¹⁷ disminuyó un 52,04% en el año 2012 respecto al año 2000, la Mini hidráulica aumentó un 38,46% en el mismo período de comparación. Una menor pluviosidad en los años 2012 y 2011 supuso una disminución de energía primaria hidráulica con respecto al año 2010.

Aunque la potencia eólica instalada en los parques eólicos se incrementó ligeramente, un 0,80%, el recurso eólico aumentó en el año 2012 un 9,80% respecto al 2011.

Galicia tiene una gran dependencia energética en lo que se refiere al consumo de energía primaria, aunque como veremos más adelante exporta una gran cantidad de energía final.

Tabla 7: Consumo de energía primaria autóctona y de importación en Galicia (ktep).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Energía primaria autóctona													
Carbón gallego	1.572	1.638	1.712	1.610	1.556	1.450	1.366	1.351	42	0	0	0	0
Gran Hidráulica	761	776	421	685	483	304	608	536	426	578	841	502	365
Mini Hidráulica	39	42	43	51	47	40	70	53	59	80	95	63	54
Viento	117	181	253	299	370	491	533	585	603	681	729	642	705
Biomasa y residuos de biomasa	422	446	407	434	451	437	443	452	443	441	724	798	801
Biogás	1	1	2	5	10	7	5	4	4	5	6	7	5
Biocombustibles			4	54	69	88	83	76	74	117	125	124	79
RSU	0	34	69	85	83	84	82	91	82	85	81	38	46
Otros residuos	17	17	26	32	34	36	30	21	23	20	17	17	17
Sol	0	0	0	0	1	1	1	1	2	3	3	4	4
Energía primaria importación													
Crudo de petróleo	5.568	5.093	5.376	5.656	5.067	5.404	5.040	5.222	4.892	4.035	4.615	3.684	4.123
Productos petrolíferos	1.889	2.042	2.093	1.999	2.128	2.309	2.222	2.499	2.383	2.350	2.306	2.218	1.884
Carbón de importación	1.808	1.761	2.020	1.813	2.109	1.735	1.709	1.960	1.755	1.634	1.324	1.904	2.877
Gas natural	203	292	363	468	500	541	567	987	1.889	1.456	1.678	1.890	1.547
Biocombustibles	0	0	0	0	0	1	1	5	8	15	22	28	156
Total energía primaria autóctona	2.929	3.135	2.937	3.255	3.104	2.938	3.221	3.170	1.758	2.010	2.621	2.195	2.076
Total energía primaria importación	9.468	9.188	9.852	9.936	9.804	9.990	9.539	10.673	10.927	9.490	9.945	9.724	10.587
Total energía primaria en Galicia	12.397	12.323	12.789	13.191	12.908	12.928	12.760	13.843	12.685	11.500	12.566	11.919	12.663

Fuente: Elaboración propia a partir de la publicación "Generación e importación de la Energía Primaria" del INEGA.

Como podemos observar en el gráfico 10, la dependencia energética de Galicia, en lo que se refiere a la energía primaria, es superior al 70% en toda la serie 2000-2012.



Gráfico 10: Porcentajes de energía primaria autóctona y de importación en Galicia.

Fuente: Elaboración propia a partir de la publicación "Generación e importación de la Energía Primaria" del INEGA.

¹⁷ Se denomina Gran hidráulica a la energía producida en centrales con una potencia superior a 10 MW y Mini hidráulica a la producida en centrales con potencia inferior o igual a 10 MW.

La energía primaria en Galicia depende en su mayor parte de fuentes energéticas no renovables como son los productos petrolíferos, el carbón y el gas natural, tal y como se observa en el gráfico 11.

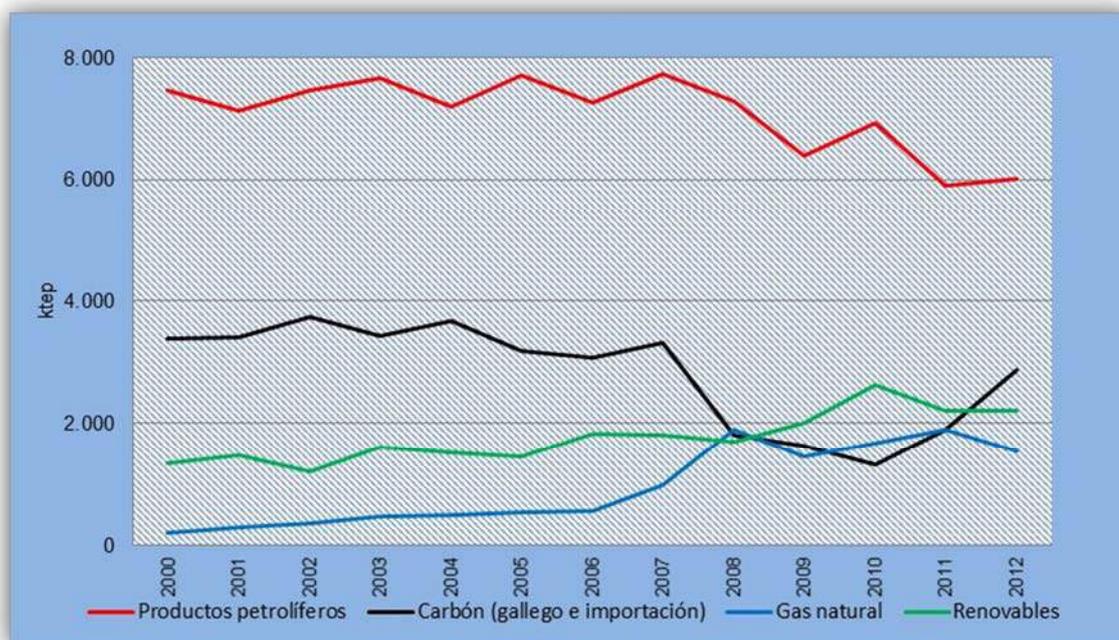


Gráfico 11: Fuentes de energía primaria Galicia (ktep).

Fuente: Elaboración propia a partir de la publicación "Generación e importación de la Energía Primaria" del INEGA.

El porcentaje de energía primaria procedente de fuentes no renovables en el año 2002 fue del 90,42%, el mayor de la serie 2000-2012. La menor contribución de estas fuentes se produjo en el año 2010 con un porcentaje de contribución del 78,97%; véase la tabla 8.

Tabla 8: Porcentajes de contribución por fuentes a la energía primaria en Galicia.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Carbón	27,26%	27,58%	29,18%	25,95%	28,39%	24,64%	24,10%	23,92%	14,17%	14,21%	10,54%	15,97%	22,72%
Gas natural	1,64%	2,37%	2,84%	3,55%	3,87%	4,18%	4,44%	7,13%	14,89%	12,66%	13,35%	15,86%	12,22%
Petróleo	60,15%	57,90%	58,40%	58,03%	55,74%	59,66%	56,91%	55,78%	57,36%	55,52%	55,08%	49,52%	47,44%
Renovables	10,81%	12,01%	9,38%	12,23%	11,74%	11,24%	14,32%	13,02%	13,40%	17,44%	20,90%	18,51%	17,49%

Fuente: Elaboración propia a partir de la publicación "Generación e importación de la Energía Primaria" del INEGA.

Una gran parte de la transformación de la energía primaria de Galicia se realiza en la refinería de Repsol en A Coruña, como se refleja en la tabla 9, que importa grandes cantidades de crudo de petróleo. En el año 2000 las entradas de crudo y productos petrolíferos en la refinería supusieron el 53,58% del consumo de energía primaria en Galicia.

Tabla 9: Transformaciones en la refinería de A Coruña (ktep).

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Entradas									
Crudo importación	5.568	5.405	5.040	5.222	4.892	4.035	4.615	3.684	4.123
Productos petrolíferos	1.074	988	1.599	1.261	1.151	1.127	1.046	1.009	868
Biocombustibles	0	12	11	40	64	15	12	10	8
Salidas									
Producto petrolíferos obtenidos	5.211	5.286	5.223	5.236	4.860	4.539	4.622	4.339	4.616
Energías residuales	384	396	380	362	361	298	285	222	200
Perdidas	1.047	711	1.036	885	822	325	754	132	175
Biocombustibles	0	12	11	40	64	15	12	10	8
Total entradas	6.642	6.405	6.650	6.523	6.107	5.177	5.673	4.703	4.999
Total salidas sin pérdidas	5.595	5.694	5.614	5.638	5.285	4.852	4.919	4.571	4.824

Fuente: Elaboración propia a partir de las publicaciones "Balances Energéticos de Galicia" del INEGA.

La generación de energía primaria en Galicia a partir de fuentes renovables en el año 2000 fue de 1.340 ktep, un 10,81% del total de la energía primaria; la mayor aportación fue en el año 2010 con 2.626 ktep, un 20,90% de la energía primaria total. El porcentaje de incremento entre ambos años fue del 193,35%.

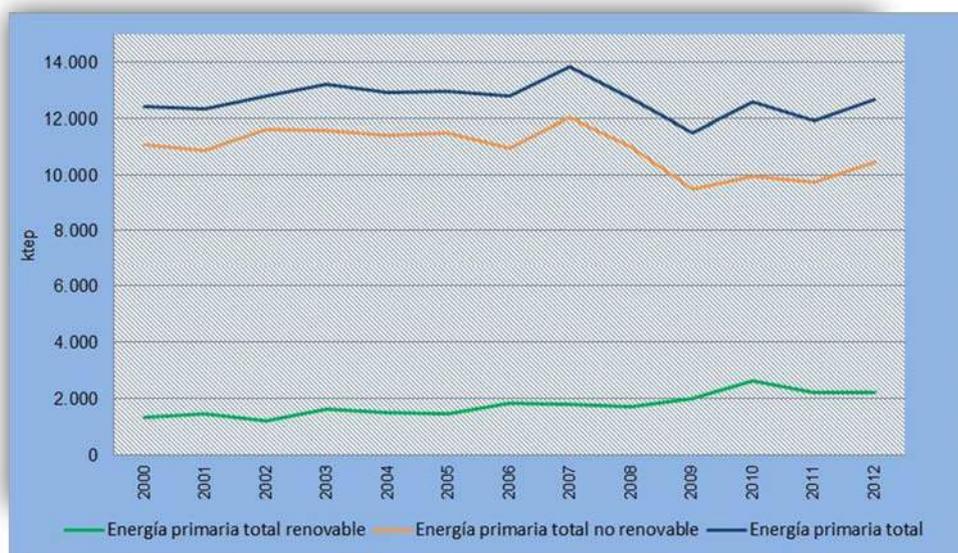


Gráfico 12: Energía primaria renovable y no renovable en Galicia.

Fuente: Elaboración propia a partir de la publicación "Generación e importación de la Energía Primaria". INEGA.

Parte de la energía final disponible en Galicia se dedica al consumo en la propia Comunidad Autónoma y el resto a la exportación. En el año 2008 el consumo de energía final en la Comunidad supuso el 67,05% de la energía final disponible; el resto, es decir el 32,95% se dedicó a la exportación; véase la tabla 10.

Tabla 10: Consumo de energía final total en Galicia¹⁸ (ktep).

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Galicia									
Electricidad	1.292	1.722	1.800	1.871	1.850	1.769	1.810	1.788	1.777
Calor cogeneración	1.533	1.899	0	353	326	319	302	305	326
Combustibles uso térmico	0	0	1.909	1.985	2.125	1.701	2.050	1.936	1.948
Combustibles transporte	0	0	0	0	0	0	0	0	2.510
Biocombustibles	0	8	4	53	52	68	105	128	0
Productos petrolíferos	2.097	2.593	2.626	2.637	2.626	2.481	2.644	2.519	0
Exportación									
Electricidad	970	910	1.017	978	909	902	896	769	999
Gas natural	0	0	0	382	348	310	510	859	528
Biocombustibles	0	78	79	53	89	65	42	24	66
Productos petrolíferos	1.536	2.406	2.426	2.411	2.084	2.124	1.980	1.879	2.225
Consumo energía final en Galicia	4.922	6.222	6.339	6.899	6.979	6.338	6.911	6.676	6.561
Consumo energía final exportación	2.506	3.394	3.522	3.824	3.430	3.401	3.428	3.531	3.818
Total energía final en Galicia	7.428	9.616	9.861	10.723	10.409	9.739	10.339	10.207	10.379

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los balances energéticos anuales del INEGA.

En lo que se refiere al balance energético entre la generación de energía primaria autóctona y en consumo de energía final en la Comunidad de Galicia es deficitario. Este déficit de incrementa a partir del año 2008 en que se deja de consumir carbón gallego por el cierre de las minas de Galicia, As Pontes y Meirama, debido a la legislación ambiental.

El consumo de energía final en la Comunidad Autónoma entre el año 2000 y el año 2012 se incrementó en un 33%; desde las 4.922 ktep en el año 2000, hasta las 6.561 ktep en el año 2012. La tendencia en el

¹⁸ En Balance Energético de Galicia 2012, del INEGA, el consumo de biocombustibles en Galicia forma parte del consumo de los combustibles para el transporte.

consumo de energía final fue ascendente hasta el año 2008, decreció en el 2009, aumentó en el 2010. La tendencia en los años 2011 y 2012 fue a la baja. Véase gráfico 13.

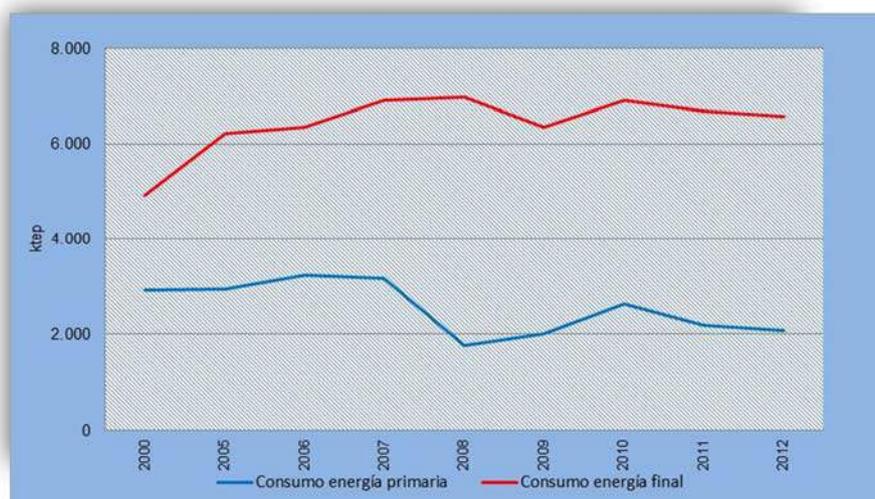


Gráfico 13: Consumos de energía primaria y final en Galicia.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los balances energéticos anuales del INEGA.

Como se observa en la tabla 11, hasta el año 2008, la principal fuente de energía primaria autóctona era el carbón procedente de las minas gallegas, As Pontes y Meirama. En el año 2012 las principales fuentes proceden de energías renovables como son la Gran Hidráulica, la eólica, y la biomasa y sus residuos.

Tabla 11: Consumos de energía primaria y final en por fuentes en Galicia (ktep).

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Energía primaria									
Carbón gallego	1.572	1.450	1.366	1.351	42	0	0	0	0
Gran Hidráulica	761	304	608	536	426	578	841	502	365
Mini Hidráulica	39	40	70	53	59	80	95	63	54
Viento	117	491	533	585	603	681	729	642	705
Biomasa y residuos de biomasa	422	437	443	452	443	441	724	798	801
Biogás	1	7	5	4	4	5	6	7	5
Biocombustibles	0	88	83	76	74	117	125	124	79
RSU	0	84	82	91	82	85	81	38	46
Otros residuos	17	36	30	21	23	20	17	17	17
Sol	0	1	1	1	2	3	3	4	4
Energía final									
Electricidad	1.292	1.722	1.800	1.871	1.850	1.769	1.810	1.788	1.777
Calor cogeneración	1.533	1.899	0	353	326	319	302	305	326
Combustibles uso térmico	0	0	1.909	1.985	2.125	1.701	2.050	1.936	1.948
Combustibles transporte	0	0	0	0	0	0	0	0	2.510
Biocombustibles	0	8	4	53	52	68	105	128	0
Productos petrolíferos	2.097	2.593	2.626	2.637	2.626	2.481	2.644	2.519	0
Total energía primaria	2.929	2.938	3.221	3.170	1.758	2.010	2.621	2.195	2.076
Total energía final	4.922	6.222	6.339	6.899	6.979	6.338	6.911	6.676	6.561

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los balances energéticos anuales del INEGA

Como conclusión de lo expuesto anteriormente podemos decir que Galicia es una gran transformadora de energía. Que sus fuentes de energía primaria proceden de importación. En la ilustración 6 podemos observar el diagrama de flujos energéticos de Galicia en el año 2012.

3. DIAGRAMA DE FLUXOS ENERGÉTICOS 2012 (ktep)

ENERXÍA PRIMARIA

IMPORTACIÓN		η (1)	
PETROLEO	Cru de petróleo	4.123	96%
	Prod. Petrolíferos	1.884	37%
CARBÓN		2.877	83%
GAS NATURAL (2)		1.547	100%
BIOCOMBUSTIBLES		156	100%
TOTAL		10.587	78%

GALEGA	
CARBÓN	0
AUGA (3)	365
	54
BIOMASA (4)	801
BIOGAS	5
BIOCOMBUSTIBLES	79
RSU	46
OUTROS RESIDUOS	17
VENTO (3)	705
SOL	4
TOTAL	2.076

SUMA TOTAL	12.663
-------------------	---------------

PERDAS

2.349	168	2.517
-------	-----	--------------

DISPONIBLE

234	Importación electricidad	2.542	Electricidade xerada
95	Electr. con prod. petrolíferos	2.776	Electricidade dipoñible
1.053	Electr. con carbón	71	Calor cox. con prod. petrolíferos
223	Electr. con gas natural	124	Calor cox. con gas natural
360	Electr. grande hidráulica	111	Calor cox. con biomasa
53	Electr. minihidráulica	20	Calor cox. con residuos
693	Electr. eólica	326	Calor coxeración
36	Electr. con biomasa	942	Gas natural
2	Electr. con biogás	3.294	Gasóleo
14	Electr. con RSU	594	Fuelóleo
12	Electr. con outros residuos	844	Gasolinhas
1	Electr. solar	49	Querosenos
		290	GLP
		316	Coque
		0	Carbón
		235	Biocombustibles
		541	Biomasa
		3	Solar térmica
		170	Residuos
		7.278	Combustibles disponibles
		10.380	TOTAL

CONSUMO

1.777	Electricidade (6)	999	Electricidade
326	Calor coxeración	528	Gas natural
1.948	Comb. uso térmico	66	Biocombustibles
2.510	Comb. transporte (6)	2.225	Prod. petrolíferos
6.561	TOTAL	3.818	TOTAL

EXPORTACIÓN

234 electr. import.	
---------------------	--

NOTA: Na 1ª transformación do cru de petróleo xéranse unhas enerxías residuais que se convirten en electricidade e calor na 2ª transformación (1) η é o rendemento global da transformación da enerxía primaria en electricidade, calor de coxeración e produtos petrolíferos (2) Para o gas natural tómanse como referencia o poder calorífico superior (PCS)

(3) A enerxía primaria da auga e do vento considérase como a electricidade xerada sen descontar os autoconsumos da central

(4) Biomasa e residuos da biomasa

(5) Trácese do consumo bruto de electricidade, entendendo como tal a produción de electricidade, incluída a autoprodución, máis as importacións e menos as exportacións

(6) Trácese do consumo de produtos petrolíferos, gas natural e biocombustibles para transporte, pesca, agricultura, minas e construción

Ilustración 6: Diagrama de fluxos energéticos en Galicia en el año 2102. Fuente: INEGA.

1.3.4 CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTORES

El balance de energía permite ver la importancia de los distintos combustibles en su contribución a la economía. El balance de energía es también el punto de partida para la construcción de diversos indicadores, así como análisis de la eficiencia energética (29).

1.3.4.1 EN LA UNIÓN EUROPEA

De acuerdo a los datos publicados por Eurostat referidos al consumo de energía final por sectores en 2013, el del sector Residencial supone 295.763 kilotoneladas de petróleo equivalente (ktoe) de un total de 1.104.585 ktoe; lo que equivale a un 27% del mismo; véase la tabla 12.

El consumo de energía final en el sector Residencial en la Unión Europea es superior al del sector Industrial y ligeramente inferior al del Transporte.

El sector Residencial es un gran consumidor de energía, quizá sea este el motivo por el que la UE dicte sucesivas Directivas tendentes a aumentar la eficiencia energética en los edificios y tratar de reducir así el consumo de energía en el sector.

Tabla 12: Consumos de energía final por sectores EU28 en 2013.

2013	EU28		ktoe
	Final energy consumption		1.104.585
+	Industry		276.989
	+	Iron & steel industry	50.815
	+	Chemical and Petrochemical industry	51.458
	+	Non-ferrous metal industry	9.381
	+	Non-metallic Minerals (Glass, pottery & building mat. Industry)	34.249
	+	Transport Equipment	8.452
	+	Machinery	19.292
	+	Mining and Quarrying	3.165
	+	Food and Tabasco	28.349
	+	Paper, Pulp and Print	34.263
	+	Wood and Wood Products	7.627
	+	Construction	6.859
	+	Textile and Leather	4.537
	+	Non-specified (Industry)	18.543
+	Transport		348.370
	+	Rail	6.809
	+	Road	284.983
	+	International aviation	43.755
	+	Domestic aviation	5.234
	+	Domestic Navigation	4.581
	+	Pipeline transport	1.751
	+	Non-specified (Transport)	1.257
+	Other Sectors		479.226
	+	Services	153.452
	+	Residential	295.763
	+	Agriculture / Forestry	23.434
	+	Fishing	1.134
	+	Non-specified (Other)	5.443

Fuente: Elaboración propia a partir de "Energy Balances" de Eurostat.

En lo que se refiere al tipo de energía final que consume cada sector, podemos observar, en la tabla 13, que el sector Industrial consume principalmente gas y electricidad; el del Transporte, casi exclusivamente, petróleo. En cuanto a los Otros Sectores¹⁹, en el que se excluye el Residencial, consume principalmente petróleo, gas y electricidad; El sector Residencial es consumidor de petróleo, gas y electricidad.

Tabla 13: Consumos de energía final por sectores y fuentes EU28 en 2013 (ktoe).

Sector	Solid fuels	Oil (total)	Gas	Renewables	Wastes (non ren.)	Nuclear heat	Derived heat	Electricity	Total
Industry	35.061	27.336	90.693	20.031	2.738	0	14.874	86.256	276.989
Transport	9	326.757	3.124	13.136	0	0	0	5.345	348.370
Other Sectors	2.400	32.445	55.435	5.831	206	0	10.686	76.461	183.463
Residential	10.168	38.492	110.501	43.179	6	0	22.425	70.992	295.763
Total	47.637	425.031	259.752	82.177	2.950	0	47.985	239.053	1.104.585

Fuente: Elaboración propia a partir de "Energy Balances" de Eurostat.

La preponderancia de los combustibles fósiles es casi total en el consumo de energía final del sector del Transporte, suponen en 93,80% del mismo. Véase el gráfico 14.

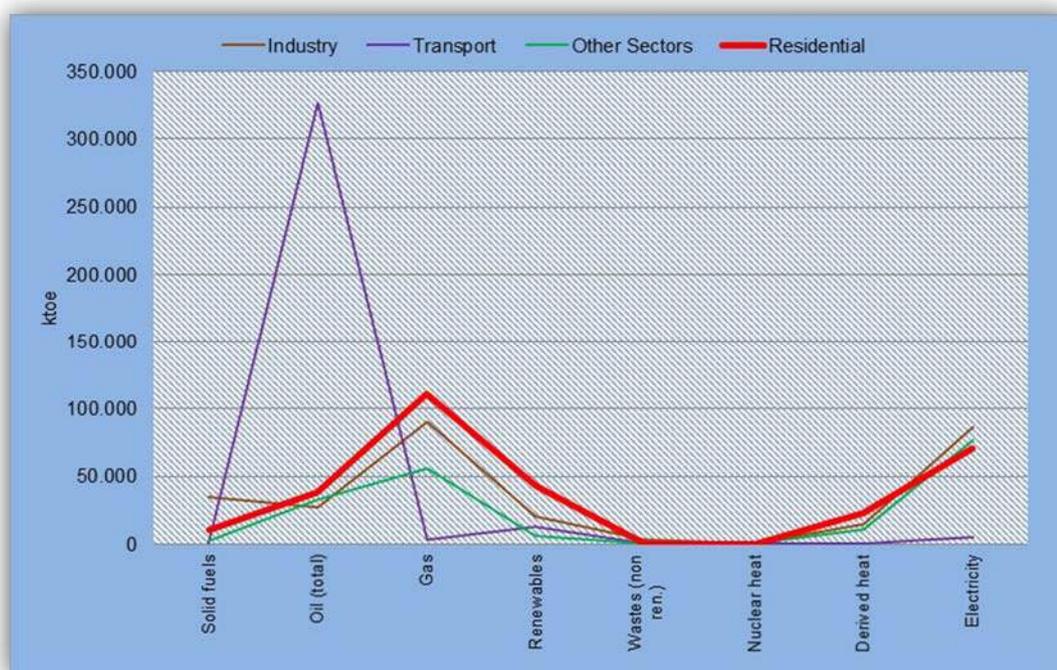


Gráfico 14: Consumos de energía final por sector y fuente UE28 [ktoe].
Fuente: Elaboración propia a partir de "Energy Balances" de Eurostat.

1.3.4.2 EN ESPAÑA

De acuerdo a los datos publicados por Eurostat referidos al consumo de energía final por sectores en 2013, el del sector Residencial supone 15.011 ktoe de un total de 87.138 ktoe; lo que equivale a un 18,50% del total; véase la tabla 14.

El consumo de energía final en el sector Residencial supone el 53% del consumo de energía final con respecto al sector de Otros Servicios. Y es equivalente al 72% del consumo del sector del Transporte

¹⁹ En los consumos de "Otros Sectores" se han deducido los del sector Residencial.

Tabla 14: Consumos de energía final por sectores en España en 2013.

2013	SPAIN	ktoe	Total all products
Final energy consumption			81.137,60
+	Industry		20.975,47
	+	Iron & steel industry	3.201,71
	+	Chemical and Petrochemical industry	4.013,16
	+	Non-ferrous metal industry	1.097,09
	+	Non-metallic Minerals (Glass, pottery & building mat. Industry)	3.382,46
	+	Transport Equipment	383,92
	+	Machinery	863,33
	+	Mining and Quarrying	420,94
	+	Food and Tabasco	2.171,87
	+	Paper, Pulp and Print	2.051,95
	+	Wood and Wood Products	506,93
	+	Construction	1.251,86
	+	Textile and Leather	345,47
	+	Non-specified (Industry)	1.284,80
+	Transport		31.958,92
	+	Rail	481,51
	+	Road	25.360,11
	+	International aviation	3.588,47
	+	Domestic aviation	1.556,08
	+	Domestic Navigation	504,49
	+	Pipeline transport	0,00
	+	Non-specified (Transport)	468,28
+	Other Sectors		28.203,19
	+	Services	9.563,92
	+	Residential	15.011,30
	+	Agriculture / Forestry	2.692,34
	+	Fishing	102,58
	+	Non-specified (Other)	833,05
Statistical differences			-1.520,02

Fuente: Elaboración propia a partir de "Energy Balances" de Eurostat.

En lo que se refiere al tipo de energía final que consume cada sector, podemos observar, en la tabla 15, que el sector Industrial consume principalmente gas y electricidad; el del Transporte, casi exclusivamente, petróleo. En cuanto al sector Otros Sectores²⁰, en el que se incluye el Residencial, consume principalmente electricidad, además de petróleo, gas. En el sector Residencial el consumo de energía final se reparte entre electricidad (41%), petróleo (18%), gas (21%) y energías renovables (18%).

Tabla 15: Consumos de energía final por sectores y fuentes en España en 2013 (ktoe).

Sector	Solid fuels	Oil (total)	Gas	Total Renewables	Wastes (non ren.)	Nuclear heat	Derived heat	Electricity	Total
Industry	1.419,91	2.815,63	9.265,00	1.457,00	0,00	0,00	0,00	6.017,00	20.974,55
Transport	0,00	30.586,00	120,00	883,00	0,00	0,00	0,00	370,00	31.959,00
Other Sectors	42,00	3.175,00	2.438,00	210,00	0,00	0,00	0,00	7.327,00	13.192,00
Residential	95,00	2.761,00	3.194,00	2.727,00	0,00	0,00	0,00	6.235,00	15.012,00
Total	1.556,91	39.337,63	15.017,00	5.277,00	0,00	0,00	0,00	19.949,00	81.137,55

Fuente: Elaboración propia a partir de "Energy Balances" de Eurostat.

²⁰ En los consumos de "Otros Sectores" se han deducido los del sector Residencial.

En el gráfico 15 se refleja la preponderancia de los combustibles fósiles en el consumo de energía final del sector del Transporte, suponen en 95,70% del mismo. En lo que se refiere al sector Residencial está repartido, como hemos señalado anteriormente, en cuatro tipos de fuentes energéticas, principalmente, petróleo, gas, energías renovables y electricidad.

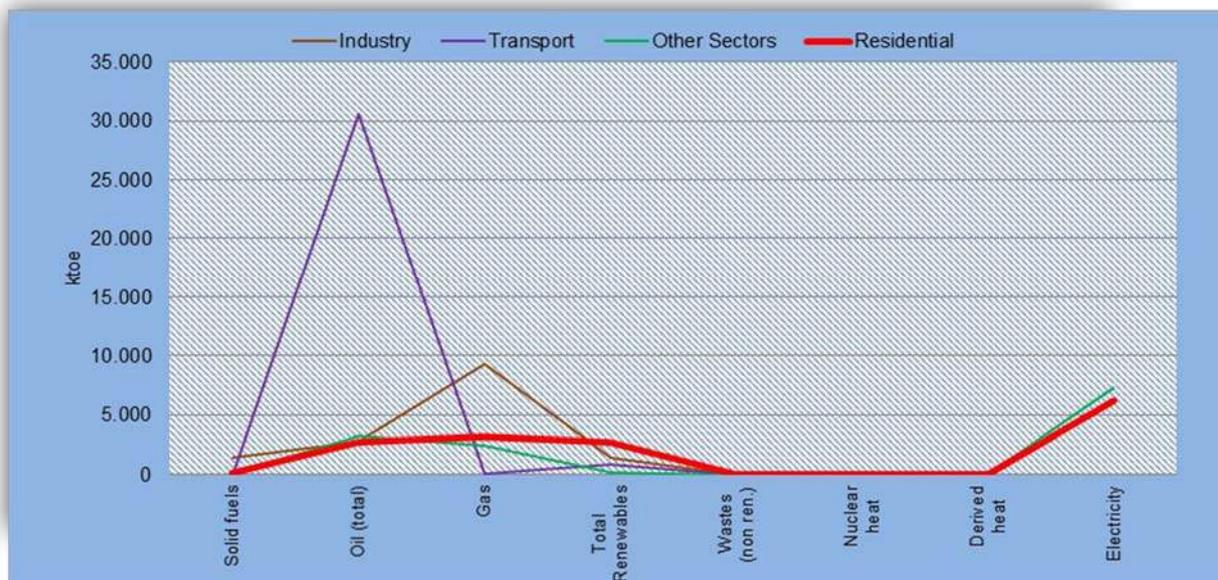


Gráfico 15: Consumos de energía final por sector y fuente en España.
Fuente: Elaboración propia a partir de "Energy Balances" de Eurostat.

1.3.4.3 EN GALICIA

De acuerdo a la información facilitada por el INEGA²¹ en Galicia no se realizan estadísticas sobre el consumo de energía final por sectores y fuentes de energía. El MINETUR si publica estadísticas (30) sobre el consumo de gas y electricidad por sectores de actividad²².

Los consumos de gas por sectores de actividad en Galicia son los que se reflejan en la tabla 16. Los hemos agrupado al igual que el consumo de electricidad en Galicia publicado por el INEGA (31) con los datos del MINETUR.

Tabla 16: Consumos de gas por sectores en Galicia año 2012 (millones kcal²³).

SECTORES	TOTAL
PESCA, AGRICULTURA Y MINAS	211.563
INDUSTRIAL	7.321.399
CONSTRUCCIÓN	480.718
TRANSPORTE	65
SERVICIOS	906.642
DOMESTICO	1.220.251
TOTAL	10.140.638

Fuente: Elaboración propia a partir de MINETUR

²¹ Consulta telefónica el 7 de abril de 2015.

²² Los sectores de actividad de los clientes de las empresas comercializadoras están agrupados en 34 grupos.

²³ Un millón de kilocalorías equivale a 0,1 toe.

En el gráfico 16 podemos observar la importancia del consumo de gas en el Sector Industrial de las provincias de A Coruña, Lugo y Pontevedra (sus valores se corresponden con los del eje derecho del gráfico, barras).

En lo que se refiere al Sector Doméstico, los consumos en este sector son muy significativos en las provincias de A Coruña, Lugo y Pontevedra (sus valores se corresponden con los del eje izquierdo del gráfico, líneas).

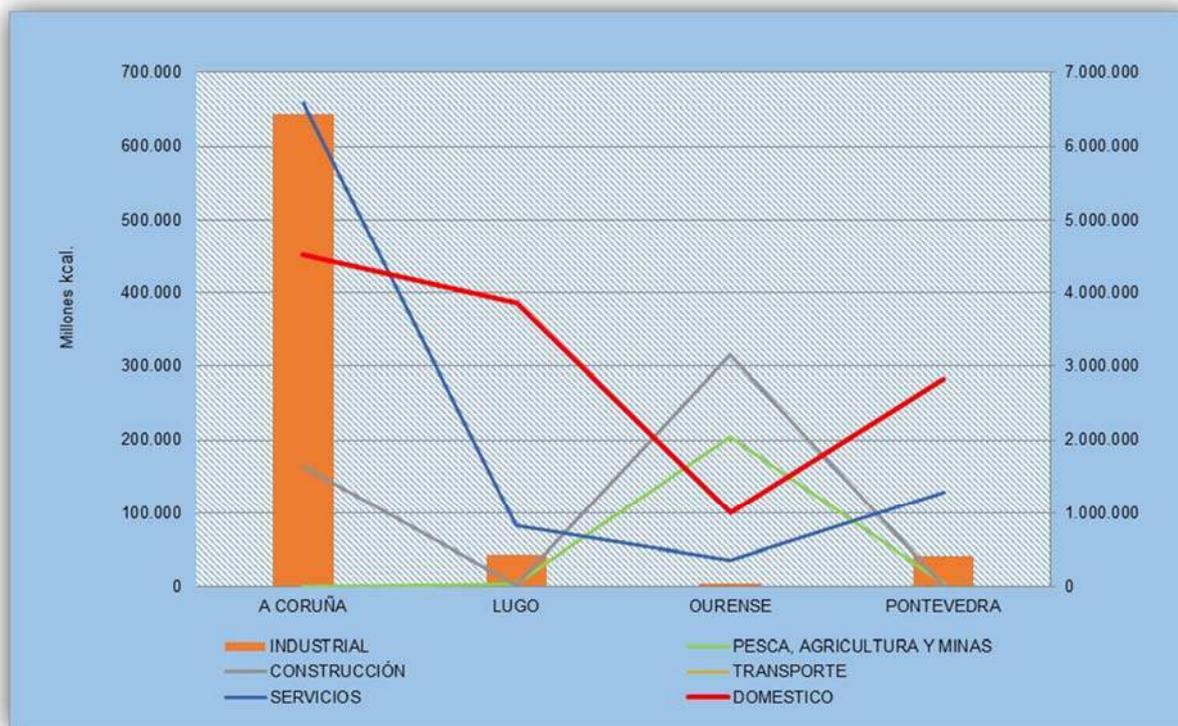


Gráfico 16: Consumos de gas por sectores y provincias año 2012 (millones kcal).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MINETUR.

En la tabla 17 se reflejan los datos publicados por el INEGA, relativos a la evolución del consumo de electricidad por sectores y provincias en Galicia desde el año 2007 al año 2010. Podemos observar que el pico de consumo eléctrico se produce en el año 2008 y decrece en los años 2009 y 2010.

El consumo eléctrico del Sector Industrial supone más del 50% del consumo total. En el año 2007 supuso el 58%.

Otros sectores consumidores de electricidad son el sector Servicios y el Doméstico, con porcentajes comprendidos entre el 19% y el 25%.

Tabla 17: Consumos electricidad por sectores en Galicia (MWh)

SECTORES	2007	2008	2009	2010
PESCA, AGRICULTURA Y MINAS	305.503	301.045	239.285	218.021
INDUSTRIAL	11.487.890	11.663.635	10.566.419	9.669.755
CONSTRUCCIÓN	243.433	212.109	191.315	207.240
TRANSPORTE	34.574	67.204	59.612	171.839
SERVICIOS	3.862.268	3.975.101	4.067.822	4.581.807
DOMESTICO	4.028.210	4.188.470	4.193.666	3.767.088
TOTAL	19.961.878	20.407.564	19.318.119	18.615.750

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGA.

En el gráfico 17 se refleja la importancia del consumo de electricidad en el Sector Industrial, en el de Servicios y en el Doméstico (sus valores se corresponden con los del eje derecho del gráfico, barras). Los valores de consumo de los tres sectores restantes se reflejan en eje izquierdo del gráfico (líneas).

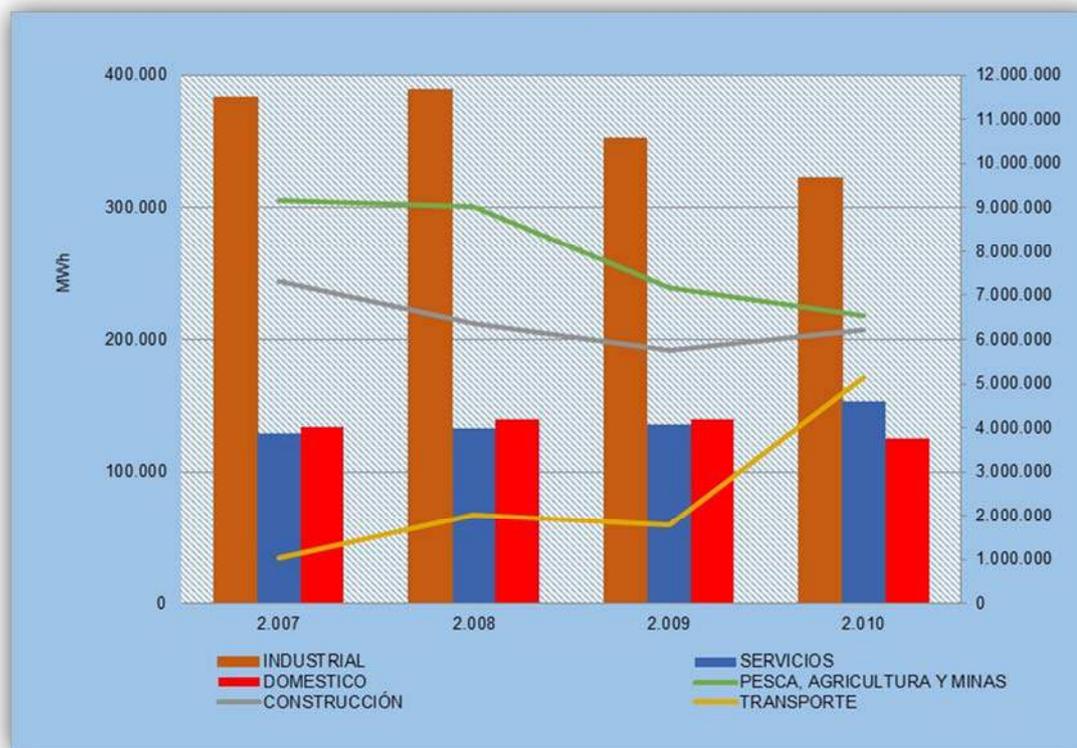


Gráfico 17: Consumos de electricidad por sectores en Galicia (MWh).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGA.

1.4 EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO

El uso de energía en los edificios residenciales y comerciales es responsable del 40 %, aproximadamente, del consumo total de energía final de la UE y del 36 % de las emisiones totales comunitarias de CO₂. El potencial de ahorro rentable de energía para 2020 es importante: puede llegarse a utilizar un 30 % menos de energía en este sector, lo que equivale a una reducción del 11 % en el uso de energía final de la UE. Sin embargo, el uso de energía en este sector sigue aumentando (32).

Ante esta perspectiva, los distintos países y organismos han decidido actuar. La UE, consciente de la creciente dependencia de las importaciones energéticas y de la escasez de recursos energéticos, así como de la necesidad de limitar el cambio climático, entiende que la eficiencia energética es un medio importante para superar estos retos.

La Directiva 2010/31/UE (2) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición), establece que a más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean EECN (nearly Zero Energy Building, nZEB, en inglés), y que después del 31 de diciembre de 2018, los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas cumplan la misma condición. Éstos se definen como edificios con un nivel de eficiencia energética muy alto. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida deberá estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía procedente de fuentes renovables producida *in situ* o en el entorno.

Según la publicación *Overview of Member States information on NZEBs* (33), la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios (en lo sucesivo EPBD) es el principal instrumento legislativo a escala de la UE para mejorar la eficiencia energética de los edificios europeos. El elemento clave de la EPBD, especialmente para el logro de estos objetivos a largo plazo, son sus requisitos con respecto a los edificios de energía casi nula.

En lo que respecta a España, en correspondencia a la citada Directiva, se actualizó el Documento Básico DB HE «Ahorro de Energía», (DB-HE 2006) del Código Técnico de la Edificación (CTE), mediante la Orden FOM/1635/2013 (34).

El documento actualizado, DB-HE 2013, constituye la primera fase de aproximación hacia ese objetivo de conseguir “edificios de consumo de energía casi nulo”.

Establece que, en los edificios de uso residencial privado, el consumo energético de energía primaria no renovable se limita en función de la z.c. de invierno a un valor que va desde los 40 kWh/m².año a los 70 kWh/m².año.

En los edificios de otros usos, la exigencia está ligada a la calificación energética para el consumo de energía primaria no renovable, cuya eficiencia ha de ser igual o superior a la clase B, según el procedimiento básico establecido en el Real Decreto (R.D.) 235/2013 (35), de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación energética de los edificios.

El DB-HE 2013 dice que será necesario que antes se establezca una definición de ámbito nacional del concepto “edificio de consumo de energía casi nulo” determinándose el correspondiente nivel de eficiencia energética así como el porcentaje de la energía requerida que deberá estar cubierta por energía procedente de fuentes renovables.

De acuerdo a la publicación *Overview of Member States information on NZEBs* (33), de 8 de octubre de 2014, España y Grecia son los dos únicos países que no han presentado una definición sobre “edificios de consumo de energía casi nulo”.

En la misma publicación se dice que los rangos de los valores numéricos son muy diferentes en los distintos Estados miembros y no son automáticamente comparables. El rango de valores va de objetivos que están más allá de los requisitos nZEB (tales como cero o edificios de energía positiva) hasta 270 kWh/m².año y se dan principalmente en forma de energía primaria a utilizar en kWh/m².año. Los valores más altos se dirigen principalmente a los valores de los hospitales u otros edificios no-residenciales especiales. Para edificios residenciales los consumos máximos de energía primaria oscila entre 33 kWh/m².año y 95 kWh/m².año. La mayoría de los países con metas numéricas apuntan a 45 o 50 kWh/m².año. En cuanto a la cuota de las energías renovables la información es muy diversa, con sólo unos pocos países la definición de un porcentaje mínimo específico y la mayoría hace declaraciones cualitativas (33).

2 LEGISLACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

Como ya hemos dicho anteriormente, los edificios en la UE absorben más del 40% del consumo de energía final, tendiendo en lo sucesivo a aumentar, lo mismo que las emisiones de dióxido de carbono. Ante esta situación los responsables de la UE han insistido en la necesidad de aumentar la eficiencia energética y han promulgado legislación al respecto.

Las Directivas europeas establecen los objetivos que deben lograr los Estados miembros, dejándoles elegir los medios para hacerlo. Para que los principios en ella establecidos surtan efecto para los ciudadanos, el legislador nacional debe adoptar una norma de Derecho interno que conforme el ordenamiento jurídico nacional a los objetivos de la Directiva. La Directiva fija una fecha límite para la transposición al Derecho nacional. La transposición tiene que realizarse dentro del plazo que marca la Directiva.

Hacemos mención a continuación, de una manera no exhaustiva, de la legislación relacionada con el contenido de esta tesis.

2.2 EN LA UNIÓN EUROPEA

La Directiva 2010/31/UE (2), de 19 de mayo de 2010, fomenta la eficiencia energética de los edificios situados en la Unión, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como las exigencias ambientales interiores y la rentabilidad en términos coste-eficacia. Entró en vigor el 9 de julio de 2010.

La Directiva 2012/27/UE (36) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, modifica las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE y deroga las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE; entró en vigor en diciembre de 2012.

Esta Directiva (36) un marco común de medidas para el fomento de la eficiencia energética dentro de la Unión a fin de asegurar la consecución del objetivo principal de eficiencia energética de la Unión de un 20% de ahorro para 2020, y a fin de preparar el camino para mejoras posteriores de eficiencia energética más allá de ese año. Cada Estado miembro fijará un objetivo nacional de eficiencia energética orientativo, basado bien en el consumo de energía primaria o final, bien en el ahorro de energía primaria o final, bien en la intensidad energética.

2.3 EN ESPAÑA

Las exigencias relativas a la certificación energética de edificios establecidas en la Directiva 2002/91/CE (37) se transpusieron en el R.D. 47/2007 (38), mediante el que se aprobó un Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, quedando pendiente de regulación, mediante otra disposición complementaria, la certificación energética de los edificios existentes.

El R.D. 235/2013 (35), de 5 de abril, por el que aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, entró en vigor el 14 de abril de 2013. Deroga al R.D. 47/2007. Transpone parcialmente la Directiva 2010/31/UE (2), en lo relativo a la certificación de eficiencia energética de edificios, refundiendo el R.D. 47/2007, de 19 de enero, con la incorporación del Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes.

La Orden FOM/1635/2013 (34), de 10 de septiembre, actualiza el DB-HE 2006 (39). Entró en vigor el 13 de septiembre de 2013, siendo de obligado cumplimiento, según las disposiciones transitorias segunda y tercera a partir de 13 de marzo de 2014. Mediante esta disposición se transpone parcialmente al ordenamiento jurídico español, la Directiva 2010/31/UE (2).

Esta actualización del DB-HE 2013 (34), y las exigencias que en el mismo se establecen, constituye la primera fase de aproximación hacia ese objetivo de conseguir EECN

El R.D.238/2013 (40), de 5 de abril, modifica determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por R.D. 1027/2007 (41), de 20 de julio. Las modificaciones establecidas tienen la doble finalidad de incorporar a nuestro ordenamiento jurídico las obligaciones derivadas de la mencionada Directiva 2010/31/UE, en lo relativo a las instalaciones térmicas de los edificios, y de actualizar el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, adaptándolo a las nuevas necesidades de ahorro y eficiencia energética.

El MINETUR ha publicado una nota informativa respecto a la modificación del procedimiento para la certificación de la eficiencia energética de edificios²⁴.

El R.D. 56/2016 (42), de 12 de febrero, traspone la Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía.

2.4 EN GALICIA

En lo que a la Comunidad Autónoma de Galicia se refiere, el 29 de septiembre de 2016 se publicó en el Diario Oficial de Galicia el Decreto 128/2016 (43), del 25 de agosto, por el que se regula la certificación energética de edificios en la Comunidad Autónoma de Galicia.

El Decreto 128/2016 (43) regula la certificación energética de los edificios, el control técnico y administrativo de esta certificación, la etiqueta de eficiencia energética y la información a las personas consumidoras y usuarias. Asimismo, regula el Registro de Certificados de Eficiencia Energética de Edificios de la Comunidad Autónoma de Galicia, creado en el Decreto 42/2009 (44), de 21 de enero, incluyendo en su objeto la comunicación de los certificados de eficiencia energética, tanto de los edificios o partes del edificio de nueva construcción como existentes. Este registro será público, ofreciendo información sobre las características energéticas de los edificios cuyos certificados se encuentran registrados.

La entrada en vigor del anterior Decreto (43), motivo la publicación de la Resolución de 10 de octubre de 2016 (45), del Instituto Energético de Galicia, por la que se aprueban los modelos de comunicación para la inscripción de los certificados de eficiencia energética de los edificios en el Registro Gallego de Eficiencia Energética de Edificios (RGEEE).

²⁴ El 14 de diciembre de 2015.

3 ESTADO DEL ARTE

3.1 INTRODUCCIÓN

La principal vía para conocer el Estado del Arte de los edificios existentes, de nueva construcción, o en fase de ejecución que pueden aproximarse a lo que se denominan EECN, son los Registros de Certificación Energética de edificios de cada una de las Comunidades Autónomas.

3.2 REGISTROS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS

El R.D. 47/2007 (38), mediante el que se aprobó un Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, que entró en vigor el 1 de mayo de 2007, establece que el órgano competente de cada comunidad podrá llevar un registro de estas certificaciones en su ámbito.

El R.D. 235/2013 (35), de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, entró en vigor el 14 de abril de 2013 y deroga al R.D. 47/2007. En la disposición transitoria tercera, dice que el órgano competente de cada Comunidad Autónoma en materia de certificación energética de edificios habilitará el registro de certificaciones en su ámbito territorial con el fin de dar cumplimiento a las exigencias de información que establece la Directiva 2010/31/UE (2) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

En la misma disposición también dice que en un plazo de tres meses desde la entrada en vigor, el órgano competente de cada Comunidad Autónoma establecerá un inventario de los certificados registrados desde la entrada en vigor del R.D. 47/2007, y que informará a los Ministerios de Industria, Energía y Turismo y de Fomento, y a partir de esa fecha periódicamente cada seis meses facilitará una estadística de los certificados registrados y de las inspecciones realizadas y sus resultados, dentro de su ámbito territorial.

El R.D. 235/2013 (35) establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de éste puedan comparar y evaluar su eficiencia energética.

En la ilustración 7 se reflejan los modelos de etiqueta de eficiencia energética para edificios existentes, para edificios terminados y edificios en proyecto.



Ilustración 7: Modelos de etiqueta de calificación energética.
Fuente: INEGA.

3.3 ESTADO DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS

De acuerdo al informe (46) del estado de la certificación energética de edificios, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), de enero de 2015, con datos actualizados a 31 de diciembre de 2014, el número de edificios certificados y registrados por Comunidad Autónoma²⁵, es de 1.147.110. Estos datos presentan el acumulado de dichos registros desde su creación, y sólo reflejan los datos relativos a edificios terminados.

Como podemos observar en la tabla 18, en lo que se refiere a edificios nuevos terminados, el número de ellos inscritos en los registros de las distintas comunidades autónomas es de 13.145 edificios, lo que supone algo más del 1% del total de los edificios certificados y registrados; el resto son edificios ya existentes antes de la entrada en vigor de la certificación energética de los edificios.

Teniendo en cuenta que la certificación energética de edificios de nueva construcción, al amparo del R.D 47/2007 (38), es obligatoria desde el 1 de noviembre de 2007 o del 1 de mayo de 2008 en algunos casos, parece que el número de edificios nuevos terminados registrados es escaso, sobre todo si los comparamos con los de la tabla 19, correspondientes a los visados de dirección de Obra Nueva que son 141.458.

Comunidades autónomas como Aragón, Castilla La Mancha y Cantabria tenían en la fecha de la redacción del informe (46) menos de 50 edificios nuevos terminados registrados cada una.

Tabla 18: Número de edificios certificados y registrados por Comunidad Autónoma.

CCAA	Nuevos acabados	% Nuevos acabados	Existentes	% Existentes
ANDALUCÍA	1.040	7,91%	147.204	12,98%
ARAGÓN	33	0,25%	8.863	0,78%
ASTURIAS	52	0,40%	8.474	0,75%
BALEARES	268	2,04%	28.464	2,51%
CANARIAS	150	1,14%	16.900	1,49%
CATALUÑA	2.030	15,44%	332.588	29,33%
CASTILLA Y LEÓN	207	1,57%	42.912	3,78%
CASTILLA LA MANCHA	35	0,27%	24.545	2,16%
EXTREMADURA	3.015	22,94%	1.072	0,09%
GALICIA	150	1,14%	38.413	3,39%
MURCIA	221	1,68%	26.202	2,31%
NAVARRA	775	5,90%	16.737	1,48%
PAIS VASCO	285	2,17%	28.454	2,51%
RIOJA	59	0,45%	8.847	0,78%
VALENCIA	4.578	34,83%	201.586	17,78%
MADRID	239	1,82%	197.332	17,40%
CANTABRIA	8	0,06%	5.372	0,47%
TOTAL	13.145	100,00%	1.133.965	100,00%

Fuente: IDAE.

Un buen indicador del desarrollo del sector de la edificación son los visados de dirección de obra nueva de los Colegios de Arquitectos Técnicos publicados por el ministerio de Fomento²⁶. El visado de dirección obra nueva es el acto del nombramiento del Director de Ejecución de Obra. Se acompaña con la presentación del Proyecto Básico y/o de Ejecución. Los datos referentes al total nacional del periodo 2009-2013 se reflejan en la tabla 19.

²⁵ Sin datos de Ceuta y Melilla a la fecha de elaboración del informe.

²⁶<http://www.fomento.gob.es/BE/?nivel=2&orden=09000000>.

Tabla 19: Visados dirección Obra Nueva. Total nacional. Núm. edificios destino principal.

Período	Uso residencial	Uso no residencial	Total
2013	12.868	3.808	16.676
2012	16.242	4.516	20.758
2011	23.116	5.507	28.623
2010	28.407	7.356	35.763
2009	31.576	8.062	39.638
Total	112.209	29.249	141.458

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ministerio de Fomento.

Comparando los valores de los edificios nuevos terminados 13.145, de la tabla 18, con los 141.458, de la tabla 19, los primeros suponen solamente, un 9,29% de los visados. Hay que tener en cuenta que muchos de los proyectos visados no se ejecutan, y que la certificación energética no es obligatoria para determinados edificios de uso no residencial. No obstante, ésta sí es obligatoria en los de uso residencial que son 112.209 de acuerdo a los valores de la tabla 19. Existe un desfase importante entre los valores de visados de dirección de Obra Nueva y los de los edificios registrados energéticamente.

Según el mismo informe (46), las calificaciones energéticas en emisiones de edificios acabados de nueva construcción, por comunidades autónomas, son lo que se reflejan en la tabla 20. De acuerdo a la misma tabla, los edificios con calificación energética A y B suponen solamente el 5,79% y el 7,23% respectivamente del total; el 26,81% de los calificados como A se ubican en Cataluña, los situados Galicia solamente suponen el 3,68% del total. La suma de los calificados como D y E, poco eficientes energéticamente, representan el 74,13% del total.

Hay comunidades autónomas como Aragón, Asturias, Baleares, Murcia, La Rioja y Cantabria que tienen menos de 5 edificios con calificación energética tipo A por emisiones.

Tabla 20: Calificaciones energéticas en emisiones edificios acabados nueva construcción.

CCAA	A	B	C	D	E	F ^{***}	G ^{***}	TOTAL
ANDALUCIA	36	99	221	472	189	10	13	1.040
ARAGÓN	2	4	17	7	3	0	0	33
ASTURIAS	2	6	20	8	16	0	0	52
BALEARES	3	5	16	44	96	35	69	268
CANARIAS**	8	11	14	14	41	13	49	150
CATALUÑA**	204	304	430	644	448	0	0	2.030
CASTILLA Y LEÓN	61	31	47	43	24	1	0	207
CASTILLA LA MANCHA	5	6	9	12	3	0	0	35
EXTREMADURA*	24	87	211	560	2.133	0	0	3.015
GALICIA	28	19	30	32	37	4	0	150
MURCIA	2	2	5	5	207	0	0	221
NAVARRA	159	187	183	165	80	0	1	775
PAIS VASCO	23	53	38	115	51	3	2	285
RIOJA**	2	12	15	17	12	0	1	59
VALENCIA	190	70	116	2.156	2.046	0	0	4.578
MADRID	11	54	116	43	15	0	0	239
CANTABRIA	1	0	1	1	5	0	0	8
TOTALES	761	950	1.489	4.338	5.406	66	135	13.145

Fuente: IDAE.

(*) Sin datos de Ceuta y Melilla a la fecha de elaboración de este informe. Datos de Extremadura no actualizados por falta de información

(**) Dato corregido respecto al anterior informe, que presentaba valores agregados de edificios en proyecto y edificios terminados

(***) Información aportada por los registros autonómicos, en proceso de depuración

En lo que se refiere a los registros de las calificaciones energéticas en emisiones de edificios existentes (46) tal y como podemos observar en la tabla 21, de un total de 1.133.965 edificios registrados, solamente 1.974 edificios tienen calificación energética tipo A, un 0,17% del total; los edificios menos eficientes E, F y G suponen el 83,93% del parque de edificios existentes registrados por emisiones. No obstante hay que hacer constar que estos edificios estaban contruidos con normativa anterior a la entrada del CTE (39).

La entrada en vigor del R.D. 235/2013 (35) supuso la necesidad de certificar energéticamente los edificios existentes cuando estos o partes de estos se vendan o se alquilen.

Tabla 21: Registro de calificaciones en emisiones de edificios existentes.

CC AA	A	B	C	D	E	F	G	TOTAL
ANDALUCIA	168	844	4.033	11.985	69.003	20.945	40.226	147.204
ARAGÓN	14	30	349	1.211	4.661	998	1.600	8.863
ASTURIAS	37	66	361	1.350	3.544	985	2.131	8.474
BALEARES	58	182	781	2.100	9.890	3.598	11.855	28.464
CANARIAS**	96	225	686	624	1.304	1.268	12.697	16.900
CATALUÑA	552	2.261	13.934	39.683	149.565	44.974	81.619	332.588
CASTILLA Y LEON	364	329	2.598	8.523	21.295	3.881	5.922	42.912
CASTILLA LA MANCHA	46	83	729	3.975	12.198	2.593	4.921	24.545
EXTREMADURA*	0	4	50	121	565	151	181	1.072
GALICIA	123	304	2.037	5.720	15.699	5.329	9.201	38.413
MURCIA	8	35	409	1.282	10.415	4.640	9.413	26.202
NAVARRA	45	126	1.291	4.195	7.196	1.777	2.107	16.737
PAIS VASCO	38	35	231	4.966	12.789	3.777	6.618	28.454
RIOJA	41	51	404	1.764	5.254	668	665	8.847
VALENCIA	82	1.334	3.370	14.106	93.545	28.935	60.214	201.586
MADRID	286	1.183	7.730	31.277	102.468	22.220	32.168	197.332
CANTABRIA	16	17	251	1.056	2.694	586	752	5.372
TOTALES	1.974	7.109	39.244	133.938	522.085	147.325	282.290	1.133.965

Fuente: IDAE.

(*) Sin datos de Ceuta y Melilla a la fecha de elaboración de este informe. Datos de Extremadura no actualizados por falta de información

(**) Dato corregido respecto al anterior informe

De acuerdo a la tabla 22, el número de edificios registrados calificados por sus emisiones es de 1.147.110; solamente 2.735 edificios tienen calificación energética tipo A, un 0,24% del total; para los de tipo B el porcentaje es del 0,70%; la suma de ambos supone un porcentaje menor de 1%. Los edificios con peor calificación energética por emisiones tipo E, F y G suponen un 83,45% del total. Parece clara la vía de la rehabilitación energética de los edificios para reducir los consumos de energía y por lo tanto sus emisiones.

Tabla 22: Calificación de edificios registrados por emisiones.

EDIFICIOS	A	B	C	D	E	F	G	TOTAL
Existentes	1.974	7.109	39.244	133.938	522.085	147.325	282.290	1.133.965
Nuevos terminados	761	950	1.489	4.338	5.406	66	135	13145
TOTALES	2.735	8.059	40.733	138.276	527.491	147.391	282.425	1.147.110

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.

3.4 ESTADO DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS EN GALICIA

Con anterioridad a la entrada en vigor del citado R.D. 235/2013 (35) y en cumplimiento de la obligatoriedad de la inscripción del R.D. 47/2007 (38), habíamos consultado²⁷ a la Subdirección Xeral de Enerxía (47) los edificios registrados. Ésta nos facilitó los datos (48) que se reflejan en la tabla 23. En aquel momento no se podían realizar consultas públicas al Registro.

Tabla 23: Calificación energética de edificios en fase de ejecución en Galicia.

Fase de ejecución	A	B	C	D	E	F	G
A Coruña	5	4	3	3	4	0	0
Lugo	0	0	0	0	0	0	0
Ourense	0	0	0	2	0	0	0
Pontevedra	1	1	0	0	0	0	0
Total	6	5	3	5	4	0	0

Fuente: Subdirección Xeral de Enerxía. Dirección Xeral de Industria, Enerxía e Minas. Consellería de Economía e Industria.

Desde la entrada en vigor del R.D. 235/2013 (35), el 14 de abril de 2013, se produjo un aluvión de inscripciones en el RGEEE, tal y como puede observar en la tabla 24.

Los edificios existentes²⁸ o partes de los mismos registrados en cada una de las provincias de esta comunidad autónoma, de acuerdo a la consulta al RGEEE, a fecha 21 de octubre de 2014, son los que se reflejan en la tabla 24. La aplicación vigente en el momento de la consulta no facilitaba datos sobre edificios de nueva construcción.

Tabla 24: Edificios existentes inscritos en el Registro Gallego de Eficiencia Energética.

Provincia	Nº registros
A Coruña	18.548
Lugo	2.982
Ourense	2.913
Pontevedra	10.815
Total	35.258

Fuente: Registro Gallego de Certificación Energética.

De acuerdo al informe del IDAE (46) sobre el número de edificios certificados por Comunidad Autónoma, los edificios registrados en Galicia, con datos actualizados a 31 de diciembre de 2014, son los que se relacionan en la tabla 25. En lo que respecta a los edificios existentes observamos que solamente 123 tienen clasificación energética tipo A y representan el 0,32% del total; los peor calificados, E, F y G, suponen el 78,69% de los existentes. En cuanto a los edificios nuevos terminados, los calificados como A solamente suponen el 18,67%; los calificados como D y E representan el 46%.

Tabla 25: Registro de calificaciones por emisiones de edificios en Galicia.

EDIFICIOS	A	B	C	D	E	F	G	Total
Existentes	123	304	2.037	5.720	15.699	5.329	9.201	38.413
Nueva construcción	28	19	30	32	37	4	0	150
Total	151	323	2.067	5.752	15.736	5.333	9.201	38.563

Fuente: IDAE.

²⁷ La fecha de la consulta fue en marzo de 2013, lo mismo que cuando facilitaron los datos.

²⁸ En el Decreto 128/2016 ((43), Disposición adicional primera, se entiende por edificio existente todo edificio o parte de edificio que tenga licencia o solicitud de licencia de primera ocupación/actividad con anterioridad a la entrada en vigor de este decreto. También tendrán esta consideración aquellos edificios que, no teniendo la solicitud de primera ocupación, tengan solicitada la licencia de obra con un proyecto de ejecución que no tuviera la obligación de contener el certificado de eficiencia energética.

Como hemos dicho anteriormente, un buen indicador del desarrollo del sector de la edificación son los visados de dirección de obra nueva de los Colegios de Arquitectos Técnicos. Los datos referentes a Galicia en los cinco últimos ejercicios son lo que reflejan en la tabla 26.

Tabla 26: Visados dirección Obra Nueva en Galicia. Núm. edificios por destino principal.

Período	Uso residencial	Uso no residencial	Total
2013	935	165	1.100
2012	1.304	199	1.503
2011	1.608	245	1.853
2010	1.878	231	2.109
2009	2.075	300	2.375
Total	7.800	1.140	8.940

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ministerio de Fomento.

Hay una contradicción importante entre los datos de visados de Obra Nueva, tabla 26, y los correspondientes al informe del IDAE (46), tabla 25 en lo que se refiere a edificios registrados de nueva construcción.

3.5 EDIFICIOS CON CALIFICACIÓN ENERGÉTICA “A” EN GALICIA

Dado que, como hemos comentado anteriormente, el RGEEE no permite seleccionar los edificios por su calificación energética y el informe del IDAE si refleja la existencia de edificios inscritos en el citado registro con calificación energética “A”, hemos solicitado información al INEGA (48) por si pudiesen facilitarnos cuales son estos edificios y examinar sus parámetros de emisiones y consumos, y demás aspectos relevantes de los mismos. Aún no hemos recibido²⁹ ninguna información al respecto.

El IDAE ha publicado un artículo (49) denominado *Proyecto de nueva sede de la compañía en el Parque Empresarial de As Gándaras (Lugo)*, en el que se dice que el nuevo edificio que construirá Norvento Enerxía, S.L. en el citado emplazamiento, se basa en la experiencia y know-how de la empresa en distintas tecnologías, demostrando de una forma empírica cómo pueden integrarse entre sí, para conseguir un edificio autosuficiente alimentado únicamente con energía limpia.

El Arquitecto autor del Proyecto es Francisco Mangado y el edificio está actualmente en construcción³⁰

Dentro de distintas características del proyecto destacan:

- La integración de distintas tecnologías renovables con el fin de alcanzar el autoabastecimiento energético y obtener una huella de carbono nula.
- La implantación de un sistema Microsmart, que buscará verificar la funcionalidad de una micro-red inteligente modular, para satisfacer las necesidades energéticas del edificio mediante los distintos módulos renovables. El edificio estará equipado con un avanzado sistema de control centralizado, desarrollado *ad hoc* para administrar conjuntamente de forma eficiente las distintas instalaciones existentes (49).
- El edificio estará equipado con un avanzado sistema de control centralizado, desarrollado *had doc* para administrar conjuntamente de forma eficiente las distintas instalaciones existentes (climatización, iluminación, seguridad, protección contra incendios...).

En lo que se refiere a ahorro energético e impacto medioambiental hay que hacer mención a los valores correspondientes a los indicadores energéticos anuales obtenidos con herramientas de simulación para ambos casos (edificio objeto Clase A y edificio de referencia Clase D), que suponen un ahorro de energía primaria no renovable de 1.275,77 MWh/año, lo que representa una reducción de emisiones de 329,081 t CO2 anuales (49).

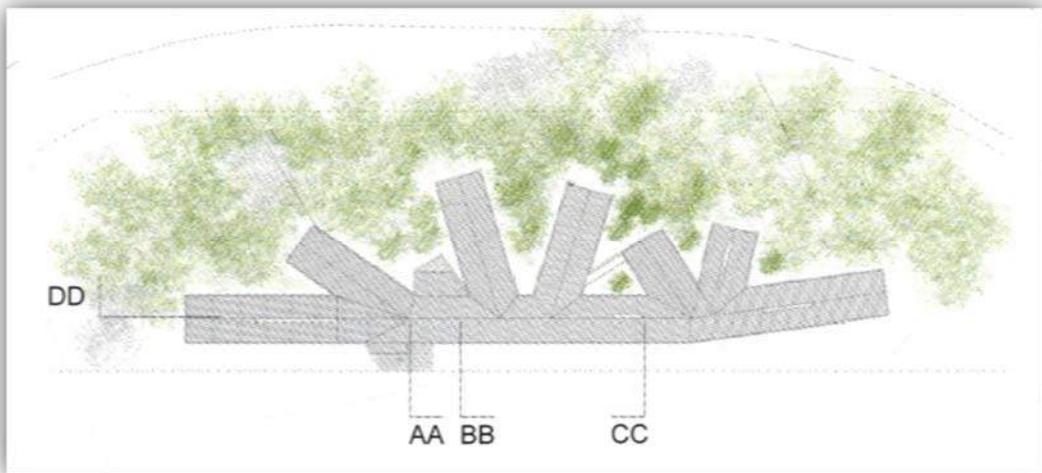
En las ilustraciones 8 a 10 se reflejan las imágenes del estado final del edificio.

²⁹ A fecha 14 de noviembre de 2014.

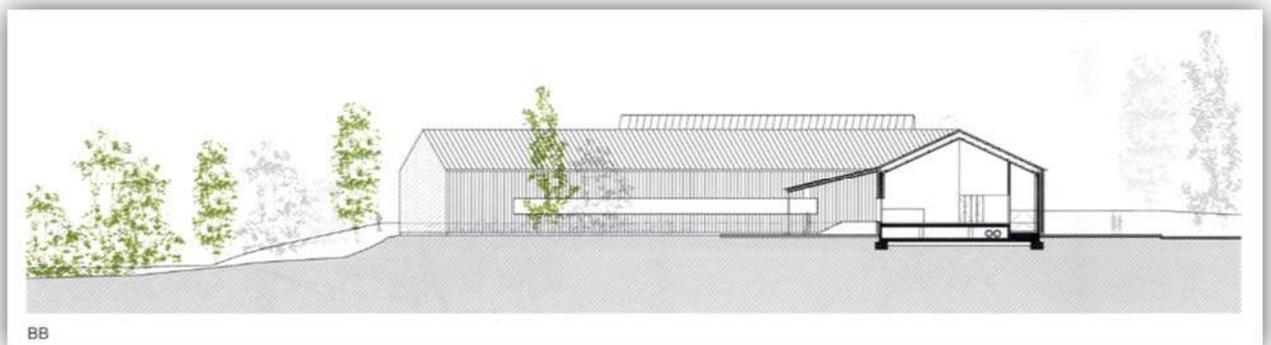
³⁰ A fecha 26 de noviembre de 2015.



*Ilustración 8: Imagen del estado final del edificio Norvento.
Fuente: http://www.fmangado.es/llda_proyecto/edificio-de-la-nueva-sede-de-norvento.*



*Ilustración 9: Planta del edificio Norvento.
Fuente: AV Proyectos 047 2011.*



*Ilustración 10: Sección BB del edificio Norvento.
Fuente: AV Proyectos 047 2011.*

4 FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES

4.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la publicación *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático* (3), se denomina energía renovable a todo tipo de energía procedente de fuentes solares, geofísicas o biológicas que se renuevan mediante procesos naturales a un ritmo igual o superior al de su utilización. La energía renovable se obtiene de los flujos de energía constantes o repetitivos que están presentes en el medio ambiente natural, y abarca recursos tales como la biomasa, la energía solar, el calor geotérmico, la energía hidroeléctrica, la energía mareomotriz y del oleaje, la energía térmica oceánica y la energía eólica. Sin embargo, es posible utilizar biomasa con mayor rapidez de la que ésta se acumula, o extraer calor de un campo geotérmico a un ritmo mayor del de reposición. Por otra parte, la tasa de utilización de la energía solar directa no influye en las cantidades de la que viene a parar a nuestro planeta. Los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) no responden a esta definición, ya que no se renuevan en un período de tiempo breve en comparación con su tasa de utilización.

Según la misma publicación se estima que en 2008 las energías renovables representaron un 12,9% de los 492 EJ totales del suministro de energía primaria a nivel mundial. La energía renovable más utilizada fue la biomasa (10,2%), en su mayor parte (aproximadamente un 60%) a partir de biomasa tradicional utilizada para cocinar y para la calefacción en los países en desarrollo, aunque con un componente creciente de técnicas de biomasa modernas. La energía hidroeléctrica representó un 2,3%, mientras que otras fuentes de energía renovables representaron un 0,4%. En 2008, las energías renovables representaron aproximadamente un 19% del suministro de electricidad mundial (un 16% de energía hidroeléctrica, y un 3% de otras energías renovables), mientras que los biocombustibles representaron un 2% del suministro de combustible mundial para el transporte en carretera. La biomasa tradicional (17%), las técnicas biomásicas modernas (8%) y las energías térmicas solares y geotérmicas (2%) cubrieron un 27% de la demanda mundial total de calor.

La Directiva 2010/31/UE (2), relativa a la eficiencia energética de los edificios, contempla que la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida por los EECN deberá estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía procedente de fuentes renovables producida *in situ* o en el entorno.

En las Conclusiones del Consejo Europeo de octubre de 2014, en lo que se refiere a fuentes de energía renovables, se fija para la UE el objetivo de que la cuota de energías renovables dentro del consumo total de energía de la UE en 2030 sea como mínimo del 27 %. Este objetivo será vinculante a escala de la UE (50).

4.2 EXIGENCIAS DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Tanto el R.D. 314/2006 (39), de 17 de marzo, por el que se aprueba el CTE, como en la Orden FOM/1635/2013 (34), de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación aprobado por el R.D. 314/2006, solamente recogen el aprovechamiento de la energía solar como la única fuente de energía renovable de uso obligatorio. Lo hacen en las exigencias básicas HE-4: *Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria* y HE-5: *Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica*.

4.2.1 EXIGENCIA BÁSICA HE 4: CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

De acuerdo al R.D.314/2006 (39), por el que se aprueba el CTE, esta exigencia básica era aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que existía una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.

La contribución solar mínima de la exigencia básica HE 4 del R.D. 314/2006 (39) indica para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60 °C, la contribución solar mínima anual, considerándose los siguientes casos:

- General: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural u otras.
- Efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

La Orden FOM/1635/2013 (34), que entró en vigor el 13 de septiembre de 2013, actualiza y sustituye al Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía" del CTE, aprobado por R.D. 314/2006 (39); modifica y amplía el ámbito de aplicación a:

- Edificios de nueva construcción o a edificios existentes en que se reforme íntegramente el edificio en sí o la instalación térmica, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 50 l/d.
- Ampliaciones o intervenciones, no cubiertas en el punto anterior, en edificios existentes con una demanda inicial de ACS superior a 5.000 l/d, que supongan un incremento superior al 50% de la demanda inicial.
- Climatización de: piscinas cubiertas nuevas, piscinas cubiertas existentes en las que se renueve la instalación térmica o piscinas descubiertas existentes que pasen a ser cubiertas.

La caracterización de esta exigencia HE 4 establece una contribución solar mínima en función de la z.c. y de la demanda de ACS o de climatización de piscina del edificio.

En lo que se refiere a la cuantificación, la contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual para ACS o climatización de piscina cubierta, obtenida a partir de los valores mensuales

Establece, para cada z.c. y diferentes niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60° C, la contribución solar mínima anual exigida para cubrir las necesidades de ACS que se refleja en la ilustración 11.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
>10.000	30	50	60	70	70

*Ilustración 11: Contribución solar mínima anual para ACS en %.
Fuente: Exigencia básica HE-4 de la Orden FOM/1635/2013.*

La contribución solar mínima anual exigida para cubrir las necesidades de climatización de piscinas cubiertas para cada z.c. se reflejan en la ilustración 12.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
Piscinas cubiertas	30	30	50	60	70

*Ilustración 12: Contribución solar mínima para piscinas cubiertas en %.
Fuente: Exigencia básica HE-4 de la Orden FOM/1635/2013.*

La contribución solar mínima para ACS y/o climatización de piscinas cubiertas podrá sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio; bien realizada en el propio edificio o bien a través de la conexión a una red de climatización urbana.

4.2.2 EXIGENCIA BÁSICA HE 5: CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

De acuerdo al R.D.314/2006 (39), por el que se aprueba el CTE, esta exigencia básica HE 5 era aplicable a los edificios de los usos en la misma y deberían incorporar un sistema de captación y transformación de la energía solar por procedimientos fotovoltaicos, cuando superasen los límites de aplicación establecidos.

En la ilustración 13 se refleja el ámbito de aplicación de la exigencia básica HE 5 en función del uso del edificio.

Tipo de uso	Límite de aplicación
Hipermercado	5.000 m ² construidos
Multitienda y centros de ocio	3.000 m ² construidos
Nave de almacenamiento	10.000 m ² construidos
Administrativos	4.000 m ² construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m ² construidos

Ilustración 13: Ámbito de aplicación exigencia básica HE 5 del R.D. 314/2006.
Fuente: Exigencia básica HE 5 del R.D.314/2006.

La potencia pico a instalar, de acuerdo al R.D. 314/2006, se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$P = C \cdot (A \cdot S + B) \quad (1)$$

Siendo:

- P la potencia pico a instalar (kWp)
- A y B los coeficientes en función del uso del edificio;
- C coeficiente definido en función de la zona climática.
- S la superficie construida del edificio (m²).

Los coeficientes en función del uso del edificio se reflejan en la ilustración 14.

Tipo de uso	A	B
Hipermercado	0,001875	-3,13
Multitienda y centros de ocio	0,004688	-7,81
Nave de almacenamiento	0,001406	-7,81
Administrativo	0,001223	1,36
Hoteles y hostales	0,003516	-7,81
Hospitales y clínicas privadas	0,000740	3,29
Pabellones de recintos feriales	0,001406	-7,81

Ilustración 14: Coeficientes de uso exigencia básica HE 5 del R.D. 314/2006.
Fuente: Exigencia básica HE 5 del R.D. 314/2006.

Los coeficientes climáticos en función de la zona climática de radiación solar Global se reflejan en la ilustración 15.

Zona climática	C
I	1
II	1,1
III	1,2
IV	1,3
V	1,4

Ilustración 15: Coeficiente climático exigencia básica HE 5 del R.D. 314/2006
Fuente: Exigencia básica HE 5 del R.D. 314/2006.

Las zonas climáticas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, de acuerdo a la ilustración 16.

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Ilustración 16: Radiación Solar Global exigencia básica HE 5 del R.D. 314/2006
Fuente: Exigencia básica HE 5 del R.D. 314/2006.

La Orden FOM/1635/2013 (34), que entró en vigor el 13 de septiembre de 2013, actualiza y sustituye al Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía" del CTE, aprobado por R.D. 314/2006 (39); modifica y amplía el ámbito de aplicación a:

- Edificios de nueva construcción y a edificios existentes que se reformen íntegramente, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo.
- Ampliaciones en edificios existentes, cuando la ampliación corresponda a alguno de los usos establecidos y la misma supere 5.000 m² de superficie construida.

Se considerará que la superficie construida incluye la superficie del aparcamiento subterráneo (si existe) y excluye las zonas exteriores comunes.

En todos los casos, la potencia pico mínima del generador será al menos igual a la potencia nominal de inversor. La potencia nominal máxima obligatoria a instalar en todos los casos será de 100 kW.

La Orden FOM/1635/2013 (34) contempla que la potencia eléctrica mínima de la instalación solar fotovoltaica determinada en aplicación de la exigencia básica HE 5, podrá sustituirse parcial o totalmente cuando se cubra la producción eléctrica estimada que correspondería a la potencia mínima mediante el aprovechamiento de otras fuentes de energías renovables.

4.3 TECNOLOGÍAS

4.3.1 INTRODUCCIÓN

Para la confección del presente apartado de TECNOLOGÍAS el autor de la tesis ha consultado diversa bibliografía existente tal y como:

- INFORME ESPECIAL SOBRE FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO (3)
- APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICOS (51)
- ENERGÍAS RENOVABLES APLICADAS A LA EDIFICACIÓN: INSTALACIONES (52)
- COMPENDIO DE ENERGÍA SOLAR: FOTOVOLTAICA, TÉRMICA Y TERMOELÉCTRICA: (ADAPTADO ALCÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN Y AL NUEVO RITE) (53)
- ENERGÍAS RENOVABLES: FUNDAMENTOS, TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES (54)

- SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS: DISEÑO E INSTALACIÓN (55)
- INGENIERÍA DE LA ENERGÍA EÓLICA (56)

Del análisis del contenido de la misma el autor de la tesis ha creído conveniente utilizar como fuente bibliográfica principal el INFORME ESPECIAL SOBRE FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO (3).

4.3.2 BIOENERGÍA

4.3.2.1 INTRODUCCIÓN

La bioenergía puede obtenerse mediante diversas fuentes de biomasa, a saber, de residuos forestales, agrarios o pecuarios; una rotación rápida de plantaciones forestales; cultivos energéticos; componentes orgánicos de residuos sólidos urbanos, y otras fuentes de desechos orgánicos. Mediante diversos procesos, esos materiales pueden ser utilizados para producir de forma directa electricidad o calor, o para generar combustibles gaseosos, líquidos o sólidos. Las tecnologías de la bioenergía son muy diversas y su grado de madurez técnica varía considerablemente. Algunas ya comercializadas son las calderas de pequeño o gran tamaño, los sistemas de calefacción central por gránulos, o la producción del etanol a partir del azúcar y el almidón. Las centrales de energía avanzadas de ciclos combinados de gasificación integrada a partir de biomasa y los combustibles para el transporte obtenidos de la lignocelulosa son ejemplos de tecnologías todavía no comercializadas, mientras que la producción de biocombustibles líquidos a partir de algas y otros métodos de conversión biológica se encuentran en la fase de investigación y desarrollo (I+D). Las tecnologías de la bioenergía tienen aplicaciones en contextos, tanto centralizados como descentralizados, y su aplicación más extendida es la utilización tradicional de la biomasa en los países en desarrollo. La producción de bioenergía suele ser constante o controlable. Los proyectos de la bioenergía dependen generalmente del combustible disponible a nivel local y regional, aunque en los últimos tiempos parece haber indicaciones de que la biomasa sólida y los biocombustibles líquidos están cada vez más presentes en el comercio internacional (3).

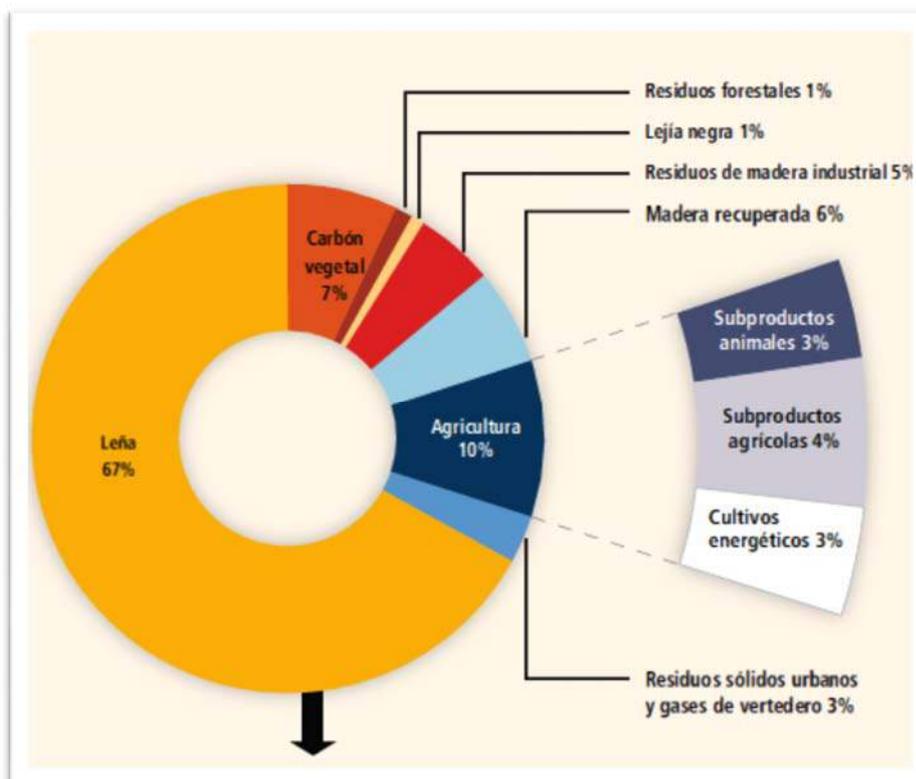


Ilustración 17: Fuentes de biomasa primaria para la generación de energía a nivel mundial.
Fuente: Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático

En 2008, la biomasa representó cerca de un 10% (50,3 EJ/año) del suministro mundial de energía primaria. Los usos principales de la biomasa se dividen en dos grandes categorías:

- Biomasa tradicional de baja eficiencia (por ejemplo, madera, paja, estiércol u otros tipos de abonos), utilizada para la cocina, la iluminación y la calefacción de interiores, generalmente en las poblaciones más pobres de los países en desarrollo. La mayor parte de esa biomasa es quemada, lo cual acarrea impactos negativos graves en la salud y las condiciones de vida. Cada vez más, el carbón vegetal es el vector de energía secundaria en las zonas rurales aptas para crear cadenas de producción (3).
- Las tecnologías bioenergéticas modernas altamente eficientes hacen uso de sólidos, líquidos y gases, más convenientes como vectores de energía secundaria para generar calor, electricidad, cogeneración de calor y electricidad y combustibles para el transporte destinados a los diversos sectores. Los biocombustibles líquidos comprenden la cogeneración de calor y electricidad y el etanol para el transporte mundial por carretera y ciertos usos industriales. Los gases obtenidos de la biomasa (principalmente el metano) mediante la digestión anaeróbica de residuos agrícolas y el tratamiento de residuos sólidos urbanos se utilizan para generar electricidad, calor o ambos. La contribución más importante a estos servicios se obtiene del material sólido en forma de virutas, gránulos, madera recuperada de usos anteriores y otras variantes. La calefacción puede consistir en el calentamiento de interiores o del agua, como los sistemas de calefacción central en barrios o ciudades. El suministro total estimado de la biomasa primaria mediante tecnologías bioenergéticas modernas se cifra en 11,3 EJ/año, y la energía secundaria suministrada a los consumidores de uso final, en torno a 6,6 EJ/año (3).

4.3.2.2 TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES

Las aplicaciones comerciales de las tecnologías bioenergéticas abarcan la producción de calor, a escalas que van desde el cocinado de alimentos en el hogar mediante hornillos hasta los grandes sistemas de calefacción central en barrios o ciudades; la producción de energía eléctrica mediante la combustión de biomasa, la cogeneración, o la combustión combinada de biomasa y biocombustibles, así como los biocombustibles líquidos de primera generación obtenidos de cultivos petroleros (biodiesel) y de azúcar o de almidón (etanol) (3).

4.3.2.3 INSTALACIONES EN GALICIA

De acuerdo a la información que figura en la página Web del INEGA (57), las centrales de biomasa y residuos en régimen especial³¹, para producción de electricidad, en Galicia son las que se relacionan en la tabla 27 y 28. La potencia total instalada es de 116,3 MW.

Tabla 27: Centrales de biomasa en régimen especial en Galicia.

DENOMINACIÓN	POTENCIA (kW)	FECHA PEM	COMBUSTIBLE	AYUNTAMIENTO
ENCE	34.570	1992	BIOMASA	PONTEVEDRA
ALLARLUZ	2.350	1998	BIOMASA	ALLARIZ
COGENERACIÓN BIOMASA TRADO-PONTEDEVA	587	2013	BIOMASA	PONTEDEVA
COGENERACIÓN VALES CORUÑA	500	2012	BIOMASA	ARANGA
BABCOCK KOMMUNAL MBH Y TÉCNICAS MEDIOAMB.	6.275	2002	BIOGÁS VERTEDERO	A CORUÑA
BIOCERCEDA	2.268	2002	BIOGÁS VERTEDERO	CERCEDA
PLANTA BIOGÁS URBASER	2.500	2003	BIOGÁS VERTEDERO	A CORUÑA
CARBALLO BIOMETANIZACIÓN	191	2012	BIOGÁS FANGOS	CARBALLO
COMPLEJO MEDIOAMBIENTAL DEL BARBANZA	130	2013	BIOGÁS VERTEDERO	LOUSAME
TOTAL BIOMASA	38.007			
TOTAL BIOGÁS	11.364			

Fuente: INEGA.

³¹ A fecha octubre de 2014.

Tabla 28: Centrales de residuos en régimen especial en Galicia.

DENOMINACIÓN	POTENCIA (kW)	FECHA PEM	COMBUSTIBLE	AYUNTAMIENTO
SOGAMA TERMO ELÉCTRICA	50.000	2001	CDR	CERCEDA
GARENESA	1.203	2002	GAS NEUMÁTICOS	AS SOMOZAS
ENVIROIL GALICIA	15.680	2001	RESÍDUOS OLEOSOS	AS SOMOZAS
TOTAL GALICIA	66.883			

Fuente: INEGA.

4.3.3 ENERGÍA SOLAR DIRECTA

4.3.3.1 INTRODUCCIÓN

El concepto de energía solar directa hace referencia al conjunto de tecnologías de la energía renovable que explotan directamente la energía del Sol. Ciertas tecnologías renovables, como la eólica o la termooceánica, utilizan la energía solar después de que ésta ha sido absorbida por la Tierra y convertida en otras formas de energía (3).

Se ha estimado el potencial teórico de la energía solar se ha estimado en $3,9 \times 10^6$ EJ/año, magnitud que refleja la cantidad de irradiancia en la superficie de la Tierra (tierras y mares), teóricamente disponible para la obtención de energía. Esa cifra, indicada como es evidente con fines ilustrativos, implicaría la utilización de toda la superficie terrestre y marina disponible con una eficiencia de conversión del 100%. Una magnitud más útil es el potencial técnico, basado en la proporción de tierra firme que puede ser utilizada por los dispositivos de conversión con unos valores de eficiencia más realistas. Las estimaciones del potencial técnico de la energía solar se sitúan entre 1.575 y 49.837 EJ/año, equivalentes a entre 3 y 100 veces el consumo mundial de la energía primaria en 2008 (3).

4.3.3.2 TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES

4.3.3.2.1 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

El componente principal de los sistemas activos de energía solar térmica es el colector solar. Un colector solar de placa consiste en una plancha de color negro provista de conducciones por las que circula el fluido que se calentará. Entre los colectores de placa cabe mencionar los no acristalados, que permiten obtener calor a temperaturas en varios grados superiores a la temperatura ambiente; los acristalados, ilustración 18, que están cubiertos de una lámina de vidrio u otro material transparente paralelo a la placa y separado de ella unos centímetros, y que permiten generar calor a temperaturas de entre 30 °C y 60 °C;



Ilustración 18: Campo colectores térmicos planos sobre cubierta plana.
Fuente: SALVADOR ESCODA.

Los de vacío, ilustración 19, que son similares a los acristalados, con la diferencia de que se ha vaciado el aire contenido entre la placa y la cubierta de vidrio, y que permiten generar calor a temperaturas de entre 50 °C y 120 °C, aproximadamente. Las placas de vacío llevan un recubrimiento negro especial denominado 'superficie selectiva', que ayuda a evitar la reemisión del calor absorbido; ese mismo recubrimiento se utiliza también en las placas acristaladas que no son de vacío. Para resistir la presión del vacío, las placas de este tipo de colectores suelen estar situadas en el interior de tubos de vidrio, que hacen al mismo tiempo las veces de cubierta y de recipiente. La eficiencia típica de los colectores solares utilizados en el intervalo de temperaturas idóneo se extiende entre el 40% y el 70% a pleno sol (3).



*Ilustración 19: Campo colectores térmicos de tubos de vacío.
Fuente: SALVADOR ESCODA*

Los colectores planos se utilizan habitualmente para calentar agua con fines residenciales y comerciales, pero pueden ser utilizados también como dispositivos de calefacción solar activa para proporcionar calor ambiental en el interior de los edificios. Es posible también obtener refrigeración solar, utilizando el calor de los colectores para generar ciclos de refrigeración por absorción. Otras aplicaciones del calor solar son los procesos industriales, ciertas aplicaciones agrícolas, como el secado de cultivos, o las aplicaciones para el cocinado. Para abastecer los períodos diurnos y nocturnos o los períodos cortos de cielo nublado, el calor generado se almacena generalmente en depósitos de agua. Utilizando otras fuentes de energía como suplemento, este tipo de sistemas abastece normalmente entre un 40% y un 80% de la demanda de energía térmica de la aplicación final (3).

En los sistemas de calefacción solar pasiva, es el propio edificio y, particularmente sus ventanas, que actúa como colector solar, y la distribución y el almacenamiento del calor se consiguen por métodos naturales. Los elementos básicos de la infraestructura de calefacción pasiva consisten en ventanas de alta eficiencia orientadas al Ecuador y en una gran masa térmica interna (3). También podemos citar a los muros Trombe, muros orientados al sur en el hemisferio norte que forman en su composición un colector solar térmico.

4.3.3.2.2 GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD MEDIANTE ENERGÍA FOTOVOLTAICA

El procedimiento de conversión fotovoltaica está detalladamente descrito en numerosos libros de texto. En términos simplificados, consiste en situar bajo el Sol una lámina fina de material semiconductor (por ejemplo, el silicio). La lámina, denominada también 'célula', consta de dos capas diferenciadas que contienen silicio sembrado de impurezas (una capa de tipo "n" y otra de tipo "p"), con una superficie de contacto común. Los fotones solares que llegan a la célula generan pares electrón-hueco separado espacialmente por un campo eléctrico interno en la interfaz. Se crean de ese modo cargas negativas en un lado de la superficie de contacto, y positivas en el otro. La separación de cargas crea una tensión eléctrica. Al conectar a una carga ambos lados de la célula iluminada, la corriente fluye a través de la carga de uno a otro lado de la célula, generando así electricidad (3).

Los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse en dos grandes grupos, según estén o no conectados a la red. Los sistemas conectados a la red se clasifican, a su vez, en dos tipos: distribuidos y centralizados. Los sistemas distribuidos están constituidos por un gran número de pequeñas centrales eléctricas locales, algunas de las cuales suministran electricidad principalmente a un cliente in situ, mientras que la electricidad restante alimenta la red. Los sistemas centralizados, en cambio, funcionan como grandes

centrales eléctricas. Los sistemas no conectados abastecen por lo general a un cliente único o a un pequeño grupo de clientes y a menudo necesitan de un elemento de almacenamiento eléctrico o un generador eléctrico auxiliar. Estos sistemas albergan un gran potencial en las zonas no electrificadas (3).

En la ilustración 20 se representa un sistema de generación fotovoltaico centralizado conectado a la red, que abastece anualmente a 702 hogares y evita la emisión a la atmósfera de 1.300 t/año de CO².



*Ilustración 20: Plataforma Solúcar, Sevilla.
Fuente: ABENGOA SOLAR.*

En la ilustración 21 se puede observar una instalación fotovoltaica instalada sobre la cubierta de un edificio.



*Ilustración 21: Instalación fotovoltaica 48,4 kW.
Fuente: INABENSA.*

4.3.3.2.3 GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD MEDIANTE CONCENTRACIÓN SOLAR

Las tecnologías de energía por concentración solar producen electricidad mediante la concentración de los rayos del Sol para calentar un medio físico, que se utiliza seguidamente (de manera directa o indirecta) para propulsar un motor térmico (por ejemplo, una turbina de vapor) que, a su vez, impulsa un generador eléctrico. La tecnología de la energía por concentración solar explota solo el componente fascicular de la irradiación solar, por lo que sus beneficios suelen estar limitados como máximo a una cierta extensión geográfica. El concentrador reúne todos los rayos solares en un punto (foco puntual) cuando los receptores son centrales o de plato parabólico, o en una línea (foco lineal) en los sistemas de plato cóncavo o de tipo Fresnel lineal. En los concentradores cóncavos, largas hileras de reflectores parabólicos que siguen la altura del Sol concentran entre 70 y 100 veces la irradiación solar en un elemento colector de calor instalado a lo largo de la línea focal del reflector. El elemento colector de calor contiene una conducción interior negra (de superficie selectiva) y un tubo externo de vidrio, en condiciones de vacío entre ambos

elementos. En los diseños comerciales actuales, la conducción de acero que acumula calor permite la circulación de un aceite que transfiere el calor (a temperaturas cercanas a 400 °C), si bien están en fase de demostración otros sistemas que utilizan distintos fluidos circulantes como, por ejemplo, sales fundidas o vapor directo (3).

En las plantas de torre central o receptor central, ilustración 22, los heliostatos, con seguimiento a dos ejes, concentran la radiación solar en un receptor situado en lo alto de una torre donde se calienta el fluido absorbedor.



*Ilustración 22: Plantas de tecnología torre en Plataforma Solúcar, Sevilla.
Fuente: ABENGOA SOLAR.*

En la ilustración 23 se observa la disposición en hileras de los concentradores cilindro parabólicos con seguimiento a un eje.



*Ilustración 23: Planta de tecnología cilindro parabólica en el desierto de Atacama, Chile.
Fuente: ABENGOA SOLAR.*

4.3.3.2.4 PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES SOLARES

Las tecnologías solares permiten convertir la energía solar en combustibles químicos, como el hidrógeno o ciertos gases y líquidos sintéticos, como el metanol o el gasóleo. Las tres grandes vías de obtención de combustibles solares, que es posible adoptar por separado o conjuntamente, son: 1) la electroquímica; 2) la fotoquímica y la fotobiológica, y 3) la termoquímica. En el primer caso, se produce hidrógeno mediante un proceso de electrolisis que utiliza la energía eléctrica solar generada por un sistema fotovoltaico o energía por concentración solar. La electrolisis del agua es una tecnología antigua y perfectamente conocida, que convierte electricidad en hidrógeno con una eficiencia típica del 70%. En el segundo caso se utilizan fotones solares para activar reacciones fotoquímicas o fotobiológicas que producen combustibles: en otras palabras, se imita la actividad de las plantas y de los organismos. Como alternativa, puede utilizarse un material semiconductor como ánodo para absorber la luz solar en células fotoelectroquímicas, generando también hidrógeno mediante la descomposición del agua. En el tercer

caso, se utiliza el calor a alta temperatura obtenido del Sol (por ejemplo, mediante un receptor central en una planta de energía por concentración solar) para activar una reacción química endotérmica que produzca combustible. En este último caso, los reactantes pueden consistir en combinaciones de agua, dióxido de carbono, carbón, biomasa y gas natural. Los productos así obtenidos, denominados ‘combustibles solares’, pueden ser cualquiera de los siguientes (o una combinación de ellos): hidrógeno, gas de síntesis, metanol, éter dimetílico y petróleo sintético. Cuando se utiliza un combustible de origen fósil como reactante, el valor calorífico del producto será por lo general superior al del reactante, por lo que se hará necesario quemar menos combustible de origen fósil para obtener la misma cantidad de energía. Es posible también sintetizar combustibles solares a partir de hidrógeno solar y CO_2 , para producir hidrocarburos compatibles con las infraestructuras de energía existentes (3).

Un ejemplo de ellos es el proyecto SOLAR-JET (58), financiado con fondos de la UE, que ha optimizado un ciclo termoquímico de dos tiempos basado en reacciones de reducción-oxidación del cerio para producir sintegás a partir de CO_2 y agua. A continuación, el sintegás se convierte en queroseno gracias a la tecnología Fischer-Tropsch, ya disponible en el mercado. Los primeros ensayos pusieron de manifiesto que SOLAR-JET lograba una mayor eficiencia de conversión de energía solar a combustible que los procesos solares actuales y de biocombustible (59).

El proyecto se encuentra aún en fase experimental y se ha producido un vaso de carburante para reactores en condiciones de laboratorio, utilizando luz solar simulada. Sin embargo, los resultados son esperanzadores y permiten pensar que en el futuro podrá producirse todo tipo de carburantes líquidos de hidrocarburos a partir de luz solar, CO_2 y agua (60).

En una primera fase, se utilizó luz concentrada —luz solar simulada— para convertir el dióxido de carbono y el agua en gas de síntesis en un reactor solar de alta temperatura, ilustración 24, que contenía materiales basados en óxido de metal elaborados por ETH Zúrich³². Posteriormente, el gas de síntesis (una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono) fue transformado en queroseno por Shell utilizando el conocido proceso “Fischer-Tropsch” (60).

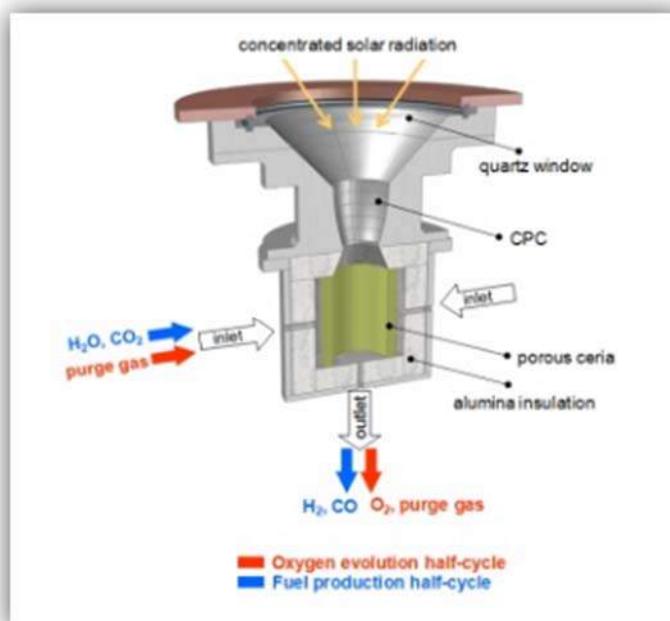


Ilustración 24: Reactor solar.

Fuente: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-481_es.htm.

Aunque la producción de gas de síntesis mediante radiación solar concentrada se encuentra aún en una fase temprana de desarrollo, la transformación de gas de síntesis en queroseno la están realizando ya a escala mundial empresas como Shell. La combinación de ambos enfoques puede proporcionar un suministro seguro, sostenible y modulable de carburante de aviación, así como de gasóleo y gasolina, o incluso de plásticos. Los carburantes derivados del proceso Fischer-Tropsch ya se han certificado y los

³² <https://www.ethz.ch/de.html>

pueden utilizar los vehículos y las aeronaves existentes sin necesidad de modificar los motores ni la infraestructura del combustible (60).

4.3.3.3 INSTALACIONES EN GALICIA

De acuerdo a la información que figura en la página web del INEGA (57), las centrales fotovoltaicas en régimen especial³³, para producción de electricidad, en Galicia son las que se relacionan en la tabla 29. La potencia total instalada es de 16,26 MW. Lugo es la provincia con mayor número de centrales.

Tabla 29: Centrales fotovoltaicas en régimen especial en Galicia.

PROVINCIA	Nº CENTRALES	POTENCIA TOTAL (kW)
A CORUÑA	104	2.439,09
LUGO	284	6.189,71
OURENSE	99	2.259,58
PONTEVEDRA	165	5.367,36
Total	652	16.255,74

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGA.

4.3.4 ENERGÍA GEOTÉRMICA

4.3.4.1 INTRODUCCIÓN

Los recursos geotérmicos comprenden la energía térmica presente en el interior de la Tierra, almacenada en rocas y en vapor de agua o agua líquida atrapados en el subsuelo, y se utilizan para generar energía eléctrica en una planta de energía térmica, o para otras aplicaciones domésticas y agroindustriales a base de calor, así como para aplicaciones de cogeneración de calor y electricidad. El cambio climático no influye de manera apreciable en la eficacia de la energía geotérmica (3).

La energía geotérmica es un recurso renovable, ya que el calor extraído de un reservorio activo se repone constantemente gracias a la producción natural de calor, a la conducción y convección desde regiones circundantes más cálidas, y a la reinyección de los fluidos geotérmicos extraídos (3).

Según se ha estimado, el calor accesible almacenado en rocas cálidas y secas de la Tierra representa entre 110 y 403 x 10⁶ EJ hasta 10 km de profundidad, entre 56 y 140 x 10⁶ EJ hasta 5 km de profundidad, y en aproximadamente 34 x 10⁶ EJ hasta 3 km de profundidad. Con base en estimaciones anteriores de los recursos hidrotérmicos y en diversos cálculos relativos a los sistemas geotérmicos (técnicamente) mejorados, obtenidos a su vez de estimaciones del calor almacenado en el subsuelo, el potencial técnico geotérmico de producción de electricidad se sitúa entre 118 y 146 EJ/año (a 3 km de profundidad) y entre 318 y 1.109 EJ/año (a 10 km de profundidad) y, en el caso de los usos directos, entre 10 y 312 EJ/año (3).

Se define el recurso geotérmico como la fracción de la energía geotérmica que puede ser aprovechada de forma técnica y económicamente viable. Incluye no sólo los recursos actualmente conocidos y cuyo aprovechamiento es factible desde los dos puntos de vista considerados, sino también los que serán en un futuro relativamente próximo (61).

El concepto de recurso geotérmico es tan amplio que incluye desde el calor que puede encontrarse en los horizontes más superficiales del suelo hasta el almacenado en rocas situadas a las profundidades que podrían alcanzarse con técnicas de perforación de pozos petrolíferos (61).

En cuanto a sus tipos, los recursos geotérmicos se clasifican según su nivel térmico –o lo que es lo mismo su entalpía³⁴, factor que condiciona su aprovechamiento. Los valores de temperatura establecidos como límite para su diferenciación pueden variar según los autores. Los admitidos por la Plataforma Tecnológica Española de Geotermia, siguiendo las últimas tendencias, son los que se indican en la siguiente clasificación:

- **Recursos geotérmicos de alta entalpía** (T>150 °C). Se encuentran principalmente en zonas con gradientes geotérmicos elevados y se sitúan a profundidades muy variables (son frecuentes entre 1.500 y 3.000 m). Están constituidos por vapor seco (muy pocos casos) o por una mezcla de agua y vapor, se aprovechan fundamentalmente para la producción de electricidad.

³³ A fecha octubre de 2014.

³⁴ Cantidad de energía térmica que un fluido puede intercambiar con su entorno. Se expresa en kJ/kg o en kcal/kg.

- **Recursos geotérmicos de media entalpía** (T: 100-150 °C). Pueden localizarse en zonas con un gradiente geotérmico elevado a profundidades inferiores a los 2.000 m y en cuencas sedimentarias a profundidades entre los 3.000 y 4.000 m. Su temperatura permite la producción mediante ciclos binarios. También puede aprovecharse para uso térmico en calefacción y refrigeración en sistemas urbanos y procesos industriales.
- **Recursos geotérmicos de baja entalpía** (T: 30-100 °C). Se localizan habitualmente en zonas de gradiente geotérmico normal a profundidades entre 1.500 y 2.500 m, o a profundidades inferiores a los 1.000 m en zonas de gradiente geotérmico elevado. Su utilización se centra en los usos térmicos en sistemas de calefacción/climatización y ACS urbanos, y en diferentes procesos industriales.
- **Recursos geotérmicos de muy baja entalpía** (T<30 °C). La temperatura de estos recursos suelen acercarse a la media anual del lugar donde se captan. La energía renovable puede captarse de manera muy eficiente dada la estabilidad térmica del subsuelo frente a la estacional del ambiente, como consecuencia de la transmisión de calor hacia las zonas externas de la corteza. Dicha transmisión hace posible que, a partir de 8-10 m de profundidad, la temperatura del terreno se mantenga prácticamente estable durante todo el año. Su aplicación son los usos directos del calor: aporte energético a sistemas de ventilación, calefacción y refrigeración de locales y/o procesos, con o sin utilización de una bomba de calor (61).

4.3.4.2 TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES

Como ya se ha indicado, el tipo de recurso geotérmico- alta y media o baja entalpía, básicamente- determina sus posibilidades de aprovechamiento, las cuales varían en función de las tecnologías disponibles en cada momento. No obstante, pueden establecerse dos tipos principales de aplicaciones o aprovechamientos:

- **Producción de electricidad**, para los recursos geotérmicos de alta y media entalpía, incluidos los sistemas geotérmicos estimulados.
- **Usos directos del calor – calefacción** y refrigeración, redes de climatización de distrito, ACS y aplicaciones en agricultura (invernaderos, secado de productos agrarios, etc.), acuicultura (piscifactorías, producción de algas, et), procesos industriales, para los recursos de baja y muy baja entalpía (61).

4.3.4.2.1 OBTENCIÓN DE ELECTRICIDAD

En líneas generales, la energía geotérmica que se utiliza para generar electricidad puede obtenerse a partir de tres tipos distintos de fluidos que representan, a su vez, tres tipos de recursos diferentes:

- **Recursos de vapor seco**, que corresponden a los denominados sistemas de vapor dominante, en los que no hay –o es muy escasa- fase líquida asociada.
 - **Recursos de vapor húmedo**, pero de alta entalpía, que corresponden a sistemas hidrotermales de agua caliente capaces de producir vapor que se aprovecha directamente para generar electricidad.
 - **Recursos de moderada entalpía**, correspondientes a sistemas que producen fluido que no llega a transformarse en una mezcla de vapor y líquido, de modo que el transporte de calor sólo se realiza en la fase líquida (61).
- **PLANTAS DE VAPOR SECO**

Se trata de plantas en operación desde hace más de cien años –más que cualquier otra tecnología de conversión geotérmica-, que utilizan recursos de vapor seco. El fluido llega a la superficie, procedente de las fracturas del suelo, es vapor en estado de saturación ligeramente sobrecalentado (vapor seco) que se dirige directamente a una turbina para producir electricidad. El esquema de funcionamiento de este tipo de plantas se refleja en la ilustración 25.

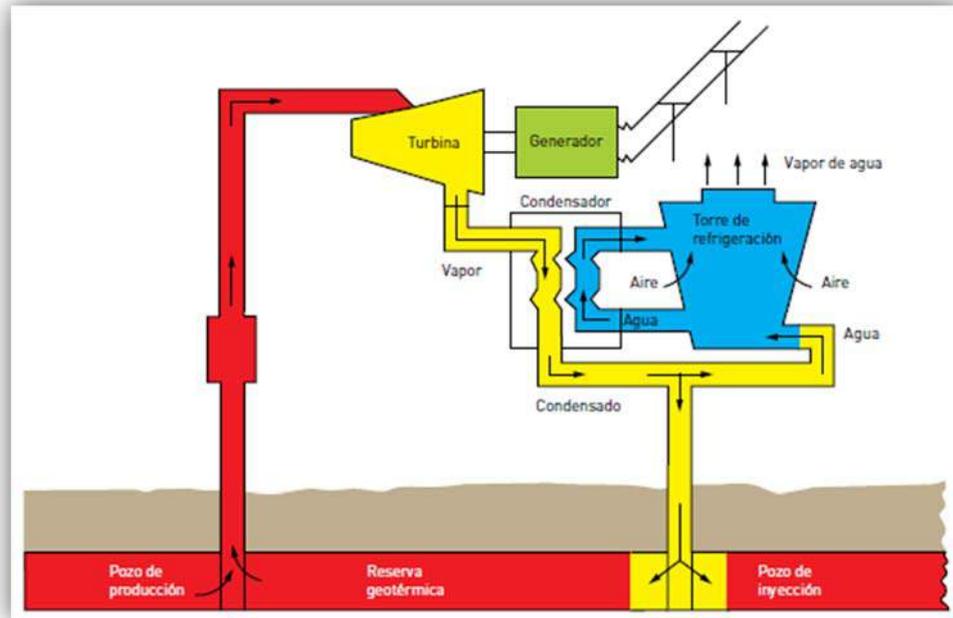


Ilustración 25: Esquema de funcionamiento de una planta de vapor seco.
Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica IDAE.

– PLANTAS FLASH

Son las indicadas para el aprovechamiento del recurso geotérmico de alta entalpía más común, consiste en una mezcla de vapor y salmuera. Normalmente, utilizan recursos que se encuentran a temperaturas situadas entre 180 y 250 °C. El fluido que llega a la superficie es una mezcla de vapor-líquido, a una presión que depende del pozo y de la temperatura del estado de saturación, por lo que es preciso, en primer lugar, separar ambas fases. Para ello, el fluido se conduce a unos separadores vapor/agua, desde donde la fracción vapor resultante se envía a una turbina para producir vapor. La fracción líquida (salmuera), que se rechaza, puede utilizarse en otras aplicaciones, como agricultura y procesos de calor industriales (61). En la ilustración 26 se muestra el funcionamiento de una planta flash.

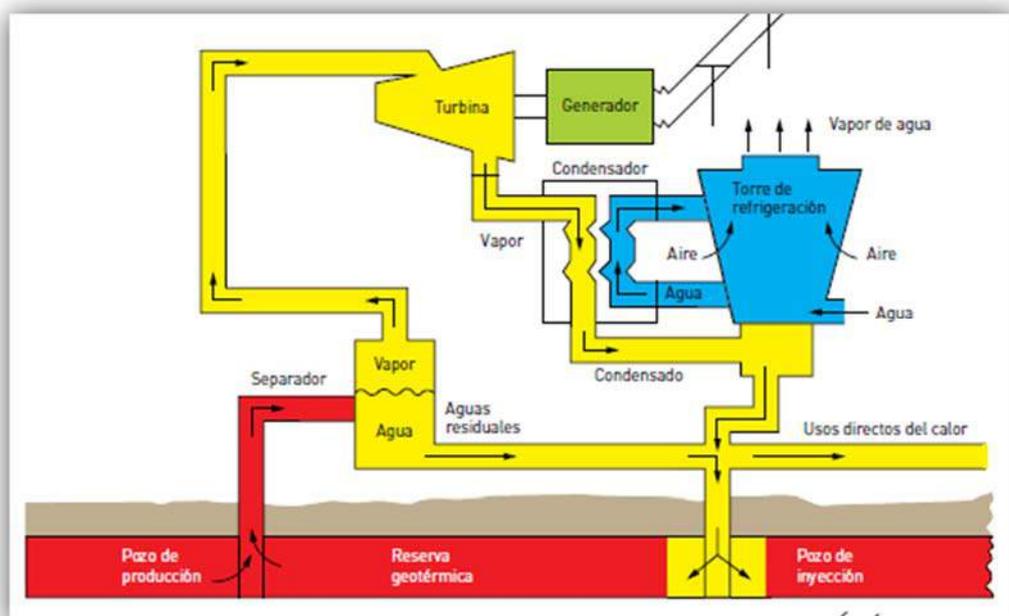


Ilustración 26: Esquema de funcionamiento de una planta flash.
Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica IDAE.

– PLANTAS DE CICLO BINARIO

Permiten extraer energía de yacimiento de media temperatura (entre 100 y 150°) y de recursos geotérmicos con elevada salinidad de forma más eficiente que las plantas flash, provocando un menor impacto ambiental al no emitir gases a la atmosfera. Se basan en evitar el uso directo del fluido termal, utilizando un fluido secundario. Cuando el fluido geotérmico tiene suficiente entalpia (>200 kcal/kg), se puede utilizar agua como fluido secundario, pero si tiene menor entalpia (yacimientos de media temperatura), se usa como fluido secundario alguno con un comportamiento termodinámico mejor (bajo punto de ebullición y alta presión de vapor a temperaturas altas) (61). El esquema de funcionamiento de una planta de ciclo binario se muestra en la ilustración 27.

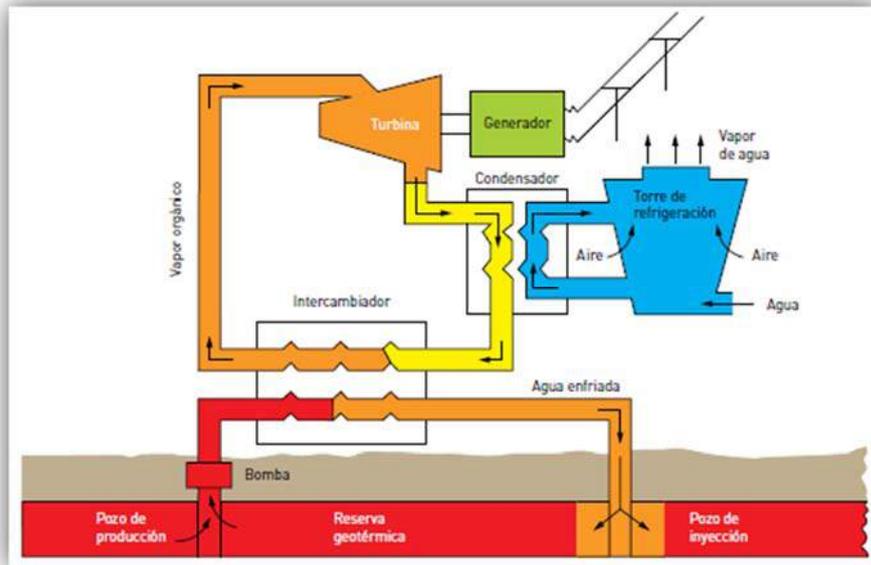


Ilustración 27: Esquema de funcionamiento de una planta de ciclo binario.
Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica IDAE.

4.3.4.2.2 USOS DIRECTOS DEL CALOR

La utilización directa o inmediata de la energía geotérmica incluye una amplia variedad de usos que abarcan piscinas climatizadas y balneoterapia, calefacción y refrigeración –incluidos los sistemas energéticos de distrito–, producción de agua caliente sanitaria (ACS), acuicultura y aplicaciones agrícolas (invernaderos y calentamiento de suelos) e industriales. El uso del calor geotérmico en aplicaciones distintas de la generación de electricidad se ha realizado, tradicionalmente, a pequeña escala, pero los continuos avances tecnológicos han permitido su aprovechamiento en proyectos urbanos e industriales de gran envergadura (61).

Las temperaturas de trabajo favorables para el aprovechamiento directo del calor geotérmico incluyen un rango muy amplio entre 30 y 150 °C, rango al que corresponden los recursos geotérmicos de baja y media entalpia, habitualmente localizados a profundidades entre 1.500 y 3.500 m, y los someros o de muy baja entalpia, incluidos los acuíferos convencionales con aguas a 15-20 °C (61).

– TECNOLOGÍAS EXISTENTES EN GEOTERMIA SOMERA

Dada su estabilidad frente a los cambios estacionales, el subsuelo, en sus primeros 100-200 m, resulta un medio adecuado para proporcionar y almacenar energía térmica. De hecho, a 10-20 m de profundidad, su temperatura se mantiene prácticamente constante, incrementándose según el gradiente geotérmico al aumentar la profundidad (3 °C cada 100 m). Las tecnologías para aprovechar esta energía almacenada en los primeros metros de la corteza terrestre son básicamente dos:

- **Bomba de calor geotérmica**, o bomba para calor de fuente terrestre (GHP: Geothermal Heat Pump).
- **Almacenamiento subterráneo de energía térmica** (UTES: Underground Thermal Energy Storage).

– **BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA**

La bomba de calor geotérmica extrae calor del subsuelo a una temperatura relativamente baja, aumentándola mediante el consumo de energía eléctrica³⁵, para posibilitar su uso posterior en sistemas de calefacción. Existe la opción de invertir el proceso e verano, inyectando en la tierra el calor absorbido en la refrigeración de la instalación a climatizar. Esta tecnología representa, en la mayoría de los casos, la única posibilidad de aprovechamiento de los recursos de muy baja entalpia ($T < 30\text{ }^{\circ}\text{C}$), asociados a la denominada *geotermia somera* y presentes en cualquier lugar del Planeta, que son los que mejor se adaptan a las necesidades de climatización de los edificios (61).

Las bombas de calor geotérmicas funcionan del mismo modo que las bombas de calor convencionales (aire-aire y aire-agua), de manera que pueden calentar, refrigerar y, si están adecuadamente equipadas, proporcionar agua caliente sanitaria.

Los sistemas que conectan la bomba de calor geotérmica con el subsuelo y permiten la extracción del terreno o su inyección en él son, básicamente, abiertos o cerrados:

- **Sistemas abiertos**, se caracterizan porque el portador del calor –el agua de subterránea- fluye libremente en el subsuelo y actúa, además de como fuente de calor, como medio para el intercambio del mismo. El principal aspecto técnico de este tipo de sistemas es el relativo a los sondeos de perforados para explotar la capa freática o los recursos de acuíferos poco profundos situados por debajo de ésta. En la mayoría de los casos, son necesarios dos sondeos, uno para extraer el agua subterránea y otro para reinyectarla en el mismo acuífero que se obtuvo (61).

En la ilustración 28 se muestran dos tipos de sistemas abiertos, en la izquierda el efluente se devuelve a un pozo de inyección y en la derecha a un río.

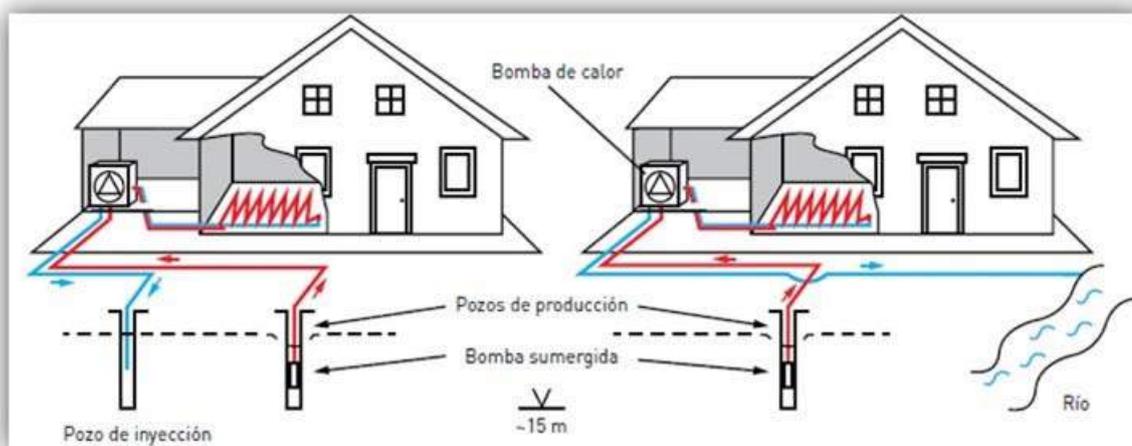


Ilustración 28: Bomba de calor geotérmica con sondeos de captación de agua.
Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica IDAE.

- **Sistemas cerrados**, se basan en el empleo de intercambiadores enterrados, con un fluido termoportador en su interior que cede la energía del subsuelo y viceversa. Son de dos tipos: horizontales y verticales (61). En la ilustración 29 se puede observar el esquema de un sistema con intercambiador de calor horizontal.

Los sistemas cerrados con intercambiador de calor horizontal son los sistemas cerrados más fáciles de instalar, si bien, en ocasiones, están sujetos a limitaciones de espacio.

³⁵ El consumo de una bomba de calor geotérmica se cifra en 0,25-03,0 kWh por cada kWh de calefacción producido (MANDS, E.; SANNER, B. Shallow Geothermal Energy. UBeG GbR, Zum Boden 6, D-35580 Wetzlar)

Las tuberías, normalmente de polietileno de 25 a 40 mm de diámetro, por las que circula el líquido de intercambio térmico- agua o agua glicolada- se instalan en zanjas a una profundidad mínima de 0,90 metros.

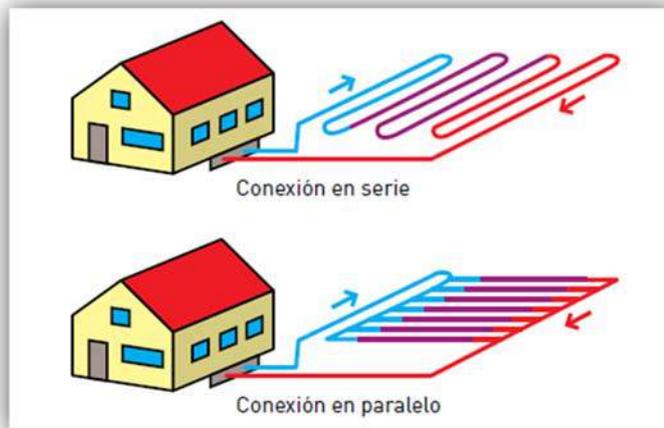


Ilustración 29: Sistema cerrado con intercambiador de calor horizontal.
Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica IDAE.

Los sistemas cerrados con intercambiador vertical suponen la perforación de sondeos de profundidad variable –normalmente entre 60 y 200 m- y pequeño diámetro- de 10 a 15 cm-, un doble tubo en el caso más sencillo- por los que circula el fluido. Estos dispositivos verticales de captación de calor se denominan sondas geotérmicas (61). En la ilustración 30 se representa un sistema cerrado con intercambiador vertical.

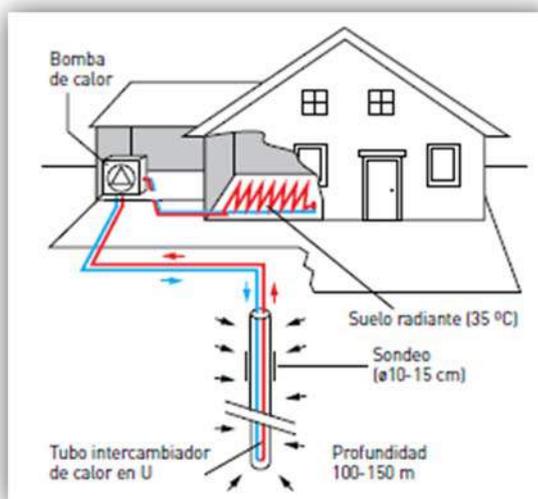


Ilustración 30: Sonda geotérmica.
Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica IDAE.

Los tubos captadores se introducen en los sondeos tras finalizar la perforación. Habitualmente, se instalan tuberías de polietileno o polipropileno, cuyo diámetro varía entre 25 y 63 mm, en función del caudal circulante y la longitud del circuito

Para el diseño de una sonda geotérmica, se requiere el conocimiento previo de la conductividad térmica del terreno, la humedad natural del suelo, la presencia o no de aguas subterráneas y el tipo de la instalación prevista. Además, resulta clave la potencia de extracción de calor por metro lineal de sonda. En los casos en que se precisen potencias mayores a las habituales –entre 20 y 70 W/m-, pueden emplearse campos de sondas geotérmicas, en número de 4 a 50, con profundidades que oscilan entre 50 y 200 metros, dependiendo de la potencia requerida y de las condiciones geológicas locales (61).

Los tubos captadores pueden instalarse de diversas maneras en el interior del sondeo, pudiendo considerarse dos tipos básicos de intercambiadores verticales: con tubos en U y con tubos coaxiales.

El **sistema de captación en U** consiste en un par de tubos unidos en la base mediante un codo de 180 °, cuyas salidas se conectan al circuito primario de las bombas de calor geotérmicas. En cada sondeo pueden instalarse, dependiendo de su diámetro de perforación, hasta cuatro pares de tubos en U. En la ilustración 31 se reflejan diversos sistemas de captación en U.



Ilustración 31: Tipos de instalación de tubos captadores verticales en sondas geotérmicas.
Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica IDAE.

En los **sistemas de tubos coaxiales**, el sistema de captación, en su disposición más simple, consta de dos tubos concéntricos de diferente diámetro.

Una variante de este sistema son las **cimentaciones energéticas**, que aprovechan las cimentaciones profundas de los edificios para captar y disipar la energía térmica del terreno. En este caso, los propios pilotes de la cimentación actúan como sondas geotérmicas, convirtiendo a la estructura en un campo de ellas (61). Ver ilustración 32.

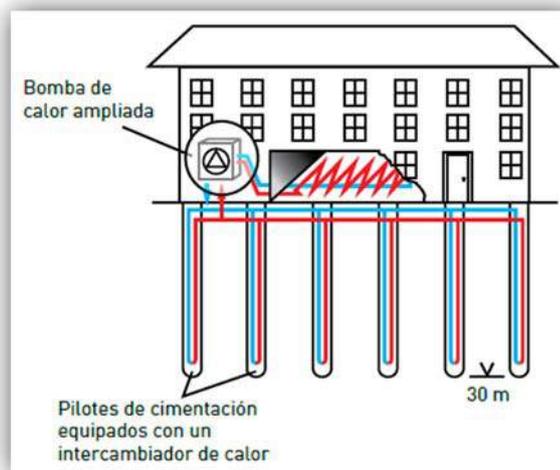
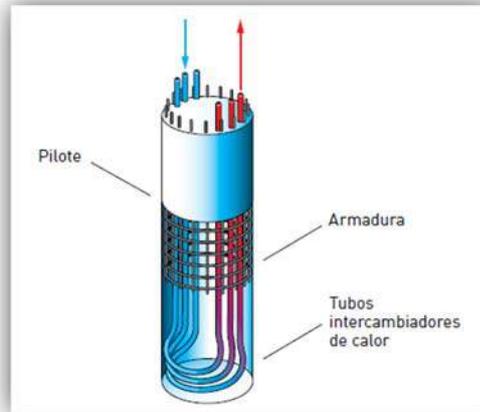


Ilustración 32: Sistema de cimentaciones energéticas.
Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica IDAE.

En estos sistemas, también denominados *cimientos geotérmicos*, *energéticos* o *termoactivos*, *geoestructuras* o *pilotes intercambiadores de calor*, se inserta, en la totalidad o en una parte de los pilotes, una red de tubos de polietileno, propileno o PVC, que se conforman como conductos en U y por los que se hace circular agua con un anticongelante, que se conectan en un circuito cerrado a una bomba de calor o a una máquina de refrigeración.

En cada pilote, sujetos a la armadura metálica de éste, pueden situarse varios pares de tubos independientes. Ver ilustración 33.

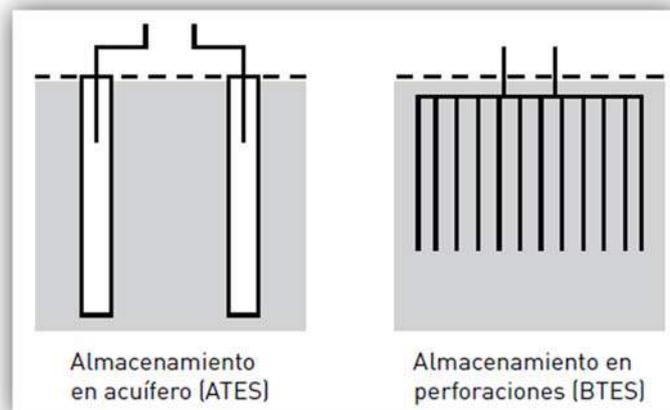


*Ilustración 33: Tubos intercambiadores de calor integrados en un pilote de cimentación.
Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica IDAE.*

– **ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO DE ENERGÍA TÉRMICA (UTES)**

En estos sistemas, se almacena calor, frío o ambos bajo tierra. Los métodos de conexión con el subsuelo incluyen, como en el caso de bomba de calor geotérmica, sistemas abiertos (ATES) o sistemas cerrados (BTES) (61). El esquema de estos sistemas se representa en la ilustración 34.

- **Almacenamiento en acuíferos (ATES: Aquifer Thermal Energy Storage)**, en estos sistemas, en los que el agua subterránea es el medio de transporte del calor, se caracterizan por su alta porosidad, su media a baja conductividad y transmisividad hidráulicas y su reducido o nulo flujo de aguas subterráneas. Son un ejemplo los acuíferos porosos en arenas, gravas y eskers, y los acuíferos fracturados en calizas, areniscas y rocas ígneas o metamórficas.
- **Almacenamiento en perforaciones (BTES: Borehole Thermal Energy Storage)**, los almacenes de este tipo incluyen perforaciones y tuberías, y requieren un terreno con alto calor específico, conductividad térmica media y ausencia de flujo de agua subterránea. Sedimentos como esquistos, margas o arcillas; calizas, areniscas y otros; rocas ígneas como granito o gabbro, y algunas rocas metamórficas como gneis, son ejemplos de estos sistemas de almacenamiento.



*Ilustración 34: Sistemas de almacenamiento subterráneo del calor geotérmico.
Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica IDAE.*

4.3.4.3 INSTALACIONES EN GALICIA

En la página web del INEGA (57) no aparece ninguna información sobre centrales de generación de energía eléctrica o energía térmica a partir de energía geotérmica.

4.3.5 ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

4.3.5.1 INTRODUCCIÓN

La energía hidroeléctrica es una fuente de energía renovable que genera electricidad a partir de la energía del agua cuando ésta desciende de nivel. Es una tecnología probada, madura, predecible y competitiva en términos del costo. La energía mecánica de las cascadas es un medio antiguo, utilizado para el desempeño de diversas actividades desde los tiempos de la Grecia antigua, hace más de 2.000 años. La construcción de la primera central hidroeléctrica de 12,5 kW del mundo entró en funcionamiento sobre el Río Fox, en la central Vulcan Street en Appleton, Wisconsin (Estados Unidos), el 30 de septiembre de 1882. Aunque actualmente la función principal de la energía hidroeléctrica en materia de suministro mundial de energía consiste en generar electricidad en régimen centralizado, las centrales hidroeléctricas pueden funcionar también de manera aislada y abastecer a sistemas independientes, a menudo situados en las zonas rurales y apartadas de nuestro planeta (3).

El potencial técnico mundial de la generación hidroeléctrica se cifra en 14.576 TWh (52,47 EJ) anuales, con un potencial de capacidad total estimado de 3.721 GW anuales, es decir, el cuádruplo de la capacidad hidroeléctrica mundial actualmente instalada. La capacidad no aprovechada varía entre un 47% en Europa y un 92% en África, porcentajes que denotan un amplio margen y una diversidad geográfica de oportunidades de desarrollo hidroeléctrico en todo el mundo (3).

4.3.5.2 TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES

Los proyectos hidroeléctricos suelen estar diseñados en respuesta a determinadas necesidades y condiciones del emplazamiento concretas, y se clasifican en función del tipo de proyecto, la altura del agua (es decir, la altura vertical del agua por encima de las turbinas) o la finalidad (única o múltiple). Las categorías en función del tamaño (capacidad instalada) están basadas en las definiciones nacionales y difieren según el país, debido a la diversidad de las políticas adoptadas. No hay ningún vínculo inmediato directo entre la capacidad instalada, como criterio de clasificación, y las propiedades generales comunes a todas las centrales hidroeléctricas por encima o por debajo de ese límite de megavatio (3).

En conjunto, la clasificación en función del tamaño, pese a ser habitual y simple a efectos administrativos, es hasta cierto punto arbitraria: ciertos conceptos generales, como "pequeño" o "grande" no son indicadores técnica o científicamente rigurosos de un impacto, resultado económico o característico (3).

Sería posiblemente más útil evaluar un proyecto hidroeléctrico en función de su sostenibilidad o de su rendimiento económico, en cuyo caso los indicadores utilizados serían más realistas. En conjunto, los impactos medioambientales y sociales relativos del desarrollo de centrales hidroeléctricas de gran o pequeña escala siguen siendo vagos, y dependen del contexto (3).

Las centrales hidroeléctricas reflejan básicamente tres tipos de proyectos: centrales de corriente fluvial, de almacenamiento y de almacenamiento por bombeo. Las centrales de corriente fluvial están situadas en pequeñas cuencas y carecen de capacidad de almacenamiento. En ellas, por consiguiente, la producción eléctrica refleja el ciclo hidrológico de la cuenca de drenaje. En las centrales de corriente fluvial, la producción de electricidad varía en función de la disponibilidad del agua, por lo que pueden ser utilizadas como fuentes de energía variables en ríos pequeños, o como centrales eléctricas de carga base en ríos de gran tamaño. Las centrales de corriente fluvial de gran escala pueden adolecer de limitaciones para regular el caudal de agua, y si operan en cascadas, al unísono con otras centrales hidroeléctricas de almacenamiento en tramos superiores de la corriente, pueden contribuir a regular y equilibrar en conjunto un parque de centrales hidroeléctricas. Una cuarta categoría, la tecnología "sobre río" (hidrocínética), está menos avanzada y funciona como la central de corriente fluvial sin mecanismos de regulación (3).

Los proyectos hidroeléctricos provistos de un embalse (energía eléctrica de almacenamiento) prestan diversos servicios energéticos (carga base, suministro en picos, almacenamiento de energía), y operan como reguladores de otras fuentes. Además, ofrecen a menudo servicios que no se limitan al sector de la energía, como el control de las crecidas, el abastecimiento de agua, la navegación, el turismo y el regadío. Las centrales de almacenamiento por bombeo almacenan agua como fuente de producción de electricidad. Invertiendo el flujo de agua es posible producir energía eléctrica en respuesta a la demanda, con un tiempo de respuesta muy breve. El almacenamiento por bombeo constituye actualmente la modalidad de almacenamiento de energía con mayor capacidad disponible en las redes eléctricas (3).

Un ejemplo de una central hidroeléctrica de bombeo, aunque no pura, es la central Hidroeólica de El Hierro, propiedad de la empresa Gorona del Viento El Hierro, S.A.³⁶, que está participada por el Cabildo de El Hierro en un 60%, Endesa en un 30% y el Instituto Tecnológico de Canarias en un 10%, puesta en marcha el 27 de junio de 2014.

La demanda eléctrica prevista para el diseño, en el año 2015, es de 48 GWh, basada en la planificación energética de Canarias. La demanda eléctrica en el año 2005 fue de 35 GWh, y la potencia eléctrica instalada (diésel) 11,36 MW.

El proyecto hidroeólico integra un parque eólico, un grupo de bombeo y una central hidroeléctrica. El parque eólico es capaz de suministrar energía eléctrica directamente a la red y, simultáneamente, alimentar a un grupo de bombeo que embalse agua en un depósito elevado, como sistema de almacenamiento energético. La central hidroeléctrica aprovecha la energía potencial almacenada, garantizando el suministro eléctrico y la estabilidad de la red. Ver ilustración 35.

Con el sistema hidroeólico, en definitiva, se consigue transformar una fuente de energía intermitente en un suministro controlado y constante de electricidad, maximizando el aprovechamiento de la energía eólica. La mayor parte de la energía vertida a la red de distribución de la isla provendrá de la central hidroeléctrica, utilizándose la mayoría de la energía eólica generada para alimentar el sistema de bombeo y, por tanto, ser almacenada en forma de energía potencial en el depósito superior, lo que garantiza la estabilidad de la red de distribución. El excedente de energía eólica se verterá directamente a la red, sirviendo para la desalación de agua en las dos plantas que tiene El Hierro para ese efecto.

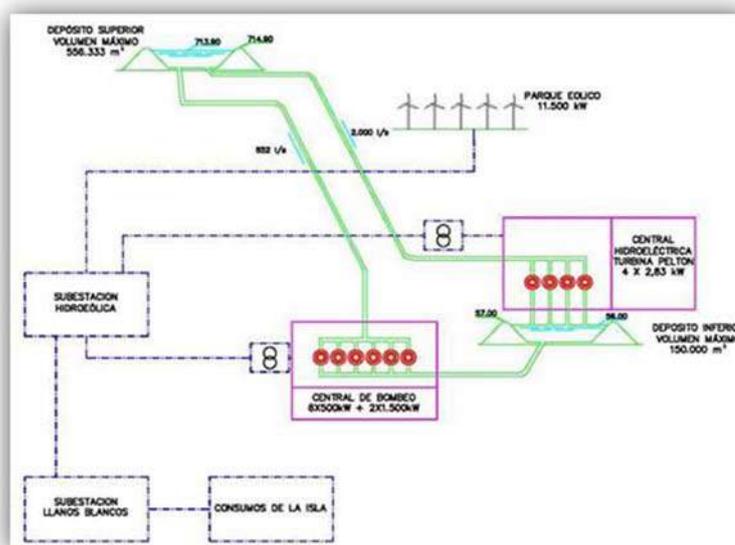


Ilustración 35: Esquema de principio de la Central Hidroeólica de El Hierro.
Fuente: Cabildo de El Hierro.

4.3.5.3 INSTALACIONES EN GALICIA

El R.D. 413/2014 (62), de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, que entró en vigor el 11 de junio de 2014, clasifica a las centrales hidroeléctricas en función de que su potencia instalada no sea superior a 10 MW, grupo b.4, o que sea superior a 10 MW, grupo b.5.

De acuerdo a la información que figura en la página web del INEGA (57), las centrales hidroeléctricas denominadas Gran Hidráulica³⁷, aquellas que tienen una potencia instalada superior a 10 MW, para producción de electricidad, en Galicia son las que se relacionan en la tabla 30. La potencia total instalada es de 3.336 MW. Ourense es la provincia con mayor número de centrales y potencia instalada.

³⁶ <http://www.goronadelviento.es/>

³⁷ A fecha octubre de 2014.

Tabla 30: Centrales de Gran Hidráulica en Galicia.

PROVINCIA	Nº CENTRALES	POTENCIA TOTAL (kW)	% S/POTENCIA TOTAL
ACORUÑA	7	292.804	8,78%
LUGO	8	585.080	17,54%
OURENSE	24	2.312.220	69,30%
PONTEVEDRA	5	146.407	4,39%
TOTAL	44	3.336.511	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGA.

Según la fuente anterior, las centrales hidroeléctricas denominadas Minihidráulicas³⁸, aquellas cuya potencia instalada no sea superior a 10 MW, para producción de electricidad, en Galicia son las que se relacionan en la tabla 31.

La potencia total instalada es de 303 MW. Ourense es la provincia con mayor número de centrales y Pontevedra es la que dispone de la mayor potencia instalada.

Tabla 31: Centrales Minihidráulicas en Galicia.

PROVINCIA	Nº CENTRALES	POTENCIA TOTAL (kW)	% S/POTENCIA TOTAL
ACORUÑA	35	82.953	27,34%
LUGO	27	38.033	12,53%
OURENSE	29	91.185	30,05%
PONTEVEDRA	27	91.289	30,08%
TOTAL	118	303.460	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGA.

4.3.6 ENERGÍA OCEÁNICA

4.3.6.1 INTRODUCCIÓN

La energía oceánica puede definirse como la energía obtenida mediante tecnologías que utilizan el agua del mar como elemento impulsor, o que explotan el potencial químico o calórico del agua. Los recursos oceánicos de la energía renovable provienen de seis fuentes distintas, todas ellas de origen distinto, y aptas para tecnologías de conversión diferentes (3). Entre ellas cabe mencionar las siguientes:

La **energía del oleaje**, obtenida por transferencia de la energía cinética del viento a la superficie del océano. Su potencia teórica total se cifra en 32.000 TWh/año (115 EJ/año), aunque el potencial técnico es probablemente bastante menor, y dependerá del grado de desarrollo alcanzado (3).

La **amplitud de la marea (ascenso y descenso de las mareas)**, obtenida por efecto de las fuerzas gravitacionales del sistema Sol-Tierra-Luna. El potencial teórico mundial de la energía de las mareas representa entre 1 y 3 TW, y está vinculado a masas de agua relativamente someras. Es probable que, en este caso, el potencial técnico sea bastante menor que el teórico (3).

Las **corrientes de marea**, resultantes del caudal de agua que ocasiona el llenado y vaciado de las regiones costeras que experimentan las mareas. A nivel regional, el potencial técnico actual de las mareas se ha estimado en 48 TWh/año (0,17 EJ) para Europa, y en 30 TWh/año (0,11EJ/año) para China. Se han identificado enclaves comercialmente atractivos en la República de Corea, Canadá, Japón, Filipinas, Nueva Zelanda y América del Sur (3).

Las **corrientes oceánicas**, movidas por la circulación oceánica de origen eólico y termohalino. El sistema que mejor caracteriza las corrientes oceánicas es la Corriente del Golfo en América del Norte, donde la corriente de Florida presenta un potencial técnico de 25 GW de capacidad eléctrica. Otras regiones oceánicas con un régimen de circulación prometedor son las corrientes de Agulhas (Mozambique) frente a las costas de Sudáfrica, la corriente de Kuroshio frente a las costas del Asia oriental, y la corriente de Australia oriental (3).

La **conversión de la energía térmica de los océanos (OTEC)**, obtenida a partir de las diferencias de temperatura que existen entre la energía solar almacenada como calor en las capas superiores del océano

³⁸ A fecha octubre de 2014.

y en las más frías, generalmente a profundidades inferiores a 1.000 m. Aunque la densidad de la energía de la OTEC es relativamente baja, su potencial total es muy superior al de otras modalidades de energía oceánica. Según un estudio realizado en 2007, podría generar en torno a 44.000 TWh/año (159 EJ/año) de potencia en estado estacionario (3).

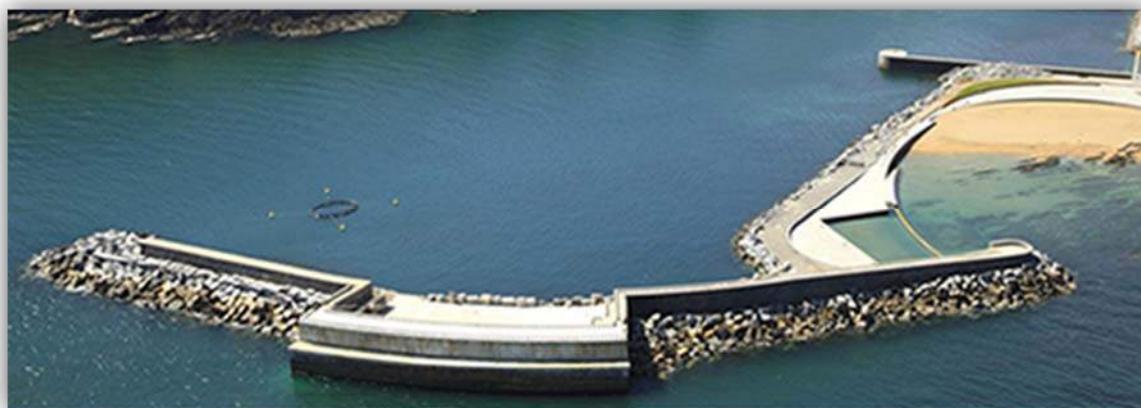
Los **gradientes de salinidad** (energía osmótica), resultantes de las diferencias de salinidad entre el agua dulce y el agua del océano en las desembocaduras fluviales. Se estima para este recurso un potencial teórico de 1.650 TWh/año (6 EJ/año) (3).

4.3.6.2 TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES

En la actualidad, el estado de desarrollo de las tecnologías de energía oceánica varía desde la etapa conceptual y puramente de I+D hasta la etapa de prototipo y demostración, y solo la tecnología de la amplitud de la marea puede considerarse madura. Existen actualmente numerosas opciones tecnológicas para cada fuente de energía oceánica y, con la excepción de las presas de amplitud de la marea, la convergencia entre ellas no se ha materializado todavía. Durante los cuatro últimos decenios, otras industrias marinas (principalmente, el petróleo y el gas aguas adentro) han avanzado considerablemente en las esferas de materiales, construcción, corrosión, cables submarinos y comunicaciones. Se espera que la energía oceánica se beneficie directamente de esos progresos (3).

Se han concebido, y en muchos casos demostrado, numerosas tecnologías representativas de la energía del oleaje de diversos principios de funcionamiento, encaminadas a convertir la energía de las olas en otra forma utilizable de energía. Las principales variables son el método de interacción de las olas en función de sus respectivos tipos de movimiento (movimiento vertical, oleada, cabeceo), altura (altas, medias, bajas) y distancia de la orilla (costeras, cercanas a la costa, alejadas de la costa). Las tecnologías de energía del oleaje pueden clasificarse en tres grupos: columna de agua oscilante (CAO: en tierra, flotante), cuerpos oscilantes (flotantes en superficie o sumergidos), y captadores de olas (costeros, flotantes) (3).

Las tecnologías de columna de agua oscilante se pueden emplear en los diques de los puertos, véase la ilustración 36, cerca de la costa y en mar abierto. El efecto consiste en aprovechar el flujo de aires generado por el movimiento alternativo natural del agua del mar, que provoca el accionamiento de una turbina de tipo Well, que es la que genera la electricidad. El mecanismo es el siguiente: cuando el nivel de agua sube, el aire es forzado hacia arriba a través de una turbina que gira e impulsa al generador. Al caer, el aire es succionado de nuevo a la atmosfera para llenar el vacío, activándose nuevamente el generador (63).



*Ilustración 36: Dispositivo de Columna de Agua Oscilante. Mutriku.
Fuente: Ente Vasco de la Energía.*

Los dispositivos de cuerpos oscilantes (OWSC), ilustración 37, se instalan generalmente en ubicaciones cercanas a la costa, donde el movimiento de las partículas agua se hace más de forma elipsoidal, utilizan el movimiento de las olas para inducir movimientos oscilantes de un cuerpo en la dirección horizontal. Los dispositivos OWSC se fijan directamente al fondo del mar. Los flotantes están en fase de desarrollo (63).



*Ilustración 37: Dispositivo Waveroller.
Fuente: Ocean Energy: State of the Art.*

Un dispositivo del tipo de captador de olas es el *Pelamis*, ilustración 38, utiliza la energía de las olas para inducir un movimiento oscilatorio entre dos (o más) componentes estructurales adyacentes. A este movimiento se oponen unos cilindros hidráulicos que bombean un fluido hidráulico a alta presión para generar electricidad.

Este tipo de dispositivos convertidores de energía de las olas pueden ser flotantes en superficie o totalmente sumergido, el primero es más común (63).



*Ilustración 38: Dispositivo Pelamis.
Fuente: <http://www.iberdrola.es/>*

La energía de la amplitud de la marea puede ser explotada adaptando las presas hidroeléctricas fluviales a entornos de estuario en los que el estuario está circundado por una presa de derivación. Este puede generar electricidad tanto en el ascenso como en el descenso de la marea, y en el futuro algunas presas de derivación podrán estar distribuidas en múltiples cuencas para permitir una generación prácticamente continua. Las modalidades técnicas más recientes son las "lagunas de marea" autónomas aguas adentro (3).

La central mareomotriz de La Rance, ilustración 39, construida en 1966, está situada en la desembocadura de La Rance, en Ille-et-Vilaine. La Rance tiene una potencia instalada de 240 MW, repartidos en 24 turbinas de 10 MW. Su producción mundial es de 500 GWh/a. La media entre la altura de la bajamar y de la pleamar es de 12 metros, alcanzando en los momentos máximos 14 metros.



*Ilustración 39: Central mareomotriz de La Rance. Francia.
Fuente: <https://edf.fr>.*

Se están desarrollando también tecnologías que explotan la energía de las corrientes de marea y oceánicas, pero las turbinas de marea están más avanzadas. Algunas de las tecnologías de energía mareomotriz y de corrientes oceánicas son similares a los aerogeneradores avanzados, pero las turbinas submarinas deben gestionar también la inversión del fluido, la cavitación en el extremo de los álabes, y unas condiciones submarinas rigurosas. Las corrientes de marea tienden a ser bidireccionales, varían con el ciclo de las mareas, y fluyen con relativa rapidez en comparación con las corrientes oceánicas, que suelen ser unidireccionales y de avance lento, aunque continuo. Atendiendo a sus principios de funcionamiento, los convertidores se clasifican en turbinas de flujo axial, turbinas de flujo transversal y dispositivos de acción recíproca (3).

Las turbinas de eje horizontal, ilustración 40, utilizan la rotación generada por las palas para girar un rotor. La energía se extrae del flujo de marea y provoca la rotación de una turbina montada sobre un eje horizontal. La rotación se convierte en energía eléctrica a través del uso de un generador (63).



*Ilustración 40: Turbina de eje horizontal.
Fuente: <http://www.tidalenergytld.com/>*

Las turbinas de tipo tornillo helicoidal, ilustración 41, son una variación en turbinas de eje vertical que extraen la energía de la corriente de la marea como un flujo de agua a través de la hélice (63).



*Ilustración 41: Dispositivo Tornillo Helicoidal.
Fuente: Ocean Energy: State of the Art.*

Para generar electricidad, las centrales de conversión de energía térmica de los océanos (OTEC) explotan la diferencia de temperatura entre el agua marina cálida de la superficie del océano y el agua fría de sus profundidades (el nivel de referencia suele ser una profundidad de 1.000 m). Los sistemas de OTEC de ciclo abierto utilizan directamente agua de mar como fluido circulante, mientras que los de ciclo cerrado utilizan intercambiadores de calor y un fluido secundario (por lo general, amoníaco) para accionar una turbina. Los sistemas híbridos operan tanto en ciclo abierto como en ciclo cerrado. Aunque se ha sometido a prueba las tecnologías de OTEC, se ha tropezado con problemas por lo que respecta al mantenimiento del vacío, a las incrustaciones en el intercambiador de calor y a la corrosión. Las investigaciones están actualmente centradas en resolver esos problemas (3).

El gradiente de salinidad que existe entre el agua dulce de los ríos y el agua del mar puede ser explotado como fuente de energía eléctrica con al menos dos variantes que se encuentran en fase de desarrollo. El proceso de electrodiálisis inversa consiste en utilizar como fuerza motriz la diferencia del potencial químico entre dos soluciones. La presión osmótica retrasada, denominada también proceso de energía osmótica, está basada en el concepto de ósmosis natural, que es un potencial de presión hidráulica originado por la tendencia del agua dulce a mezclarse con el agua del mar por efecto de las diferentes concentraciones salinas (3).

4.3.6.3 INSTALACIONES EN GALICIA

En la página web del INEGA (57) no aparece ninguna información sobre centrales de generación de energía mediante estas tecnologías.

La Demarcación de Costas del Estado en Galicia, publicó un anuncio en el Boletín Oficial de la Provincia de A Coruña³⁹ referente a solicitud, por parte del INEGA, para la creación de una zona experimental en las inmediaciones del puerto exterior (T.M. Arteixo), para testar dispositivos que aprovechen las energías del mar para crear electricidad, fundamentalmente la energía de las olas.

De acuerdo a la información que figura en la página web de Norvento, esta empresa instaló un prototipo experimental para aprovechar la energía de las olas en el puerto de Bueu, en la ría de Pontevedra, dentro de un proyecto subvencionado por la Agencia Galega de Innovación. La ubicación fue seleccionada tras un análisis del clima marino de diferentes rías en base a datos de vientos, olas y de batimetría. El prototipo permanecerá fondeado dos meses recabando datos, en esta primera fase del estudio, la energía generada se disipará allí mismo, aunque el objetivo final será canalizarla a tierra (64).

El prototipo se fondeó el 23 de septiembre de 2014, ilustración 42, y estaría fondeado durante dos meses, de acuerdo a la información publicada en el diario Faro de Vigo. Este prototipo es un modelo a escala y se estima que la superficie del desarrollo definitivo podría ser el de una batea. Este sistema está concebido para ser fondeado *off shore* o fuera de las rías para no interferir en la actividad pesquera y marisquera (64).

³⁹ El 12 de agosto de 2014.

Nos hemos puesto en contacto⁴⁰ con NORVENTO para solicitar información sobre las características del prototipo y si permanece fondeado o no, y aún no hemos recibido contestación alguna al respecto (64).



Ilustración 42: Prototipo de Norvento puerto Bueu.
Fuente: <http://www.norvento.com/>

No obstante lo anteriormente expuesto, la Estrategia para la investigación e innovación en Galicia basada en el concepto de Especialización Inteligente (Estrategia RIS3Galicia) en su prioridad P.1.3 Biomasa y Energías Marinas refleja que una de los principales factores de la competitividad de gallega radica en la abundancia de recursos naturales. Entre ellos destacan, por su potencial de crecimiento y por su capacidad para generar riqueza en el territorio y posicionar a Galicia como referente global, la biomasa y los recursos energéticos procedentes del mar (65).

Galicia presenta unas condiciones naturales excelentes para la explotación de las energías procedentes del mar, y cuenta con un tejido industrial fuerte en tecnologías navales que podría encontrar en este aspecto una senda de diversificación de cara un nuevo nicho de mercado (65).

Las áreas de mejora deben estar relacionadas con todas las fases de la cadena productiva, de ahí que se apoyará el desarrollo de las tecnologías asociadas al aprovechamiento energético del medio marino (concretamente a la energía de la olas u undimotriz, a la de las corrientes marinas y a la eólica *off-shore*) que permitirá aprovechar las sinergias del conocimiento y la capacitación otros sectores gallegos como el naval, el eléctrico, para su exportación a aquellos países donde el aprovechamiento energético es una oportunidad de negocio y cualquier otra área de mejora que permita mejorar la competitividad y generar empleo (65).

4.3.7 ENERGÍA EÓLICA

4.3.7.1 INTRODUCCIÓN

La energía eólica viene utilizándose desde hace milenios para aplicaciones muy diversas. Sin embargo, la utilización de la energía eólica para generar electricidad a escala comercial solo empezó a ser viable en los años setenta, como resultado de los avances técnicos y el apoyo de los gobiernos. Hay varias tecnologías eólicas disponibles para aplicaciones muy diversas pero, en lo que respecta a la mitigación del cambio climático, la energía eólica se utiliza principalmente para generar electricidad mediante turbinas eólicas de gran tamaño conectadas a la red, instaladas en tierra firme, o en agua marina o agua dulce ("aguas adentro") (3).

El potencial técnico mundial de la energía eólica no es un valor inamovible, sino que está vinculado al estado de la tecnología y a los supuestos que se adopten con respecto a otros factores limitadores de su

⁴⁰ El 18 de diciembre de 2015.

desarrollo. No obstante, mediante un número creciente de evaluaciones mundiales se ha constatado que, a nivel mundial, el potencial técnico es superior a la producción actual de energía eléctrica (3).

No se ha desarrollado todavía ninguna metodología normalizada para estimar el potencial técnico de la energía eólica: la diversidad de datos, métodos, supuestos e incluso definiciones de ese concepto dificultan las comparaciones. Según el CIE, el potencial técnico de la energía eólica en tierra se cifra en 180 EJ/año (50.000 TWh/año). Otras estimaciones, basadas en un número relativamente mayor de limitaciones a su desarrollo, cifran el potencial entre un mínimo de 70 EJ/año (19.400 TWh/año) (únicamente en tierra) y un máximo de 450 EJ/año (125.000 TWh/año) (en tierra y en la costa). Esta horquilla de valores representa aproximadamente entre una y seis veces la producción mundial de electricidad generada en 2008 (3).

4.3.7.2 TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES

Las turbinas eólicas comerciales conectadas a la red han evolucionado, pasando de ser simples aparatos pequeños hasta dispositivos de gran tamaño muy sofisticados. Esos avances tecnológicos se han logrado gracias a los conocimientos científicos y técnicos, así como a las mejoras conseguidas en herramientas de computación, normas de diseño, métodos de fabricación, y procedimientos de funcionamiento y mantenimiento (3).

A fin de generar electricidad a partir del viento es necesario que la energía cinética del aire se transforme en energía eléctrica, y el sector se esfuerza por encontrar soluciones técnicas que permitan diseñar aerogeneradores y centrales eléctricas rentables. Aunque se han investigado configuraciones de turbinas muy diversas, las disponibles en el mercado son principalmente dispositivos de eje horizontal provistos de tres álabes e instalados en la parte frontal de una torre. En el intento por reducir el costo nivelado de la energía eólica, el tamaño habitual de las turbinas eólicas ha aumentado considerablemente, y en 2009, la mayor parte de las turbinas eólicas en tierra instaladas en el mundo tenían una capacidad nominal de entre 1,5 y 2,5 MW. A partir de 2010, las turbinas eólicas en tierra estaban normalmente instaladas en torres de 50 m a 100 m de altura, con unos rotores de entre 50 m y 100 m de diámetro; hay en funcionamiento dispositivos comerciales con diámetros de rotor y alturas de torre superiores a los 125 m, y se están desarrollando incluso instalaciones de mayor tamaño, véase la ilustración 43. La tecnología de la energía eólica en tierra está siendo ya implementada a nivel comercial, e implantada en gran escala (3).

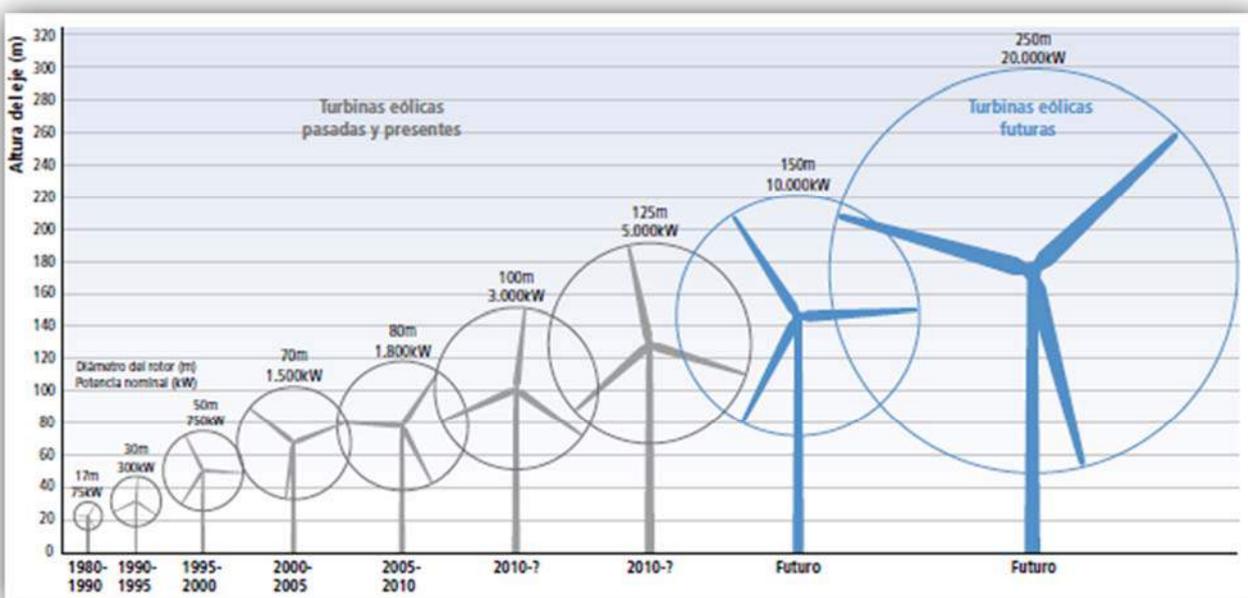


Ilustración 43: Aumento del tamaño de las turbinas eólicas comerciales.
Fuente: Fuentes de Energías Renovables y Mitigación del Cambio Climático (3).

La tecnología de la energía eólica aguas adentro ha evolucionado menos que la energía eólica en tierra, y sus costos de inversión son mayores. La menor disponibilidad de esas centrales y su mayor costo de funcionamiento y mantenimiento han sido también frecuentes, debido no solo al estado menos avanzado de la tecnología, sino también a las mayores dificultades logísticas que traen aparejadas el mantenimiento y cuidado de las turbinas aguas adentro. Con todo, la energía eólica aguas adentro suscita un interés considerable en la UE y, cada vez más, en otras regiones. La principal razón para desarrollar la energía eólica aguas adentro es la posibilidad de acceder a un acervo más amplio de recursos eólicos en zonas

en que el desarrollo de esa energía está limitado por el potencial técnico y/o por conflictos con otros usos de la tierra en las fases de planificación y emplazamiento. Otras finalidades pueden consistir en mejorar la calidad de los recursos eólicos marinos; utilizar turbinas eólicas de mayor tamaño, y conseguir de ese modo economías de escala adicionales; construir centrales eléctricas de mayor tamaño que en tierra, obteniendo así economías de escala a nivel de instalación, y reducir la necesidad de ampliar la infraestructura de transmisión terrestre para acceder a la energía eólica desde grandes distancias. Hasta la fecha, la tecnología de turbinas eólicas aguas adentro ha sido muy similar a la de los diseños en tierra, con algunas modificaciones, además de un sistema de anclaje especial. A medida que se adquiere experiencia, es de esperar que las instalaciones se adentren en profundidad y exploten unos regímenes de viento más intensos. La tecnología de la energía eólica, específicamente adaptada para las aplicaciones aguas adentro, prevalecerá a medida que se amplíe ese mercado, en el que previsiblemente llegarán a predominar las turbinas de gran tamaño, con una potencia de entre 5 y 10 MW (3).

Existen diferentes definiciones de "pequeñas" turbinas de viento, pero la tercera revisión del diseño internacional minieólica norma IEC 61400-2 las define como las turbinas de viento con una superficie de rotor barrida a menos de 200 m². Esta definición corresponde a aproximadamente 50 kilovatios (kW) de capacidad de generación nominal o menos (66) La IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) clasifica como aerogeneradores pequeños (AP) a aquellos que tienen un área de barrido del rotor menor o igual a 200 m², y que generan electricidad a una tensión inferior a 1.000 V en corriente alterna o de 1.500 V en corriente continua para aplicaciones en red y fuera de red. A éstos aerogeneradores se aplica la Norma IEC61400-2. Para el resto de los aerogeneradores se aplica la Norma IEC 61400-1.

Ahora bien, en los distintos programas de fomento de la energía eólica de pequeña potencia que existen hoy en día, el límite de pequeña potencia considerado es variado (en Italia 200 kW, en España 100 kW, en Portugal 3,4 kW, etc.) (67).

Como consecuencia de la clasificación de las turbinas de viento diversas asociaciones y fabricantes instan a definir el Sector denominado *media potencia eólica*. En EE.UU la media potencia incluye aerogeneradores de potencias nominales entre 0,1 MW y 1 MW. Véase la ilustración 44.

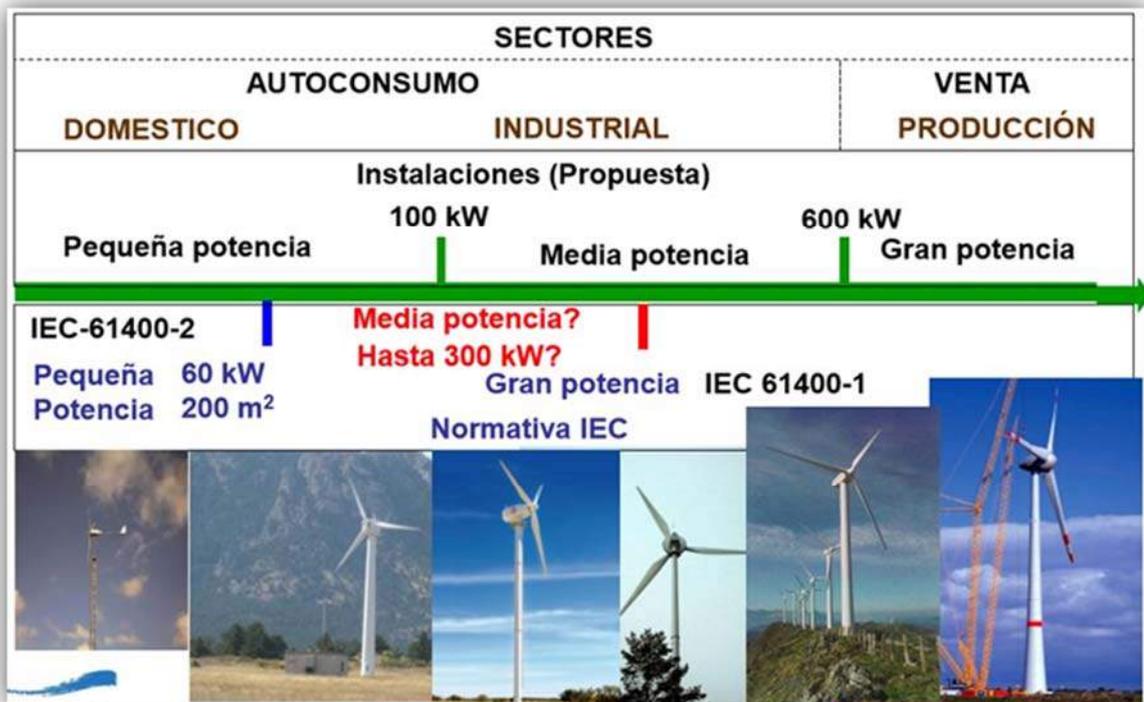


Ilustración 44: Propuesta definición de media potencia eólica.
 Fuente: La energía eólica de media potencia (68).

El fundamento de estas instalaciones es generar *in situ* y mediante energías renovables parte de la energía eléctrica que necesita el consumidor industrial o comercial (68).

Por tanto, estas aplicaciones cuentan con las siguientes ventajas (68):

- **Para el propietario de la instalación:**
 - o Reduce su factura eléctrica.
 - o Mejora su imagen como empresa u organización.
- **Para el sistema eléctrico:**
 - o Se reducen las pérdidas de transporte y distribución.
 - o Aumenta la penetración de las energías renovables sin necesidad de nuevas infraestructuras eléctricas.
 - o Mejora la calidad del suministro en la red de distribución (con las prestaciones de los aerogeneradores de última generación).
- **Para la sociedad en general:**
 - o Se reducen las emisiones y el impacto medioambiental de las infraestructuras eléctricas
 - o Se desarrolla un tejido productivo que genera empleo y riqueza a nivel local.

4.3.7.3 INSTALACIONES EN GALICIA

Según datos de la Asociación Empresarial Eólica, Galicia ocupa el cuarto lugar en el reparto de potencia instalada por Comunidades Autónomas en 2013, con un porcentaje del 14,43% sobre el total nacional.



Ilustración 45: Parques eólicos en Galicia.
Fuente: Asociación Empresarial Eólica.

De acuerdo a la información que figura en la página web del INEGA (57), el número total de parques eólicos en régimen especial⁴¹ en Galicia es de 153; véase la tabla 32. La potencia total instalada de los mismos es de 3.321 MW, de los cuales 3.280 MW corresponden a parques eólicos, 40 MW a parques eólicos singulares y 0,30 MW a parques eólicos experimentales.

Tabla 32: Potencia eólica instalada en régimen especial en Galicia.

	Nº PARQUES	POTENCIA TOTAL (MW)
PARQUES EÓLICOS	134	3.280,95
PARQUES EÓLICOS SINGULARES	16	40,00
PARQUES EÓLICOS EXPERIMENTALES	3	0,30
TOTAL	153	3.321,25

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGA

⁴¹ A fecha octubre de 2014.

Según la misma fuente de información⁴², la provincia con mayor número de parques eólicos, descartando los singulares y experimentales, es Lugo, con 54 parques; véase tabla 33. Lo mismo sucede en cuanto a potencia instalada 1.322,92 MW.

Tabla 33: Parques eólicos en régimen especial en Galicia.

PROVINCIA	Nº PARQUES	POTENCIA TOTAL (MW)
A CORUÑA	48	1.019,36
LUGO	54	1.322,92
OURENSE	9	220,44
PONTEVEDRA	8	240,11
A CORUÑA-LUGO	6	125,82
LUGO-PONTEVEDRA	4	128,00
OURENSE-PONTEVEDRA	5	224,30
TOTAL	134	3.280,95

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGA.

En lo que se refiere a parques eólicos singulares⁴³s, el mayor número de ellos, 13, pertenecen a ayuntamientos; su potencia instalada es de 34,80 MW; véase tabla 34.

Tabla 34: Parques eólicos singulares en régimen especial en Galicia

	Nº PARQUES	POTENCIA TOTAL (MW)
AYUNTAMIENTOS	13	34,80
EMPRESAS	3	5,20
TOTAL	16	40,00

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGA.

Por último decir que en Galicia hay 3 parques experimentales, todos ellos instalados en la provincia de Lugo, 2 de ellos en Cervo y 1 en Vilalba. El tipo de aerogenerador instalado es un prototipo experimental denominado NED-100, de NORVENTO, que se refleja en la ilustración 46.



Ilustración 46: Aerogenerador nED100 en Vilalba.
Fuente: <http://www.norvento.com/>

⁴² A fecha octubre de 2014.

⁴³ A fecha octubre de 2014.

5 ZONAS CLIMÁTICAS SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

La Directiva 89/106/CEE del Consejo (4), relativa a los productos de construcción, en su Anexo I, ya exigía que las obras y sus sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación deben proyectarse y construirse de forma que la cantidad de energía necesaria para su utilización sea moderada, habida cuenta de las condiciones climáticas del lugar y de sus ocupantes.

Tanto en el DB-HE 2006 (39), como en el DB-HE 2013 (34), las exigencias básicas *HE 0 Limitación del Consumo Energético* y *HE 1 Limitación de la Demanda Energética* se establecen en función del clima de la localidad en la que se ubican los edificios, de acuerdo a las z.c. de invierno y verano. Estas zonas son diferentes de las z.c. de radiación solar aplicable a las exigencias básicas *HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria* y *HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica*.

5.2 DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS CLIMÁTICAS DE LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 0 Y HE 1

Las zonas climáticas para las exigencias básicas HE 0 y HE 1 se determinan en función de la severidad climática de invierno (SCI) y de verano (SCV).

Para el cálculo de la SCI el CTE establece dos correlaciones en función de la disponibilidad de datos climáticos. La primera correlación a partir de la media de los grados-día (GD) de invierno en base 20 para los meses de enero, febrero y diciembre (para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24) y de la media de la radiación global acumulada para los meses de enero, febrero y diciembre (kWh/m²). En la segunda correlación se utilizan los GD anteriormente descritos y el ratio entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas sumadas cada una de ellas por separado para los meses de enero, febrero y diciembre.

Al igual que para invierno, en función de los datos climáticos disponibles existen dos correlaciones para el cálculo de la SCV. La primera a partir de los GD de verano en base 20 para los meses de junio, julio, agosto y septiembre (para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24) y de la media de la radiación global acumulada para los meses de junio, julio, agosto y septiembre (kWh/m²). En la segunda correlación se utilizan los GD anteriormente descritos y el ratio entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas sumadas cada una de ellas por separado para los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

El procedimiento de cálculo ambas severidades se refleja en el R.D. 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el CTE (39). Concretamente en el *Apéndice D Zonas climáticas*, de la exigencia básica *HE 1 Limitación de la demanda energética*.

Para invierno, en la Península, se definen cinco divisiones distintas correspondientes a los intervalos de valores definidos en la tabla 35.

Tabla 35: Severidad climática de invierno.

A	B	C	D	E
$SCI \leq 0,3$	$0,3 < SCI \leq 0,6$	$0,6 < SCI \leq 0,95$	$0,95 < SCI \leq 1,3$	$SCI > 1,3$

Fuente: DB-HE 2006.

Para verano, en la Península, se definen cuatro divisiones distintas correspondientes a los intervalos de valores definidos en la tabla 36.

Tabla 36: Severidad climática de verano.

1	2	3	4
$SCV \leq 0,6$	$0,6 < SCV \leq 0,9$	$0,9 < SCV \leq 1,25$	$SCV > 1,25$

Fuente: DB-HE 2006.

Combinando las 5 divisiones de invierno con las 4 de verano se obtendrían 20 zonas distintas de las cuales se han retenido las 12 en las cuales se ubican las localidades españolas peninsulares.

Las 12 zonas se identifican mediante una letra correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano, como se muestra en la tabla 37.

Tabla 37: Zonas climáticas de la Península.

SC (verano)	A4	B4	C4		E1
	A3	B3	C3	D3	
			C2	D2	
			C1	D1	
SC (invierno)					

Fuente: DB-HE 2006.

De acuerdo al DB-HE 2006 (39) la z.c. de cualquier localidad se puede determinar de acuerdo a valores tabulados o del cálculo de las severidades climáticas de invierno y de verano mediante registros climáticos contrastados para dichas localidades.

La z.c. de cualquier localidad, en función de valores tabulados, se obtiene de la exigencia básica HE 1, en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma z.c. que la que corresponde a la capital de provincia.

El DB-HE 2013 (34) permite obtener la z.c. de una localidad, a partir de valores tabulados en función de su capital de provincia y su altitud respecto al nivel del mar (h). Para aquellas localidades que dispongan registros climáticos contrastados, su z.c. se obtendrá a partir del cálculo de las severidades climáticas de invierno y verano.

5.3 ZONAS CLIMÁTICAS DE GALICIA DE ACUERDO A LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 0 Y HE 1

Tal y como dice Martínez Cortizas (69) cuando se habla de las condiciones climáticas de Galicia, no podemos pensar únicamente en aspectos ligados a la dinámica atmosférica. Es necesario tener en cuenta otros factores, como el relieve, o sea un conjunto de formas del terreno que se encadenan en cualquier espacio. Hay dos rasgos que definen con claridad el relieve de Galicia: la graduación de formas desde la costa al interior y la existencia de una evidente dicotomía horizontalidad/verticalidad en todo su territorio. El relieve gallego, ilustración 47, es un auténtico *puzzle* de *teclas* hundidas y erguidas que se suceden entre la costa y los límites con Asturias, León, Zamora y Portugal. Bordeando la costa aparecen relieves aplanados entre 30/40 y los 600 m de altitud.

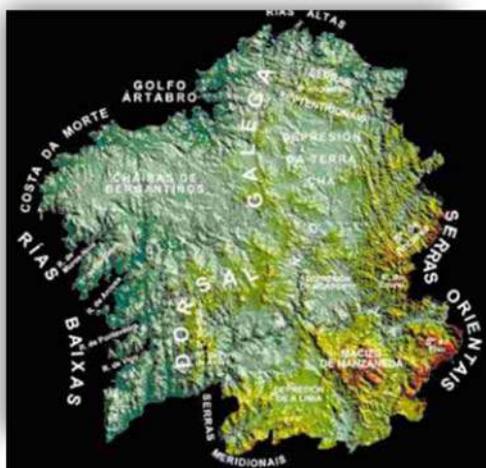


Ilustración 47: Grandes unidades del relieve gallego.

Fuente: Atlas Climático de Galicia (Martínez Cortizas, Antonio. 1999)

Como hemos expuesto anteriormente la determinación de la z.c. de una localidad en función de su capital de provincia, mediante valores tabulados, se ha modificado en el DB-HE 2013 (34), tabla 38, con respecto al DB-HE 2006 (39), tabla 39.

Tabla 38: Zonas climáticas Galicia en función de valores tabulados. DB-HE-2013.

Capital	Z.C.	Altitud (m)	C3	C2	C1	D2	D1	E1
A Coruña	C1	0			h<200		h _≥ 200	
Lugo	D1	412					h<500	h _≥ 500
Ourense	D2	327	h<150	h<300		h<800		h _≥ 800
Pontevedra	C1	77			h<350		h _≥ 350	

Fuente: Elaboración propia a partir del DB-HE 2013

Tabla 39: Zonas climáticas Galicia en función de valores tabulados. DB-HE-2006.

Provincia	Capital	Altura de Referencia (m)	≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
A Coruña	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1

Fuente: Elaboración propia a partir del DB-HE 2006.

La nueva zonificación climática del DB-HE 2013 a supuesto que Ourense capital pasa de tener una mayor SCI de invierno, de C a D.

Como podemos observar en la tabla 38, la mayor SCI corresponde a las localidades ubicadas en la provincia de Lugo cuya altitud sea mayor o igual a 500 m y las correspondientes a Ourense con una altitud mayor o igual a 800 m.

El primer parámetro climático para el cálculo de la SCI es la media de los GD de invierno, en base 20, para los meses de enero, febrero y diciembre. Como podemos observar en el gráfico 18, el valor mayor corresponde a Lugo y el menor a A Coruña.

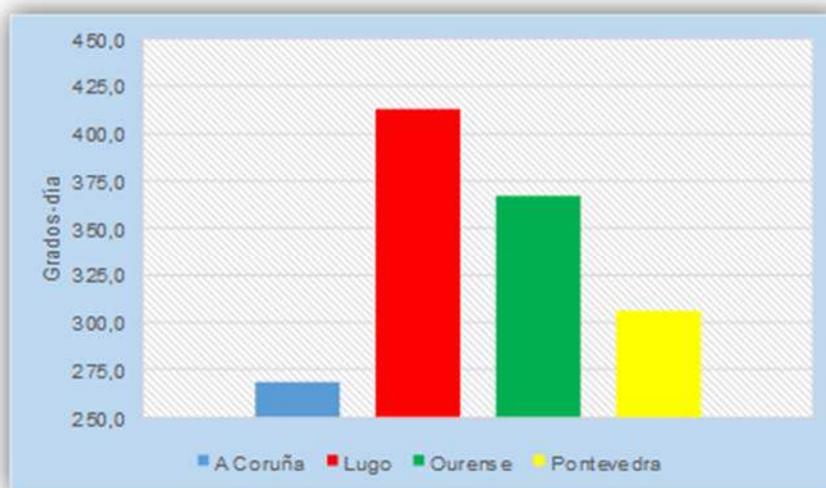


Gráfico 18: Valores medios mensuales grados-día invierno en capitales de provincia.

Fuente: Guía técnica de condiciones exteriores de proyecto. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

El segundo parámetro climático para el cálculo de la SCI es la media de la radiación global acumulada para los meses de enero, febrero y diciembre (kWh/m^2). Durante ese período de tiempo la mayor radiación la recibe Ourense y la menor A Coruña, tal y como se puede observar en el gráfico 19.



Gráfico 19: Media de la radiación global acumulada meses de invierno en capitales de provincia.
Fuente: Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMESAT.

En lo que se refiere a la SCV, la mayor severidad corresponde a las localidades ubicadas en Ourense cuya altitud sea inferior a 150 m, tal y como se puede observar en la tabla 38.

El primer parámetro climático para el cálculo de la SCV es la media de los GD de verano, en base 20, para los meses de junio, julio, agosto y septiembre. De acuerdo al gráfico 20, el mayor valor corresponde a Ourense y el menor a A Coruña.

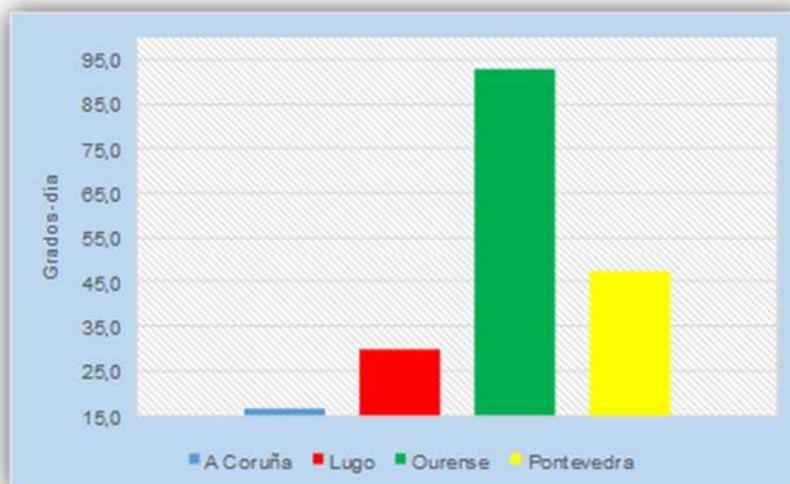


Gráfico 20: Valores medios mensuales de los grados-día de verano en capitales de provincia.
Fuente: Guía técnica de condiciones exteriores de proyecto. IDAE.

El segundo parámetro climático para el cálculo de la SCV es la media de la radiación global acumulada para los meses de junio, julio, agosto y septiembre (kWh/m^2). Durante ese período de tiempo la mayor radiación la recibe Ourense y la menor Lugo, tal y como se observa en el gráfico 21.

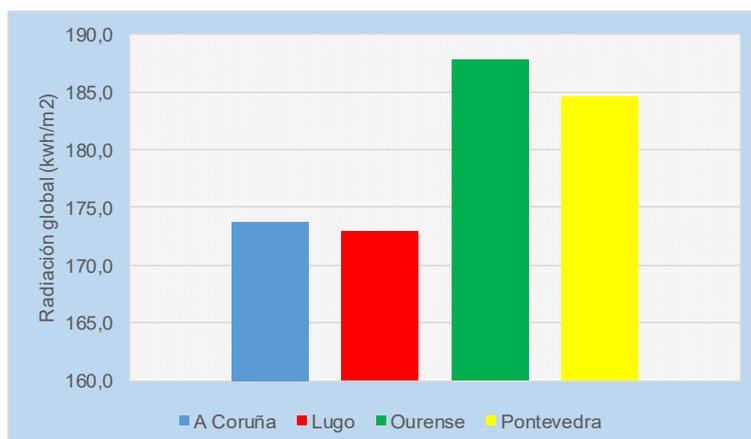


Gráfico 21: Media de la radiación global acumulada meses de verano en capitales de provincia.
Fuente: Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMESAT.

5.4 DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS CLIMÁTICAS DE LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 4 Y HE 5

Las zonas climáticas para las exigencias básicas HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria y HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica se definen teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre una superficie horizontal (H).

En el DB-HE 2006 (39) la determinación de la z.c. para estas exigencias básicas se obtiene tomando los intervalos de valores que se relacionan para cada una de las zonas de acuerdo a la tabla 40.

Tabla 40: Zonas climáticas en función de la radiación solar global media diaria anual.

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5$

Fuente: Tabla 3.2 de la exigencia básica HE 4 del DB-HE 2006.

En el DB-HE 2013 (34), la asignación de la z.c. para ambas exigencias se establece a partir de los intervalos de valores de la tabla 40, pudiéndose emplear también los datos de *Radiación Solar Global media diaria anual* que para las capitales de provincia se recogen en el documento "Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF del CLIMA de EUMESAT" (70). Para aquellas localidades distintas de las capitales de provincia, podrá emplearse el dato correspondiente a la capital de provincia, o bien otros datos oficiales de Radiación Solar Global media diaria anual aplicables a dicha localidad correspondientes al período 1983-2005 (34).

5.5 ZONAS CLIMÁTICAS DE GALICIA DE ACUERDO A LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 4 Y HE 5

Los valores de la radiación solar global media diaria anual para las cuatro capitales de provincia están comprendidos entre los 3,83 kWh/m² de Lugo y los 4,11 kWh/m² de Ourense. Estos corresponden a la z.c. II.



Gráfico 22: Radiación solar global media diaria anual en las capitales de provincia.
Fuente: Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMESAT.

De acuerdo a la publicación *ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR DE GALICIA* (71), elaborado y publicado por el Equipo del Laboratorio de Energía Solar de la Universidad de Vigo, todo el territorio gallego está encuadrado en las zonas climáticas I, II y III. Véase la ilustración 48.



Ilustración 48: Radiación solar global media diaria anual (kWh/m²día).
Fuente: ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR DE GALICIA.

6 EDIFICIOS

6.1 EDIFICIO Nº 1: CENTRO DE ASISTENCIA GERONTOLÓGICA, VIVEIRO (LUGO)

6.1.1 EL EDIFICIO

6.1.1.1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto Básico y de Ejecución del “CENTRO DE CUIDADOS GERONTOLÓGICOS Y DE ATENCIÓN A PERSONAS EN SITUACIÓN DE DEPENDENCIA EN VIVEIRO, (LUGO)”, fue redactado con fecha de enero de 2008.

Las obras se iniciaron el 26 de mayo de 2008 y finalizaron el 9 de agosto de 2010, siendo por tanto la legislación aplicable en materia energética el DB-HE 2006 (39), el R.D. 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción (38) y el R.D. 1027/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (41).

Para el cumplimiento de la exigencia básica *HE-1 Limitación de la demanda energética* se utilizó el programa LIDER. La calificación energética del edificio se obtuvo mediante el programa CALENER VYP.

La calificación de eficiencia energética obtenida, de acuerdo a la documentación facilitada por el Autor del Proyecto, es B. Los consumos de energía primaria del edificio son los que figuran en la ilustración 49.

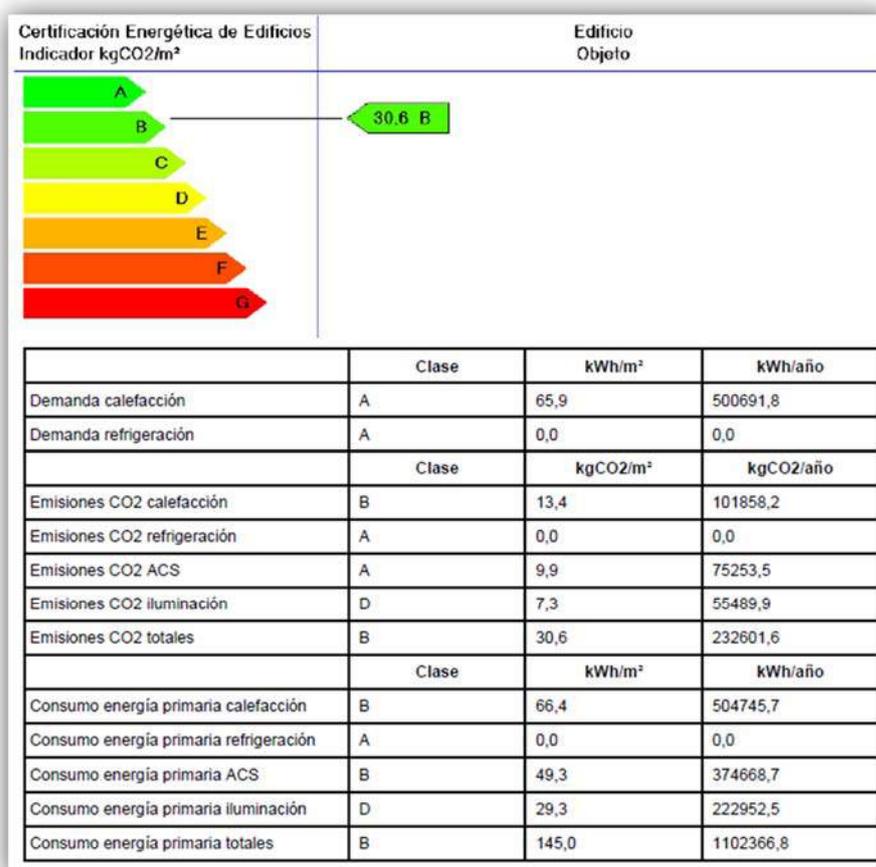


Ilustración 49: Consumo energía primaria y emisiones de Proyecto. Edificio en Viveiro
Fuente: CALENER VYP.

6.1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El solar en el que se ubica la edificación se encuentra enclavado en el núcleo urbano de Viveiro, en la avenida de Luis Cebreiro, frente al paseo marítimo. Tiene una superficie aproximada de 14.776,86 m². Presenta una forma irregular, ilustración 50, con frente a un vial en tres de sus lados y colindante con un equipamiento deportivo. Su eje longitudinal está orientado en la dirección Este-Oeste.



Ilustración 50: Detalle del edificio y parcela (Viveiro).
Fuente: Instituto de Estudios do Territorio.

La edificación consta de una planta baja y dos plantas altas en el volumen Norte y una planta baja y tres plantas altas en volumen Sur. Tiene una superficie construida total de 7.529,34 m² y una superficie útil total de 6.770,66 m². La superficie de cada una de las plantas se refleja en la ilustración 51.

RESUMEN DE SUPERFICIES	Sup. Util	Sup. Construida
PLANTA BAJA	2.017,61 m ²	2.252,33 m ²
PLANTA PRIMERA	2.142,94 m ²	2.367,02 m ²
PLANTA SEGUNDA	1.957,31 m ²	2.170,29 m ²
PLANTA TERCERA	652,80 m ²	739,70 m ²
TOTAL	6.770,66 m²	7.529,34 m²

Ilustración 51: Superficies útiles y construidas. Edificio en Viveiro
Fuente: Proyecto Básico y de Ejecución.



Ilustración 52: Alzado Principal (Norte). Edificio en Viveiro.
Fuente: Proyecto Básico y de Ejecución.

Tal y como se observa en las ilustraciones 52, 53 y 54 el eje Este-Oeste predomina sobre el Norte-Sur.



*Ilustración 53: Alzado Lateral Derecho (Este). Edificio en Viveiro.
Fuente: Proyecto Básico y de Ejecución.*



*Ilustración 54: Planta Baja). Edificio en Viveiro.
Fuente: Proyecto Básico y de Ejecución.*

En las ilustraciones 55, 56, 57 y 58 se refleja el estado actual del edificio el día de la visita realizada al mismo el 2 de septiembre de 2014.



*Ilustración 55: Detalle del Alzado Principal (Norte). Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 56: Detalle del Alzado Lateral Izquierdo (Este). Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 57: Alzado Lateral Derecho (Oeste). Edificio en Viveiro.
Fuente: Proyecto Básico y de Ejecución.*



*Ilustración 58: Detalle de la cubierta Norte. Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia.*

6.1.2 DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA.

6.1.2.1 INTRODUCCIÓN

El edificio que nos ocupa está emplazado en la localidad de Viveiro, sus coordenadas geográficas son: 43,66° de latitud y -7,59° de longitud. Sus coordenadas UTM, en el huso 29T, son: 612984 (x); 4836105 (y); 3 (z).

Como el Proyecto Básico y de Ejecución se redactó con fecha de enero de 2008, el Documento Básico de Ahorro y Energía aplicable para la determinación de z.c. fue el DB-HE 2006 (39).

De acuerdo a dicho documento, la z.c. en la que se ubica el edificio se obtiene en la tabla D.1, de la exigencia básica HE 1, en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma z.c. que la que corresponde a la capital de provincia.

Como el edificio está ubicado en Viveiro y su altitud respecto al nivel del mar es 3 m, le corresponde la misma z.c. que a la capital de provincia, Lugo, D1.

Además, el DB-HE 2006 permite la determinación de zonas climáticas para localidades que dispongan de registros climáticos contrastados, mediante el cálculo de las severidades climáticas de invierno y de verano para dichas localidades.

El procedimiento de cálculo, a partir de registros climáticos⁴⁴, se incluye en el R.D. 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el CTE (39). Concretamente en el *Apéndice D Zonas climáticas*, de la exigencia básica HE 1 *Limitación de la demanda energética*.

En las proximidades de Viveiro existen dos estaciones meteorológicas automáticas pertenecientes a la red de Meteogalicia, Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras de la Xunta de Galicia. Estas estaciones son: Borreiros y Penedo do Galo. En la ilustración 59 se refleja la ubicación de las mismas respecto al edificio.

La Estación Borreiros está ubicada a 43,63° de latitud y -7,63° de longitud y a una altitud de 59 metros. Fue dada de alta el 27 de febrero de 2009. La Estación Penedo do Galo está ubicada a 43,66° de latitud e -7,56° de longitud y a una altitud de 545 metros. Fue dada de alta el 1 de junio de 2005.



*Ilustración 59: Ubicación edificio y estaciones meteorológicas. Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.*

Debido a la altitud a la que está situada la estación meteorológica Penedo do Galo, 545 metros, no utilizaremos sus registros para la determinación de la z.c.

⁴⁴ Ver apartado 6.1.2.2

6.1.2.2 ZONA CLIMÁTICA PARA LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 0 Y HE 1

6.1.2.2.1 SEVERIDAD CLIMÁTICA DE INVIERNO

– INTRODUCCIÓN

Para el cálculo de la SCI utilizaremos la primera correlación, establecida en el DB-HE 2006 (39), a partir de los grados-día (GD) y de la media de la radiación global acumulada.

$$SCI = a \cdot Rad + b \cdot GD + c \cdot Rad \cdot GD + d \cdot (Rad)^2 + e \cdot (GD)^2 + f \quad (2)$$

Siendo:

GD: la media de los grados de invierno en base 20 para los meses de enero, febrero, y diciembre. Para cada mes están calculados en base horario, y posteriormente divididos por 24.

Rad: la media de la radiación global acumulada para los meses de enero, febrero, y diciembre (kWh/m²).

Tabla 41: Constantes de cálculo SCI.

a	b	c	d	e	f
-8,35.10 ⁻³	3,72.10 ⁻³	-8,62.10 ⁻⁵	4,88.10 ⁻⁵	7,15.10 ⁻⁷	6,81.10 ⁻²

Fuente: DB-HE 2006.

Los datos climáticos se han obtenido a partir de los registros de la estación de Borreiros, que como hemos dicho anteriormente fue dada de alta el 27 de febrero de 2009.

– GRADOS-DIA DE INVIERNO

El cálculo de los GD de invierno se ha obtenido a partir de los datos de temperatura media con variables diez-minutales, ya que la estación no facilita datos horarios. La temperatura media horaria se ha calculado como la media de los registros diez-minutales.

Hemos utilizado los registros de los años 2011, 2012 y 2013, ya que en los años 2009 y 2010 faltan registros de algunos meses. Los datos obtenidos se reflejan en la tabla 42.

Tabla 42: Media de los grados-día de invierno en Viveiro.

Año/mes	Ene	Feb	Dic	Media
2011	319,77	342,56	328,39	330,24
2012	297,29	356,41	318,33	324,01
2013	314,22	283,25	333,83	310,44
Media	310,43	327,41	326,85	321,56

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Meteogalicia.

El valor medio de los grados-día de invierno obtenido, 321,56, es similar al incluido en la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA* (72) para Viveiro, 315,8.

– RADIACIÓN GLOBAL ACUMULADA EN LOS MESES DE INVIERNO

Para el cálculo de la media de la radiación global acumulada se utilizaron los registros de los años 2012 y 2013, ya que en los registros de los años 2009, 2010 y 2011, faltan algunos meses. Los datos obtenidos se reflejan en la tabla 43.

Tabla 43: Media de la radiación global acumulada en meses de invierno en Viveiro (kWh/m²).

Año/mes	Ene	Feb	Dic	Media
2012	39,61	60,06	34,85	44,84
2013	38,64	45,62	44,71	42,99
Media	39,125	52,84	39,78	43,92

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Meteogalicia.

El valor medio de la radiación global de invierno obtenido, 43,92, es similar al incluido en la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA* (72) para Viveiro, 46,28.

También es similar al que se obtiene a partir de los valores de radiación global mensual que figuran en los mapas contenidos en la publicación *ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR DE GALICIA* (71), para Viveiro, 43,57.

– SEVERIDAD CLIMÁTICA DE INVIERNO OBTENIDA

Aplicando los valores obtenidos, de los grados-día y de radiación global acumulada a la fórmula (2) obtenemos un valor de 0,8, al que de acuerdo a la tabla 35 le corresponde una SCI tipo C.

La z.c. de invierno obtenida es la misma que la que se establece en la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA* (72) para Viveiro, tipo C.

6.1.2.2.2 SEVERIDAD CLIMÁTICA DE VERANO

– INTRODUCCIÓN

Para el cálculo de la SCV utilizaremos la primera correlación, establecida en el DB-HE 2006 (39), a partir de los grados-día de verano y de la radiación global acumulada.

$$SCV = a \cdot Rad + b \cdot GD + c \cdot Rad \cdot GD + d \cdot (Rad)^2 + e \cdot (GD)^2 + f \quad (3)$$

Siendo:

GD la media de los grados de verano en base 20 para los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Para cada mes están calculados en base horario, y posteriormente divididos por 24.

Rad la media de la radiación global acumulada para los meses de junio, julio, agosto y septiembre (kWh/m²).

Tabla 44: Constantes de cálculo SCV.

a	b	c	d	e	f
$3,724 \cdot 10^{-3}$	$1,409 \cdot 10^{-2}$	$-1,869 \cdot 10^{-5}$	$-2,053 \cdot 10^{-5}$	$-1,389 \cdot 10^{-5}$	$-5,434 \cdot 10^{-1}$

Fuente: DB-HE 2006.

– GRADOS-DIA DE VERANO

El cálculo de los GD de verano se ha obtenido a partir de los datos de temperatura media con variables diez-minutales, ya que la estación no facilita datos horarios. La temperatura media horaria se ha calculado como la media de los registros diez-minutales.

Hemos utilizado los registros de los años 2011, 2012 y 2013, ya que en los años 2009 y 2010 faltan registros de algunos meses. Los datos obtenidos se reflejan en la tabla 45.

Tabla 45: Grados-día de verano en Viveiro.

Año/mes	Jun	Jul	Ago	Sept	Media
2011	12,19	7,90	22,02	22,88	16,25
2012	11,78	17,51	36,86	19,34	21,37
2013	4,06	41,07	25,97	19,42	22,63
Media	9,34	22,16	28,28	20,55	20,08

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Meteogalicia.

El valor medio de los grados-día de verano obtenido, 20,08, es similar al incluido en la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA* (72) para Viveiro, 12,3.

– RADIACIÓN GLOBAL ACUMULADA EN LOS MESES DE VERANO

Para el cálculo de la media de la radiación global acumulada en los meses de verano se utilizaron los registros de los años 2011, 2012 y 2013, ya que en los registros de los años 2009 y 2010 faltan algunos meses. Los valores obtenidos se reflejan en la tabla 46.

Tabla 46: Radiación global media acumulada en los meses de verano en Viveiro (kWh/m²).

Año/mes	Jun	Jul	Ago	Sept	Media
2011	159,87	139,40	134,32	108,06	135,41
2012	153,11	157,28	158,63	111,28	145,08
2013	161,31	180,31	146,27	110,46	149,59
Media	158,10	159,00	146,41	109,93	143,36

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Meteogalicia.

El valor medio de la radiación global de verano obtenido, 143,36, es similar al incluido en la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA* (72) para Viveiro, 140,84.

También es similar al que se obtiene a partir de los valores de radiación global mensual que figuran en los mapas contenidos en la publicación *ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR DE GALICIA* (71) para Viveiro, 140,35.

– SEVERIDAD CLIMÁTICA DE VERANO OBTENIDA

Aplicando los valores de los grados-día y de radiación global acumulada a la fórmula (3), para el cálculo de la SCV, se obtiene un valor de 0,2, que de acuerdo a la tabla 36 le corresponde una z.c. de verano tipo 1, que es la misma que la que se establece en la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA* (72) para Viveiro, tipo 1.

6.1.2.2.3 ZONA CLIMÁTICA OBTENIDA PARA LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 0 Y HE 1

De acuerdo a los valores obtenidos para ambas severidades climáticas, a la ubicación del edificio le corresponde una z.c. C1, que es la misma que figura en la publicación *Radiación Solar e Severidade Climática en Galicia* (72) para Viveiro, siendo las coordenadas UTM en el punto de referencia de la capital: 613350 (x), 4835650 (y), 0 (z), para dicha publicación. Ver ilustración 60.



Ilustración 60: Ubicación del edificio y del punto de referencia de la capital (Viveiro).
Fuente: Elaboración propia a partir del Google Earth.

La z.c. de Viveiro obtenida a partir de valores tabulados del DB-HE 2006 es, como hemos reflejado anteriormente, D1. Su SCI, D, es superior a la que hemos obtenido, C. La z.c. que asigna el DB-HE 2013, a partir de valores tabulados es también D1.

6.1.2.3 ZONA CLIMÁTICA PARA LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 4 Y HE 5

6.1.2.3.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo al DB-HE 2006 (39), la z.c. de una localidad para las exigencias básicas HE 4 y HE 5 se acuerdo a los valores que se reflejan en la tabla 40 o mediante su ubicación de acuerdo a la figura 3.1 de la exigencia HE 4.

En el DB HE-2013 (34), la z.c. para ambas exigencias se puede obtener, solamente, a partir de los valores de la Radiación Solar Global media diaria anual.

En él se dice: “para la asignación de la z.c. de la tabla 4.4, de la exigencia básica HE 4, podrán emplearse los datos de *Radiación Solar Global media diaria anual* que para las capitales de provincia se recogen en la publicación *Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT* (54), publicado en el año 2012 por la Agencia Estatal de Meteorología. Para aquellas localidades distintas de las capitales de provincia, a efectos de aplicación de este Documento Básico podrá emplearse el dato correspondiente a la capital de provincia, o bien otros datos oficiales de Radiación Solar Global media diaria anual aplicables a dicha localidad correspondientes al período 1983-2005”.

El valor de la radiación global media diaria anual, en esta publicación, para la capital de provincia Lugo es de 3,83 kWh/m²día.

6.1.2.3.2 REGISTROS DE RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MEDIA DIARIA ANUAL

Los valores de radiación se han obtenido a partir de los registros de la estación meteorológica de Borreiros. Solamente reflejamos los valores de los años 2012 y 2013, ya en el año 2009 faltan registros diarios y de meses enteros; en el 2010 no existen registros y en el año 2011, faltan los registros de los 4 primeros meses. Véase la tabla 47.

Tabla 47: Radiación global media diaria mensual en Viveiro (kWh/m²).

Año/mes	Ene	Feb	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic	Media
2012	1,28	2,07	4,13	3,12	4,64	5,10	5,07	5,12	3,71	2,45	1,62	1,12	3,29
2013	1,25	1,63	2,57	4,39	4,50	5,38	5,82	4,72	3,68	2,66	1,15	1,46	3,27
Media	1,26	1,85	3,35	3,76	4,57	5,24	5,45	4,92	3,70	2,55	1,39	1,29	3,28

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Meteogalicia.

Los valores obtenidos, a partir de los registros antes citados, para la radiación solar global media diaria anual son: 3,29 kWh/m²día para el año 2012 y 3,27 kWh/m²día para el año 2013. Siendo por tanto el valor medio obtenido 3,28 kWh/m²día.

Estos valores son muy similares a los reflejados en la publicación *ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR DE GALICIA* (71), 3,30 kWh/m²día. Véase la ilustración 61.

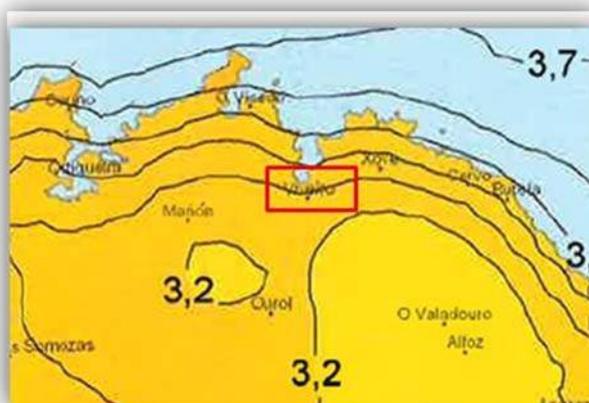


Ilustración 61: Radiación solar global media diaria anual en Viveiro (kWh/m²día).

Fuente: Atlas de Radiación Solar de Galicia.

También son muy similares a los reflejados en la publicación *Atlas de Radiación Solar de Galicia* (73), 3,20 kWh/m²día. Véase la ilustración 62.

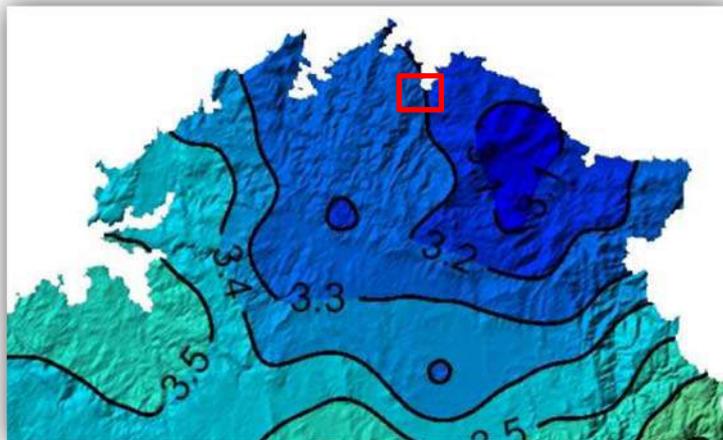


Ilustración 62: Radiación solar global media diaria anual en Viveiro (kWh/m²día).
Fuente: *Atlas de Radiación Solar de Galicia*.

6.1.2.3.3 ZONA CLIMÁTICA OBTENIDA EXIGENCIAS BÁSICAS HE 4 Y HE 5

Al valor de la radiación solar global media diaria anual en Viveiro, 3,28 kWh/m²día, obtenido a partir de los registros climáticos de la estación de Borreiros, le corresponde una z.c. de radiación solar tipo I, de acuerdo a los valores tabulados especificados tanto en el DB-HE 2006 (39), como en el DB-HE 2013 (34).

El DB-HE 2013, permite asignar a una localidad, en el caso de no disponer de registros climáticos, la misma zona que la de la capital de provincia. El valor de la radiación global para la capital de provincia, Lugo, es de 3,83 kWh/m²día, de acuerdo a la publicación *Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT* (70). Si empleamos este valor para determinar la zona de radiación solar de Viveiro, obtendríamos que es zona II. Pero si utilizamos el obtenido a partir de los registros climáticos sería zona I.

De acuerdo a lo expuesto, parece obligado concluir que a Viveiro le corresponde una z.c. de radiación solar tipo I.

6.1.3 ASPECTOS DE MEJORA Y TECNOLOGÍAS APLICABLES

6.1.3.1 ASPECTOS DE MEJORA

6.1.3.1.1 DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA

– INTRODUCCIÓN

Como hemos comentado en apartados anteriores, la determinación de la z.c. de una localidad, de acuerdo a los documentos básicos DB-HE 2006 y DB-HE 2013, se puede obtener mediante valores tabulados teniendo en cuenta la altitud a la que se encuentra la capital de provincia y la localidad en la que se ubica el edificio o mediante datos climáticos.

A la ubicación del presente edificio le corresponde una z.c. C1 con los datos climáticos, y una z.c. D1 de acuerdo a los valores tabulados, tanto en el DB-HE 2006 como en el DB-HE 2013.

Para la verificación de la exigencia básica *HE 1: Limitación de la demanda energética*, del DB-HE 2006, se desarrolló una herramienta informática oficial denominada LIDER, capaz de verificar el cumplimiento, o no, de la limitación de la demanda energética de los edificios. Además de esto, el programa genera unos archivos .res que nos dan información, entre otros aspectos, de la demanda de calefacción y refrigeración del edificio.

Estos archivos nos permiten ver la evolución de las demandas de calefacción y refrigeración cada vez que realizamos un cambio en la envolvente térmica del edificio.

– **DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN CORRESPONDIENTE A LA ZONA CLIMÁTICA OBTENIDA MEDIANTE VALORES TABULADOS**

La z.c. del edificio, de acuerdo a los valores tabulados del DB-HE 2006 y DB-HE 2013, es D1.

Utilizando el archivo informático con extensión .res generado por el LIDER, de acuerdo a la solución de la envolvente del Proyecto y a la z.c. D1, obtenemos que la demanda anual de calefacción es de 65,811 kWh/m²año, 500.253,103 kWh anuales para la totalidad del edificio. El archivo también nos indica que no existe demanda de refrigeración. En el gráfico 23 podemos observar las demandas de calefacción mensual y acumulada.



Gráfico 23: Demanda de calefacción en z.c. D1. Edificio en Viveiro
Fuente: Elaboración propia.

– **DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN CORRESPONDIENTE A LA ZONA CLIMÁTICA OBTENIDA MEDIANTE DATOS CLIMÁTICOS.**

La z.c. correspondiente a la ubicación del edificio, obtenida a partir de datos climáticos, es C1.

Utilizando el archivo informático con extensión .res generado por el "LIDER" de acuerdo a la solución de la envolvente del Proyecto y a la z.c. C1, obtenemos que la demanda anual de calefacción es de 40,229 kWh/m².año, 305.795,111 kWh anuales para la totalidad del edificio. Solamente se produce demanda de refrigeración durante el mes de agosto, 3.253,382 kWh. En el gráfico 24 observamos que no existe demanda de calefacción durante los meses de junio, julio, agosto, septiembre y prácticamente en octubre.



Gráfico 24: Demanda de calefacción en z.c. C1. Edificio en Viveiro
Fuente: Elaboración propia.

– CONCLUSIÓN

La demanda de calefacción anual obtenida para la z.c. C1, 305,80 MWh, es un 38,87% inferior a la obtenida para la z.c. D1, 500,26 MWh. Esto nos indica la necesidad de calcular la severidad climática de la ubicación de los edificios de acuerdo a los datos climáticos disponibles. Véase tabla 48.

Tabla 48: Demanda de calefacción (MWh) de acuerdo a la z.c. Edificio en Viveiro.

Z.c/mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	total
D1	94,05	75,37	63,74	47,15	28,63	3,12	0,00	0,00	0,00	30,44	63,51	94,26	500,26
C1	66,53	49,93	44,08	32,99	10,89	0,00	0,00	0,00	0,00	3,03	35,67	62,67	305,80
Diferencia	27,52	25,44	19,66	14,16	17,74	3,12	0,00	0,00	0,00	27,41	27,83	31,59	194,46

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 25 se observa la demanda mensual de calefacción para cada una de las dos z.c.



Gráfico 25: Demanda de calefacción de acuerdo a la z.c. Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.1.2 MEJORA DE LA ENVOLVENTE

Se plantea aquí la mejora de la envolvente térmica sin modificar ningún elemento del diseño del edificio. Solamente se aumentarán espesores de aislamientos, se modificarán las unidades de vidrio aislante (UVA), o la clase de las carpinterías. En el caso particular de la solera, introduciremos un elemento a modo de cámara de aire.

Para el cálculo de la misma, partiremos de la demanda de calefacción y refrigeración obtenida ubicando al edificio en la z.c. que le corresponde, C1, e iremos modificando los componentes de la misma con respecto a la solución de Proyecto. Esta mejora será acumulativa.

– **CERRAMIENTOS OPACOS**

– **SOLERA**

La solución prevista en el Proyecto para la solera es la que se refleja en la ilustración 63; su transmitancia (U) es 0,51 (W/m²K).

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,020	1,000	2000	800	
2	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0,080	1,650	2150	1000	
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034	0,050	0,034	38	1000	
4	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,150	2,300	2400	1000	
5	Poliétileno baja densidad [LDPE]	0,020	0,330	920	2200	
6	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,240	2,000	1450	1050	
7						

Grupo Material: Aislantes

Material: XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/[mK]]

0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 0,51 W/(m²K)

Aceptar

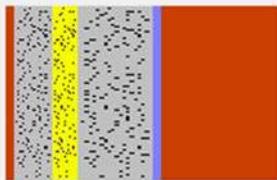


Ilustración 63: Solución solera Proyecto. Edificio en Viveiro.
Fuente: Programa LÍDER.

Modificamos la solución de la solera prevista en Proyecto introduciendo como elemento separador del terreno un encofrado no recuperable tipo Cavity, formado por módulos de polipropileno reciclado termo inyectado, con una altura de 20 cm, que funciona a modo de cámara de aire. Las piezas se colocan sobre una solera de hormigón de 10 cm de espesor. También incrementamos el espesor del aislamiento, de 5 a 6 cm. Los elementos constructivos constituyentes de esta solución se reflejan en la ilustración 64. La U de esta solución es 0,40 (W/m²K).

Composición del Cerramiento:
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,020	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,040	1,300	1900	1000	
3	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,060	2,300	2400	1000	
4	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034	0,060	0,034	38	1000	
5	Poliétileno baja densidad [LDPE]	0,020	0,330	920	2200	
6	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,020	2,300	2400	1000	
7	Cámara de aire sin ventilar horizontal 10 cm					0,180
8	Cámara de aire sin ventilar horizontal 10 cm					0,180
9	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0,100	1,650	2150	1000	
10						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(m²K)

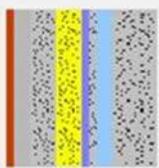


Ilustración 64: Solución solera modificada. Edificio en Viveiro.
Fuente: Programa LÍDER

Utilizando el archivo informático con extensión .res generado por el programa LIDER modificando la solución de la solera del Proyecto y ubicando el edificio en la z.c. C1, obtenemos que la demanda anual de calefacción es de 40,150 kWh/m²año, 305.194,604 kWh anuales para la totalidad del edificio. Solamente se produce demanda de refrigeración durante el mes de agosto, 3.253,382 kWh.

Esta modificación de la solera apenas reduce la demanda de calefacción con respecto a la obtenida con la z.c. modificada (C1).

Si aumentamos el espesor del aislamiento de la solera en 2 cm; pasando de 6 cm a 8 cm, apenas hay modificación en las demandas de calefacción y refrigeración con respecto a la solución anterior.

Con esta solución la demanda de calefacción sería 39,657 kWh/m²año, 301.447,13 kWh/año, en lugar de los 40,150 kWh/m²año obtenidos anteriormente. En lo que respecta a refrigeración obtenemos 0,428 kWh/m²año. Podemos concluir que, en este caso, el incremento del espesor del aislamiento apenas modifica las demandas energéticas.

– CERRAMIENTO DE PLANTA BAJA

La solución prevista en el Proyecto para el cerramiento de planta baja tiene una U de 0,48 W/m²K. Se proyecta un cerramiento tradicional formado, desde la cara exterior a la interior, por: aplacado de piedra (esquisto pizarra) recibido con mortero de cemento a una fábrica de medio pie de ladrillo perforado, una cámara de aire, sin ventilar, de 2 cm, una capa de aislamiento formado por poliestireno expandido de 4 cm de espesor, un tabicón de ladrillo hueco doble de 9 cm, al que se le adosa una placa de yeso laminado de 1,5 cm de espesor.

Si modificamos solamente el espesor del aislamiento de 4 a 8 cm, su transmitancia es de 0,31 W/m²K, tal y como podemos observar en la ilustración 65.

Composición del Cerramiento:
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Esquisto Pizarra [2000 < d < 2800]	0,020	2,200	2400	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	0,300	625	1000	
3	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm	0,120	0,512	900	1000	
4	Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm					0,170
5	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034	0,080	0,034	38	1000	
6	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,090	0,432	930	1000	
7	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000	
8						

Grupo Material: Aislantes

Material: XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/[mK]]

Espesor (m): 0,020

U: 0,31 W/(m²K)

Botones: Añadir, Cambiar, Eliminar, Subir, Bajar, Aceptar

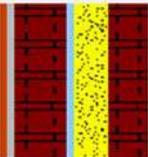


Ilustración 65: Solución modificada cerramiento PB. Edificio en Viveiro.
Fuente: Programa LIDER.

Con este aumento en el espesor de aislamiento logramos una reducción en la demanda anual de calefacción respecto al obtenido en el apartado anterior. Siendo la demanda anual de calefacción en este caso 292.203,880 kWh/año, y la del apartado anterior 301.447,134 kWh/año; es decir, reducimos la demanda anual de calefacción en 9.243,254 kWh/año.

El ratio de calefacción es de 38,441 kWh/m²año y el de refrigeración 0,428 kWh/m²año.

– CERRAMIENTO DE PLANTA PRIMERA

La solución prevista en el Proyecto para el cerramiento de planta primera se refleja en la ilustración 66; su U es de 0,55 W/m²K. Se proyecta una fachada del tipo ventilada formada, desde la cara exterior a la interior, por: una placa de policarbonato sujeta a una estructura portante, una cámara de aire, ligeramente ventilada, de 5 cm de espesor, una capa de aislamiento formado por poliestireno expandido de 4 cm de espesor, un ladrillo perforado colocado a medio pie con un espesor de 12 cm, al que se le adosa una placa de yeso laminado de 1,5 cm de espesor.

Composición del Cerramiento:
 Verticales [Materiales ordenados de exterior a interior].
 Horizontales [Materiales ordenados de arriba hacia abajo].

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Policarbonatos [PC]	0,020	0,200	1200	1200	
2	Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 5 cm					0,090
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034	0,040	0,034	38	1000	
4	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm	0,120	0,512	900	1000	
5	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000	
6						

Grupo Material: Aislantes
 Material: XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/(mK)]
 Espesor (m): 0,020
 U: 0,55 W/(m²K)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar Aceptar

Ilustración 66: Solución de Proyecto cerramiento P1ª. Edificio en Viveiro
 Fuente: Programa LÍDER.

La transmitancia de esta solución de cerramiento es elevada, lo que repercute negativamente en la reducción de los consumos. Si aumentamos solamente el espesor del aislamiento de 4 cm a 8 cm, la transmitancia se reduce hasta 0,33 W/m²K. Véase la ilustración 67.

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Policarbonatos [PC]	0,020	0,200	1200	1200	
2	Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 5 cm					0,090
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034	0,080	0,034	38	1000	
4	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm	0,120	0,512	900	1000	
5	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000	
6						

Grupo Material: Plásticos
 Material: Policarbonatos [PC]
 Espesor (m): 0,020
 U: 0,33 W/(m²K)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar Aceptar

Ilustración 67: Solución modificada de cerramiento P1ª. Edificio en Viveiro.
 Fuente: Programa LÍDER.

Este aumento del espesor del aislamiento, en 4 cm, con respecto a la solución de Proyecto permite reducir la demanda anual de calefacción en 17.886,000 kWh/año es decir, el edificio pasaría de un consumo anual de 292.203,88 kWh/año a 274.317,880 kWh/año.

El ratio de calefacción pasaría de 38,441 kWh/m²año a 36,088 kWh/m²año. Por el contrario el ratio de refrigeración se incrementaría de 0,428 kWh/m²año a 0,618 kWh/m²año.

– CUBIERTA

La solución de cubierta para el edificio es una cubierta plana, con solución invertida. El acabado de la misma se proyecta mediante de una capa de grava de 5 cm, colocado sobre un panel de poliestireno expandido de 7 cm de espesor; bajo este y como elemento impermeabilizante, una lámina de betún. Para la formación de pendiente de la cubierta se proyecta una capa de áridos ligeros con un espesor de 10 cm, que se extiende sobre la capa de compresión del forjado. En la capa inferior del forjado se dispone una cámara de aire horizontal de 10 cm y como elemento de acabado un falso techo continuo de yeso laminado. La U de esta solución es de 0,35 W/m²K. Véase la ilustración 68.

Composición del Cerramiento:

Verticales [Materiales ordenados de exterior a interior].
Horizontales [Materiales ordenados de arriba hacia abajo].

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Asperón [1300 < d < 1900]	0,050	0,900	1600	1000	
2	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034	0,070	0,034	38	1000	
3	Betún fieltro o lámina	0,002	0,230	1100	1000	
4	Hormigón con áridos ligeros 1600 < d < 1800	0,100	1,150	1700	1000	
5	FU Entregado de hormigón -Canto 250 mm	0,250	1,323	1330	1000	
6	Cámara de aire sin ventilar horizontal 10 cm					0,180
7	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020	0,250	825	1000	
8						

Grupo Material: Aislantes

Material: XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/[mK]]

Espesor (m): 0,020

U: 0,35 W/(m²K)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

Aceptar

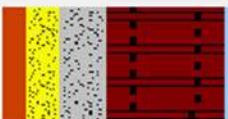


Ilustración 68: Solución de cubierta de Proyecto. Edificio en Viveiro.
Fuente: Programa LÍDER.

Aumentando el espesor de la capa de aislamiento 3 cm, de 7 cm a 10 cm, conseguimos reducir la U hasta 0,27 W/m²K. Véase la ilustración 69.

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Asperón [1300 < d < 1900]	0,050	0,900	1600	1000	
2	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034	0,100	0,034	38	1000	
3	Betún fieltro o lámina	0,002	0,230	1100	1000	
4	Hormigón con áridos ligeros 1600 < d < 1800	0,100	1,150	1700	1000	
5	FU Entregado de hormigón -Canto 250 mm	0,250	1,323	1330	1000	
6	Cámara de aire sin ventilar horizontal 10 cm					0,180
7	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020	0,250	825	1000	
8						

Grupo Material: Aislantes

Material: XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/[mK]]

Espesor (m): 0,020

U: 0,27 W/(m²K)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar



Ilustración 69: Solución de cubierta modificada. Edificio en Viveiro.
Fuente: Programa LÍDER.

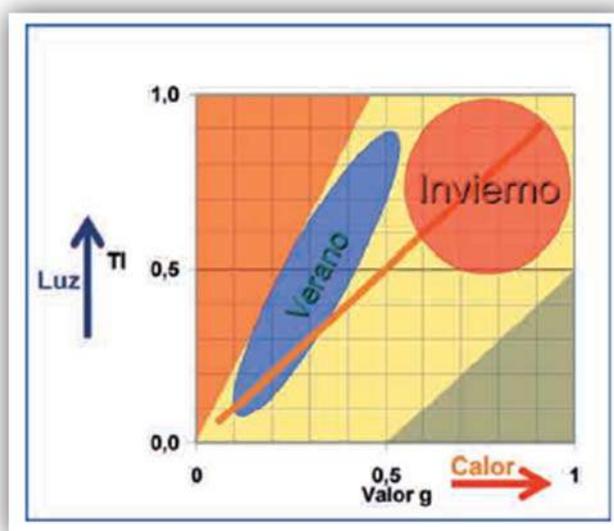
Este ligero aumento de espesor de aislamiento reduce la demanda de calefacción de los 36,088 kWh/m²año obtenidos en el apartado anterior a los 35,269 kWh/m²año. Pasaríamos de una demanda anual de calefacción de 274.317,880 kWh/año a una de 268.092,366 kWh/año.

Por el contrario, el ratio de refrigeración pasaría de 0,618 kWh/m²año a 0,630 kWh/m²año.

– CERRAMIENTOS SEMITRANSSPARENTES

– VIDRIOS

En climas donde predominen las condiciones que podemos considerar de invierno (frío, nuboso, con veranos cortos y frescos) es aconsejable la instalación de vidrios de baja transmitancia, y factor solar elevado, permitiendo los aportes solares durante gran parte del año. Normalmente estos climas disfrutan de veranos cortos con temperaturas suaves y que durante la noche refrescan suficientemente. La menor protección solar de verano se verá compensada por los mayores ahorros mediante aportes solares gratuitos en invierno. Respecto a los aportes luminosos se buscarán acristalamientos de alta transmisión luminosa (74).



*Ilustración 70: Criterios de selección de factor solar/transmisión luminosa.
Fuente: Saint-Gobain Glass.*

El Proyecto contempla el acristalamiento con un único tipo de Unidad de Vidrio Aislante (UVA), con una composición 4-12-6, conocido anteriormente como doble acristalamiento o vidrio de cámara. Su transmitancia térmica (U) es de 2,8 W/m²K. Su factor solar (g_⊥) es 0,75.

Como mejora del acristalamiento se prevé la colocación de una Unidad de Vidrio Aislante de Aislamiento Térmico Reforzado (ATR) con una U de 1,1 W/m²K y un factor solar de (g_⊥) 0,59; su composición es: 4/16 Argón 90%/4 SGG PLANITHERM ULTRA N. Es un vidrio bajo emisivo de altas prestaciones destinado a ser ensamblado en doble acristalamiento con SGG CLIMALIT PLUS. Ver la ilustración 71.

4/16 Argón90%/4 Capa en cara 2	Transmisión luminosa	Factor Solar	Coefficiente U (W / m ² .K)
sgg CLIMALIT	82 %	0,78	2,7
sgg CLIMALIT PLUS con sgg PLANITHERM Ultra N	80%	0,59	1,1
sgg CLIMALIT PLUS con sgg PLANITHERM "S"	67%	0,53	1,3
sgg CLIMALIT PLUS con sgg PLANITHERM "4S"	65%	0.43	1.0
sgg CLIMALIT PLUS con sgg PLANISTAR ONE	71%	0,39	1,0

<p>Muy neutro Iluminación más generosa Buen aislamiento térmico</p>	<p>Un buen control solar Menor recalentamiento interior del edificio</p>	<p>Mayor aislante térmico Mejor control solar Mayor selectividad GAMA ALTA</p>
---	--	---

Ilustración 71: Cuadro comparativo de prestaciones de ATR.
Fuente: Saint-Gobain Glass.

La sustitución del vidrio tipo UVA por la ATR descrito disminuye de una manera muy significativa la demanda de calefacción del edificio, ya que una gran parte del cerramiento está acristalada.

La demanda obtenida de calefacción anual con esta solución de ATR es de 234.783,206 kWh/año, siendo la obtenida en el apartado anterior de 268.092,366 kWh/año. Es decir 33.309,160 kWh/año menos.

En este caso el ratio de calefacción es de 30,887 kWh/m²año y el del apartado anterior de 35,269 kWh/m²año. El ratio de refrigeración obtenido es de 0,613 kWh/m²año y 0,630 kWh/m²año el del apartado anterior.

– MARCOS

La solución del Proyecto para la carpintería exterior del edificio es mediante una carpintería de aluminio con rotura de puente térmico; siendo su U de 3,20 W/m²K y su permeabilidad 27 m³/h.m² a 100 Pa, de acuerdo a los datos que figuran en el archivo del LIDER.

Según el DB-HE 2006 (39), la permeabilidad de la carpintería, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá un valor ≤27 m³/h.m² para las zonas climáticas C y D.

La carpintería de aluminio, serie Cor-70 con rotura de puente térmico, de Sistemas Cortizo, tiene una transmitancia de 1,70 W/m²K y cumple con la citada permeabilidad.

Esta modificación de la U del marco reduce la demanda anual de calefacción de 234.783,206 kWh/año a 225.790,797 kWh/año, es decir 8.992,409 kWh/año.

El ratio de demanda de calefacción es de 29,704 kWh/m²año y el de refrigeración de 1,13 kWh/m²año.

6.1.3.1.3 CONCLUSIÓN

En la tabla 49 se comparan las demandas de calefacción correspondientes a 3 escenarios. El primero de ellos, Z.C."D", corresponde a la ubicación del edificio en la z.c. D, ubicación de Proyecto, de acuerdo a valores tabulados del DB-HE 2006; en el segundo escenario, Z.C."C", el edificio se ubica en la z.c. C, obtenida ésta mediante registros climáticos; el tercer escenario, ENVOLVENTE, corresponde ubicando al edificio en la z.c. C con las mejoras de la envolvente anteriormente descritas.

Como podemos observar en la tabla 49, la demanda de calefacción en el segundo escenario es un 38,87% inferior a la del primer escenario, de 500,26 MWh/año a 305,80 MWh/año. La demanda de calefacción en el tercer escenario es un 54,14% inferior respecto al primer escenario, de 500,26 MWh/año a 225,47 MWh/año. La demanda de calefacción en el tercer escenario es un 24,97% inferior respecto al segundo escenario, de 305,50 MWh/año a 225,79 MWh/año. Vistos los datos anteriores, parece clara la necesidad de determinar la z.c. mediante registros climáticos y mejorar la envolvente de los edificios.

Tabla 49: Demanda acumulada calefacción (MWh) por escenarios. Edificio en Viveiro.

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Z.C. "D"	94,05	169,42	233,16	280,31	308,94	312,05	312,05	312,05	312,05	342,49	406,00	500,26
Z.C. "C"	66,53	116,46	160,54	193,53	204,42	204,42	204,42	204,42	204,42	207,45	243,12	305,80
ENVOLVENTE	52,82	91,81	125,58	149,92	149,92	149,92	149,92	149,92	149,92	149,92	176,32	225,79

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 26 se representa la demanda acumulada de calefacción por cada uno de los escenarios anteriormente descritos.



Gráfico 26: Demanda acumulada calefacción por escenarios Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia.

La demanda de refrigeración es poco significativa, varía desde 3.253,382 kWh/año para la ubicación del edificio en la z.c. C, hasta 8.589,537 kWh/año para el tercer escenario. Los ratios correspondientes son: 0,428 kWh/m².año y 1,130 kWh/m².año respectivamente.

6.1.3.2 TECNOLOGÍAS APLICABLES

6.1.3.2.1 INTRODUCCIÓN

Para la evaluar las mejoras en los consumos de energía, tanto primaria como final, y reducción de emisiones, partiremos del escenario⁴⁵ denominado *ENVOLVENTE* e iremos aplicándole las siguientes tecnologías:

- Energía solar térmica para producción de ACS.
- Generación de electricidad mediante energía fotovoltaica.
- Mejora del valor de la eficiencia energética de la instalación de iluminación.
- Producción de electricidad mediante energía eólica.
- Energía geotérmica de baja entalpía para producción de calefacción y ACS.

Como disponemos del archivo del CALENER VYP utilizado en la calificación energética del Proyecto, al incorporarle las mejoras anteriormente descritas, hemos comprobado que el parámetro de producción de

⁴⁵ En el escenario denominado PROYECTO se reflejan los consumos de energía primaria de acuerdo a la calificación energética del Proyecto ubicando al edificio en la z.c. D1. El escenario denominado P.CORREGIDO corresponde a la solución del Proyecto, corrigiendo la demanda de ACS. El escenario denominado Z.C. sitúa al edificio en la z.c. C1, con la demanda de ACS corregida. Por último, el escenario ENVOLVENTE, es igual que el anterior pero con la envolvente de edificio mejorada.

ACS⁴⁶ utilizado era erróneo. Para este tipo de edificio la exigencia básica HE 4 del R.D. 314/2006 (39), contempla una dotación de 55 litros por cama, el total de camas es de 158, siendo por lo tanto la demanda diaria de 8.690 l/d. La demanda introducida en el citado archivo fue de 24.476 l/d.

Si modificamos el parámetro de la demanda de ACS utilizado, 24.476 l/d, e introducimos el correcto, 8.690 l/d y volvemos a calificar nuevamente el edificio, observamos que el consumo de energía primaria para producción de ACS varía significativamente, desde 374.668,70 kWh/año en la calificación del Proyecto, a la obtenida en el escenario denominado *P. CORREGIDO* que es de 132.884,50 kWh/año según se refleja en la tabla 50.

Tabla 50: Consumos de energía primaria por escenarios (kWh/año). Edificio Viveiro.

ESCENARIO	Calefacción	Refrigeración	ACS	Iluminación	Total
PROYECTO	504.745,70	0,00	374.668,70	222.952,50	1.102.366,90
P. CORREGIDO	503.552,10	0,00	132.884,50	222.952,50	859.389,10
Z.C.	315.385,20	0,00	127.749,10	286.677,70	729.812,00
ENVOLVENTE	235.644,80	0,00	127.749,10	286.677,70	650.071,60

Fuente: Elaboración propia.

En la nueva calificación obtenida en el escenario Z.C. vemos que el consumo de energía primaria de iluminación se modifica desde los 222.952,50 kWh/año en Proyecto a 286.677,70 kWh/año de la actual.

Esto se produce cuando cambiamos la z.c. de ubicación del edificio de D1 a C1. Esto pudiera parecer lógico, hasta cierto punto, ya que las capitales de provincia de la z.c. D (Albacete D3, Cuenca D2, Guadalajara D3, Logroño D2...) están en una latitud más al Sur que las capitales de las z.c. C (Bilbao C1, A Coruña C1, Donostia-San Sebastián C1, Girona C2...). Esto implica mayor número de horas de luz y mayor irradiación.

En el gráfico 27 se puede observar la evolución de los consumos de energía primaria en cada uno de los cuatro escenarios representados.

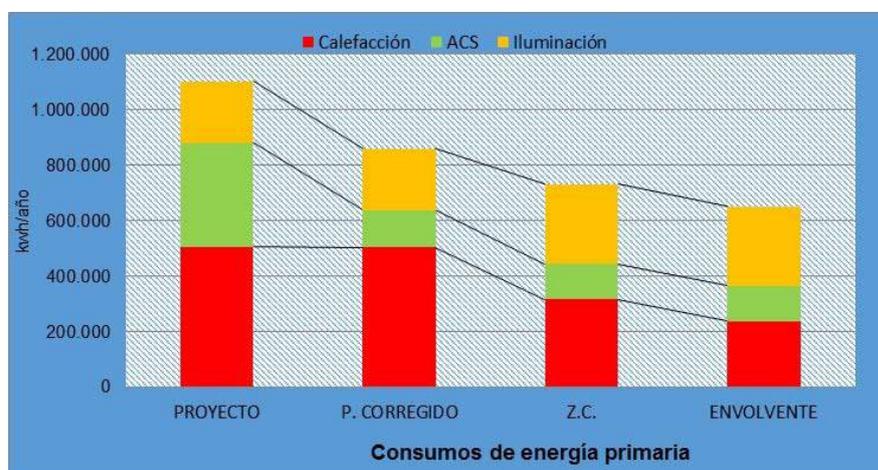


Gráfico 27: Consumos de energía primaria por escenarios (kWh/año). Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia.

⁴⁶ La contribución de agua caliente sanitaria prevista en el Proyecto es del 30,84%.

En la tabla 51 se reflejan los diferentes consumos de energía y emisiones en cada uno de los cuatro escenarios descritos. Es absolutamente significativa la disminución de consumos de energía entre el escenario 1 y el 4.

Tabla 51: Consumos de energía y emisiones por escenarios. Edificio Viveiro.

ESCAPENARIO	Energía Final		Energía Primaria		Emisiones		Calificación
	kWh/año	kWh/m2.año	kWh/año	kWh/m2.año	kgCO2/año	kgCO2/m2.año	
1 PROYECTO	955.498,10	125,70	1.102.366,90	145,00	232.699,90	30,60	B
2 P. CORREGIDO	715.164,10	94,10	859.389,10	113,10	184.051,20	24,20	B
3 Z.C.	523.964,90	68,90	729.812,00	96,00	173.720,80	22,90	B
4 ENVOLVENTE	445.092,10	58,60	650.071,60	85,50	157.757,90	20,80	B

Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.2.2 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

En la Orden FOM/1635/2013 (34), por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía, del Código Técnico de la Edificación, la contribución solar mínima anual de ACS para un consumo de 5.000-10.000 l/d, sigue siendo un 30%, ya que el edificio se ubica en z.c. I.

El Proyecto Básico y de Ejecución ya incluía, en cumplimiento de la citada exigencia básica HE 4 del R.D. 314/2006 (39), una contribución del 30,84%. Puesto que el edificio se ubica en z.c. I⁴⁷ y la demanda total de ACS está comprendida entre 8.000-9.000 l/d, su contribución solar mínima anual conforme a la citada exigencia es del 30%⁴⁸. El campo de captadores del Proyecto estaba formado por 40 captadores del tipo HELIOSAET SR 2.02, siendo la superficie de captación de 80,40 m².

Para valorar la demanda se toman los valores unitarios que se reflejan en la ilustración 72.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Ilustración 72: Demanda de referencia a 60° C de ACS.

Fuente: Exigencia básica HE 4 del CTE (39).

En el presente edificio el número de camas es de 158 y la demanda de referencia es de 55 l/d por cama, obteniéndose que la demanda total de ACS a 60° es de 8.690 l/d.

El campo de captadores del Proyecto estaba formado por 40 captadores del tipo HELIOSAET SR 2.02, siendo la superficie de captación de 80,40 m², se ubican en la cubierta Sur como puede observar en la ilustración 73.

⁴⁷ De acuerdo a la tabla 3.2 Radiación solar global, de la Sección HE 4 contribución solar mínima de agua caliente sanitaria R.D. 314/2006 (39).

⁴⁸ De acuerdo a la tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general, de la Sección HE 4 contribución solar mínima de agua caliente sanitaria R.D. 314/2006 (39).



*Ilustración 73: Detalle de paneles solares térmicos en cubierta. Edificio en Viveiro
Fuente: Elaboración propia.*

Dada la tipología del edificio, amplias zonas de cubierta, ilustración 74, y una elevada demanda, incrementaremos la contribución solar anual hasta un 72%.



*Ilustración 74: Detalle de cubiertas. Edificio en Viveiro
Fuente: Google Earth.*

Para el cálculo de instalación de producción de ACS utilizaremos la aplicación de SEDICAL⁴⁹, con los registros climáticos obtenidos de la estación meteorológica de Meteogalicia situada en Borreiros: temperatura ambiente en °C, humedad relativa media en % y energía incidente en kWh/m².mes. Los valores temperatura media del agua de la red en °C, se obtuvieron de la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA* (72).

⁴⁹ <http://www.sedical.com/software>

Los datos de la localización y valores de cálculo que presenta la pantalla de la aplicación de SEDICAL se reflejan en las ilustraciones 75 y 76.

VIVEIRO					
Altitud (m)	<input type="text" value="0"/>	Latitud (°)	<input type="text" value="43.66"/>	Temperatura mínima histórica (°C)	<input type="text" value="-2.92"/>
	Temperatura media ambiente	Tª media del agua de la red	Número de horas de sol útiles diarias	Número de horas de sol útiles mensuales	Energía incidente por m2 y mes en el plano horizontal
	°C	°C			kWh/(m2.mes)
Enero	9.3	10.3	8	248.0	39.27
Febrero	8.57	9.6	9	252.0	52.81
Marzo	10.3	11.3	9	279.0	103.85
Abril	11.73	13.1	9.5	285.0	112.83
Mayo	13.47	14.8	9.5	294.5	141.65
Junio	16.07	16.5	9.5	285.0	158.08
Julio	18.13	19	9.5	294.5	158.96
Agosto	18.73	18.4	9.5	294.5	146.39
Septiembre	18.03	17.2	9	270.0	109.92
Octubre	14.93	14.6	9	279.0	79.05
Noviembre	11.27	12	8	240.0	41.67
Diciembre	10	10.8	7.5	232.5	39.78

Ilustración 75: Datos de la localización. Edificio en Viveiro
Fuente: Aplicación SEDICAL

	Coefficiente inclinación K	Coefficiente azimut K'	Ganancia energética bruta mensual por m2 de superficie absolvedora	Potencia radiante incidente media por m2 de superficie absolvedora	Rendimiento mensual del colector	Ganancia energética neta mensual por m2 de superficie absolvedora
			kWh/(m2.mes)	W/m2	%	kWh/(m2.mes)
Enero	1.422	1.000	55.8	225.2	41.8	19.8
Febrero	1.321	1.000	69.8	276.8	47.3	28.0
Marzo	1.207	1.000	125.3	449.3	46.2	49.2
Abril	1.093	1.000	123.3	432.7	44.6	46.8
Mayo	1.011	1.000	143.2	486.3	42.1	51.3
Junio	0.981	1.000	155.1	544.1	39.5	52.0
Julio	1.012	1.000	160.9	546.2	37.3	51.0
Agosto	1.105	1.000	161.8	549.3	38.0	52.2
Septiembre	1.257	1.000	138.2	511.7	41.0	48.2
Octubre	1.432	1.000	113.2	405.7	45.1	43.4
Noviembre	1.543	1.000	64.3	267.9	44.1	24.1
Diciembre	1.521	1.000	60.5	260.2	43.2	22.2
Anual						488.3

Ilustración 76: Valores de cálculo. Edificio en Viveiro
Fuente: Aplicación SEDICAL.

Los valores internos y los resultados generales que presenta igualmente la aplicación de SEDICAL se reflejan en las ilustraciones 77 y 78.

	Temperatura media del colector	Rendimiento del colector	Grado de cobertura mensual	Demanda energética mensual	Ganancia energética bruta mensual producida por el campo de colectores	Energía mensual neta producida por el campo de colectores
	°C	%	%	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes
Enero	32.2	41.8	31.7	15568	13883	4928
Febrero	32.6	47.3	48.9	14260	17344	6970
Marzo	48.9	46.2	80.2	15255	31163	12230
Abril	50.6	44.6	81.8	14217	30660	11632
Mayo	59.3	42.1	90.1	14159	35604	12756
Junio	69.8	39.5	98.1	13187	38554	12936
Julio	74.6	37.3	98.7	12843	39994	12674
Agosto	74.6	38.0	99.7	13031	40216	12986
Septiembre	67.3	41.0	92.3	12974	34351	11972
Octubre	51.2	45.1	75.8	14221	28143	10784
Noviembre	36.7	44.1	41.2	14551	15985	5989
Diciembre	35.2	43.2	35.9	15412	15043	5530
Anual						121387

Ilustración 77: Valores internos. Edificio en Viveiro
Fuente: Aplicación SEDICAL.

Nº de colectores <input type="text" value="108"/>		 recalcular		Superficie útil campo de colectores <input type="text" value="248.62"/> m ²		Verificar norma	
	Consumo mensual	Demanda energética mensual	Demanda energética diaria	Energía mensual neta producida por el campo de colectores	Grado de cobertura mensual		
	Litros/mes	kWh/mes	kWh/día	kWh/mes	%		
Enero	385841	15568	502	4928	31.7		
Febrero	346422	14260	509	6970	48.9		
Marzo	389297	15255	492	12230	80.2		
Abril	383286	14217	474	11632	81.8		
Mayo	403193	14159	457	12756	90.1		
Junio	397911	13187	440	12936	98.1		
Julio	424807	12843	414	12674	98.7		
Agosto	421302	13031	420	12986	99.7		
Septiembre	401365	12974	432	11972	92.3		
Octubre	402313	14221	459	10784	75.8		
Noviembre	379200	14551	485	5989	41.2		
Diciembre	387544	15412	497	5530	35.9		
Anual	4722480	169677		121387	71.54		

Ilustración 78: Resultados generales. Edificio en Viveiro
Fuente: Aplicación SEDICAL.

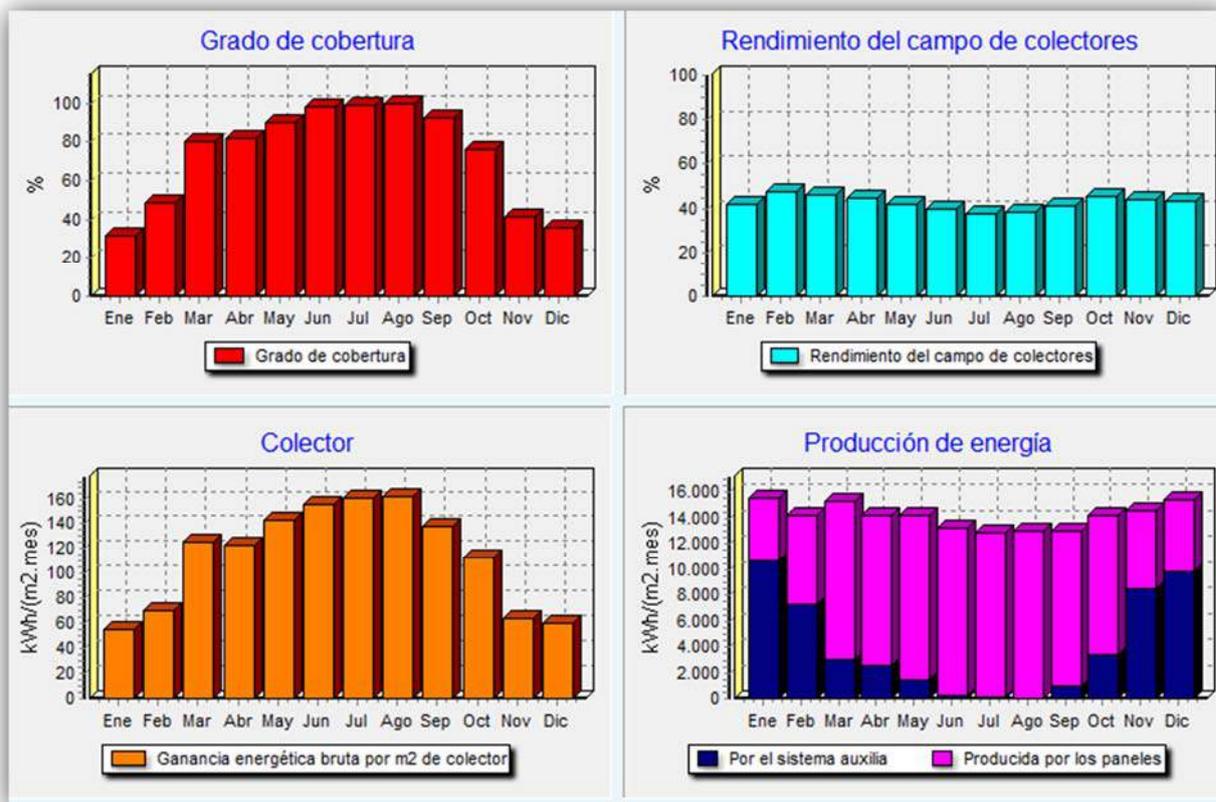


Ilustración 79: Gráficas de resultados instalación solar térmica. Edificio en Viveiro
Fuente: Aplicación SEDICAL.

Hemos dimensionado la instalación maximizando la producción de ACS, pero respetando los límites de la exigencia básica HE 4 (39) de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética y en no más de tres meses el 100%. El grado de cobertura anual obtenido, de acuerdo a la ilustración 78, es del 71,54%.

El campo estaría formado por 108 captadores, con una inclinación de 36° y un azimut de 0°, orientación Sur. Si descontamos los 40 captadores ya instalados, necesitaríamos instalar 68 nuevos captadores del tipo WEISHAAPT. Los nuevos captadores se instalarían en la cubierta Norte, que tiene unas dimensiones de 102,61x14,08 m y ocuparían, aproximadamente, el 50% de la superficie de la misma. Las características técnicas del citado captador se reflejan en la ilustración 80.

Datos técnicos del sistema:

- Superficie bruta: 2,51 m²
- Superficie apertura: 2,33 m²
- Superficie absorbedor: 2,31 m²
- Largo: 2 070 mm
- Ancho: 1 213 mm
- Grueso: 96 mm
- Presión de trabajo: 6 bar
- Presión de prueba: 10 bar
- Temperatura de estancamiento: 196°C
- μ_0 : 0,814
- a_1 : 3,527 W/m²K
- a_2 : 0,012 W/m²K²

Ilustración 80: Características técnicas captador solar WEISHAAPT.
Fuente: <http://www.sedical.com/productos>

6.1.3.2.3 GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD MEDIANTE ENERGÍA FOTOVOLTAICA

El campo de captadores previsto en el Proyecto está formado por 36 captadores del tipo HELIOPWR SP 268, siendo la potencia pico del panel 268 Wp.

Teniendo que cuenta la superficie disponible en la cubierta Norte, con unas dimensiones de 102,61x14,08 m, no ocupada por ningún tipo de instalación en el Proyecto Básico y de Ejecución, de la que hemos ocupada con la mejora del apartado anterior un 50% de la superficie, utilizaremos el 50% restante para la instalación de un nuevo campo de captadores fotovoltaicos para la producción de electricidad.

El campo de captadores a instalar está formado por 3 filas de captadores, con 40 captadores cada fila, del tipo A-260P GSE, de ATERSA⁵⁰, con una potencia máxima de 260 W por captador. Las dimensiones del captador son: 1.638x995x40 mm. Los captadores se dispondrán en vertical, su orientación será Sur, y el ángulo de inclinación será de 36° grados. La distancia entre ellos se ha calculado de la ilustración 81.

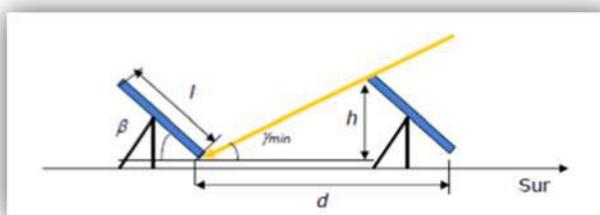


Ilustración 81: Esquema cálculo separación de paneles fotovoltaicos.
Fuente: Energía Solar Fotovoltaica. Ediciones Rueda.

Donde el valor del ángulo mínimo se obtiene de la expresión:

$$\gamma_S = 90^\circ - \theta - \delta$$

Siendo:

θ la latitud del lugar. En nuestro caso 43°

δ la declinación mínima correspondiente al solsticio de invierno, -23,45°

Con lo que obtenemos un valor de 24° para γ_S .

Como la longitud del panel es de 1.638 mm, el valor obtenido para la distancia d es: 3,50 m. Por lo que la longitud de cada columna de captadores es de 8,32 m.

Para calcular la producción anual de energía eléctrica del campo de captadores previsto en el Proyecto Básico y de Ejecución, que tiene una potencia de 9,65 kW, utilizaremos la aplicación del Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica, PVGIS⁵¹.

La generación estimada del campo de captadores previsto en el Proyecto Básico y de Ejecución⁵² es de 11.500 kWh/año, de acuerdo a la ilustración 82.

⁵⁰ <http://www.atersa.com/home.asp>

⁵¹ <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

⁵² Esta producción de energía eléctrica no se tuvo en consideración en el momento de calificar energéticamente al edificio, puesto que en el CALENER VYP no se puede introducir la contribución de energía eléctrica procedente de fuentes renovables.

Location: 43°40'10" North, 7°35'55" West, Elevation: 3 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 9.7 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 8.2% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.7%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 23.2%

Fixed system: inclination=36°, orientation=0° (Optimum at given orientation)				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	18.20	564	2.37	73.3
Feb	26.00	729	3.41	95.3
Mar	35.50	1100	4.75	147
Apr	37.80	1130	5.10	153
May	37.40	1160	5.08	158
Jun	38.90	1170	5.36	161
Jul	38.90	1200	5.37	167
Aug	38.70	1200	5.37	166
Sep	37.80	1140	5.17	155
Oct	29.80	923	4.02	125
Nov	19.80	594	2.60	78.1
Dec	18.20	564	2.39	74.2
Yearly average	31.4	956	4.25	129
Total for year		11500		1550

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Ilustración 82: Estimación producción energía solar eléctrica Proyecto. Edificio en Viveiro.
Fuente: PVGIS.

En las ilustración 83 se representa la producción de energía eléctrica en kWh/mes del citado campo.

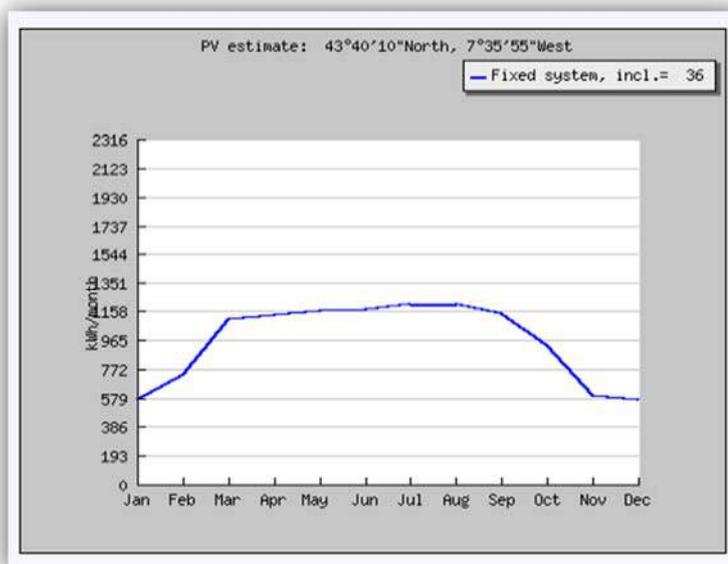


Ilustración 83: Estimación producción solar eléctrica Proyecto (kWh/mes). Edificio Viveiro.
Fuente: PVGIS.

Para calcular la producción anual de energía eléctrica del campo de captadores, formado por los captadores previstos en el Proyecto Básico y de Ejecución, con una potencia de 9,65 kW y los del nuevo campo formado por 120 captadores, con una potencia 260 W cada uno, siendo por lo tanto la potencia instalada de 40,85 kW, utilizaremos la aplicación del Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica.

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 43°40'10" North, 7°35'55" West, Elevation: 3 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 41.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 8.2% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.7%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 23.2%

Fixed system: inclination=36°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	77.30	2400	2.37	73.3
Feb	111.00	3100	3.41	95.3
Mar	151.00	4670	4.75	147
Apr	160.00	4810	5.10	153
May	159.00	4920	5.08	158
Jun	165.00	4960	5.36	161
Jul	165.00	5120	5.37	167
Aug	164.00	5100	5.37	166
Sep	161.00	4820	5.17	155
Oct	126.00	3920	4.02	125
Nov	84.20	2530	2.60	78.1
Dec	77.30	2400	2.39	74.2
Yearly average	134	4060	4.25	129
Total for year		48700		1550

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Ilustración 84: Estimación producción energía solar eléctrica. Edificio Viveiro.
Fuente: PVGIS

La producción estimada de energía solar eléctrica obtenida con el campo de captadores de 40,85 kW es de 48.700 kWh/año, de acuerdo a la ilustración 84.

En la ilustración 85 se representa la producción de energía eléctrica en kWh/mes del campo de captadores de potencia 40,85 kW.

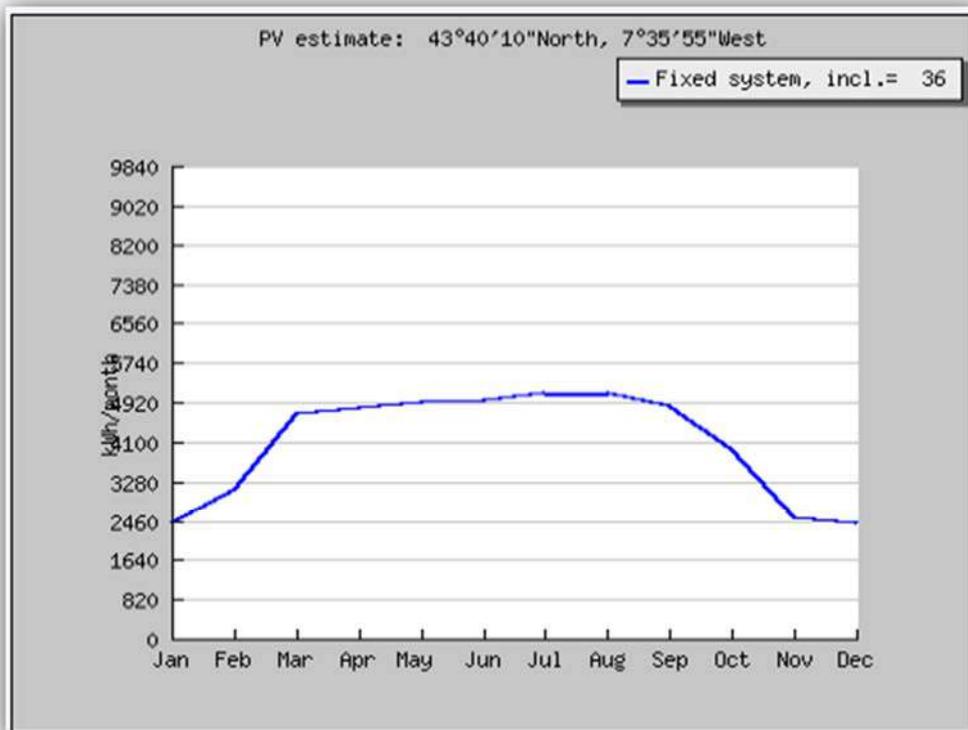


Ilustración 85: Estimación producción energía solar eléctrica (kWh/mes). Edificio Viveiro.
Fuente: PVGIS

6.1.3.2.4 MEJORA DEL VALOR DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

La exigencia básica HE-3: *Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación*, del DB-HE 2006 (39), de obligado cumplimiento en la fecha de redacción del presente Proyecto, establece un procedimiento de cálculo del valor de la eficiencia energética de la instalación (VEEI) en cada zona, constatando que no se superan los valores límites consignados en la tabla 2.1 del apartado 2.1 de la citada exigencia.

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de la eficiencia energética de la instalación (W/m^2) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Siendo:

P: la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares (W).

S: la superficie iluminada (m^2).

E_m : la iluminancia media horizontal mantenida (lux).

Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según sea el uso de la zona, dentro de uno de los 2 grupos siguientes:

- Grupo 1: Zonas de no representación o espacios en los que el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.

- b) Grupo 2: Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico ⁽⁴⁾	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios ⁽²⁾	4,0
	habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,5
	zonas comunes ⁽¹⁾	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
	espacios deportivos ⁽⁵⁾	5
recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5	
2 zonas de representación	administrativo en general	6
	estaciones de transporte ⁽⁶⁾	6
	supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁹⁾	8
	hostelería y restauración ⁽⁸⁾	10
	religioso en general	10
	salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁷⁾	10
	tiendas y pequeño comercio	10
	zonas comunes ⁽¹⁾	10
	habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12
recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10	

Ilustración 86: Valores límite de eficiencia energética de la instalación DB HE-2006.
Fuente: Exigencia básica HE 3 del R.D. 314/2006 (39).

La exigencia básica *HE-3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación*, del DB-HE 2013 (34), reduce los valores anteriores del VEEI, ilustración 87, y limita la potencia instalada en iluminación, teniendo en cuenta la potencia de las lámparas y equipos auxiliares que no superará los valores establecidos en la ilustración 88.

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Ilustración 87: Valores límite de eficiencia energética de la instalación DB HE-2013.
Fuente: Exigencia básica HE 3 del DB-HE 2013 (34).

Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m ²]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial Público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux	25

Ilustración 88: Potencia máxima de iluminación DB HE-2013.
Fuente: Exigencia básica HE 3 del DB-HE 2013 (34).

De acuerdo al Anejo de cumplimiento del CTE, que forma parte de la Memoria del Proyecto, los valores de eficiencia energética límite, según uso de la zona se establecían conforme a los valores de la ilustración 89.

GRUPO	ZONA DE ACTIVIDAD DIFERENCIADA	(VEEI) LÍMITE
1 (Zona de no representación)	Administrativo en general	3,5
	Habitaciones	4,5
	Zonas comunes	4,5
	Almacenes	5
	Archivos	5
	Salas técnicas	5
	Salas técnicas	5
	Cocinas	5
2 (Zonas de representación)	Hostelería	10
	Salas de usos múltiples	10
	Salas de ocio	10

Ilustración 89: Valores límite de eficiencia energética de la instalación. Edificio en Viveiro.
Fuente: Memoria del Proyecto.

De acuerdo a los valores que figuran en el archivo generado por el CALENER VYP, con la solución de Proyecto, todos los espacios en que se divide el edificio tienen un VEEI de 4,5 W/m²/100 lux y una potencia de iluminación de 4,50 W/m². Los equipos de alumbrado del Proyecto están constituidos por lámparas fluorescentes.

En los edificios del Sector Terciario el consumo de iluminación es muy importante. El edificio que nos ocupa tiene un consumo de energía primaria en iluminación de 286.677,70 kWh/año⁵³, lo que supone en 39,28% del consumo de energía primaria total del edificio y las emisiones de CO₂ por la iluminación un 38,22% del total del edificio.

La necesidad de consumir menos energía y contaminar menos reduciendo los desechos industriales para proteger el planeta, ha generado normas y recomendaciones a escala mundial, tanto en iluminación como en otros ámbitos, siendo siempre un factor prioritario el medio ambiente (75).

Hace pocos años, todavía estaba en alza la lámpara CFL (fluorescencia compacta)- denominadas también lámparas *ahorradoras*-, en contrapartida a la incandescente, pero actualmente creemos que está en franca decadencia, incluso próxima a la desaparición, debido a las dudas medioambientales que genera su fabricación. Pero sobre todo esto ha ocurrido por las ventajas del led, que ha dejado a la CFL como una lámpara menos eficiente en la mayoría de las aplicaciones, y los fabricantes han dejado de invertir en ella (75).

Led es la abreviatura del nombre en inglés *Light Emitting Diode*, lo que traducido al español sería *diodo emisor de luz*. Es un dispositivo semiconductor que transforma directamente la energía eléctrica mediante electroluminiscencia (75).

El tipo básico de led es un diodo compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz en una longitud de onda cuando es polarizado correctamente. Este dispositivo permite al paso de la corriente en una única dirección. El diodo y su correspondiente circuito eléctrico se encapsulan en una carcasa-base, de resina epoxi o cerámica según las diferentes tecnologías. Este encapsulado consiste en una especie de cubierta sobre el dispositivo. En el interior de encapsulado se pueden contener uno o varios ledes (75).

En la tabla 52 se compara las prestaciones de las lámparas Led con otros tipos de lámparas. Además del color de la luz, la capacidad para representar los diversos colores de los objetos iluminados es un criterio esencial de calidad. Este criterio se denomina reproducción del color y se mide por el Índice de Reproducción Cromática (CRI).

⁵³ Ubicando al edificio en la z.c. C1 y corregida la demanda de ACS del Proyecto de 24.476 l/d a 8.690 l/d (158 camas, 55 l/día/cama).

Tabla 52: Eficacia del led versus otras lámparas.

Tipo de lámpara	lm/W (Datasheet)	lm/W (Usable)	Vida útil (h)	CRI
Incandescencia	15	12	500	90
Halógena	20	16	1.200	100
Halogenuros metálicos	70-90	56-72	12.000	85
Fluorescencia	60-90	39-60	8.000	80
Sodio baja presión	120-150	84-105	16.000	25
Sodio alta presión	95-130	76-96	28.000	45
Led	90-160	70-120	>50.000	>90

Fuente: APLICACIONES DEL LED EN DISEÑO DE ILUMINACIÓN (75).

DIALux es un software gratuito de DIAL⁵⁴ para crear proyectos de iluminación que está abierto a las luminarias de todos los fabricantes.

Aplicando este software a la dependencia denominada *Centro de Día* del edificio y utilizándolo para la determinación del VEEI y de la potencia de iluminación, con luminarias *leds* de 43 W, de la marca IGUZZINI modelo LAMP 6441233 PLAT, obtenemos un VEEI de 0,99 W/m²/100 lux y una potencia de iluminación de 3,42 W/m², véase la ilustración 90. Estos valores son inferiores a los que se establecen en la exigencia básica anteriormente citada del DB-HE 2013 (34) y a los del Proyecto.

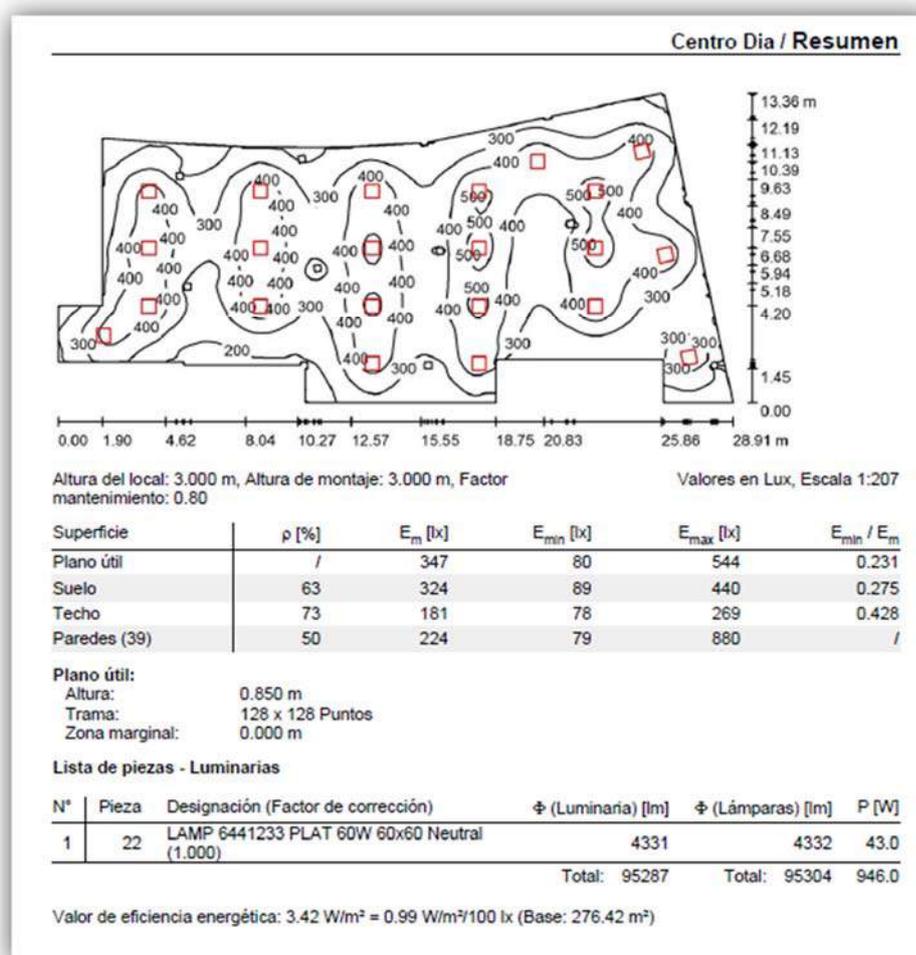


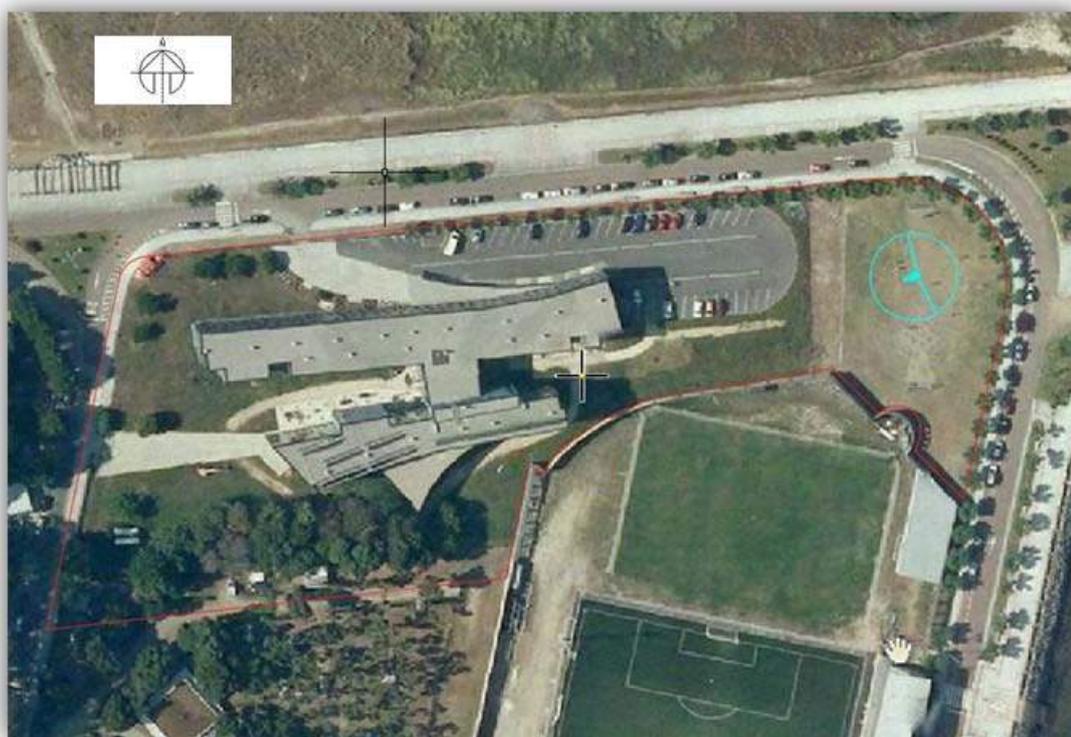
Ilustración 90: Cálculo del VEEI. Edificio en Viveiro.
 Fuente: Elaboración propia a partir del programa DIALux

⁵⁴ <http://www.dial.de/DIAL/es/dialux.html>

6.1.3.2.5 ENERGÍA EÓLICA

– INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que la parcela en la que se ubica el edificio tiene una superficie de 14.776,86 m² y éste tiene una ocupación en planta de, solamente, 2.252,33 m², se plantea la instalación de un aerogenerador con una potencia nominal de 100 kW en la zona Este de la parcela. Ver ilustración 91.



*Ilustración 91: Ubicación prevista aerogenerador. Edificio en Viveiro
Fuente: Elaboración propia.*

Según el IDAE, este tipo de aerogeneradores, en función de su potencia, se clasifican como de media potencia.

De acuerdo a la Ley 8/2009 (76), de 22 de diciembre, por la que se regula el aprovechamiento eólico en Galicia y se crean el canon eólico y el Fondo de Compensación Ambiental, este tipo de instalación, por su potencia, queda excluida del ámbito de aplicación de la misma.

Por tratarse de una instalación en baja tensión, menor de 1 kV en corriente alterna, le será de aplicación el Reglamento Electrotécnico para baja tensión.

Este tipo de instalación se encuadra dentro del grupo de proyectos que está sometidos a una evaluación ambiental simplificada de acuerdo a la Ley 21/2013 (77), de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

La parcela se encuentra fuera del dominio público marítimo terrestre por lo que no es necesaria solicitar autorización a la Demarcación de Costas.

Será necesaria la solicitud de la licencia de obra ante el ayuntamiento de Viveiro y tener en cuenta que los niveles máximos de ruido en el medio exterior en zonas de viviendas y edificios son: 55 dBA entre las 8 y las 22 horas y 45 dBA entre las 22 y las 8 horas.

– DATOS DE VIENTO

Los datos de viento se han obtenido del Atlas Eólico de España⁵⁵ del IDAE.

Para realizar el Atlas Eólico de España se ha recurrido a un modelo de simulación meteorológica y de prospección del recurso eólico a largo plazo, estudiando su interacción con la caracterización topográfica de España, sin llevar a cabo una campaña de mediciones específica. En cambio, sí se han utilizado datos reales del recurso para la validación de los resultados de la herramienta de simulación adoptada.

Del Atlas Eólico de España se han tomado cuatro puntos en el entorno del edificio que se consideran representativos correspondientes a la capa *100 m-anual*. Esta capa contiene los valores de velocidad media y los parámetros C y K de Weibull para 4 alturas incluidas en el Atlas (30, 60, 80 y 100 m).



*Ilustración 92: Puntos de datos de viento. Edificio en Viveiro
Fuente: Elaboración propia a partir del Atlas Eólico del IDAE.*

Los datos paramétricos de cada uno de los puntos se representan en la tabla 53 de la página siguiente.

⁵⁵ <http://atlaseolico.idae.es/>

Tabla 53: Datos de viento (media anual). Edificio en Viveiro.

Punto 1				
Coordenadas UTM (m):	129342, 4845570			
Elevación (m):	5			
Altura	30 m.	60 m.	80 m.	100 m.
Velocidad (m/s)	4,31	5,06	5,43	5,77
Weibull C (m/S)	5,01	5,85	6,25	6,55
Weibull K	2,068	2,065	2,049	2,015
Punto 2				
Coordenadas UTM (m):	129342, 4845570			
Elevación (m):	4			
Altura	30 m.	60 m.	80 m.	100 m.
Velocidad (m/s)	4,20	5,01	5,39	5,73
Weibull C (m/S)	4,88	5,79	6,20	6,50
Weibull K	2,068	2,065	2,049	2,016
Punto 3				
Coordenadas UTM (m):	129442, 484567			
Elevación (m):	2			
Altura	30 m.	60 m.	80 m.	100 m.
Velocidad (m/s)	4,37	5,08	5,44	5,77
Weibull C (m/S)	5,07	5,88	6,26	6,55
Weibull K	2,068	2,065	2,049	2,016
Punto 4				
Coordenadas UTM (m):	129442, 4845570			
Elevación (m):	3			
Altura	30 m.	60 m.	80 m.	100 m.
Velocidad (m/s)	4,30	5,04	5,41	5,73
Weibull C (m/S)	5,00	5,83	6,22	6,51
Weibull K	2,07	2,06	2,05	2,11

Fuente: Elaboración propia a partir del Atlas Eólico del IDAE.

El Atlas permite obtener la “rosa de los vientos” en la malla de 2,5 km.



Ilustración 93: Puntos de la malla de 2,5 km. Edificio en Viveiro
Fuente: Elaboración propia a partir del Atlas Eólico del IDAE.

Una herramienta muy valiosa para presentar la información medida es la llamada “rosa de los vientos”. Se trata de una representación gráfica de los datos de la velocidad del viento en cada dirección del espacio. Es habitual mostrar, por un lado la velocidad media y, por otro, la probabilidad de que el viento sople en cada dirección del emplazamiento en cuestión. En este último caso se representa el porcentaje de tiempo (o frecuencia) en que el viento sopla en cada dirección.

Los gráficos 28 y 29 representan los datos de viento de la malla de 2,5 km, a una altura de 80 m, en el punto más próximo al edificio. Se puede observar que la máxima velocidad de viento corresponde a la dirección Suroeste y dirección más probable en ese emplazamiento es Este

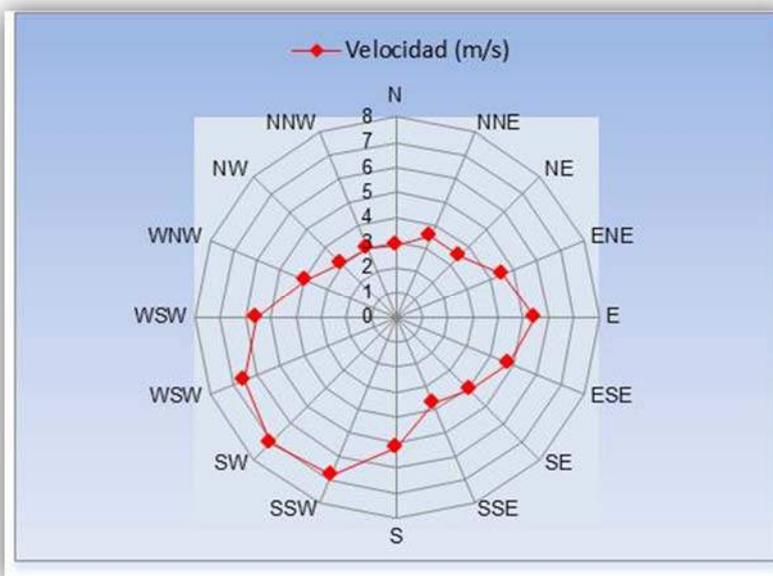


Gráfico 28: Rosa de los vientos de velocidades. Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia a partir del Atlas Eólico del IDAE

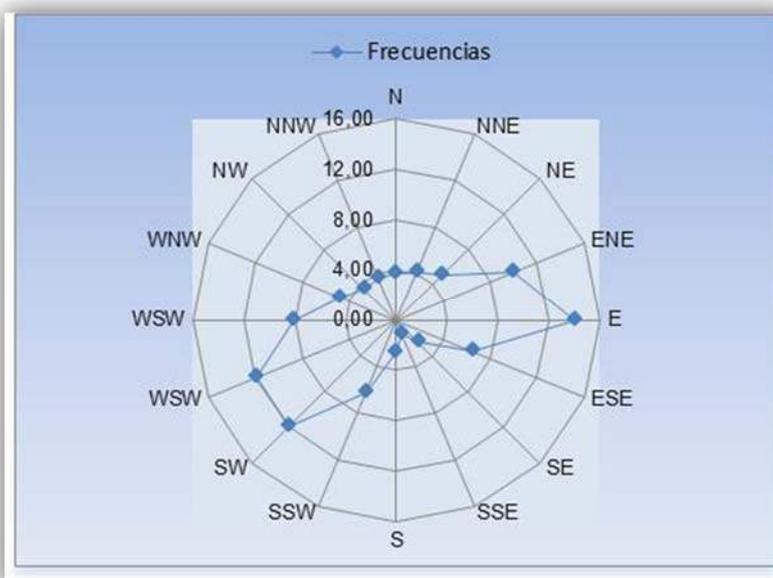


Gráfico 29: Rosa de los vientos de frecuencias. Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia a partir del Atlas Eólico del IDAE.

Otra manera de presentar los datos obtenidos es mediante tablas de: direcciones-velocidades y direcciones-frecuencias.

En lo que se refiere a la tabla direcciones-velocidades, podemos observar que la máxima velocidad del viento, 7,09 m/s, corresponde a la dirección SW. Ver tabla 54.

Tabla 54: Direcciones y velocidades de viento. Edificio en Viveiro.

Dirección	Velocidad (m/s)
N	2,93
NNE	3,53
NE	3,49
ENE	4,54
E	5,45
ESE	4,77
SE	4,12
SSE	3,73
S	5,23
SSW	6,79
SW	7,09
WSW	6,54
WSW	5,56
WNW	3,90
NW	3,10
NNW	2,99

Fuente: Elaboración propia a partir del Atlas Eólico del IDAE.

La dirección más frecuente del viento, 14,10%, es la E, seguida por la SW y la WSW, tal como podemos observar en la tabla 55.

Tabla 55: Direcciones y frecuencias de viento. Edificio en Viveiro.

Dirección	Frecuencia (%)
N	3,72
NNE	4,21
NE	5,17
ENE	9,91
E	14,10
ESE	6,49
SE	2,46
SSE	1,25
S	2,64
SSW	6,21
SW	11,94
WSW	11,93
WSW	8,07
WNW	4,79
NW	3,48
NNW	3,64

Fuente: Elaboración propia a partir del Atlas Eólico del IDAE.

– PRODUCCIÓN ANUAL Y ELECCIÓN DEL AEROGENERADOR

Como no disponemos de datos de medición de viento en el emplazamiento, velocidades y frecuencia, con los datos de viento de la tabla 53 hemos calculado la velocidad media anual de los cuatro puntos elegidos de la malla de 100 m para una altura de 30 m, que resulta ser 4,30 m/s.

Para estimar el aumento de la velocidad del viento con la altura, es habitual utilizar una aproximación exponencial de acuerdo con la fórmula:

$$V(y)/V_0(y_0) = (y/y_0)^\alpha$$

Dónde V es la velocidad del viento a la altura y , e y_0 una altura de referencia a la que la velocidad es conocida V_0 , y α es el llamado “coeficiente de rugosidad”, que depende fuertemente de la topografía.

Tomando como V_0 la velocidad del viento a una altura de 30 m, 4,30 m/s, y un coeficiente de rugosidad de 0,25, hemos determinado la velocidad del viento a la altura del buje de cada aerogenerador de acuerdo a las especificaciones técnicas de los aerogeneradores que se incluyen en el apartado 8 *FABRICANTES DE AEROGENERADORES DE 100 kW*.

Tabla 56: Velocidades en el buje de los aerogeneradores. Edificio en Viveiro.

Fabricante	Modelo	Altura del buje (m)	Velocidad (m/s)
NORVENTO	nED100	36	4,49
ELECTRIA WIND	GARBÍ 100/28	35	4,46
DEL VALLE AGUAYO	TURBEC 100	36	4,49
ADES	ADES 100	28	4,22
NORTHERN POWER SYSTEMS	NPS 100C-24	37	4,52

Fuente: Elaboración propia.

Hemos estimado la producción eólica a partir de los valores de la curva de potencia o de la producción anual de cada uno de ellos. Ver tabla 57.

Tabla 57: Producción eólica anual y niveles de ruido. Edificio en Viveiro.

Fabricante	Modelo	MWh/año	Nivel de ruido (dBA)	Distancia (m)
NORVENTO	nED100	138	43	100
ELECTRIA WIND	GARBÍ 100/28	131	-	-
DEL VALLE AGUAYO	TURBEC 100	157	-	-
ADES	ADES 100	165	72	-
NORTHERN POWER SYSTEMS	NPS 100C-24	150	50	50

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en la tabla 57, utilizaremos como valor de la producción eólica anual la del aerogenerador nED100, con un rotor de 22 m de diámetro, que es de 138 MWh/año. Este aerogenerador tiene unos valores de ruido que consideramos adecuados. El precio estimado de suministro y montaje para cada uno de ellos, es de 2.300 €/kW.

6.1.3.2.6 ENERGÍA GEOTÉRMICA DE MUY BAJA ENTALPÍA

La temperatura de estos recursos suelen acercarse a la media anual del lugar donde se captan. La energía renovable puede captarse de manera muy eficiente dada la estabilidad térmica del subsuelo frente a la estacional del ambiente, como consecuencia de la transmisión de calor hacia las zonas externas de la corteza. Dicha transmisión hace posible que, a partir de 8-10 m de profundidad, la temperatura del terreno se mantenga prácticamente estable durante todo el año. Su aplicación son los usos directos del calor: aporte energético a sistemas de ventilación, calefacción y refrigeración de locales y/o procesos, con o sin utilización de una bomba de calor (61).

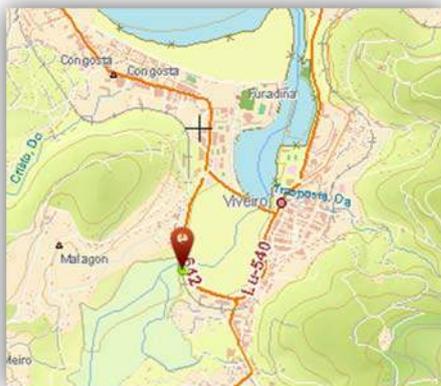
La característica fundamental que permite clasificar a las bombas de calor geotérmica, dentro del conjunto de las diferentes tecnologías, es la utilización del terreno del entorno de la instalación como fuente de calor, en modo de calefacción, o como sumidero de calor en modo de refrigeración (78).

Esta operación se realiza a través de un fluido caloportador que absorbe la energía de terreno y la transmite al circuito frigorífico de la máquina. Este fluido puede ser el mismo gas refrigerante, el agua de un acuífero subterráneo en un circuito abierto o el agua o mezcla de agua con anticongelante contenida en una sonda de perforación en un circuito cerrado (78).

Como en el Proyecto del edificio no preveía la utilización de la energía geotérmica, no se dispone del Test de Respuesta Térmica (TRT), que es una herramienta esencial para el dimensionamiento de instalaciones geotérmicas de cierta entidad.

La Norma UNE 100715-1 clasifica a las instalaciones geotérmicas verticales en circuito cerrado en 4 tipologías en función de la potencia prevista de las bombas de calor. En nuestro caso sería una instalación tipo C, ya que la potencia térmica de la instalación es superior a 70 kW.

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente dispone de una aplicación denominada Sistema de Información de Recursos Subterráneos y Servicios SIG⁵⁶ que permite consultar y visualizar la información relativa a: Masas de Agua, Litología de Permeabilidad y Origen, Sondeos, Piezometría, etc.



*Ilustración 94: Ubicación sondeo 4906. Edificio en Viveiro
Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.*

Según la columna litológica de dicho sondeo desde una profundidad de 6,70 m la edad de los materiales son pizarras paleozoicas.

⁵⁶ <http://sig.magrama.es/recursosub/>

Otra fuente de información sobre la litología son los mapas geológicos de la serie MAGNA-50⁵⁷, del Instituto Geológico y Minero de España. La litología en la zona de ubicación del edificio son gneises precámbricos de acuerdo a la ilustración 95.

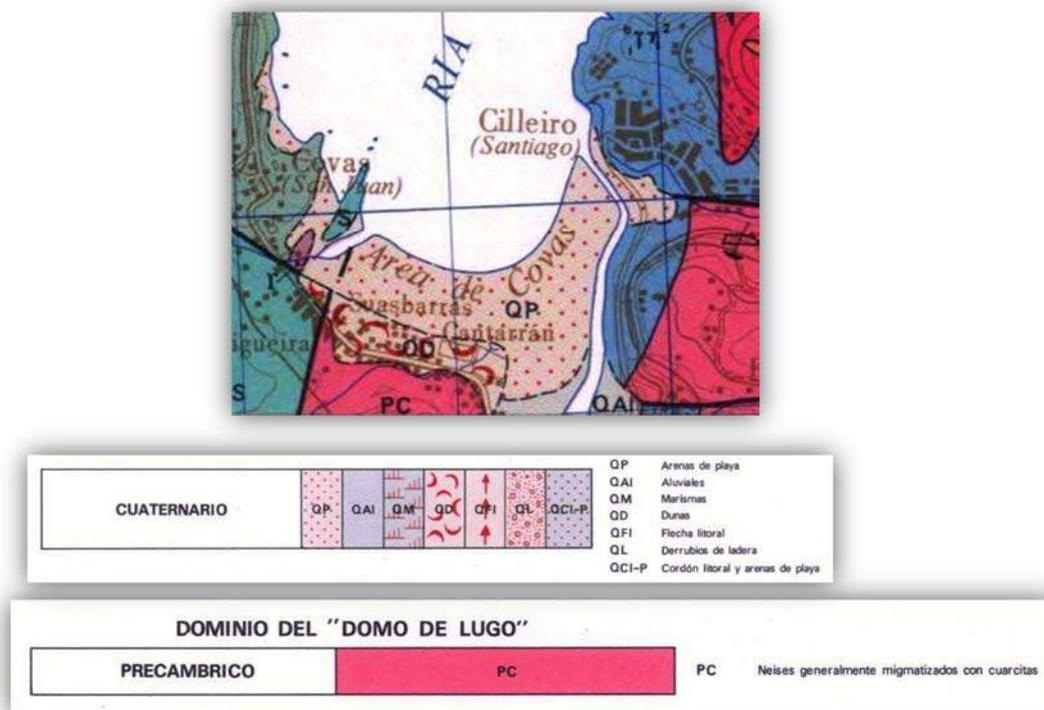


Ilustración 95: Litologías. Edificio en Viveiro.

Fuente: Cartografía MAGNA-50. Instituto Geológico y Minero de España.

En el Proyecto que nos ocupa la producción de calefacción y de ACS se planteó mediante dos calderas de condensación a gas de baja temperatura, con una potencia unitaria de 285 kW. Se plantea la sustitución de ambas por dos bombas de calor geotérmica accionada eléctricamente mediante la electricidad generada con los paneles fotovoltaicos y la turbina eólica.

Para el predimensionamiento de la instalación utilizaremos los siguientes parámetros:

- Potencia de calefacción y ACS: 570 kW (dato del Proyecto)
- Capacidad térmica terreno (gneis): 85 W/m
- Bomba de calor con condensación por agua: RHOSS, modelo THHEBY 4260 HT. Características:
 - Potencia modo calefacción (EN 14511): 297,8 kW.
 - COP⁵⁸ (según EN 14511): 4,38
 - Nº unidades de bomba de calor: 2

Predimensionamiento de las sondas:

La potencia del evaporador se calcula de acuerdo a:

$$\text{Potencia Evaporador: } [\text{Potencia (W)} \times (\text{COP} - 1)] / \text{COP}$$

Por lo tanto:

$$\text{Potencia Evaporador: } \frac{[595,60 \text{ kW} \times (4,38 - 1)]}{4,38} = 459,62 \text{ kW}$$

⁵⁷ <http://info.igme.es/cartografia/magna50.asp?c=>

⁵⁸ Se define COP (coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción) como el cociente entre la potencia de calefacción y la potencia eléctrica absorbida en unas condiciones específicas de temperatura y con la unidad a plena carga.

La longitud total de la sonda se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Longitud de la sonda} = \frac{\text{Potencia del evaporador (W)}}{\text{Capacidad térmica } \left(\frac{W}{m}\right)}$$

Lo que da a lugar:

$$\text{Longitud de la sonda} = \frac{459,65 \text{ W}}{85 \left(\frac{W}{m}\right)} = 5.407,29 \text{ m}$$

El número de pozos se obtiene de la siguiente expresión:

$$\text{Número de pozos} = \frac{\text{Longitud sonda (m)}}{\text{Profundidad pozo (m)}}$$

Entonces:

$$\text{Número de pozos} = \frac{5.407,29 \text{ (m)}}{150 \text{ (m)}} = 36,05$$

Las sondas estarían formadas por doble tubería de polietileno PE 100 de diámetro 32 mm.

Para la determinación del rendimiento estacional estimativo (SPF), utilizaremos la metodología de cálculo del IDAE reflejada en el documento titulado *PRESTACIONES MEDIAS ESTACIONALES DE LAS BOMBAS DE CALOR PARA PRODUCCIÓN DE CALOR EN EDIFICIOS (79)*.

La citada metodología busca estimar los valores de SPF para las distintas tecnologías y aplicaciones de las bombas de calor accionadas eléctricamente mediante la multiplicación de su COP nominal (coeficiente de eficiencia energética), obtenido en condiciones de ensayo, por un factor de ponderación (FP) y por un factor de corrección (FC) (79).

$$SPF = COP_{nominal} \times FP \times FC$$

El factor de ponderación tiene en cuenta las diferentes zonas climáticas de España que marca el CTE y se ha calculado mediante una metodología exclusivamente técnica, utilizando valores objetivos y los Documentos Reconocidos existentes (79).

El factor de corrección tiene en cuenta la diferencia entre la temperatura de distribución o uso y la temperatura para la cual se ha obtenido el COP en el ensayo (79).

En nuestro caso, disponemos de dos bombas de calor geotérmicas para producción de calefacción y ACS; el COP nominal de estas bombas para calefacción a 35° C es de 4,38.

El FP se obtiene de la tabla 4.1 del citado documento anterior (79), en función de la severidad climática de invierno, Viveiro es z.c. de invierno C y del tipo de intercambiador geotérmico. Ver ilustración 96.

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

Ilustración 96: Factor de ponderación (FP) para sistemas de calefacción. Edificio en Viveiro. Fuente: IDAE (79).

La temperatura para elegida para la calefacción y la preparación de ACS es de 60° C, por lo que el factor de corrección (FC) de acuerdo a la ilustración 97 es 0,55.

Factor de Corrección (FC)						
Tª de condensación (°C)	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

Ilustración 97: Factores corrección (FC) en función temperaturas condensación. Edificio Viveiro.
Fuente: : IDAE (79).

Aplicando la fórmula para la determinación del rendimiento estacional tendremos que:

$$SPF = COP_{nominal} \times FP \times FC = 4,38 \times 1,18 \times 0,55 = 2,84$$

En este caso el SPF de la bomba de calor es superior a 2,5 y por lo tanto podría considerarse como renovable la energía generada (80).

Tabla 58: Consumo energía eléctrica de la bomba de calor. Edificio en Viveiro.

Bombas de calor	Demanda energía kWh/año	SPF	Consumo energía (kWh/año)
Calefacción	245.429,90	2,84	86.418,98
ACS	51.440,50	2,84	18.112,85
Total	296.870,40		104.531,83

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de energía eléctrica de la bomba de calor para la producción de calefacción es de 86.419,01 kWh_E/año y 18.112,85 kWh_E/año para el ACS.

Los consumos de energía final en el escenario⁵⁹ denominado ACS+VEEI son: 245.429,90 kWh/año para calefacción y 51.440,50 kWh/año para ACS, siendo la fuente de generación de energía calorífica dos calderas de condensación a gas.

⁵⁹ En el escenario denominado PROYECTO se reflejan los consumos de energía primaria de acuerdo a la calificación energética del Proyecto ubicando al edificio en la z.c. D1. El escenario denominado Z.C. sitúa al edificio en la z.c. C1, con la demanda de ACS corregida. El escenario ENVOLVENTE, es igual que el anterior pero con la envolvente de edificio mejorada. En el escenario denominado ACS+VEEI se parte del escenario ENVOLVENTE, modificando los valores del VEEI y aumentando la contribución solar térmica hasta un total del 72%.

6.1.3.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

6.1.3.3.1 CONSUMO ENERGETICO TOTAL DEL EDIFICIO

La Propiedad del edificio nos facilitó los consumos reales del edificio correspondientes al año 2013, en lo que respecta a gas natural y electricidad. El consumo total anual de energía eléctrica fue de 313,9 MWh, el consumo total anual de gas natural fue de 657,1 MWh/año, siendo por lo tanto la suma total de ambos consumos anuales de 971,1 MWh. El edificio, en la fecha de la visita⁶⁰ no disponía de ningún sistema de monitorización ni de análisis de los consumos.

Estos consumos no son comparables con los obtenidos con los programas de calificación energética, ya que además de los consumos de calefacción, refrigeración, ACS e iluminación, incluyen consumos de gas en cocinas, redes de fuerza, aparatos de elevación y equipamiento especial en este tipo de edificios.

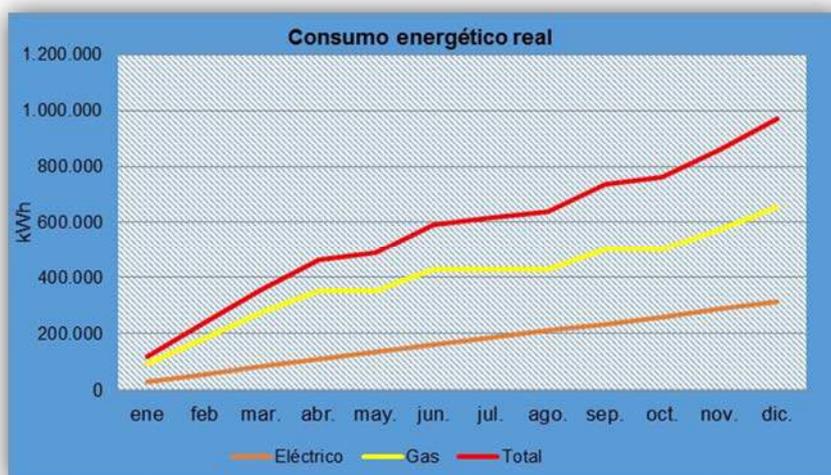


Gráfico 30: Consumos energéticos reales acumulados. Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos facilitados por la Propiedad.

6.1.3.3.2 EVOLUCIÓN DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA Y EMISIONES DE CO₂

Como ya hemos dicho en algunos de los apartados correspondientes al edificio que nos ocupa, para calcular su calificación energética mediante el programa CALENER VYP, el proyectista lo ubicó en la z.c. D1, zona que le corresponde por valores climáticos tabulados tanto en el DB-HE-2006 (39) como en el DB-HE 2013 (34). Además hay que resaltar que el parámetro de producción de ACS utilizado era erróneo. Para este tipo de edificio la exigencia básica HE 4 del R.D. 314/2006 (39), contempla una dotación de 55 litros por cama, el total de camas es de 158, siendo por lo tanto la demanda diaria de 8.690 l/d. La demanda introducida en el citado archivo es de 24.476 l/d.

Si modificamos el parámetro de la demanda de ACS utilizado, 24.476 l/d, e introducimos el correcto, 8.690 l/d y volvemos a calificar nuevamente el edificio, el consumo de energía primaria para producción de ACS varía significativamente, desde 374.668,70 kWh/año⁶¹ en la calificación del Proyecto a la obtenida en el escenario⁶² denominado Z.C., con la demanda diaria de ACS corregida, que es de 132.884,50 kWh/año.

⁶⁰ El 2 de septiembre de 2014.

⁶¹ Ver tabla 51.

⁶² En el escenario denominado PROYECTO se reflejan los consumos de energía y emisiones de acuerdo a la calificación energética del Proyecto ubicando al edificio en la z.c. D1. El escenario denominado Z.C. sitúa al edificio en la z.c. C1, con la demanda de ACS corregida. El escenario ENVOLVENTE, es igual que el anterior pero con la envolvente de edificio mejorada. En el escenario denominado ACS+VEEI se parte del escenario ENVOLVENTE, modificando los valores del VEEI y aumentando la contribución solar térmica hasta un total del 72%.

Tabla 59: Evolución consumos y emisiones. Fase 1⁶³. Edificio en Viveiro.

ESCENARIO		Energía Final		Energía Primaria		Emisiones		Calificación
		kWh/año	kWh/m ² .año	kWh/año	kWh/m ² .año	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ² .año	
1	PROYECTO	955.498,10	125,70	1.102.366,90	145,00	232.699,90	30,60	B
3	Z.C.	523.964,90	68,90	729.812,00	96,00	173.720,80	22,90	B
4	ENVOLVENTE	445.092,10	58,60	650.071,60	85,50	157.757,90	20,80	B
5	ACS+VEEI	364.821,10	48,00	527.566,90	69,40	127.470,50	16,80	A
1-3		431.533,20	56,80	372.554,90	49,00	58.979,10	7,70	-
3-5		159.143,80	20,90	202.245,10	26,60	46.250,30	6,10	-

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 59, en el escenario denominado *PROYECTO*, podemos observar los elevados ratios de consumo de energía final y energía primaria, 125,70 kWh/m².año y 145,00 kWh/m².año respectivamente. Esto es debido a que su calificación energética se calculó ubicando al edificio en una z.c. determinada por valores tabulados (D1) en lugar de hacerlo por parámetros climáticos, y que el ratio de demanda diaria de ACS introducido era erróneo, 24.476 l/d, en lugar de 8.690 l/d.

Si corregimos el ratio de la demanda diaria de ACS, 8.690 l/d y ubicamos al edificio en la z.c. determinada por registros climáticos (C1), escenario *Z.C.*, obtenemos unos consumos de energía final y energía primaria inferiores en un 45,16% y un 33,80% respecto al escenario *PROYECTO*.

La mejora de la envolvente del edificio, escenario *ENVOLVENTE*, reduce el ratio de consumo de energía final y energía primaria hasta 58,60 kWh/año y 85,50 kWh/año, respectivamente.

En el escenario denominado *ACS+VEEI* el ratio de consumo de energía primaria, 69,40 kWh/m².año, está por debajo de los requerimientos para los nuevos edificios no residenciales en Francia, 70-110 kWh/m².año, dependiendo de su localización, a los efectos de su definición como nZEB (81).

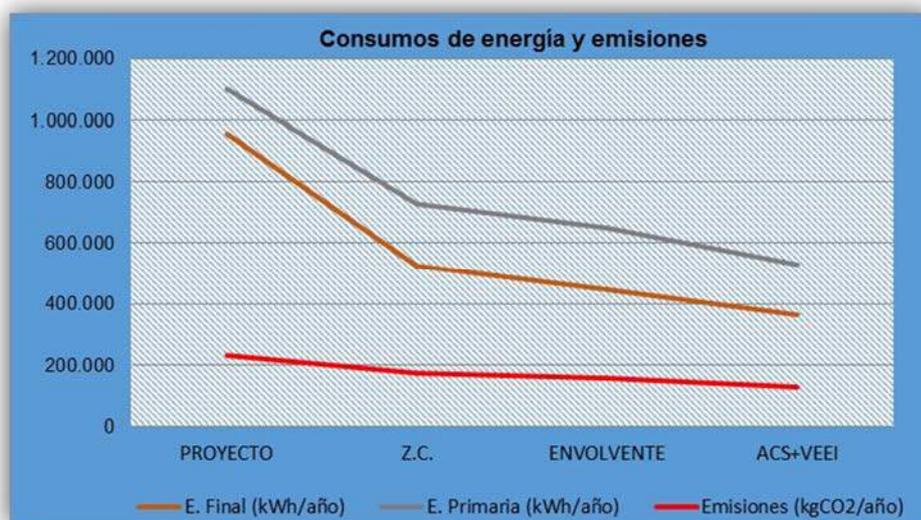


Gráfico 31: Evolución de consumos de energía y emisiones. Fase 1. Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia.

En el coste del Proyecto se incluyó una instalación para producción de electricidad mediante paneles fotovoltaicos, que no se tuvo en cuenta al calcular la calificación energética del edificio, puesto que el CALENER VYP no admite esa opción.

El programa PostCalener, reconocido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, permite el tratamiento de componentes, estrategias, equipos o sistemas no incluidos en los procedimientos originales Calener y su integración con el mismo.

⁶³ Denominamos Fase 1 la que incluye los escenarios 1 al 5.

Si integramos en el PostCalener la producción de electricidad fotovoltaica (48,7 MWh/año), la producción de electricidad producida por la turbina eólica (138 MWh/año) y sustituimos las calderas de gas por bombas de calor geotérmicas, escenario⁶⁴ *FINAL*.

4. COMPONENTES ADICIONALES						
Nombre BCGT_ELECT						
Descripción Descripción del componente adicional						
Consumos (kW-h/año)	Refrigeración	Calefacción	A.C.S.	Iluminación		
Electricidad	0.0	86419.0	18113.0	0.0		
Ninguno	0.0	0.0	0.0	0.0		
Ninguno	0.0	0.0	0.0	0.0		
Nombre ELECT_FOTOV						
Descripción Descripción del componente adicional						
Consumos (kW-h/año)	Refrigeración	Calefacción	A.C.S.	Iluminación		
Electricidad	0.0	-48700.0	0.0	0.0		
Ninguno	0.0	0.0	0.0	0.0		
Ninguno	0.0	0.0	0.0	0.0		
Nombre ELECT_EOLICA						
Descripción Descripción del componente adicional						
Consumos (kW-h/año)	Refrigeración	Calefacción	A.C.S.	Iluminación		
Electricidad	0.0	-37719.0	-18113.0	-82168.0		
Ninguno	0.0	0.0	0.0	0.0		
Ninguno	0.0	0.0	0.0	0.0		
5. COMPONENTES ORIGINALES DESACTIVADOS						
Nombre	Tipo	DF (kW-h)	DC (kW-h)	EF (kW-h)	EP (kW-h)	EM (kg CO2)
EQ_EQ_Caldera-	Caldera	0.0	297701.5	296924.7	300190.8	60572.6
DF: Energía frigorífica suministrada, DC: Energía calorífica suministrada						

Ilustración 98: Componentes adicionales. Escenario *FINAL*. Edificio en Viveiro.
Fuente: PostCalener.

⁶⁴ En el escenario denominado PROYECTO se reflejan los consumos de energía y emisiones de acuerdo a la calificación energética del Proyecto ubicando al edificio en la z.c. D1. El escenario denominado Z.C. sitúa al edificio en la z.c. C1, con la demanda de ACS corregida. El escenario ENVOLVENTE, es igual que el anterior pero con la envolvente de edificio mejorada. En el escenario denominado ACS+VEEI se parte del escenario ENVOLVENTE, modificando los valores del VEEI y aumentando la contribución solar térmica hasta un total del 72%. En el escenario FINAL, se parte del escenario ACS+VEEI y se le introduce la electricidad generada por fuentes renovables y se sustituyen las calderas de gas por bombas de calor geotérmicas.

Obtenemos los siguientes ratios relativos a consumos de energía final y energía primaria y emisiones, que se reflejan en la ilustración 99.

Concepto	EF orig.	EF mod.	EF ref.	EP orig.	EP mod.	EP ref.	EM orig.	EM mod.	EM ref.
Climatización	32.43	0.00	71.45	32.79	0.00	77.24	6.62	0.00	20.51
Iluminación	8.94	-1.87	29.17	29.92	-6.26	97.63	8.77	-1.83	28.62
A.C.S.	6.63	0.00	15.99	6.70	0.00	53.51	1.35	0.00	15.68
Total	48.00	-1.87	116.61	69.41	-6.26	228.38	16.74	-1.83	64.81

EF: Energía final (kW·h/m²), EP: Energía primaria (kW·h/m²), EM: Emisiones CO₂ (kg CO₂/m²)
orig: original, mod: modificado, ref: referencia, la superficie utilizada es la suma de la acondicionada y la no condicionada

Ilustración 99: Indicadores energéticos anuales. Escenario FINAL. Edificio en Viveiro.
Fuente: PostCalener.

Con las tecnologías introducidas, el edificio produce más energía que la que necesita para los usos reglamentados. Tiene un excedente de 14.214,54 kWh/año de energía final. Toda la energía producida es de origen renovable. No tiene emisiones de CO₂, y con la energía excedente inyectada al edificio deja de emitir 13,9 t/año de CO₂. Véase la tabla 60.

Tabla 60: Evolución consumos y emisiones. Fase 2. Edificio en Viveiro.

ESCUENARIO		Energía Final		Energía Primaria		Emisiones		Calificación
		kWh/año	kWh/m ² .año	kWh/año	kWh/m ² .año	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ² .año	
1	PROYECTO	955.498,10	125,70	1.102.366,90	145,00	232.699,90	30,60	B
3	Z.C.	523.964,90	68,90	729.812,00	96,00	173.720,80	22,90	B
5	ACS+VEEI	364.821,10	48,00	527.566,90	69,40	127.470,50	16,80	A
6	FINAL	-14.214,54	-1,87	-47.584,51	-6,26	-13.910,49	-1,83	A
1-6		969.712,64	56,80	372.554,90	49,00	58.979,10	7,70	-
3-6		538.179,44	70,77	777.396,51	102,26	187.631,29	24,73	-

Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.3.3 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MEJORAS Y TECNOLOGÍAS APLICADAS Y RETORNO DE LA INVERSIÓN

Tal y como se refleja en el apartado anterior el edificio, en el denominado escenario *FINAL*, produce más energía de la que necesita para calefacción, ACS y alumbrado. Tiene un exceso de producción de 14.214,54 kWh/año de energía eléctrica, que se pueden destinar al consumo de otros usos del edificio: fuerza, equipamiento específico que consuma electricidad, etc.

La valoración⁶⁵ de las mejoras, anteriormente descritas: mejora de la envolvente, aumento de la contribución solar térmica para producción de ACS, aumento de la generación de electricidad mediante placas fotovoltaicas, mejora del VEEI, producción de electricidad mediante una turbina eólica y sustitución de las calderas de gas por dos bombas de calor geotérmicas tiene un importe de 782.265,81 €.

Tabla 61: Valoración económica de las mejoras y tecnologías aplicadas. Edificio en Viveiro.

Presupuesto						
Código	Nat	Ud	Resumen	Medición	Precio unitario	Importe
1	Capítulo		MEJORA DE LA ENVOLVENTE			
01.01	Partida	m2	Solucion solera Proyecto	-2.252,33	53,69	-120.927,60
01.02	Partida	m2	Solucion solera Modificada	2.252,33	69,37	156.244,13
01.03	Partida	m2	Incremento aislam. cerramiento Pta Baja	2.827,72	7,35	20.783,74
01.04	Partida	m2	Incremento aislam. cubierta	2.380,19	6,15	14.638,17
01.05	Partida	m2	Acristalamiento Proyecto: 4/12/6	-2.068,03	60,29	-124.681,53
01.06	Partida	m2	Acristal. Mejora: 4/16 Argón 90%/4	2.068,03	74,38	153.820,07
01.07	Partida	m2	Carpintería Proyecto: U=3,20, R.P.T.	-2.068,03	118,13	-244.296,38
01.08	Partida	m2	Carpintería Mejora: COR-60, U=1,70, R.P.T.	2.068,03	125,00	258.503,75
			Total capítulo 01			114.084,35
2	Capítulo		SISTEMAS PRODUCCION			
02.01	Partida	m2	Panel solar ACS	170,32	462,18	78.718,50
02.02	Partida	kW	Panel fotovoltaico	31,20	1.260,50	39.327,60
02.03	Partida	ud	Aerogenerador 100 kW	1,00	230.000,00	230.000,00
02.04	Partida	m2	Instalación calefacción-ACS, caldera gas	-7.529,34	26,40	-198.774,58
02.05	Partida	m2	Instalación calefacción-ACS, BCGT	7.529,34	49,96	376.165,83
			Total capítulo 02			525.437,35
3	Capítulo		MEJORA DEL VEEI			
03.01	Partida	m2	Iluminación mediante fluorescentes	-7.529,34	10,70	-80.563,94
03.02	Partida	m2	Iluminación mediante leds	7.529,34	13,07	98.408,47
			Total capítulo 03			17.844,53
			Suma Ejecución Material			657.366,23
			Gastos Generales	13%		85.457,61
			Beneficio Industrial	6%		39.441,97
			Total Ejecución por Contrata			782.265,81

Fuente: Elaboración propia.

⁶⁵ De acuerdo al Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, se denomina presupuesto de ejecución material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario. El presupuesto de ejecución material se incrementará en los siguientes conceptos:

- Gastos generales de estructura que inciden sobre el contrato, cifrados en los siguientes porcentajes aplicados sobre el presupuesto de ejecución material: del 13 al 17 por 100, en concepto de gastos generales de la empresa, gastos financieros y cargas fiscales.
- Beneficio industrial del contratista, el 6 por 100.

Para calcular el tiempo de retorno simple de la inversión (TRS), utilizaremos la siguiente expresión:

$$TRS = \frac{\text{Coste } INV}{\text{Ahorro } COMB} \quad (3)$$

Siendo:

Coste INV: el coste de la inversión

Ahorro COMB: el ahorro anual de combustible. Ahorro anual de energía por coste de combustible.

Tabla 62: Ahorro anual de energía final. Edificio en Viveiro.

ESCENARIO	Energía Final (kWh/año)				
	Calefacción	Refrigeración	ACS	Iluminación	Total
3 Z.C.	311.953,70	0,00	126.359,10	85.652,10	523.964,90
6 FINAL	0,00	0,00	0,00	-14.214,54	-14.214,54
6-3	311.953,70	0,00	126.359,10	99.866,64	538.179,44

Fuente: Elaboración propia.

Para valorar el ahorro anual de combustible partiremos de los consumos de energía final en el escenario denominado Z.C y le restaremos el consumo de energía final del denominado escenario FINAL. El precio de los combustibles los hemos tomado de la publicación *INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS* (82).

Tabla 63: Ahorro anual del coste de combustibles. Fase 2. Edificio en Viveiro.

Uso	Combustible	Energía Final (kWh/año)	Rendimiento	€(kWh)	Importe (€)
Calefacción	Gas natural	311.953,70	0,90	0,05	17.330,76
ACS	Gas natural	126.359,10	0,90	0,05	7.019,95
Iluminación	Electricidad	99.866,64	1,00	0,15	14.980,00
Total					39.330,71

Fuente: Elaboración propia.

En nuestro caso:

Coste INV: 782.265,81 euros

Ahorro anual de energía: 538.179,44 kWh/año

Coste anual de la energía: 39.330,71 €

$$TRS = \frac{782.265,81}{39.330,71} = 19,88 \text{ años}$$

El TRS obtenido es 19,88 años. No obstante este TRS pudiera reducirse, si consideráramos todas las mejoras anteriormente descritas como un proyecto de ahorro y eficiencia energética. La Xunta de Galicia a través del INEGA subvenciona inversiones en sustitución o mejora de equipos e instalaciones consumidoras de energía del proceso productivo o sistemas auxiliares; mejora de instalaciones de iluminación en centros productivos del sector industrial; implantación de sistemas de contabilización/telegestión de consumo de energía asociados a otras actuaciones de ahorro energético; proyectos de instalaciones fotovoltaicas, solares térmicas y bombas de calor que contribuya a aumentar la eficiencia energética de las empresa; o cualquier otra actuación que implique, como mínimo, el ahorro energético que se indica en las bases de las ayudas (83).

Para el cálculo del TRS tampoco se ha tenido en cuenta lo dispuesto en el R.D. 900/2015 (84), por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo, relativo al cargo transitorio por energía autoconsumida.

6.1.3.3.4 CONCLUSIÓN

Como resumen de todo lo expuesto anteriormente, en referencia a este edificio, podemos concluir, en primer lugar, que la introducción de datos erróneos produce lógicamente valores erróneos. En la tabla 50 podemos observar que en función del parámetro de la demanda diaria de ACS introducido en CALENER VYP dispara el consumo de energía primaria de ACS desde 132.844,50 kWh/año a 374.668,70 kWh/año. Igualmente sucede con el consumo de energía final y las emisiones de CO₂.

En segundo lugar cabe destacar que, cuando haya estaciones meteorológicas en el entorno del edificio, la determinación de la zona climática se obtendrá a partir de los valores climáticos de las mismas. Esto nos permitirá obtener unos valores de consumos de energía y emisiones más ajustados de acuerdo a la ubicación geográfica del edificio. En la tabla 51 se puede observar que el consumo de energía primaria ubicando al edificio en una z.c. obtenida por valores tabulados es de 859.389,10 kWh/año y que si se ubica en una z.c. definida por valores climáticos se reduce a 729.812,00 kWh/año. Igualmente se reduce el consumo de energía final y las emisiones de CO₂.

En tercer lugar podemos decir que, de acuerdo a la tabla 51, la mejora de la envolvente del edificio reduce las demandas de energía y también reduce las emisiones de CO₂.

En cuarto lugar hay que destacar que el incremento o incorporación de las energías renovables para la producción de ACS (incremento de la superficie de captadores), para la producción de electricidad mediante paneles fotovoltaicos (incorporación e incremento) y turbinas eólicas, junto con la mejora del VEEI y la sustitución de la producción de ACS mediante calderas de gas a bombas de calor geotérmicas, conllevan a que el edificio produzca más energía que la que necesita de acuerdo a los usos reglamentados.

En el denominado escenario *FINAL* el edificio tendría un exceso de producción de energía final de 14.214,54 kWh/año, 47.584,51 kWh/año de energía primaria y dejaría de emitir 13.910,49 kg CO₂/año

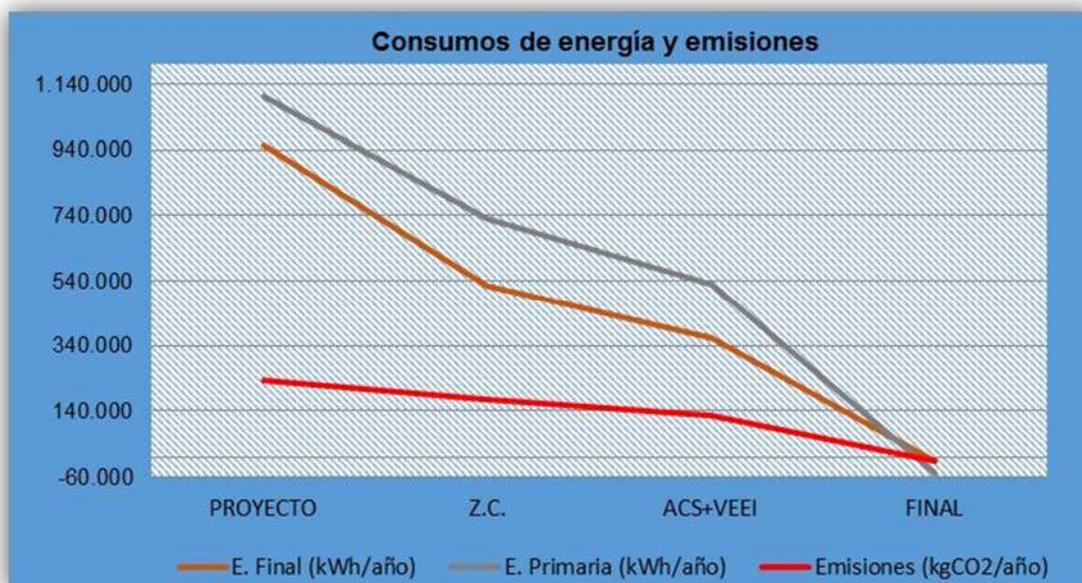


Gráfico 32: Evolución de consumos de energía y emisiones. Edificio en Viveiro.
Fuente: Elaboración propia

En último lugar destacar que, el coste de las mejoras necesarias para convertir al edificio en uno de balance energético negativo, tiene un TRS menor de veinte años.

6.2 EDIFICIO Nº 2: CENTRO DE DÍA EN CARBALLO (A CORUÑA)

6.2.1 EL EDIFICIO

6.2.1.1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto Básico y de Ejecución de “CENTRO DE DÍA PARA LA ATENCIÓN A PERSONAS MAYORES. PLAZA DE VIGO Nº 7, 8, 9 Y 10. CARBALLO. A CORUÑA”, fue redactado con fecha de julio de 2008.

La legislación aplicable en materia energética, fue el DB-HE 2006 (39), el R.D. 47/2007 (38), de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción y el R.D. 1027/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (41).

Para el cumplimiento de la exigencia básica *HE-1 Limitación de la demanda energética* se utilizó el programa LIDER. La calificación de eficiencia energética del edificio se obtuvo mediante el programa CALENER VYP.

La calificación energética del edificio obtenida, de acuerdo a la documentación facilitada por el Autor del Proyecto, fue B. Los consumos de energía primaria y emisiones del edificio son los que figuran en la ilustración 100.

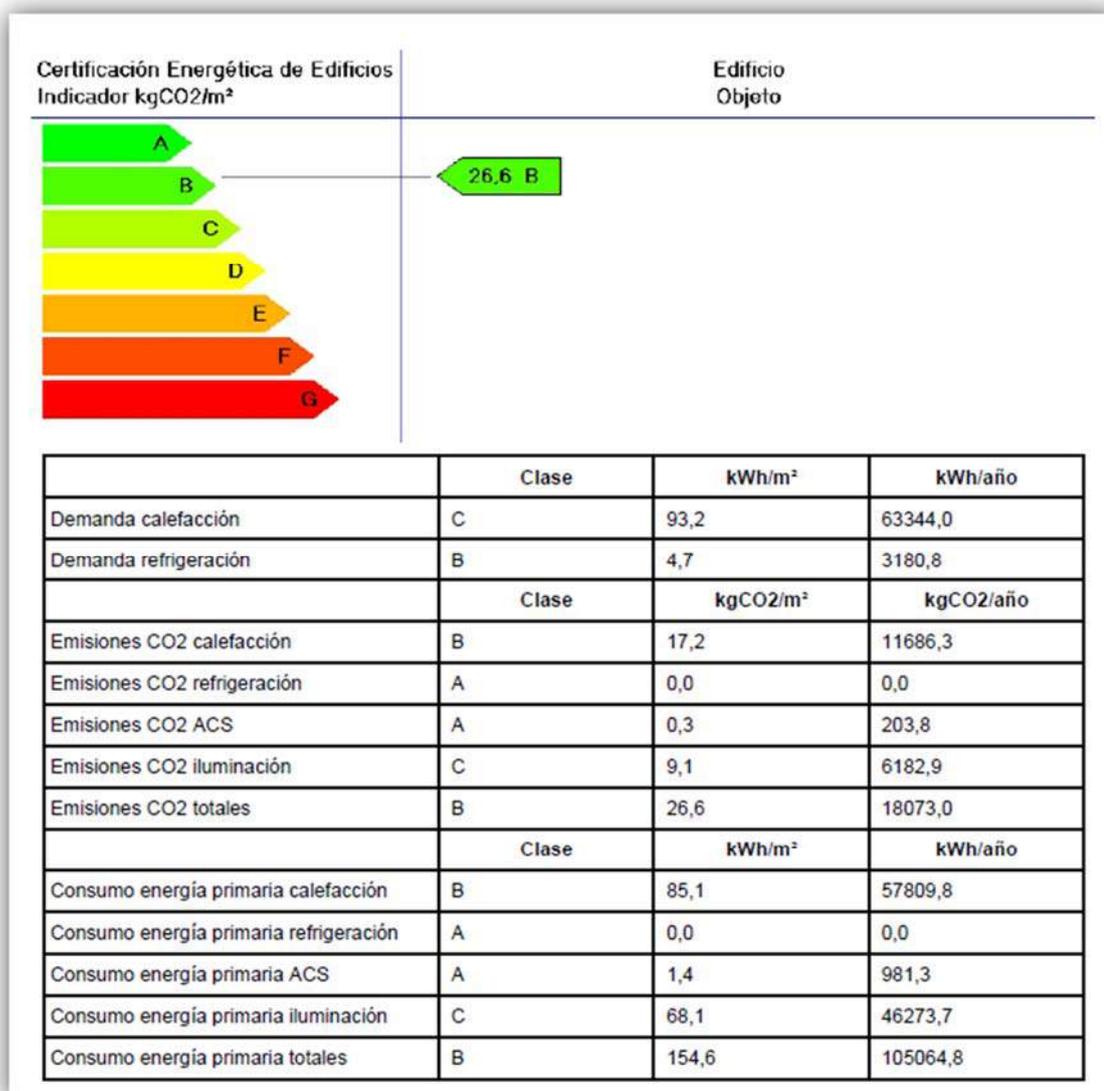


Ilustración 100: Consumo energía primaria y emisiones Proyecto. Edificio en Carballo. Fuente: CALENER VYP.

Si comparamos los valores obtenidos en la etiqueta, ilustración 100, con los obtenidos en la pantalla de resultados, ilustración 101, que también genera el programa CALENER VYP, observamos que los valores correspondientes a los consumos de energía primaria, si coinciden, pero no lo hacen los correspondientes a emisiones de CO₂. El primer valor es de 26,6 kgCO₂/m².año y el segundo valor es 34,5 kgCO₂/m².año. La diferencia corresponde a las emisiones de iluminación.

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
# Demandas	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	93,2	63344,0	105,1	71392,4
Refrigeración	4,7	3180,8	8,8	6005,5

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Final	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	84,2	57180,8	135,0	91688,4
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	1,4	970,6	8,6	5827,3
Iluminación	26,2	17777,1	37,4	25395,8
Total	111,8	75928,5	180,9	122911,5

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Primaria	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	85,1	57809,8	145,9	99115,2
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	1,4	981,3	22,3	15168,4
Iluminación	68,1	46273,7	97,3	66105,3
Total	154,6	105064,8	265,5	180388,9

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Emisiones	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Calefacción	17,2	11686,3	38,7	26314,6
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	0,3	203,8	9,1	6205,7
Iluminación	17,0	11537,3	24,3	16481,9
Total	34,5	23427,5	72,1	49002,2

Ilustración 101: Consumo de energía y emisiones en Proyecto. Edificio en Carballo.
Fuente: CALENER VYP.

Si calificamos nuevamente al edificio mediante el programa PostCalener, obtenemos los indicadores energéticos anuales que figuran en la ilustración 102. Estos coinciden con los de la ilustración 101, a excepción de las emisiones del edificio de referencia.

2. INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES									
Concepto	EF orig.	EF mod.	EF ref.	EP orig.	EP mod.	EP ref.	EM orig.	EM mod.	EM ref.
Climatización	84.18	84.18	134.95	85.10	85.10	145.88	17.17	17.17	38.73
Iluminación	26.16	26.16	37.38	68.11	68.11	97.29	16.98	16.98	24.26
A.C.S.	1.41	1.41	8.58	1.43	1.43	22.32	0.29	0.29	5.57
Total	111.75	111.75	180.90	154.64	154.64	265.50	34.44	34.44	68.55

EF: Energía final (kW-h/m²), EP: Energía primaria (kW-h/m²), EM: Emisiones CO₂ (kg CO₂/m²)
orig: original, mod: modificado, ref: referencia, la superficie utilizada es la suma de la acondicionada y la no acondicionada

*Ilustración 102: Indicadores energéticos anuales en Proyecto. Edificio en Carballo.
Fuente: PostCalener.*

El índice de calificación de eficiencia energética C, para edificios dedicados a otros usos diferentes del de vivienda, se obtiene mediante el cociente entre las emisiones de CO₂ del edificio a certificar y las emisiones de CO₂ del edificio de referencia (38).

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índice de calificación de eficiencia energética
A	$C < 0.40$
B	$0.40 \leq C < 0.65$
C	$0.65 \leq C < 1.00$
D	$1.00 \leq C < 1.3$
E	$1.3 \leq C < 1.6$
F	$1.6 \leq C < 2$
G	$2 \leq C$

*Ilustración 103: Calificación de eficiencia energética de edificios destinados a otros usos.
Fuente: R.D. 47/2007.*

Si calculamos el índice de calificación de eficiencia energética correspondiente a un valor de emisiones de 26,6 kgCO₂/m².año para el edificio a certificar y un valor de emisiones de 72,1 kgCO₂/m².año para el edificio de referencia, obtenemos un valor de 0,37 al que le correspondería una calificación energética A, distinta a la que aparece en la etiqueta, que es B.

Si por el contrario calculamos el índice de calificación de eficiencia energética correspondiente a un valor de emisiones de 34,5 kgCO₂/m².año para el edificio a certificar y un valor de emisiones de 72,1 kgCO₂/m².año para el edificio de referencia, obtenemos un valor de 0,48 al que le correspondería una calificación energética B, igual a la que aparece en la etiqueta.

En lo que se refiere a la coherencia de los factores de paso de energía final a primaria y de emisiones de CO₂ de acuerdo a los datos obtenidos a partir del CALENER VYP, vemos que los valores obtenidos, reflejados en la tabla 64, son coherentes con respecto a los valores publicados por el MINETUR (85).

Tabla 64: Coherencia coeficientes de paso. Edificio en Carballo.

Consumos de energía y emisiones	EF (energía final)		EP (energía primaria)		EM (emisiones)		EP/EF	EM/EF
	kWh/año	kWh ₂ /m ² .año	kWh/año	kWh ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ² .año		
Calefacción	57.180,80	84,16	57.809,80	85,09	11.686,30	17,20	1,011	0,204
ACS	970,60	1,43	981,30	1,44	203,80	0,30	1,011	0,210
Iluminación	17.777,10	26,17	46.273,70	68,11	11.537,30	16,98	2,603	0,649
Total	75.928,50	111,76	105.064,80	154,64	23.427,40	34,48		

Fuente: Elaboración propia a partir del CALENER VYP

Las fuentes energéticas utilizadas en el presente edificio son electricidad y gas.

Los valores previos que figuran en las ilustraciones 104 y 105, son los valores utilizados, a fecha de redacción del informe⁶⁶, en CALENER, CE2 y CEX, según documento reconocido “Escala de calificación energética para Edificios existentes” (85).

Factores de conversión de energía final a primaria					
	Fuente	Valores aprobados			Valores previos (****)
		kWh E.primaria renovable /kWh E. final	kWh E.primaria no renovable /kWh E. final	kWh E.primaria total /kWh E. final	kWh E.primaria /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,396	2,007	2,403	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,414	1,954	2,368	2,61
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,075	2,937	3,011	3,35
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,082	2,968	3,049	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,070	2,924	2,994	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,072	2,718	2,790	
Gasóleo calefacción	(***)	0,003	1,179	1,182	1,08
GLP	(***)	0,003	1,201	1,204	1,08
Gas natural	(***)	0,005	1,190	1,195	1,01
Carbón	(***)	0,002	1,082	1,084	1,00
Biomasa no densificada	(***)	1,003	0,034	1,037	
Biomasa densificada (pelets)	(***)	1,028	0,085	1,113	

Ilustración 104: Factores de conversión de energía final a primaria.
Fuente: MINETUR (85).

(*) Valor obtenido de la Propuesta de Documento Reconocido: Valores aprobados en Comisión permanente de Certificación Energética de Edificios de 27 de junio de 2013, actualizado el período considerado.

(**) Según cálculo de apartado 5 de este documento.

(***) Basado en el informe “Well to tank Report, versión 4.0” del Joint Research Institute.

(****) Valores utilizados, a fecha de redacción del informe, en CALENER, CE3y CEX según Documento reconocido “Escala de calificación energética para edificios existente”.

⁶⁶ El informe fue publicado el 20 de julio de 2014 y será de aplicación a partir del 14 de enero de 2016.

Factores de emisiones de CO ₂			
	Fuente	Valores aprobados	Valores previos (****)
		kg CO ₂ /kWh E. final	kg CO ₂ /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,357	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,331	0,649
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,833	0,981
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,932	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,776	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,721	
Gasóleo calefacción	(***)	0,311	0,287
GLP	(***)	0,254	0,244
Gas natural	(***)	0,252	0,204
Carbón	(***)	0,472	0,347
Biomasa no densificada	(***)	0,018	neutro
Biomasa densificada (pelets)	(***)	0,018	neutro

Ilustración 105: Factores de emisiones de CO₂.
Fuente: MINETUR (85).

(*) Valor obtenido de la Propuesta de Documento Reconocido: Valores aprobados en Comisión permanente de Certificación Energética de Edificios de 27 de junio de 2013, actualizado el periodo considerado.

(**) Según cálculo de apartado 5 de este documento.

(***) Basado en el informe "Well to tank Report, versión 4.0" del Joint Research Institute.

(****) Valores utilizados, a fecha de redacción del informe, en CALENER, CE3y CEX según Documento reconocido "Escala de calificación energética para edificios existente".

6.2.1.2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

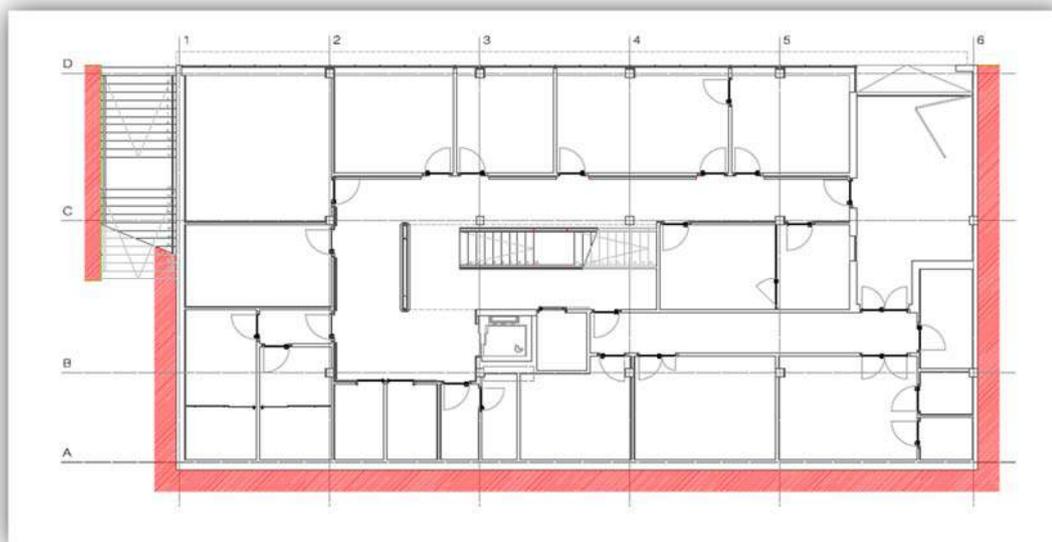
El edificio se ubica en el solar que forman las parcelas 7, 8, 9 y 10 de la Plaza de Vigo, en Carballo, A Coruña. De geometría rectangular, tiene una superficie de 500,80 m² y frente a dos viales, alineación Sureste a la propia Plaza de Vigo, y Noroeste a la calle Mendel, con un desnivel medio entre ambas alineaciones de 3,70 m., equivalente a una planta. Ver ilustración 106.



Ilustración 106: Ubicación del edificio. Edificio en Carballo.
Fuente: Elaboración propia a partir Información Xeográfica de Galicia.

El funcionamiento del *CENTRO DE DÍA* se estructura en dos áreas fundamentales, área de actividad y área de atención-administrativa, que se complementan con sus áreas servicio correspondientes. Por su interrelación funcional, ambas no conforman áreas estancas o diferenciadas, pudiendo y debiendo, según las características físicas de cada parcela, la adaptación de las mismas a un criterio elemental de las necesidades de sus usuarios: atención y ocio.

El *Centro* se estructurará por tanto en dos únicos niveles, descartando un desarrollo más vertical que fraccionaría todavía más el programa, afectando a los criterios de movilidad. Tiene una superficie construida de 810,75 m², de los que 404,61 m² corresponden a la planta semisótano y 406,14 m² a la planta baja. La superficie útil total es de 714,75 m². En la ilustración 107 se refleja la planta de Semisótano.



*Ilustración 107: Planta de semisótano. Edificio en Carballo.
Fuente: Proyecto Básico y Ejecución*

En la ilustración 108 se reflejan los alzados a la Plaza de Vigo y a la calle Mendel, respectivamente.



*Ilustración 108: Vista del edificio desde la Plaza de Vigo y calle Mendel. Edificio en Carballo.
Fuente: Elaboración propia.*

6.2.2 DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA

6.2.2.1 INTRODUCCIÓN

El edificio que nos ocupa está emplazado en la localidad de Carballo, sus coordenadas geográficas son: 43,22° de latitud y -8,68° de longitud. Sus coordenadas UTM, en el huso 29T, son: 525368 (x); 4785296 (y); 124 (z).

Como el Proyecto Básico y de Ejecución se redactó con fecha de julio de 2008, el Documento Básico de Ahorro y Energía aplicable para la determinación de z.c. fue el DB-HE 2006 (39).

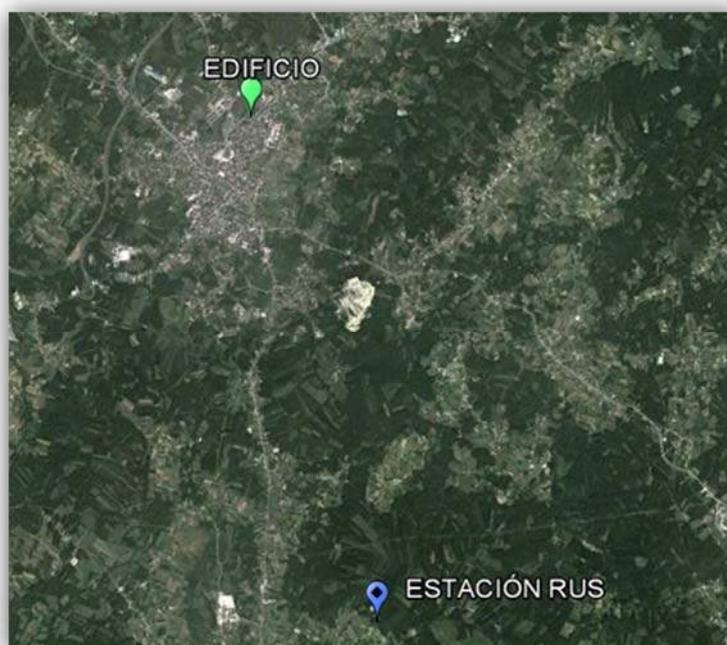
De acuerdo a dicho documento, la z.c. en la que se ubica el edificio se obtiene en la tabla C.1, de la exigencia básica HE 1, en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma z.c. que la que corresponde a la capital de provincia.

Como el edificio está ubicado en Carballo y su altitud respecto al nivel del mar es 124 m, le corresponde la misma z.c. que a la capital de provincia, A Coruña, C1.

Además, el DB-HE 2006 permite la determinación de zonas climáticas para localidades que dispongan de registros climáticos contrastados, mediante el cálculo de las severidades climáticas de invierno y de verano para dichas localidades.

El procedimiento de cálculo, a partir de registros climáticos, se incluye en el R.D. 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el CTE (39). Concretamente en el *Apéndice D Zonas climáticas*, de la exigencia básica HE 1 *Limitación de la demanda energética*.

En las proximidades de Carballo existe una estación agrometeorológica automática, perteneciente a la red de Meteogalicia, Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras de la Xunta de Galicia, ubicada en Rus. Sus coordenadas son: 43,16° de latitud y -8,68° de longitud; está situada a una altitud de 134 metros. Fue dada de alta el 5 de febrero de 2000. En la ilustración 109 se refleja la ubicación del edificio y la estación de Rus



*Ilustración 109: Ubicación edificio y de la estación de Rus. Edificio Carballo.
Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.*

6.2.2.2 ZONA CLIMÁTICA PARA LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 0 Y HE 1

6.2.2.2.1 SEVERIDAD CLIMÁTICA DE INVIERNO

Para el cálculo de la SCI utilizaremos la primera correlación, establecida en el DB-HE 2006 (39), a partir de los grados-día (GD) de invierno en base 20 para los meses de enero, febrero y diciembre y de la media de la radiación global acumulada para los meses de enero, febrero y diciembre (kWh/m^2).

Los datos climáticos se han obtenido a partir de los registros de la estación de Rus, que como hemos dicho anteriormente fue dada de alta el 5 de febrero de 2000.

– GRADOS-DIA DE INVIERNO

El cálculo de los GD de invierno se ha obtenido a partir de los datos de temperatura media con variables diez-minutales, ya que la estación no facilita datos horarios. La temperatura media horaria se ha calculado como la media de los registros diez-minutales.

Hemos utilizado los datos registrados del año 2013, ya que la estación solamente dispone de registros de temperatura media diez-minutales a partir de 15 de mayo de 2012.

Tabla 65: Grados-día de invierno en Carballo.

Año/mes	Ene	Feb	Dic	Media
2013	338,15	258,36	355,18	317,23

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Meteogalicia.

El valor medio de los grados-día de invierno obtenido, 317,23, es similar al incluido en la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA* (72) para Carballo, 329,90.

– RADIACIÓN GLOBAL ACUMULADA EN LOS MESES DE INVIERNO

La estación de Rus no dispone de datos climático de radiación solar. Para calcular ésta hemos acudido a algunas de las fuentes disponibles.

Tabla 66: Radiación global media acumulada meses de invierno en Carballo (kWh/m^2).

Fuente/mes	Ene	Feb	Dic	Media
PETAZZI	40,30	70,00	38,75	49,68
PV GIS	45,57	67,20	43,40	52,06
VÁZQUEZ				49,25

Fuente: Elaboración propia.

La publicación de PETAZZI (73) dispone de mapas con los valores de radiación global diaria promediada para cada uno de los meses del año. En la ilustración 110 podemos observar el rango de valores del promedio de la radiación diaria correspondiente al mes de febrero.

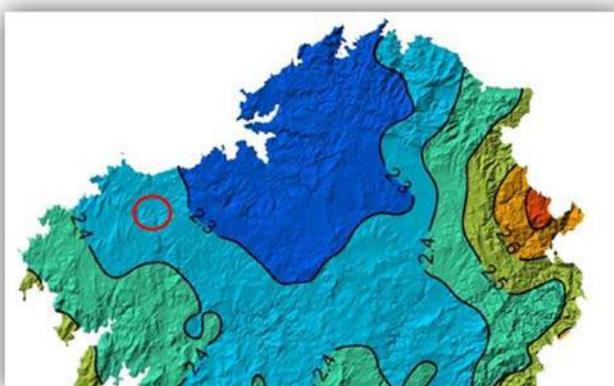


Ilustración 110: Radiación Global media diaria febrero ($\text{kWh/m}^2\text{día}$). Edificio en Carballo.
Fuente: Publicación Atlas de Radiación Solar de Galicia (Petazzi).

La aplicación del Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (86), PVGIS por sus siglas en inglés, de la Comisión Europea, permite la evaluación de los recursos solares y el rendimiento de la tecnología fotovoltaica a partir de las coordenadas geográficas del emplazamiento de la instalación.

Irradiación global en el emplazamiento seleccionado

Lugar: 43°13'12" Norte, 8°40'47" Oeste, Elevación: 110 m.s.n.m,

El ángulo de inclinación óptimo es: 36 grados

Irradiación anual perdida a causa de las sombras (horizontal): 0.0 %

Mes	Hh	Hopt	H(0)	lopt	T24h	NDD
Ene	1470	2370	1470	62	9.7	226
Feb	2400	3540	2400	56	9.3	199
Mar	3820	4820	3820	44	10.7	139
Abr	4680	5110	4680	29	11.9	124
Mayo	5270	5170	5270	15	13.7	41
Jun	5840	5490	5840	10	16.0	7
Jul	5860	5630	5860	13	17.9	3
Ago	5410	5700	5410	25	18.4	4
Sep	4480	5520	4480	40	17.8	22
Oct	2870	3990	2870	52	15.1	83
Nov	1720	2720	1720	61	11.8	196
Dic	1400	2500	1400	66	10.1	221
Año	3780	4380	3780	36	13.5	1265

Hh: Irradiación sobre plano horizontal (Wh/m2/día)

*Ilustración 111: Radiación Global diaria (Wh/m2/día). Edificio en Carballo.
Fuente: PVGIS.*

La publicación de VÁZQUEZ (72) facilita un único valor para el valor medio de la radiación global media acumulada para los meses de invierno.

– SEVERIDAD CLIMÁTICA DE INVIERNO OBTENIDA

Para el valor de los grados-día de invierno hemos adoptado el valor obtenido a partir de los registros climáticos de la estación Rus, 317,23. Este valor es muy similar al de Vázquez (72), 329,90

Como valor de la media de la radiación global acumulada en los meses de invierno hemos adoptado el de VÁZQUEZ (72), 49,25.

Aplicando los valores anteriores, de los grados-día y de radiación global acumulada a la fórmula (2) para el cálculo de la SCI resulta un valor de 0,8. De acuerdo a la tabla 35 y al valor obtenido, a Carballo le corresponde una z.c. de invierno tipo C.

La z.c. de invierno obtenida es la misma que la que se establece en la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA* (72) para Carballo.

6.2.2.2.2 SEVERIDAD CLIMÁTICA DE VERANO

Para el cálculo de la SCV utilizaremos la primera correlación, establecida en el DB-HE 2006, a partir de los grados-día de verano y de la radiación global acumulada.

Los datos climáticos se han obtenido a partir de los registros de la estación de Rus, que como hemos dicho anteriormente fue dada de alta el 5 de febrero de 2000.

– GRADOS-DIA DE VERANO

El cálculo de los GD de verano se ha obtenido a partir de los datos de temperatura media con variables diez-minutales, ya que la estación no facilita datos horarios. La temperatura media horaria se ha calculado como la media de los registros diez-minutales.

Hemos utilizado los datos registrados del año 2013, ya que la estación solamente dispone de registros de temperatura media diez-minutales a partir de 15 de mayo de 2012.

Tabla 67: Grados-día de verano en Carballo.

Año/mes	jun	jul	ago	sept	Media
2013	6,76	52,00	26,77	26,00	27,88

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Meteogalicia.

El valor medio de los grados-día de verano obtenido, 27,88, es similar al incluido en la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA* (72), para Carballo, 26,70.

– RADIACIÓN GLOBAL ACUMULADA EN LOS MESES DE VERANO

La estación de Rus no dispone de datos climático de radiación solar. Para calcular ésta hemos acudido a algunas de las fuentes disponibles.

Tabla 68: Radiación global media acumulada en los meses de verano Carballo (kWh/m²).

Fuente/mes	Jun	Jul	Ago	Sept	Media
PETAZZI	171,00	179,80	158,10	126,00	158,73
PV GIS	175,20	181,66	167,71	134,40	164,74
VÁZQUEZ					157,34

Fuente: Elaboración propia.

La publicación de PETAZZI (73) dispone de mapas con los valores de radiación global diaria promediada para cada uno de los meses del año.

Los valores de la radiación media diaria para cada uno de los meses de verano, de acuerdo al PVGIS se reflejan en la ilustración 111.

Como valor de la media de la radiación global acumulada en los meses de verano hemos adoptado el de VÁZQUEZ (72), 157,34.

– SEVERIDAD CLIMÁTICA DE VERANO OBTENIDA

Aplicando los valores obtenidos, de los grados-día y de radiación global acumulada, a la fórmula (3) para el cálculo de la SCV resulta un valor de 0,3.

De acuerdo a la tabla 36 y al valor obtenido 0,3, a Carballo le corresponde una z.c. de verano tipo 1.

La z.c. de verano obtenida, tipo 1, es la misma que la que se establece en la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA* (72).

6.2.2.3 ZONA CLIMÁTICA OBTENIDA PARA LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 0 Y HE 1

De acuerdo a los valores obtenidos para ambas severidades climáticas, a la ubicación del edificio le corresponde una z.c. C1, que es la misma que figura en la publicación *RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA (72)* para Carballo, siendo las coordenadas UTM en el punto de referencia de la capital: 525272 (x), 4784771 (y), 104 (z), en dicha publicación.



*Ilustración 112: Ubicación del edificio y del punto de referencia de la capital (Carballo).
Fuente: Elaboración propia a partir del Google Earth.*

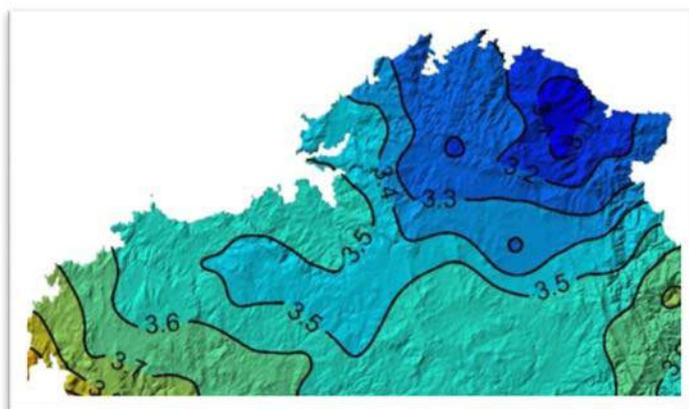
La z.c. que hemos obtenido a partir de los registros climáticos es C1, que es la misma que le asigna el DB-HE 2006 a partir de valores tabulados. De acuerdo al DB-HE 2013, la z.c. que le corresponde a la ubicación del edificio, según valores tabulados, es también C1.

6.2.2.3 ZONA CLIMÁTICA PARA LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 4 Y HE 5

6.2.2.3.1 REGISTROS DE RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MEDIA DIARIA ANUAL

La estación de Rus no dispone de datos climáticos de radiación solar. Para calcular ésta hemos acudido a algunas de las fuentes disponibles.

Según la publicación de PETAZZI (73), el valor medio anual de la radiación global diaria en la ubicación del edificio en Carballo es de 3,5/3,6 kWh/m²/día.



*Ilustración 113: Promedio anual radiación Global diaria (kWh/m²/día¹). Edificio en Carballo.
Fuente: Publicación Atlas de Radiación Solar de Galicia(73).*

El valor medio anual de la radiación global diaria de acuerdo a la aplicación del Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (54), PVGIS, es de 3,78 kWh/m²día. Ver ilustración 111.

El valor que se refleja en los mapas de la publicación *ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR DE GALICIA* (71), en la ubicación del edificio que nos ocupa es de 3,60 kWh/m²día.

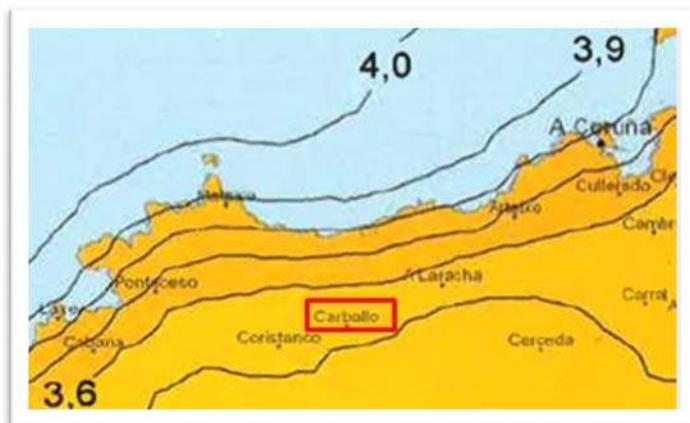


Ilustración 114: Promedio anual radiación Global diaria (kWh/m²día). Edificio en Carballo.
Fuente: Publicación *ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR DE GALICIA* (71).

6.2.2.3.2 ZONA CLIMÁTICA OBTENIDA PARA LAS EXIGENCIAS BÁSICAS HE 4 Y HE 5

Como valor de la radiación solar global media diaria anual en Carballo adoptaremos el de la publicación *ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR DE GALICIA* (71) de 3,60 kWh/m²día. Igual al de PETAZZI (73), 3,5/3,6 kWh/m²día.

Al valor, 3,60 kWh/m²día, adoptado le corresponde una z.c. de radiación solar tipo I, de acuerdo a los valores tabulados especificados tanto en el DB-HE 2006 (39), como en el DB-HE 2013 (34).

El DB-HE 2013, permite asignar a una localidad, en el caso de no disponer de registros climáticos, la misma zona que la de la capital de provincia. El valor de la radiación global para la capital de provincia, A Coruña, es de 3,86 kWh/m²día, de acuerdo a la publicación *Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT* (70). Utilizando este valor para determinar la zona de radiación solar de Carballo, obtendríamos que es zona II. Pero si utilizamos el valor adoptado, 3,60 kWh/m²día, sería zona I.

De acuerdo a lo expuesto, parece lógico concluir que a Carballo le corresponde una z.c. de radiación solar tipo I.

6.2.3 ASPECTOS DE MEJORA Y TECNOLOGÍAS APLICABLES

6.2.3.1 ASPECTOS DE MEJORA

6.2.3.1.1 DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA

– INTRODUCCIÓN

Como hemos comentado en apartados anteriores, la determinación de la z.c. de una localidad, de acuerdo a los documentos básicos DB-HE 2006 (39) y DB-HE 2013 (34), se puede obtener mediante valores tabulados teniendo en cuenta la altitud a la que se encuentra la capital de provincia y la localidad en la que se ubica el edificio o mediante datos climáticos.

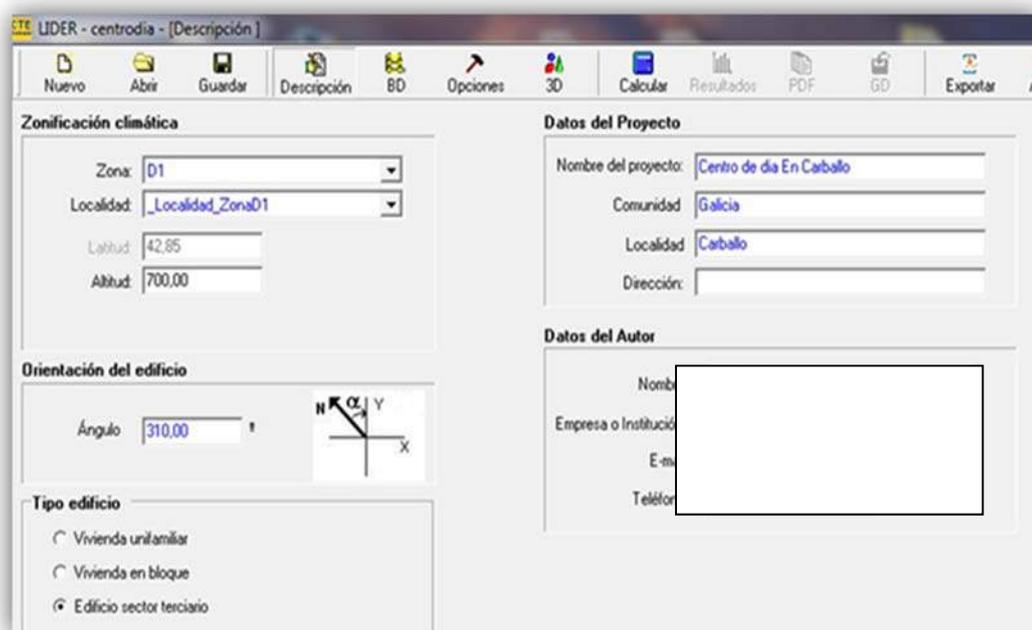
A la ubicación del presente edificio le corresponde una z.c. C1 de acuerdo a los datos climáticos, y una z.c. C1 con los datos tabulados, tanto en el DB-HE 2006 como en el DB-HE 2013.

Para la verificación de la exigencia básica *HE 1: Limitación de la demanda energética*, del DB-HE 2006, se desarrolló una herramienta informática oficial, denominada LIDER, capaz de calcular la demanda energética los edificios. Además de esto, el programa genera unos archivos *.res* que nos dan información, entre otros aspectos, de la demanda de calefacción y refrigeración del edificio y nos permiten observar las variaciones de las mismas cuando modificamos, principalmente, las características de la envolvente.

Además, como disponemos del archivo del CALENER VYP, facilitado por el Arquitecto Autor del Proyecto, podemos observar también la evolución de las emisiones de CO₂ y de los consumos de energía.

– **DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN CORRESPONDIENTE A LA ZONA CLIMÁTICA OBTENIDA MEDIANTE VALORES TABULADOS**

En la verificación del cumplimiento de la exigencia básica *HE 1: Limitación de la demanda energética*, mediante el programa LIDER, al edificio se le asignó, por error, una ubicación en la z.c. D1, cuando en realidad le corresponde una z.c. C1, de acuerdo a los valores tabulados del DB-HE 2006 y DB-HE 2013.



*Ilustración 115: Detalle de asignación de la z.c. Edificio en Carballo.
Fuente: Programa LIDER.*

Utilizando el archivo informático con extensión *.res* generado por el LIDER, de acuerdo a la solución de la envolvente del Proyecto y a la z.c. D1, obtenemos que la demanda anual de calefacción es de 93,85 kWh/m². El archivo también nos indica que la demanda de refrigeración es de 4,69 kWh/m²año.

En el gráfico 33 se reflejan las demandas mensuales y acumuladas de calefacción para cada uno de los meses del año. Podemos observar que no existe demanda de calefacción durante los meses de junio, prácticamente, julio, agosto y septiembre.



Gráfico 33: Demanda de calefacción en z.c. D1. Edificio en Carballo.
Fuente: Elaboración propia a partir de archivos .res del LIDER.

– **DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN CORRESPONDIENTE A LA ZONA CLIMÁTICA OBTENIDA MEDIANTE DATOS CLIMÁTICOS.**

La z.c. correspondiente a la ubicación del edificio, obtenida a partir de datos climáticos, es C1.

Utilizando el archivo informático con extensión .res generado por el LIDER de acuerdo a la solución de la envolvente del Proyecto y a la z.c. C1, obtenemos que la demanda anual de calefacción es de 57,60 kWh/m²año, en lugar de los 93,85 kWh/m² correspondientes a la z.c. D; 38.453,64 kWh/año para la totalidad del edificio. Solamente se produce una demanda de refrigeración de 5,51 kWh/m²año.

En el gráfico 34 observamos que no existe demanda de calefacción durante los meses de junio, julio, agosto, septiembre y prácticamente en octubre.



Gráfico 34: Demanda de calefacción en z.c. C1. Edificio en Carballo.
Fuente: Elaboración propia a partir de archivos .res del LIDER.

– **CONCLUSIÓN**

En el presente edificio vemos que hay una gran diferencia en la demanda de calefacción según su SCI sea C o D. La asignación al mismo de la z.c. D1 fue debida a un error en la introducción de la z.c. en el programa LIDER, ya que tanto por valores tabulados como por registros climáticos al presente edificio le

corresponde una z.c. C1. En la tabla 69 se muestran los valores mensuales de la citada demanda en cada una de las z.c.

Tabla 69: Demanda de calefacción (MWh) de acuerdo a la z.c. Edificio en Carballo.

Z.c/mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	total
D1	12,08	9,73	8,70	5,79	2,63	0,24	0,00	0,00	0,00	2,49	8,73	12,27	62,66
C1	7,91	6,55	6,01	4,09	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	4,44	7,62	38,45
Diferencia	4,17	3,18	2,69	1,70	1,53	0,24	0,00	0,00	0,00	1,75	4,30	4,65	24,21

Fuente: Elaboración propia a partir de archivos .res del LIDER.

La demanda de calefacción anual obtenida para la z.c. C1, 38,45 MWh, es un 38,63% inferior a la obtenida para la z.c. D1, 62,66 MWh. Esta diferencia de valores obtenidos pone de relieve la influencia de la z.c., el clima de una determinada localidad, en las demandas de calefacción.

En el gráfico 35 podemos observar las demandas de calefacción para cada una de las z.c. La demanda de calefacción para la z.c. C1 es cero en los meses de junio, julio, agosto, septiembre, y próxima a cero en el mes de octubre.



Gráfico 35: Demanda mensual de calefacción de acuerdo a la z.c. Edificio en Carballo.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.3.1.2 MEJORA DE LA ENVOLVENTE

– INTRODUCCIÓN

Se plantea la mejora de la envolvente térmica sin modificar ningún elemento de diseño del edificio. Solamente se aumentarán espesores de aislamientos, se modificaran las unidades de vidrio aislante (UVA), o la clase de las carpinterías. En el caso particular de la solera, si es el caso, introduciremos un elemento a modo de cámara de aire.

Para el cálculo de la misma, partiremos de la demanda de calefacción y refrigeración obtenida ubicando al edificio en la z.c. que le corresponde, C1, e iremos modificando los componentes de la misma con respecto a la solución de Proyecto. Esta mejora será acumulativa.

– CERRAMIENTOS OPACOS

Dadas las dimensiones del edificio, englobaremos dentro de este apartado la mejora del aislamiento en cada uno de los distintos tipos de cerramientos proyectados, tanto verticales como horizontales, lo mismo que para los distintos tipos de cubiertas.

– SOLERA

En la solución proyectada no existe una solera como tal, se incluye un forjado en suelo de semisótano denominado normalmente "forjado de saneamiento", por lo la mejora de la solera no es de aplicación en este edificio.

– FORJADOS

Los forjados que forman parte de la envolvente son los denominados forjados de semisótano; la composición y transmitancia se refleja en la tabla 70.

Tabla 70: Composición y transmitancia forjados en Proyecto. Edificio en Carballo.

Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C12_FORJADO_SEMISÓTANO	0,56	Mármol [2600<d<2800	0,030
		Plaqueta o baldosa cerámica	0,035
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,035
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,045
		FU Entrevigado de hormigón-Canto 300 mm	0,300
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C13_FORJADO_SEMISÓTANO	0,53	Froncosa de paso medio 565<d<750	0,018
		Plaqueta o baldosa cerámica	0,035
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,035
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,045
		FU Entrevigado de hormigón-Canto 300 mm	0,300
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C14_FORJADO_SEMISÓTANO	0,55	Plaqueta o baldosa cerámica	0,025
		Plaqueta o baldosa cerámica	0,035
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,035
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,045
		FU Entrevigado de hormigón-Canto 300 mm	0,300
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C15_FORJADO_SEMISÓTANO	0,56	Plaqueta o baldosa cerámica	0,035
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,035
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,045
		FU Entrevigado de hormigón-Canto 300 mm	0,300

Fuente: Elaboración propia.

Para mejorar la transmitancia de la solución de Proyecto para los forjados, incrementamos el espesor del aislamiento a 8 cm. Las transmitancias se reflejan en la tabla 71.

Tabla 71: Mejora de transmitancia de los forjados proyectados. Edificio en Carballo.

Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C12_FORJADO_SEMISÓTANO	0,35	Mármol [2600<d<2800	0,030
		Plaqueta o baldosa cerámica	0,035
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,035
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,080
		FU Entrevigado de hormigón-Canto 300 mm	0,300
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C13_FORJADO_SEMISÓTANO	0,34	Froncosa de paso medio 565<d<750	0,018
		Plaqueta o baldosa cerámica	0,035
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,035
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,080
		FU Entrevigado de hormigón-Canto 300 mm	0,300
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C14_FORJADO_SEMISÓTANO	0,35	Plaqueta o baldosa cerámica	0,025
		Plaqueta o baldosa cerámica	0,035
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,035
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,080
		FU Entrevigado de hormigón-Canto 300 mm	0,300
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C15_FORJADO_SEMISÓTANO	0,35	Plaqueta o baldosa cerámica	0,035
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,035
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,080
		FU Entrevigado de hormigón-Canto 300 mm	0,300

Fuente: Elaboración propia.

El aumento del espesor del aislamiento en los forjados reduce la U en un porcentaje entorno al 37%.

– CERRAMIENTOS VERTICALES

La composición y transmitancia térmica de los cerramientos verticales proyectados son los que se reflejan en la tabla 72.

Tabla 72: Transmitancia y composición cerramiento Proyecto. Edificio en Carballo.

Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C04_FACHADA_I	0,58	Hormigón armado 2300<d<2500	0,200
		Camara de aire ligeramente ventilada vertical 5 cm	0,000
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,040
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,070
		Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,020
Nombre	U [W/m ² K]	Material	Espesor (m)
C04_FACHADA_II_A	0,51	Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,090
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,150
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,040
		Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm	0,000
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,070
Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,020		
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C04_FACHADA_II_B	0,54	Esquisto Pizarra [2000<d<2800]	0,010
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,015
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,090
		Camara de aire ligeramente ventilada vertical 5 cm	0,000
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,040
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,070
		Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,020
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C16_MEDIANERA	0,50	Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,015
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,090
		Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,015
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,040
		Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm	0,000
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,070
		Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,020
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C17_MURO	0,53	Betún fieltro o lámina	0,020
		Hormigón armado 2300<d<2500	0,250
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,040
		Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm	0,000
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,060
		Enlucido de yeso 1000<da1300	0,020

Fuente: Elaboración propia.

Para mejorar la transmitancia térmica de los cerramientos verticales de acuerdo a la solución de Proyecto, se ha aumentado el espesor del aislamiento de 4 cm a 8 cm. Los resultados obtenidos se reflejan en la tabla 73.

Tabla 73: Mejora de la transmitancia del cerramiento de Proyecto. Edificio en Carballo.

Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C04_FACHADA_I	0,35	Hormigón armado 2300<d<2500	0,200
		Camara de aire ligeramente ventilada vertical 5 cm	0,000
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,080
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,070
		Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,020
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C04_FACHADA_II_A	0,32	Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,090
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,150
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,080
		Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm	0,000
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,070
		Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,020
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C04_FACHADA_II_B	0,33	Esquisto Pizarra [2000<d<2800]	0,010
		Mortero de cemento o cal para albañilería	0,015
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,090
		Camara de aire ligeramente ventilada vertical 5 cm	0,000
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,080
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,070
		Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,020
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C16_MEDIANERA	0,32	Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,015
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,090
		Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,015
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,080
		Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm	0,000
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,070
		Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,020
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C17_MURO	0,33	Betún fieltro o lámina	0,020
		Hormigón armado 2300<d<2500	0,250
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,080
		Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm	0,000
		Tabicón de LH doble [60 mm<E<90 mm]	0,060
		Enlucido de yeso 1000<da1300	0,020

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 74 se observa que el aumento del espesor del aislamiento en los cerramientos verticales reduce la U en un porcentaje entorno al 38%.

Tabla 74: Transmitancia de cerramientos verticales. Edificio en Carballo

Nombre	U Proyecto (W/m ² K)	U Modificada (W/m ² K)
C04_FACHADA_I	0,58	0,35
C04_FACHADA_II_A	0,51	0,32
C04_FACHADA_II_B	0,54	0,33
C16_MEDIANERA	0,50	0,32
C17_MURO	0,53	0,33

Fuente: Elaboración propia.

– CUBIERTAS

La composición y transmitancia térmica de las distintas soluciones de las cubiertas proyectadas se reflejan en la tabla 75.

Tabla 75: Transmitancia y composición de cubierta en Proyecto. Edificio en Carballo.

Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C02_CUBIERTA	0,37	Arena y grava [1700<D<2200]	0,050
		Betún fieltro o lámina	0,020
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,050
		Betún fieltro o lámina	0,020
		Betún puro	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,020
		Mortero de aridos ligeros [vermiculita o perlita]	0,060
		FU Entrevigado de hormigón_canto 300 mm	0,300
		Cámara de aire sin ventilar vertical 10 cm	0,000
		Placa de yeso o escayola 750>d<900	0,002
Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C03_CUBIERTA	0,42	Arena y grava [1700<D<2200]	0,050
		Betún fieltro o lámina	0,020
		XPS Expandido con dióxido de carbono	0,050
		Betún fieltro o lámina	0,020
		Betún puro	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,020
		Mortero de aridos ligeros [vermiculita o perlita]	0,060
		FU Entrevigado de hormigón_canto 300 mm	0,300

Fuente: Elaboración propia.

Para mejorar la transmitancia térmica de las cubiertas de acuerdo a la solución de Proyecto, se ha aumentado el espesor del aislamiento de 5 cm a 10 cm. En la tabla 76 se observa que el aumento del espesor del aislamiento en las soluciones de cubiertas proyectadas reduce la U en un porcentaje entorno al 38%.

Tabla 76: Transmitancia de cubiertas. Edificio en Carballo.

Nombre	U Proyecto (W/m ² K)	U Modificada (W/m ² K)
C02_CUBIERTA	0,37	0,24
C03_CUBIERTA	0,42	0,26

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el archivo informático con extensión .res generado por el LIDER de acuerdo a la solución de la modificada de la envolvente y a la z.c. C1, obtenemos que la demanda de calefacción es de: 51,09 kWh/m²año y 34.324,86 kWh/año para la totalidad del edificio. El archivo también nos indica que la demanda de refrigeración es de 6,82 kWh/m²año.

El aumento de los espesores en los aislamientos de los cerramientos opacos de la envolvente reduce la demanda de calefacción en, aproximadamente, un 10%, pasando de 57,30 kWh/m²año a 51,09 kWh/m²año. El ratio de demanda de refrigeración pasa de 5,5 kWh/m²año a 6,8 kWh/m²año

– CERRAMIENTOS SEMITRASPARENTES

– VIDRIOS

El Proyecto contempla el acristalamiento con un único tipo de Unidad de Vidrio Aislante (UVA), conocido anteriormente como doble acristalamiento o vidrio de cámara. Su transmitancia térmica (U) es de 2,8 W/m²K. Su factor solar (g ±) es 0,50.

Como mejora del acristalamiento se prevé la colocación de una Unidad de Vidrio Aislante de Aislamiento Térmico Reforzado (ATR) con una U de 1,10 W/m²K y un factor solar de (g ⊥) 0,38. Su composición es: 4/16 Argón 90%/4. Los vidrios son: SGG PLANISTAR®ONE y SGG CLIMALIT® PLUS, ambos con un espesor de 4 mm.

PLANISTAR®ONE es una capa bajo emisiva con un minimizado factor solar, para obtener el máximo confort en invierno y en verano. Está compuesto por varias capas nanométricas, depositados por pulverización catódica, que le confieren unas características muy especiales, la capa refleja el infrarrojo lejano y las radiaciones solares, pero permite un elevado nivel de transmisión luminosa. Esta nueva generación de vidrio puede de una manera eficaz, reflejar el calor durante el verano y mantener el interior cálido en invierno.

La mejora de la envolvente mediante la incorporación de un ATR, permite reducir la demanda de calefacción. Esta mejora supone notable reducción de la demanda de calefacción. El ratio obtenido en el apartado anterior, en lo que respecta a calefacción, era de 51,09 kWh/m²año siendo el actual de 40,82 kWh/m²año. Con la mejora del vidrio reducimos la demanda de calefacción en un 21%.

– MARCOS

La solución de Proyecto prevista para el marco, de acuerdo a lo reflejado en el LIDER, es uno metálico con una U de 5,70 W/m²K. Ésta es una U elevada. Como posible mejora de la envolvente, en lo que respecta al presente apartado, sustituimos la carpintería proyectada por una con una U de 1,70 W/m²K.

De acuerdo al DB-HE 2006, la permeabilidad de la carpintería, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá un valor inferior a 27 m³h/m² para las zonas climáticas C y D.

La carpintería de aluminio, serie Cor-70 con rotura de puente térmico, de Sistemas Cortizo, tiene una transmitancia de 1,70 W/m²K y cumple con la citada permeabilidad.

6.2.3.1.3 CONCLUSIÓN

En la tabla 77 se comparan las demandas de calefacción correspondientes a 3 escenarios. En el primero de ellos, Z.C. "D", al edificio, en la calificación energética del Proyecto, se le asignó, por error, una ubicación en la z.c. D1, cuando en realidad le corresponde una z.c. C1, de acuerdo a los valores tabulados del DB-HE 2006 y DB-HE 2013 y a los valores climáticos; en el segundo escenario, Z.C. "C", el edificio se ubica en la z.c. C, obtenida ésta mediante valores climáticos; el tercer escenario, ENVOLVENTE, corresponde ubicando al edificio en la z.c. C con las mejoras de la envolvente anteriormente descritas.

Como podemos observar en la tabla 82, la demanda de calefacción en el segundo escenario es un 38,63% inferior a la del primer escenario, pasa de 62,66 MWh/año a 38,45 MWh/año. La demanda de calefacción en el tercer escenario es un 56,50% inferior respecto al primer escenario, de 62,66 MWh/año a 27,26 MWh/año. La demanda de calefacción en el tercer escenario es un 29,12% inferior respecto al segundo escenario, de 38,45 MWh/año a 27,26 MWh/año. Vistos los datos anteriores, parece clara la necesidad de determinar la z.c. mediante registros climáticos y mejorar la envolvente de los edificios.

Tabla 77: Demanda acumulada calefacción (MWh) por escenarios. Edificio en Carballo.

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Z.C. "D"	12,08	21,81	30,51	36,30	38,93	39,17	39,17	39,17	39,17	41,66	50,40	62,66
Z.C. "C"	7,91	14,46	20,47	24,55	25,66	25,66	25,66	25,66	25,66	26,40	30,83	38,45
ENVOLVENTE	5,91	10,80	15,23	18,04	18,41	18,41	18,41	18,41	18,41	18,45	21,47	27,26

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 36 se representa la demanda de acumulada mensual de calefacción para cada uno de los escenarios anteriormente descritos.

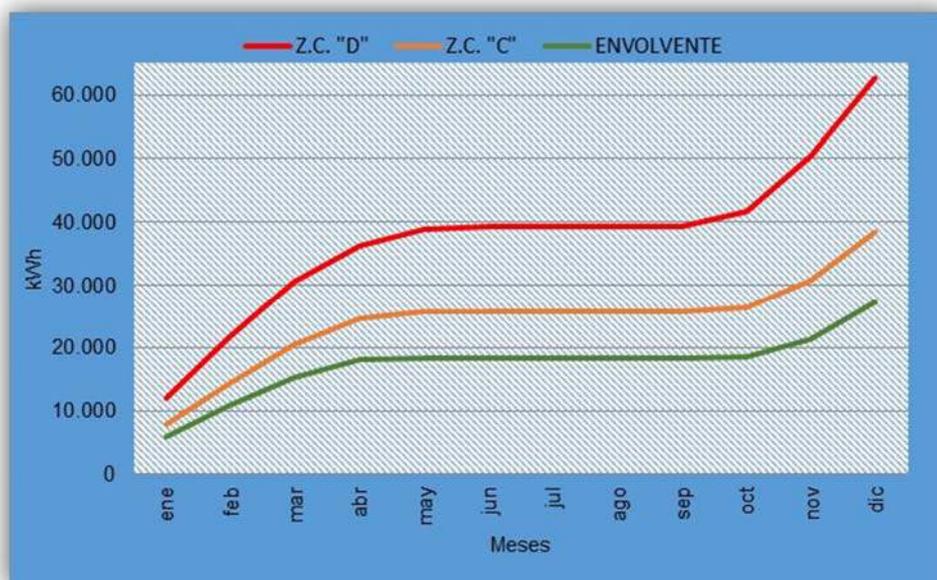


Gráfico 36: Demanda acumulada calefacción por escenarios Edificio en Carballo.
Fuente: Elaboración propia.

La demanda de refrigeración es poco significativa, varía desde 3.683,30 kWh/año para la ubicación del edificio en la z.c. C, hasta 5.102,36 kWh/año para el tercer escenario. Los ratios correspondientes son: 5,52 kWh/m².año y 7,64 kWh/m².año respectivamente.

6.2.3.2 TECNOLOGÍAS APLICABLES

6.2.3.2.1 INTRODUCCIÓN

Tal como se dice en la Memoria del Proyecto Básico y de Ejecución: “*el entorno de la parcela y las características de las edificaciones colindantes son elementos que determinarán los volúmenes compositivos del Centro. La falta de homogeneidad del fondo de edificación de los colindantes y su altura invitan a retranquear el volumen del Centro en el lindero suroeste, adosándolo al edificio situado en el lindero noroeste. Este retranqueo de la edificación permite un paso peatonal entre ambas alineaciones que se convertirá en elemento integrador del centro en la trama urbana existente*”.

La disposición del edificio y las características de su entorno serán condicionantes importantes en la aplicación de ciertas tecnologías para reducir los consumos energéticos del edificio y por consecuencia las emisiones de CO₂ derivadas de ello

6.2.3.2.2 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La exigencia básica HE-4: *Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria*, del DB-HE 2006, de obligado cumplimiento en la fecha de redacción del presente Proyecto, ubica al edificio en z.c. I y establece, para una demanda de 150 l/día de ACS, una contribución solar mínima anual del 30% para el caso general. De acuerdo al valor que figura en el archivo PDF generado por el CALENER VYP, con la solución de Proyecto, la contribución solar es del 92,30%.

Dada la contribución solar térmica proyectada, no consideramos necesaria aumentar ésta.

6.2.3.2.3 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Como la superficie construida del edificio es inferior a 4.000 m², la exigencia básica *HE-5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica*, del DB-HE 2006 (39), de obligado cumplimiento en la fecha de redacción del presente Proyecto no establece la obligatoriedad de incorporar un sistema de captación y transformación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos. La misma exigencia básica del DB-HE 2013 (34) es de aplicación a edificios con una superficie construida superior a 5.000 m².

Dadas las características del presente edificio y de los colindantes no consideramos conveniente incorporar un sistema de captación y transformación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos.

Si tenemos en cuenta que la declinación⁶⁷ el día 21 de diciembre es de -23,45°, la latitud en la que se ubica el edificio, 43°, y la altura desde la cubierta del mismo, enmarcado en rojo, al edificio ubicado en el lindero suroeste es de 12,78, la longitud de la sombra arrojada sobre éste sería de 29,32 m, dejaría en sombra a la casi totalidad del edificio. Ver ilustración 116.

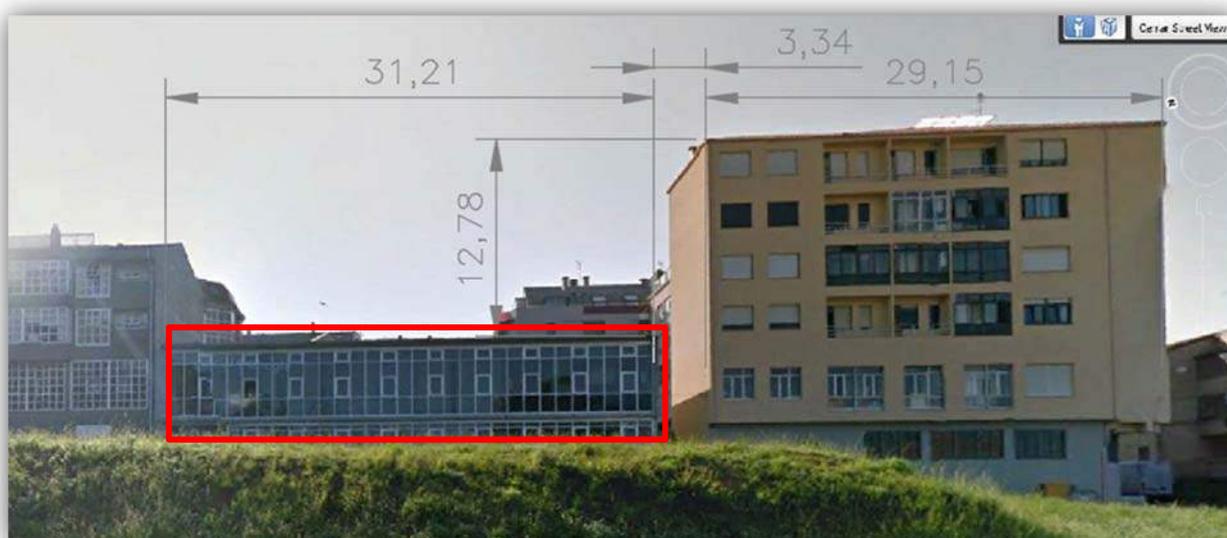


Ilustración 116: Edificio y colindantes. Edificio en Carballo.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.3.2.4 MEJORA DEL VALOR DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

La exigencia básica *HE-3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación*, del DB-HE 2006 (39), de obligado cumplimiento en la fecha de redacción del presente Proyecto, establece un procedimiento de cálculo del valor de la eficiencia energética de la instalación (VEEI) en cada zona, constatando que no se superan los valores límites consignados en la misma.

De acuerdo a los valores que figuran en el archivo generado por el CALENER VYP, con la solución de Proyecto, todos los espacios en que se divide el edificio tienen un VEEI de 7 W/m²/100 lux y una potencia de iluminación de 4,40 W/m². Los equipos de alumbrado del Proyecto están constituidos por lámparas fluorescentes.

En los edificios del Sector Terciario el consumo de iluminación es muy importante. El consumo anual en el edificio que nos ocupa es de 59.499,90 kWh⁶⁸ y las emisiones de CO₂ derivadas de la misma suponen el 44,83% del total del edificio.

⁶⁷Se denomina declinación al ángulo formado por el plano del ecuador terrestre con la recta que une los centros del Sol y de la Tierra y que puede considerarse constante a lo largo de un día sin error significativo.

⁶⁸ Ubicando al edificio en la z.c. C1.

DIALux es un software gratuito de DIAL⁶⁹ para crear proyectos de iluminación que está abierto a las luminarias de todos los fabricantes.

Aplicando este software a la *Sala Polivalente* del edificio y utilizando para la obtención del VEEI y de la potencia de iluminación, luminarias *leds* de 58 W de la marca IGUZZINI modelo ME93_9689 IPlan, obtenemos un VEEI de 1,37 W/m²/100 lux y una potencia de iluminación de 3,57 W/m². Los valores obtenidos son también inferiores a los que se establecen en la exigencia básica DB-HE 2013 (34). Véase la ilustración 117.

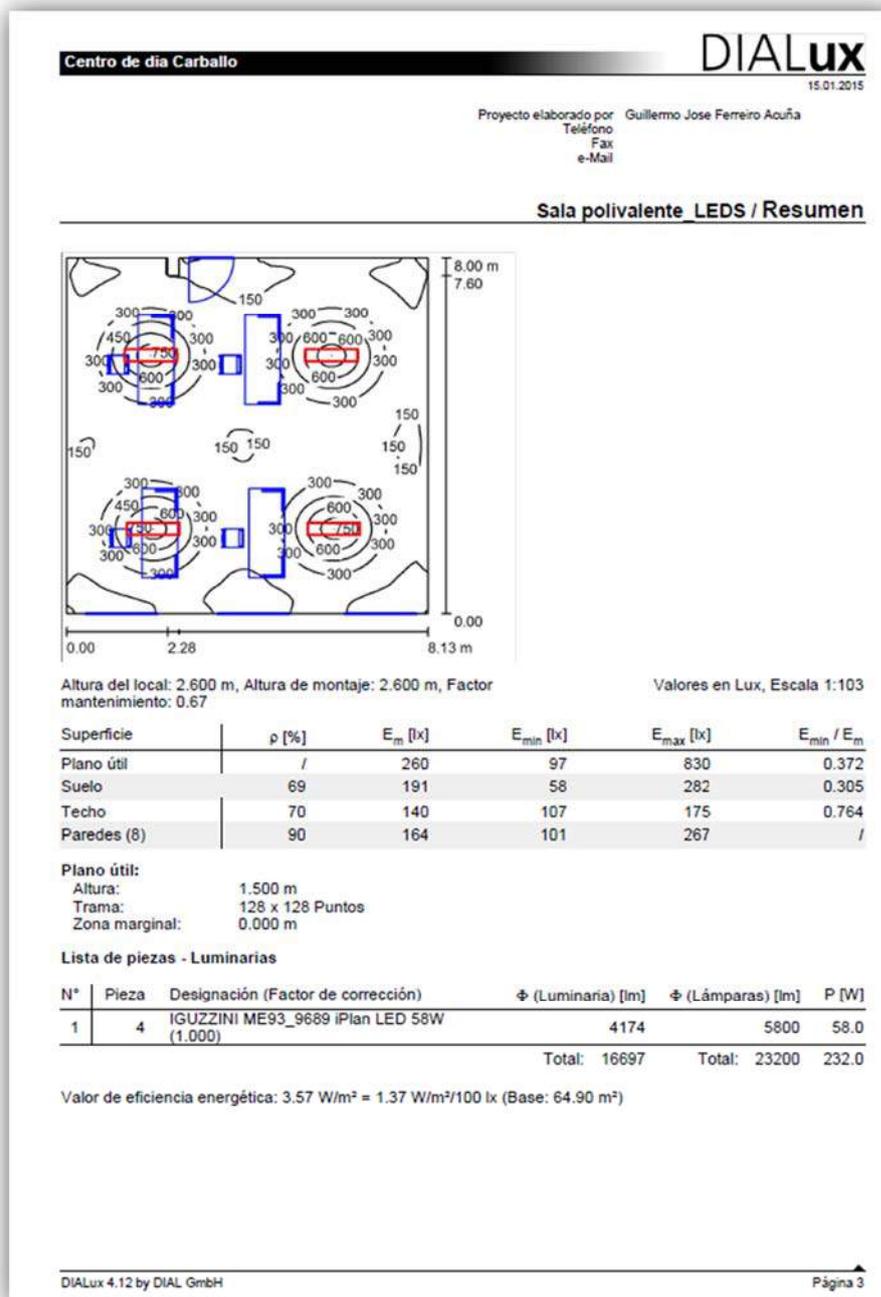


Ilustración 117: Cálculo del VEEI. Edificio en Carballo.
Fuente: Elaboración propia a partir del programa DIALux.

⁶⁹ <http://www.dial.de/DIAL/es/dialux.html>

6.2.3.2.5 ENERGÍA EÓLICA

Dadas las características de la edificación y de la parcela en la que se ubica, no es posible la instalación de una turbina eólica para generación de electricidad.

6.2.3.2.6 ENERGÍA GEOTERMICA

Teniendo en cuenta el elevado consumo de electricidad derivado de la iluminación, no consideramos la sustitución de las dos calderas de condensación a gas por una bomba de calor geotérmica, puesto su alimentación eléctrica dispararía las emisiones de CO₂, aunque redujera el consumo de energía.

6.2.3.2.7 MICROCOGENERACIÓN

Se denomina microgeneración a la solución tecnológica de utilizar un equipo (generalmente un motor) para la producción simultánea de calor y electricidad en edificios, siendo la potencia eléctrica nominal del grupo inferior a 50 kW (82).

Actualmente existen varias tecnologías de microgeneración, pero las más comunes son: las basadas en motores de combustión interna –similares a los de los automóviles–, los motores de combustión externa tipo Stirling y las microturbinas (87).

Una de las características propias de la microgeneración es que la totalidad de los elementos que forman la instalación vienen encapsulados de manera compacta, con su aislamiento acústico incluido, de manera que el equipo suele estar listo para ser conectado y puesto en marcha. Por otro lado, los equipos de microgeneración operan con un sistema de regulación y control automáticos y pueden también ser controlados a distancia si fuera necesario.(87).



Ilustración 118: Módulo de microgeneración a gas KWE Smartblock 22. Edificio en Carballo.
Fuente: <http://www.altare-energia.com>

La microgeneración se muestra como una solución interesante desde el punto de vista de ahorro económico y de reducción de emisiones de CO₂ en instalaciones del sector terciario como hospitales, hoteles y centros deportivos, así como en instalaciones de edificios de viviendas (82).

Este tipo de generación de energía térmica y de electricidad permite conseguir ahorros de hasta un 40% de energía primaria, ya que reducen las pérdidas de energía eléctrica en el transporte y distribución de electricidad. Se trata pues de una de las tecnologías que se denomina generación distribuida (87).

La Directiva 2010/31/UE (2), relativa a la eficiencia energética de los edificios, establece que los Estados miembros velarán por que en los edificios nuevos con una superficie útil de más de 1.000 m² se considere y se tenga en cuenta antes de que se inicie la construcción la viabilidad técnica, medioambiental y económica que supondría la instalación de sistemas alternativos de producción de energía como la cogeneración (82).

El Real Decreto-ley 1/2012(88) , suspende los procedimientos de preasignación de la retribución y a la suspensión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos (82).

La evaluación energética de los grupos de microgeneración se realiza de forma general determinando varios de los siguientes parámetros (82):

El rendimiento eléctrico del grupo se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\eta_E = \frac{E}{F}$$

Donde:

E: potencia eléctrica (kW)

F: consumo de combustible (kW)

Rendimiento térmico del grupo:

$$\eta_T = \frac{H}{F}$$

Donde:

H: potencia térmica (kW)

F: consumo de combustible (kW)

Rendimiento global del grupo:

$$\eta_G = \frac{E+H}{F} = \eta_E + \eta_T$$

Ahorro Porcentual de Energía Primaria (%):

$$AEP = 100 \times \left[1 - \frac{1}{\eta_T / \eta_{T, CONV} + \eta_E / \eta_{E, CONV}} \right]$$

Donde:

$\eta_{T, CONV}$ = rendimiento térmico convencional

$\eta_{E, CONV}$ = rendimiento eléctrico convencional

Con arreglo a la Directiva 2004/8/CE (89), la Comisión estableció en la Decisión 2011/877/UE (90), los valores de referencia de eficiencia armonizados para la producción por separado de calor y electricidad, consistentes en una matriz de valores diferenciados por los factores correspondientes, incluidos el año de construcción y los tipos de combustible. Se trata de valores válidos para el período 2012/2015. La Directiva 2012/27/UE(36), no cambia la metodología establecida anteriormente (82).

El rendimiento convencional de la producción de calor mediante medios convencionales, depende del combustible utilizado y de si se trata de producir vapor o agua caliente o de aprovechar los humos del motor de cogeneración (82). Véase la tabla 78.

Tabla 78: Valores de referencia producción de calor aplicables distintos combustibles.

Combustible	Vapor/Agua caliente	Uso directo gases
Combustibles madera	86%	78%
Biomasa agrícola	80%	72%
Hidrocarburos (gasóleo+fueloil residual), GLP	89%	81%
Gas Natural	90%	82%

Fuente: Elaboración propia a partir de DTIE 18.03 (82).

Los valores de referencia de la eficiencia armonizados para la producción de electricidad por medios convencionales, viene dado por el rendimiento de la producción en las centrales, que debe corregirse en localidades con temperaturas diferentes a 15° C y para el caso en que la cogeneración se conecte a una (82). Véase la tabla 79.

Tabla 79: Valores referencia producción electricidad aplicables distintos combustibles.

Combustible	Rendimiento de la producción de la energía eléctrica
Combustibles madera	33,0%
Biomasa agrícola	25,0%
Hidrocarburos (gasóleo+fueloil residual), GLP	44,2%
Gas Natural	52,5%

Fuente: Elaboración propia a partir de DTIE 18.03 (82).

Las pérdidas por transporte de energía y por cambios de tensión en los distintos transformadores desde la producción de la energía hasta su consumo en el punto final, lleva a establecer un factor de conexión que dependerá de la tensión a la que el grupo de cogeneración inyecta la energía eléctrica a la red y se autoconsume o si se exporta total o parcialmente a la red. Véase la tabla 80.

Tabla 80: Factor de corrección del rendimiento de la producción de energía eléctrica.

Tensión de conexión del grupo de cogeneración	Energía exportada	Autoconsumo de energía
> 200 kV	1	0,985
100 a 200 kV	0,985	0,965
50 a 100 kV	0,965	0,945
0,4 a 50 kV	0,945	0,925
<0,4 kV	0,925	0,860

Fuente: Elaboración propia a partir de DTIE 18.03 (82).

Los consumos de energía primaria, obtenidos de la calificación energética del edificio mediante el programa informático CALENER VYP, en el escenario que denominaremos VEEI⁷⁰, son: 27.689,70 kWh/año para calefacción y 48.276,00 kWh/año para iluminación.

De acuerdo al Anexo de Electricidad de la Memoria del Proyecto Básico y de Ejecución del edificio, la potencia total prevista para la instalación de electricidad es de 91,52 kW, de los cuales 10,00 kW correspondían a la instalación de alumbrado de descarga y 81,52 kW a otros usos.

En el Anexo 3 de Calefacción se dice que el sistema de calefacción es por suelo radiante, que es el que más se aproxima al sistema ideal de calefacción; la carga total simultánea del sistema es de 42,02 kW y el equipo de producción de calor está formado por dos calderas de condensación a gas Boderus GB 112, con una potencia nominal plena de 28 kW.

Teniendo en cuenta los anteriores parámetros de consumos de energía y potencias, incorporaremos al edificio un módulo de microcogeneración a gas modelo KWE Smartblock 22 con las características que figuran en la ilustración 119, de la página siguiente.

⁷⁰ En este escenario, a efectos de la calificación energética, el edificio se ubica en la z.c. C1, z.c. que le corresponde por registros climáticos, se la han incorporado las mejoras descritas en la envolvente y se han aplicados los valores obtenidos en la mejora del VEEI.

Modelo	Motor: Kubota L4	Potencia eléctrica	Rendimiento eléctrico	Potencia térmica	Rendimiento térmico	Consumo	Rendimiento global
KWE SB 22	Lambda=1 Catalizador de tres vías	22 kW <i>min. 11 kW</i>	32,2%	50.0 kW ¹	73,1%	68.4 kW ² 6,8 Nm ³ /h ³	105,3%
Generador asíncrono refrigerado por agua Recuperador de condensación integrado Puede operar con propano						¹ T retorno 40°C ² Según DIN ISO 3046-1 ± 5% ³ Gas Natural PCI 10,10 kWh/Nm ³	
<u>Dimensiones</u>		Largo	141 cm	<u>Emisiones</u>		NOx < 125 mg/Nm ³ @ O2 = 5 %	
		Ancho	82 cm	1/2TA-Luft		CO < 150 mg/Nm ³ @ O2 = 5 %	
		Alto	98 cm				
		Peso	895 kg				

Ilustración 119: Características módulo microgeneración KWE Smartblock 22. Edificio en Carballo.
Fuente: <http://www.altare-energia.com>

Calculamos a continuación los parámetros del módulo de cogeneración:

Rendimiento eléctrico del grupo:

$$\eta_E = \frac{E}{F} = \frac{22}{68,4} = 32,16\%$$

Rendimiento térmico del grupo:

$$\eta_T = \frac{H}{F} = \frac{50}{68,4} = 73,10\%$$

Rendimiento global del grupo:

$$\eta_G = \frac{E+H}{F} = \eta_E + \eta_T = 32,16\% + 73,10\% = 105,30\%$$

Ahorro Porcentual de Energía Primaria (%)

$$AEP = 100 \times \left[1 - \frac{1}{\eta_T / \eta_{T, CONV} + \eta_E / \eta_{E, CONV}} \right]$$

El rendimiento térmico convencional se obtiene de la tabla 83 y tiene un valor de 0,90 para gas natural como combustible.

Como el módulo de microgeneración se ubicará en A Coruña y su temperatura media anual es de 15° C no se establece corrección por temperatura.

El rendimiento eléctrico convencional se obtiene en función de la tabla 84 y tiene un valor de 0,525 para gas natural y de la tabla 85 y tiene un valor de 0,86 ya que la tensión del módulo es menor de 0,4 kV y la energía se producirá para autoconsumo. El valor del rendimiento eléctrico convencional es el producto de ambos valores, 0,4515.

En nuestro caso:

$$AEP = 100 \times \left[1 - \frac{1}{0,731/0,90 + 0,3216/0,4515} \right] = 34,41\%$$

Como el edificio funciona de lunes a viernes de 8:00 a 20:00 horas, 3.132 h/año, y la potencia eléctrica del módulo de microgeneración es de 22 kW, obtenemos una producción de energía final de electricidad de 68.904,00 kWh/año.

6.2.3.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

6.2.3.3.1 EVOLUCIÓN DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA Y EMISIONES DE CO₂

En la tabla 81, en el escenario denominado *PROYECTO*, podemos observar los elevados ratios de consumo de energía final y energía primaria, 111,76 kWh/m².año y 154,64 kWh/m².año, respectivamente. Esto es debido a que su calificación energética se calculó ubicando, por error, al edificio en z.c. D1, cuando le correspondía una z.c. C1.

La mejora de la envolvente del edificio, escenario *ENVOLVENTE*, reduce el ratio de consumo de energía final y energía primaria hasta 65,29 kWh/año y 107,66 kWh/año, respectivamente.

En el escenario denominado *VEEI* el ratio de consumo de energía primaria, 97,41 kWh/m².año, está en el rango de los requerimientos para los nuevos edificios no residenciales en Francia, 70-110 kWh/m².año, dependiendo de su localización, a los efectos de su definición como nZEB (81).

Tabla 81: Evolución consumos y emisiones. Fase 1⁷¹. Edificio en Carballo.

ESCENARIO		Energía Final		Energía Primaria		Emisiones		Calificación
		kWh/año	kWh/m ² .año	kWh/año	kWh/m ² .año	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ² .año	
1	PROYECTO	75.928,50	111,76	105.064,80	154,64	23.427,50	34,48	B
2	Z.C.	55.148,30	81,17	84.055,90	123,72	19.147,00	28,18	B
3	ENVOLVENTE	44.358,20	65,29	73.147,20	107,66	16.972,80	24,98	B
4	VEEI	42.750,60	62,92	66.183,30	97,41	15.136,20	22,28	A
1-2		20.780,20	30,59	21.008,90	30,92	4.280,50	6,30	-
1-4		12.397,70	48,84	38.881,50	57,23	8.291,30	12,20	-

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 37 podemos observar la evolución de los consumos de energía y de las emisiones de CO₂.

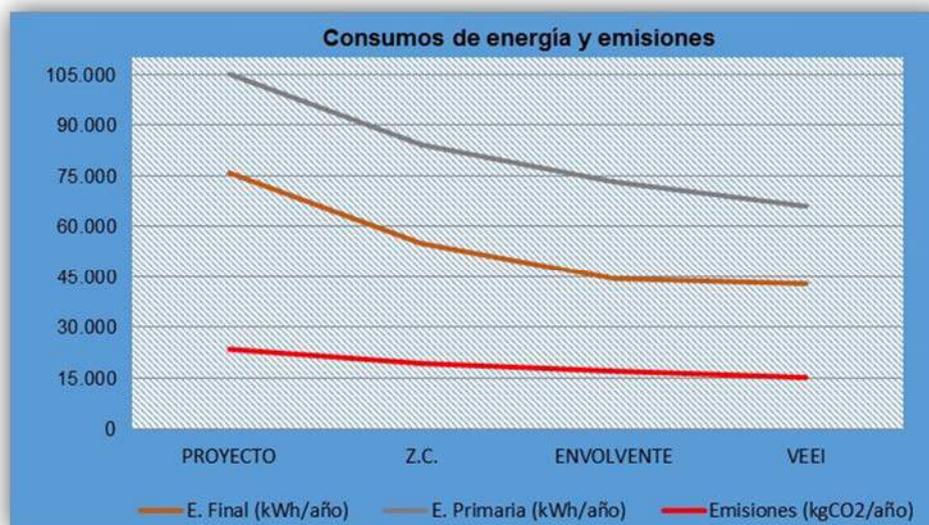


Gráfico 37: Evolución de consumos de energía y emisiones. Fase 1. Edificio en Carballo.

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular los consumos de energía y las emisiones CO₂ utilizaremos el programa PostCalener, reconocido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, permite el tratamiento de componentes, estrategias, equipos o sistemas no incluidos en los procedimientos originales Calener y su integración con el mismo.

⁷¹ Denominamos Fase 1 la que incluye los escenarios 1 al 4.

Integraremos en el PostCalener la producción de energía térmica y la de electricidad del módulo de microgeneración y calcularemos los consumos de energía y emisiones. La primera simulación la realizaremos con los consumos de energía final del escenario VEEI, que son los que se reflejan en la ilustración 120.

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	40,3	27388,4	95,5	64915,7
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	1,4	938,5	8,2	5585,4
Iluminación	21,2	14423,7	151,6	103026,2
Total	62,9	42750,6	255,4	173527,3

Ilustración 120: Consumo energía final, escenario VEEI. Edificio en Carballo.
Fuente: CALENER VYP.

La incorporación del módulo de microgeneración, no reduce, lógicamente el consumo de energía final, pero si se reduce la energía primaria y las emisiones. La fuente energética de esta simulación es gas natural. En la ilustración 122 se observa que el ratio anual de consumo de energía primaria se reduce de 97,41 kWh/m².año a 63,61 kWh/m².año. En lo que respecta a emisiones al ratio anual pasa de 22,28 kgCO₂/m².año a 12,84 kgCO₂/m².año.

En la ilustración 121 se observa que la producción de energía eléctrica del módulo de microgeneración se introduce con signo negativo en el consumo de energía final de electricidad para iluminación.

4. COMPONENTES ADICIONALES					
Nombre MICROGENERACION					
Descripción Descripción del componente adicional					
Consumos (kW·h/año)	Refrigeración	Calefacción	A.C.S.	Iluminación	
Electricidad	0.0	0.0	0.0	-14424.0	
Gas Natural	0.0	27388.0	938.0	14424.0	
Ninguno	0.0	0.0	0.0	0.0	

5. COMPONENTES ORIGINALES DESACTIVADOS						
Nombre	Tipo	DF (kW·h)	DC (kW·h)	EF (kW·h)	EP (kW·h)	EM (kg CO ₂)
EQ_EQ_Caldera-	Caldera	0.0	30355.4	28326.9	28638.5	5778.7

DF: Energía frigorífica suministrada, DC: Energía calorífica suministrada

Ilustración 121: Componentes adicionales. 1ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.
Fuente: PostCalener.

Los resultados obtenidos con esta primera simulación en el PostCalener son los que se reflejan en la ilustración 122.

Si extrapolamos los ratios obtenidos y reflejados en la ilustración 122, a la totalidad de la superficie del edificio (679,437 m²) obtenemos los siguientes consumos de energía final, energía primaria y emisiones reflejados en la tabla 82.

2. INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES									
Concepto	EF orig.	EF mod.	EF ref.	EP orig.	EP mod.	EP ref.	EM orig.	EM mod.	EM ref.
Climatización	40.34	40.31	95.54	40.79	40.75	103.28	8.23	8.22	27.42
Iluminación	21.23	21.23	151.63	55.26	21.46	394.70	13.78	4.33	98.41
A.C.S.	1.35	1.38	8.22	1.37	1.40	21.40	0.28	0.28	5.34
Total	62.92	62.92	255.40	97.41	63.61	519.39	22.28	12.84	131.17

EF: Energía final (kWh/m²), EP: Energía primaria (kWh/m²), EM: Emisiones CO₂ (kg CO₂/m²)
orig: original, mod: modificado, ref: referencia, la superficie utilizada es la suma de la acondicionada y la no condicionada

Ilustración 122: Indicadores energéticos anuales. 1ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.
Fuente: PostCalener.

Tabla 82: Consumos y emisiones. 1ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.

ESCENARIO	Energía Final		Energía Primaria		Emisiones		Calificación
	kWh/año	kWh/m ² .año	kWh/año	kWh/m ² .año	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ² .año	
1 PROYECTO	75.928,50	111,76	105.064,80	154,64	23.427,50	34,48	B
3 VEEI	42.750,60	62,92	66.183,30	97,41	15.136,20	22,28	A
5 FINAL	42.750,18	62,92	43.218,99	63,61	8.717,18	12,83	A
1-3	33.177,90	48,84	38.881,50	57,23	8.291,30	12,20	
1-5	33.178,32	48,84	61.845,81	91,03	14.710,32	21,65	

Fuente: Elaboración propia.

La incorporación del módulo de microgeneración para la producción de la energía térmica y eléctrica para satisfacer los consumos considerados en la calificación energética del edificio, no modifica el consumo de energía final respecto al escenario VEEI, pero si disminuye el consumo de energía primaria y emisiones de CO₂.

Si comparamos el escenario VEEI con el escenario PROYECTO, tabla 83, observamos que el consumo de energía final se reduce en un 43,70%, el de energía primaria en un 58,86% y las emisiones en un 62,79%.

En el escenario FINAL el ratio de consumo de energía primaria, 63,61 kWh/m².año, está por debajo en el rango de los requerimientos para los nuevos edificios no residenciales en Francia, 70-110 kWh/m².año, dependiendo de su localización, a los efectos de su definición como nZEB (81).

Tabla 83: Evolución consumos y emisiones. Fase 2⁷². Edificio en Carballo

Consumos de energía y emisiones	EF (energía final)		EP (energía primaria)		EM (emisiones)		EP/EF	EM/EF
	kWh/año	kWh/m ² .año	kWh/año	kWh/m ² .año	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ² .año		
Climatización	27.388,11	40,31	27.687,06	40,75	5.584,97	8,22	1,01	0,204
Iluminación	14.424,45	21,23	14.580,72	21,46	2.941,96	4,33	1,01	0,204
ACS	937,62	1,38	951,21	1,40	190,24	0,28	1,01	0,203
Total	42.750,18	62,92	43.218,99	63,61	8.717,18	12,83		

Fuente: Elaboración propia.

⁷² En el escenario denominado PROYECTO se reflejan los consumos de energía y emisiones de acuerdo a la calificación energética del Proyecto ubicando al edificio en la z.c. D1. El escenario denominado Z.C. sitúa al edificio en la z.c. C1. El escenario ENVOLVENTE es igual que el anterior, pero con la envolvente de edificio mejorada. En el escenario denominado VEEI se parte del escenario ENVOLVENTE, modificando los valores del VEEI. El escenario FINAL es igual que el escenario VEEI, incorporándole la producción de energía eléctrica y térmica del módulo de microgeneración.

Como hemos dicho anteriormente, el citado módulo de microgeneración tiene una capacidad de producción de energía final eléctrica de 68.904,00 kWh/año. Los valores introducidos en el PostCalener para la segunda simulación son lo que se reflejan en la ilustración 123.

4. COMPONENTES ADICIONALES						
Nombre						
MÓDULO MICROGENERACIÓN						
Descripción						
Descripción del componente adicional						
Consumos (kW·h/año)	Refrigeración	Calefacción	A.C.S.	Iluminación		
Electricidad	0.0	0.0	0.0	-68904.0		
Gas Natural	0.0	27388.0	938.0	68904.0		
Ninguno	0.0	0.0	0.0	0.0		

5. COMPONENTES ORIGINALES DESACTIVADOS						
Nombre	Tipo	DF (kW·h)	DC (kW·h)	EF (kW·h)	EP (kW·h)	EM (kg CO2)
EQ_EQ_Caldera-	Caldera	0.0	30355.4	28326.9	28638.5	5778.7

DF: Energía frigorífica suministrada, DC: Energía calorífica suministrada

Ilustración 123: Componentes adicionales. 2ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.
Fuente: PostCalener.

Los indicadores energéticos obtenidos en la segunda simulación se reflejan en la ilustración 124. En ellos observamos que el ratio de consumo de energía final no varía, 62,92 kWh/m².año; sí varía el ratio de energía primaria que tiene un valor negativo, -64,04 kWh/m².año, lo mismo que el de emisiones, -22,85 kgCO₂/m².año. Los indicadores que se modifican son los correspondientes a iluminación.

2. INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES									
Concepto	EF orig.	EF mod.	EF ref.	EP orig.	EP mod.	EP ref.	EM orig.	EM mod.	EM ref.
Climatización	40.34	40.31	95.54	40.79	40.75	103.28	8.23	8.22	27.42
Iluminación	21.23	21.23	151.63	55.26	-106.19	394.70	13.78	-31.35	98.41
A.C.S.	1.35	1.38	8.22	1.37	1.40	21.40	0.28	0.28	5.34
Total	62.92	62.92	255.40	97.41	-64.04	519.39	22.28	-22.85	131.17

EF: Energía final (kW·h/m²), EP: Energía primaria (kW·h/m²), EM: Emisiones CO₂ (kg CO₂/m²)
orig: original, mod: modificado, ref: referencia, la superficie utilizada es la suma de la acondicionada y la no acondicionada

Ilustración 124: Indicadores energéticos anuales. 2ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.
Fuente: PostCalener.

Si extrapolamos los ratios obtenidos y reflejados en la ilustración 124, a la totalidad de la superficie del edificio, obtenemos los siguientes consumos de energía final, energía primaria y emisiones reflejados en la tabla 84.

Tabla 84: Consumos de energía y emisiones. 2ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.

Consumos de energía y emisiones	EF (energía final)		EP (energía primaria)		EM (emisiones)	
	kWh/año	kWh2/m ² .año	kWh/año	kWh2/m ² .año	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ² .año
Climatización	27.388,11	40,31	27.687,06	40,75	5.584,97	8,22
Iluminación	14.424,45	21,23	-72.149,42	-106,19	-21.300,35	-31,35
ACS	937,62	1,38	951,21	1,40	190,24	0,28
Total	42.750,18	62,92	-43.511,15	-64,04	-15.525,14	-22,85

Fuente: Elaboración propia.

La producción de energía final eléctrica, 68.904,00 kWh/año, mediante el módulo de microgeneración a gas sobre la demandada por el consumo de iluminación del edificio, hace que los valores de consumo de energía primaria y emisiones de CO₂ sean negativos. En la tabla 85 se refleja el balance del consumo de energía y emisiones de iluminación⁷³.

Tabla 85: Análisis de iluminación. 2ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.

Fuente energética	EF (kWh/año)	Coficiente	EP (kWh/año)	Coficiente	Emisiones (kg CO ₂ /año)
	(energía final)	de paso EP/EF	(energía primaria)	de paso EM/EF	EM
Gas	68.904,00	1,01	69.593,04	0,204	14.056,42
Electricidad	-68.904,00	2,61	-179.839,44	0,649	-44.718,70
Electricidad	14.424,45	2,61	37.647,81	0,649	9.361,47
Total			-72.598,59		-21.300,81
Ratios			-106,85		-31,35
			kWh/m ² .año		kgCO ₂ /m ² .año

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3.3.2 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MEJORAS Y TECNOLOGÍAS APLICADAS Y RETORNO DE LA INVERSIÓN

Tal y como se refleja en el apartado anterior, el edificio produce más energía eléctrica que la que necesita la instalación de iluminación, el excedente de producción eléctrica es de 54.479,55 kWh/año, que se pueden destinar al consumo de otros usos del edificio: fuerza, equipamiento específico que consuma electricidad, etc. Los consumos de energía térmica para calefacción y ACS también están cubiertos por el módulo de microgeneración.

La valoración de las mejoras, anteriormente descritas: mejora de la envolvente, producción de energía térmica y eléctrica mediante un módulo de microgeneración a gas y la mejora del VEEI tiene un importe de 63.170,98 €.

⁷³ Los coeficientes de paso de energía primaria a energía final, y de energía final a emisiones se han obtenido de la publicación FACTORES DE EMISIÓN DE CO₂ Y COEFICIENTES DE PASO A ENERGÍA PRIMARIA DE DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA FINAL CONSUMIDAS EN EL SECTOR DE EDIFICIOS EN ESPAÑA (85).

Tabla 86: Valoración económica de las mejoras y tecnologías aplicadas. Edificio en Carballo.

Presupuesto						
Código	Nat	Ud	Resumen	Medición	Precio unitario	Importe
1	Capítulo		MEJORA DE LA ENVOLVENTE			
01.01	Partida	m2	Aislamiento forjado, 8 cm porex	394,37	14,70	5.797,24
01.02	Partida	m2	Incremento aislamiento camaras aire, 4 cm porex	550,55	7,35	4.046,54
01.03	Partida	m2	Incremento aislamiento cubiertas, 5 cm porex	419,75	8,55	3.588,86
01.04	Partida	m2	Acris db vdr 4inc+vdr 4inc	-238,15	53,56	-12.755,31
01.05	Partida	m2	Acris. doble PLANISTAR ONE 4-19(argon90%)-4	238,15	74,38	17.713,60
			Total capítulo 01			18.390,93
2	Capítulo		SISTEMAS DE PRODUCCIÓN			
02.01	Partida	ud	Módulo microgeneracion KWE SB 22	1,00	33.000,00	33.000,00
			Total capítulo 02			33.000,00
3	Capítulo		MEJORA DEL VEEI			
03.01	Partida	m2	Iluminación mediante fluorescentes	-714,74	10,70	-7.647,72
03.02	Partida	m2	Iluminación mediante leds	714,74	13,07	9.341,65
			Total capítulo 03			1.693,93
			Suma Ejecución Material			53.084,86
			Gastos Generales	13%		6.901,03
			Beneficio Industrial	6%		3.185,09
			Total Ejecución por Contrata			63.170,98

Fuente: Elaboración propia.

Para valorar el ahorro anual de combustible partiremos de los consumos de energía final en el escenario denominado Z.C, obtenido mediante el CALENER VYP, al que le hemos añadido el exceso de producción del módulo de microgeneración, que se obtiene restando a la producción total del módulo, 68.904 kWh/año, la de la iluminación, 17.777,10 kWh/año.

Tabla 87: Coste anual del consumo combustibles⁷⁴ convencionales. Edificio en Carballo.

Uso	Combustible	Final (kWh/año)	Rendimiento	€(kWh)	Importe (€)
Calefacción	Gas natural	36.432,70	0,90	0,05	2.024,04
ACS	Gas natural	938,50	0,90	0,05	52,14
Iluminación	Electricidad	17.777,10	1,00	0,15	2.666,57
Resto electricidad	Electricidad	51.126,90	1,00	0,15	7.669,04
Total		106.275,20			12.411,78

Fuente: Elaboración propia.

El módulo de microgeneración permite cubrir las necesidades térmicas del edificio y el exceso de producción eléctrica, descontada la iluminación, a otras necesidades del edificio (resto de electricidad).

⁷⁴ El precio de los combustibles los hemos tomado de la publicación INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS (82).

Tabla 88: Coste anual del consumo combustibles módulo microgeneración. Edificio en Carballo.

Uso	Combustible	Final (kWh/año)	Rendimiento	€(kWh)	Importe (€)
Calefacción	Gas natural	27.388,00	0,90	0,05	1.521,56
ACS	Gas natural	937,62	0,90	0,05	52,09
Iluminación	Gas natural	14.424,00	0,90	0,05	801,33
Resto electricidad	Gas natural	54.480,00	0,90	0,05	3.026,67
Total		97.229,62			5.401,65

Fuente: Elaboración propia.

En nuestro caso:

Coste INV : 63.170,98 euros

Coste anual de la energía: 12.411,78-5.401,65=7.010,13 €

$$TRS = \frac{63.170,98}{7.010,13} = 9,01 \text{ años}$$

El TRS obtenido es 9,01 años. No obstante este TRS pudiera reducirse, si consideráramos todas las mejoras anteriormente descritas como un proyecto de ahorro y eficiencia energética. La Xunta de Galicia a través del INEGA subvenciona inversiones en sustitución o mejora de equipos e instalaciones consumidoras de energía del proceso productivo o sistemas auxiliares; mejora de instalaciones de iluminación en centros productivos del sector industrial; implantación de sistemas de contabilización/telegestión de consumo de energía asociados a otras actuaciones de ahorro energético; proyectos de instalaciones fotovoltaicas, solares térmicas y bombas de calor que contribuya a aumentar la eficiencia energética de las empresa; o cualquier otra actuación que implique, como mínimo, el ahorro energético que se indica en las bases de las ayudas (83).

Para el cálculo del TRS tampoco se ha tenido en cuenta lo dispuesto en el R.D. 900/2015 (84), por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo, relativo al cargo transitorio por energía autoconsumida.

6.2.3.3.3 CONCLUSIÓN

El edificio se ubicó por error en la z.c. D1, cuando por valores tabulados, de acuerdo al DB-HE 2006, como por registros climáticos se debería ubicar en la z.c. C1. El consumo de energía primaria en la z.c. D1 es de 105.064,80 kWh/año y en la z.c. C1 es de 84.055,90 kWh/año (ver tabla 86). Este error de ubicación del edificio supone incrementar en consumo de energía primaria un 25%. Igualmente sucede con el consumo de energía final y las emisiones de CO₂.

En segundo lugar podemos decir que, como se puede observar en la tabla 81, la mejora de la envolvente del edificio reduce las demandas de energía y también reduce las emisiones de CO₂. Esta mejora reduce en un 14,91% el consumo de energía primaria.

En tercer lugar decir que en los edificios de uso terciario el consumo de energía eléctrica debido a la instalación de iluminación es muy importante. La mejora del VEEI reduce el consumo de energía primaria en un 10,52%. Con esta mejora, la de la envolvente y la ubicación del edificio en la z.c. correcta, conseguimos un edificio de calificación energética A en cuanto a emisiones.

En cuarto hay que señalar que la ubicación de los edificios y la parcela en la que se ubican condicionan la incorporación de tecnologías renovables. Debido a la sombra producida por los edificios colindantes no es rentable la instalación de captadores fotovoltaicos para la producción de electricidad. Tampoco es posible la instalación de una turbina minieólica.

En quinto lugar hay que citar que ante la imposibilidad de la incorporación de tecnologías renovables se ha incorporado un equipo de microgeneración de 22 kW de potencia eléctrica y 50 kW de potencia térmica, que producen la energía suficiente para los usos reglamentados, a los efectos de la calificación energética del edificio, y tiene un exceso de producción de energía eléctrica de 54.479,55 kWh/año. Esto conlleva que el edificio produzca más energía que la que consume y reduce las emisiones, ya que las emisiones de CO₂ del gas natural son menores que las de la electricidad.

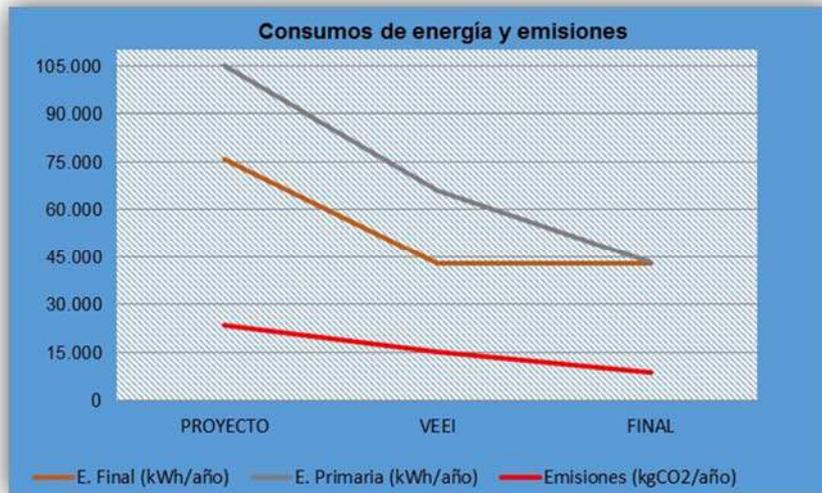


Gráfico 38: Evolución de consumos de energía y emisiones. Fase 2. Edificio en Carballo.
Fuente: Elaboración propia.

En último lugar destacar que, el coste de las mejoras necesarias para convertir al edificio en uno de consumo de energía casi nulo, tiene un TRS menor de diez.

7 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.1 CONCLUSIONES

Se han elegido dos edificios ubicados en Viveiro (Lugo) y en Carballo (A Coruña) en los que manteniendo sus características arquitectónicas, pero mejorando su envolvente térmica e incorporando algunas de las tecnologías disponibles en el mercado los hemos convertido en Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo. De ello podemos concluir lo siguiente:

- La zona climática en la que se ubica un edificio es un parámetro determinante a la hora de calificarlo energéticamente. Al ubicarlo en una zona climática que no le corresponde su consumo de energía primaria de calefacción puede variar en un porcentaje del 38%, como sucede en el edificio ubicado en Viveiro. Como consecuencia de ello, la calificación energética obtenida no será la correcta.
- El incremento del espesor del aislamiento térmico de la envolvente del edificio reduce los consumos de energía con un coste reducido.
- Si al edificio ubicado en Viveiro le mejoramos: la envolvente térmica y el valor de la eficiencia energética de la instalación de iluminación; le aumentamos la contribución solar térmica y fotovoltaica; le incorporamos la producción de energía eléctrica de un aerogenerador de 100 kW ubicado dentro de la parcela, así como una bomba de calor geotérmica; produce más energía final, 14.214,54 kWh/año, que la que consume con los usos regulados a efectos de su calificación energética. El excedente de energía se destina a otras necesidades energéticas del edificio. Toda ella es de origen renovable, por lo que no tiene emisiones de CO₂. El coste de la inversión es de 782.265,81 € y el tiempo de retorno simple de la misma es de 20 años.
- Las características de la parcela en la que se ubica el edificio de Carballo, urbana, con ocupación del cien por cien de la misma y con un edificio colindante al Sur que proyecta sombra sobre el mismo, imposibilita la incorporación de energía solar fotovoltaica ni minieólica. Solamente con la mejora de: la envolvente térmica y del valor de la eficiencia energética de la instalación de iluminación; y la incorporación de un equipo de microcogeneración, obtenemos un consumo de energía primaria de 63,61 kWh/m².año, que está por debajo de los requerimientos para edificios no residenciales en Francia que es de 70-110 kWh/m².año para que sea considerado como edificio de consumo de energía casi nulo. El coste de la inversión necesaria para llegar a estos valores es de 63.170,98 € y el tiempo de retorno simple de la misma es de 9 años.
- Es posible proyectar y construir edificios de consumo de energía casi nulo con un coste razonable y un tiempo de retorno simple de la inversión también razonable.
- La parcela en la que se ubican los edificios es un factor determinante a la hora de aplicar las tecnologías disponibles y convertirlo en uno de consumo de energía casi nulo.
- La obtención de la calificación de eficiencia energética de un edificio no debe ser un mero trámite en la redacción del proyecto del mismo, si queremos que éste sea un edificio de consumo de energía casi nulo.
- Este trabajo es necesario ya existe la obligatoriedad de que antes del 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos tengan un consumo de energía casi nulo, y que antes de que termine 2018, los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas ya igualmente edificios de consumo de energía casi nulo.

7.2 TRABAJOS FUTUROS

Extender este tipo de trabajos a otras comunidades autónomas.

La comparación de los consumos de energía obtenidos en la fase de calificación energética del edificio con los consumos reales en la fase de explotación, en aquellos edificios que dispongan de contadores inteligentes de energía y de sistemas centralizados de control, de cada a rectificar y depurar los programas de cálculo, en el caso de obtener valores discrepantes.

Sistemas de almacenamiento de energía en los edificios.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kirk J. Sol a raudales en un edificio de consumo energético cero. España: EL PAIS-THE NEW YORK TIMES; 2011;
2. Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. Directiva 2010/31/UE, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición). DOUE de 18 de junio de 2010.
3. Edenhofer O, Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático. Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. Cambridge: Cambridge University Press; 2011. 242 p.
4. Consejo de las Comunidades Europeas. Directiva 89/106/CEE, de 21 de diciembre de 1988, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción. DOCE de 11 de febrero de 1989. Bruselas; 1989.
5. Naciones Unidas. Convención Marco sobre el Cambio Climático, 21 Conferencia de las Partes. In Paris; 2015.
6. Organización Meteorológica Mundial. OMM: 2015, probablemente el año más cálido jamás registrado y 2011-2015, el quinquenio más cálido [Internet]. Available from: https://www.wmo.int/pages/index_es.html
7. IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, . 2013.
8. Organización Meteorológica Mundial. El estado del clima mundial 2001-2010. Un decenio de fenómenos climáticos extremos. Informe resumido. Ginebra; 2013.
9. Naciones Unidas. CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. In New York; 1992.
10. Zillman J. Historia de las actividades en torno al clima. Boletín Organ Meteorológica Mund julio 2009. 2009;
11. United Nations. Framework Convention on Climatic Change. Información básica. Antecedentes históricos [Internet]. Available from: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/antecedentes/items/6170.php
12. Naciones Unidas. PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. In Kyoto; 1998.
13. IPCC. Summary for Policymakers, In: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. 2014.
14. Pachauri R, Reisinger A. IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Suiza; 2008.
15. Organización Meteorológica Mundial. Boletín sobre los gases de efecto invernadero. Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2012. Suiza; 2013;
16. International Energy Agency. Special Report. World Energy Investment Outlook. 2014.
17. European Environment Agency. Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014. 2014.
18. Comisión Europea. EUROPA 2020. Una Estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador. Bruselas; 2010.
19. Consejo Europeo. Marco de actuación en materia de clima y energía hasta el año 2030. Conclusiones. Bruselas; 2014.
20. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. Inventarios nacionales de emisiones a la atmósfera 1990-2012. Documento resumen. 2014;
21. Xunta de Galicia. Consellería de Medio Ambiente Territorio e Infraestructuras. Informa emisións en Galicia. Serie (1990-2012). 2014.

22. BP. BP Statistical Review of World Energy, June 2014 [Internet]. Nuclear Energy. 2014. p. www.bp.com/statisticalreview. Available from: <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
23. BP. BP Energy Outlook 2035. 2014.
24. European Commission. Eurostat. Estadísticas de ahorro de energía [Internet]. Available from: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained
25. Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Plan de Acción de Energías Renovables (PANER) 2011-2020. 2010.
26. Ministerio de Industria Energía y Turismo. Secretaría de Estado de Energía. La Energía en España 2012. Madrid;
27. Xunta de Galicia. Consellería de Economía e Industria. Instituto Energético de Galicia. Generación e importación de la Energía Primaria.
28. Xunta de Galicia. Consellería de Economía e Industria. Instituto Energético de Galicia. Balance Energético de Galicia, 2012. 2012.
29. European Commission. Eurostat. Energy Balances [Internet]. Available from: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances>.
30. Ministerio de Industria Energía y Turismo. Disponible en Internet: http://www.minetur.gob.es/ENERGIA/BALANCES/PUBLICACIONES/Paginas/Publicaciones_estadisticas.aspx.
31. Instituto Energético de Galicia. Disponible en Internet: http://www.inega.es/enerxiagalicia/evolucion_enerxia_galicia/consumo_electricidade/.
32. Comisión de las Comunidades Europeas. Eficiencia energética: alcanzar el objetivo del 20%. Bruselas; 2008.
33. Groezinger J, John A, Seehusen J, Wehringer F, Scherberich M, Boermans T, et al. Overview of Member States information on NZEBs Working version of the progress report - final report. Alemania: ECOFYS; 2014;
34. Ministerio de Fomento. Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. BOE núm. 219, de 12 de septiembre de 2013.
35. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. BOE núm. 89, de 13 de abril de 2013.
36. Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. DIRECTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. 2012.
37. Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios. DOCE de 4 de enero de 2003.
38. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. BOE núm. 27, de 31 de enero de 2007.
39. Ministerio de Vivienda. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. BOE núm. 74, de 28 de marzo de 2006.
40. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. BOE núm 89, de 13 de abril de 201.
41. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. BOE núm. 207, de 29 de agosto de 2007. 2007.
42. Ministerio de Industria Energía y Turismo. Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética. 2016.

43. XUNTA DE GALICIA. VICEPRESIDENCIA Y CONSELLERÍA DE PRESIDENCIA APYJ. DECRETO 128/2016, de 25 de agosto, por el que se regula la certificación energética de edificios en la Comunidad Autónoma de Galicia. DOG núm 186, de 29 de septiembre de 2016.
44. Xunta de Galicia. Consellería de Presidencia Administraciones Públicas y Justicia. Decreto 42/2009, de 21 de enero, por el que se regula la certificación energética de edificios de nueva construcción en la Comunidad Autónoma de Galicia. DOGA núm. 45, de 5 de marzo de 2009.
45. Instituto Energético de Galicia. RESOLUCIÓN de 10 de octubre de 2016 por la que se aprueban los modelos de comunicación para la inscripción de los certificados de eficiencia energética de los edificios en el Registro de Certificados de Eficiencia Energética de Edificios de Galicia. DOG n.
46. Energía I para la D y A de. ESTADO DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS DATOS CCAA. INFORME ENERO 2015. 2015.
47. Ferreiro Acuña G. (c749@coaatac.com), 5 de marzo de 2013. Re: CONSULTA REGISTRO DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EDIFICIOS. Correo electrónico para M. Caride González (manuel.caride.gonzalez@xunta.es).
48. Caride González M. (manuel.caride.gonzalez@xunta.es), 6 de marzo de 2013. RE: CONSULTA REGISTRO DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EDIFICIOS. Correo electrónico para G. Ferreiro Acuña (c749@coaatac.com).
49. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Proyecto de nueva sede de la compañía en el Parque Empresarial de As Gándaras (Lugo). 2015;
50. Consejo Europeo. MARCO DE ACTUACIÓN EN MATERIA DE CLIMA Y ENERGÍA HASTA EL AÑO 2030. CONCLUSIONES. In Bruselas; 2014.
51. Cuesta Diego L, Vallarino E. Aprovechamientos hidroeléctricos. Señor. Madrid: Ibergarceta; 2014. 1094 p.
52. Durán Montejano S, Millán Reyes AN, Fundación Laboral de la Construcción. Energías renovables aplicadas a la edificación: instalaciones. Instalaciones (Tornapunta). Madrid: Tornapunta; 2010. 217 p.
53. Fernández Salgado JM. Compendio de energía solar: fotovoltaica, térmica y termoeléctrica: (adaptado al Código Técnico de la Edificación y al nuevo RITE). Madrid: A. Madrid Vicente; 2008. 431 p.
54. Madrid A. Energías renovables: fundamentos, tecnologías y aplicaciones. Madrid: AMV Ediciones ; Madrid; 2009. 379 p.
55. Peuser FA, Remmers K-H, Schnauss M. Sistemas solares térmicos: diseño e instalación. Sevilla: Progensa; 2004. 392 p.
56. Villarubia López M. Ingeniería de la energía eólica. Nuevas energías (Marcombo). Barcelona: Marcombo; 2012. 282 p.
57. Instituto Enerxético de Galicia. Disponible en Internet: <http://www.inega.es/enerxiagalicia/listaxecentrais.html>.
58. SOLAR-JET. Solar chemical reactor demonstration and Optimization for Long-term Availability of Renewable JET fuel. [Internet]. Available from: <http://www.solar-jet.aero/>
59. Comisión Europea. Producción de keroseno con materiales frecuentes [Internet]. Available from: http://cordis.europa.eu/result/rcn/91624_es.html
60. Comisión Europea. De la luz solar al carburante para reactores: un proyecto de la UE consigue producir el primer queroseno "solar". [Internet]. Available from: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-481_es.htm
61. Sánchez Guzmán J, Sanz López L, Ocaña Robles L. Evaluación del potencial de energía geotérmica. Estudio Técnico PER 2011-2020. IDAE, editor. Madrid; 2011.
62. Ministerio de Industria Energía y Turismo. Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. BOE núm. 140, de 10 de junio de 2014. 2014.
63. Strategic Initiative for Ocean Energy. Ocean Energy: State of the Art.

64. Norvento. Norvento instala en el puerto de Bueu prototipo experimental de energía undimotriz. [Internet]. Available from: <http://www.norvento.com/es/norvento-instala-en-el-puerto-de-bueu-prototipo-experimental-de-energia-undimotriz/>
65. Xunta de Galicia. Consellería de Economía e Industria. Axencia Galega de Innovación. Estratexia de especialización intelixente de Galicia. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia. Consellería de Economía e Industria. Axencia Galega de Innovación.; 2014.
66. International Renewable Energy Agency. Quality Infrastructure for Renewable Energy Technologies: Small Wind Turbines. 2015.
67. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Guía sobre Tecnología Minieólica. Madrid; 2012.
68. Cruz I. La energía eólica de media potencia. Conceptos generales y ejemplos de aplicaciones. In 2011.
69. Martínez Cortizas A, Pérez Alberti A. Atlas Climático de Galicia. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.; 1999. 207 p.
70. Sancho Ávila J. Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMESAT. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología; 2012.
71. Vázquez Vázquez M, Universidade de Vigo. ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR DE GALICIA. Vigo: Universidade; 2005. 32 p.
72. Vázquez Vázquez M, Asociación Galega de Enerxía Solar, Universidade de Vigo. RADIACIÓN SOLAR E SEVERIDADE CLIMÁTICA EN GALICIA. Vigo: Asociación Galega de Enerxía Solar; 2008. 124 p.
73. Pettazzi A, Salsón Casado S. Atlas de Radiación Solar de Galicia. Xunta de Galicia.; 2011.
74. Comunidad de Madrid. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética. Madrid; 2012.
75. Sá Lago A, NUR L+D. Aplicaciones del LED en diseño de iluminación. Barcelona: Marcombo; 2015. 432 p.
76. Xunta de Galicia. Consellería de Presidencia Administraciones Públicas y Justicia. Ley 8/2009, de 22 de diciembre, por la que se regula el aprovechamiento eólico en Galicia y se crean el canon eólico y el Fondo de Compensación Ambiental. Santiago de Compostela (A Coruña); 2010.
77. España. Jefatura del Estado. Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. BOE núm. 296, de 11 de diciembre de 2013. Madrid; 2013.
78. Gómez E. La Bomba de Calor. Fundamentos, Tecnología y Casos Prácticos. AFEC. Madrid; 2015. 340 p.
79. IDAE. PRESTACIONES MEDIAS ESTACIONALES DE LAS BOMBAS DE CALOR PARA PRODUCCIÓN DE CALOR EN EDIFICIOS. Madrid; 2014.
80. Comisión Europea. DECISIÓN DE LA COMISIÓN, de 1 de marzo de 2013, por la que se establecen las directrices para el cálculo por los Estados miembros de la energía renovable procedente de las bombas de calor de diferentes tecnologías, conforme a lo dispuesto en el artículo 1.
81. Buildings Performance Institute Europe (BPIE). NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS DEFINITIONS ACROSS EUROPE. Bruselas; 2015.
82. Vicente Quiles PG, Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración. DTIE 18.03: integración de energías renovables en la rehabilitación energética de los edificios. Documentos técnicos de instalaciones en la edificación. Madrid: Atecyr; 2013. 198 p.
83. Instituto Enerxético de Galicia. Disponible en Internet: <http://www.inega.es/subvencions/subvencions/>. 2016.
84. Ministerio de Industria Energía y Turismo. Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y producción con autoconsumo. 2015.
85. Ministerio de Industria Energía y Turismo. FACTORES DE EMISIÓN DE CO2 Y COEFICIENTES DE PASO A ENERGÍA PRIMARIA DE DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA FINAL CONSUMIDAS EN EL SECTOR DE EDIFICIOS EN ESPAÑA. 2014.

86. Comisión Europea. Centro de Investigación Conjunta. PVGIS [Internet]. Available from: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&map=europe>
87. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Guía Básica de Microcogeneración. Madrid; 2012. 73 p.
88. España. Jefatura del Estado. Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cog. 2012.
89. PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN. DIRECTIVA 2004/8/CE DEL PARLAMENTO Y DEL CONSEJO, de 11 de febrero de 2004, relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía y por la que se modifica la Directiva 92/42/CEE. 2004.
90. COMISIÓN EUROPEA. DECISIÓN DE EJECUCIÓN DE LA COMISIÓN 2011/877/UE, de 19 de diciembre de 2011, por la que se establecen valores de referencia de la eficiencia armonizados para la producción por separado de calor y electricidad, de conformidad con lo dispuesto en la Direct. 2011.

9 LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Emisiones de GEI, sin LULUCF, en UE-28 y UE-15. Series 1990-2012.	15
Gráfico 2: Índice de evolución de las emisiones de CO ₂	18
Gráfico 3: Emisiones de GEI en Galicia.	19
Gráfico 4: Porcentaje de incremento emisiones de GEI en Galicia por sectores.	19
Gráfico 5: Consumo de energía primaria por fuentes UE-28 (Mtoe).	22
Gráfico 6: Consumo de energía final por fuentes UE-28 (Mtoe).	23
Gráfico 7: Dependencia energética por combustible, EU-28, 1990-2000-2012 (MilesTJ).	24
Gráfico 8: Consumo de energía primaria por fuentes en España (ktep).	24
Gráfico 9: Consumo de energía final por fuentes en España (ktep).	25
Gráfico 10: Porcentajes de energía primaria autóctona y de importación en Galicia.	27
Gráfico 11: Fuentes de energía primaria Galicia (ktep).	28
Gráfico 12: Energía primaria renovable y no renovable en Galicia.	29
Gráfico 13: Consumos de energía primaria y final en Galicia.	30
Gráfico 14: Consumos de energía final por sector y fuente UE28 [ktep].	33
Gráfico 15: Consumos de energía final por sector y fuente en España.	35
Gráfico 16: Consumos de gas por sectores y provincias año 2012 (millones kcal).	36
Gráfico 17: Consumos de electricidad por sectores en Galicia (MWh).	37
Gráfico 18: Valores medios mensuales grados-día invierno en capitales de provincia.	81
Gráfico 19: Media de la radiación global acumulada meses de invierno en capitales de provincia.	82
Gráfico 20: Valores medios mensuales de los grados-día de verano en capitales de provincia.	82
Gráfico 21: Media de la radiación global acumulada meses de verano en capitales de provincia.	83
Gráfico 22: Radiación solar global media diaria anual en las capitales de provincia.	84
Gráfico 23: Demanda de calefacción en z.c. D1. Edificio en Viveiro.	95
Gráfico 24: Demanda de calefacción en z.c. C1. Edificio en Viveiro.	95
Gráfico 25: Demanda de calefacción de acuerdo a la z.c. Edificio en Viveiro.	96
Gráfico 26: Demanda acumulada calefacción por escenarios Edificio en Viveiro.	104
Gráfico 27: Consumos de energía primaria por escenarios (kWh/año). Edificio en Viveiro.	105
Gráfico 28: Rosa de los vientos de velocidades. Edificio en Viveiro.	122
Gráfico 29: Rosa de los vientos de frecuencias. Edificio en Viveiro.	122
Gráfico 30: Consumos energéticos reales acumulados. Edificio en Viveiro.	129
Gráfico 31: Evolución de consumos de energía y emisiones. Fase 1. Edificio en Viveiro.	130
Gráfico 32: Evolución de consumos de energía y emisiones. Edificio en Viveiro.	135
Gráfico 33: Demanda de calefacción en z.c. D1. Edificio en Carballo.	149
Gráfico 34: Demanda de calefacción en z.c. C1. Edificio en Carballo.	149
Gráfico 35: Demanda mensual de calefacción de acuerdo a la z.c. Edificio en Carballo.	150
Gráfico 36: Demanda acumulada calefacción por escenarios Edificio en Carballo.	156
Gráfico 37: Evolución de consumos de energía y emisiones. Fase 1. Edificio en Carballo.	163
Gráfico 38: Evolución de consumos de energía y emisiones. Fase 2. Edificio en Carballo.	170

10 LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Contribución de los Estados miembros a las emisiones de GEI de la UE.	17
Tabla 2: Valores absolutos (kilotoneladas de CO ₂ -equivalente).....	17
Tabla 3: Índice de evolución anual (año base=100)	18
Tabla 4: Consumo de energía primaria en UE-28 (Mtoe).....	22
Tabla 5: Consumo de energía final en UE-28 (Mtoe).	23
Tabla 6: Consumo de energía primaria en Galicia (ktep).	26
Tabla 7: Consumo de energía primaria autóctona y de importación en Galicia (ktep).....	27
Tabla 8: Porcentajes de contribución por fuentes a la energía primaria en Galicia.	28
Tabla 9: Transformaciones en la refinería de A Coruña (ktep).....	28
Tabla 10: Consumo de energía final total en Galicia (ktep).....	29
Tabla 11: Consumos de energía primaria y final en por fuentes en Galicia (ktep).....	30
Tabla 12: Consumos de energía final por sectores EU28 en 2013.	32
Tabla 13: Consumos de energía final por sectores y fuentes EU28 en 2013 (ktoe).	33
Tabla 14: Consumos de energía final por sectores en España en 2013.....	34
Tabla 15: Consumos de energía final por sectores y fuentes en España en 2013 (ktoe).....	34
Tabla 16: Consumos de gas por sectores en Galicia año 2012 (millones kcal).....	35
Tabla 17: Consumos electricidad por sectores en Galicia (MWh)	36
Tabla 18: Número de edificios certificados y registrados por Comunidad Autónoma.	42
Tabla 19: Visados dirección Obra Nueva. Total nacional. Núm. edificios destino principal.	43
Tabla 20: Calificaciones energéticas en emisiones edificios acabados nueva construcción.	43
Tabla 21: Registro de calificaciones en emisiones de edificios existentes.....	44
Tabla 22: Calificación de edificios registrados por emisiones.	44
Tabla 23: Calificación energética de edificios en fase de ejecución en Galicia.....	45
Tabla 24: Edificios existentes inscritos en el Registro Gallego de Eficiencia Energética.....	45
Tabla 25: Registro de calificaciones por emisiones de edificios en Galicia.....	45
Tabla 26: Visados dirección Obra Nueva en Galicia. Núm. edificios por destino principal.	46
Tabla 27: Centrales de biomasa en régimen especial en Galicia.....	53
Tabla 28: Centrales de residuos en régimen especial en Galicia.....	54
Tabla 29: Centrales fotovoltaicas en régimen especial en Galicia.	59
Tabla 30: Centrales de Gran Hidráulica en Galicia.....	69
Tabla 31: Centrales Minihidráulicas en Galicia.....	69
Tabla 32: Potencia eólica instalada en régimen especial en Galicia.	77
Tabla 33: Parques eólicos en régimen especial en Galicia.	78
Tabla 34: Parques eólicos singulares en régimen especial en Galicia.....	78
Tabla 35: Severidad climática de invierno.	79
Tabla 36: Severidad climática de verano.	79
Tabla 37: Zonas climáticas de la Península.....	80
Tabla 38: Zonas climáticas Galicia en función de valores tabulados. DB-HE-2013.....	81
Tabla 39: Zonas climáticas Galicia en función de valores tabulados. DB-HE-2006.....	81
Tabla 40: Zonas climáticas en función de la radiación solar global media diaria anual.	83

Tabla 41: Constantes de cálculo SCI.....	90
Tabla 42: Media de los grados-día de invierno en Viveiro.....	90
Tabla 43: Media de la radiación global acumulada en meses de invierno en Viveiro (kWh/m ²).	91
Tabla 44: Constantes de cálculo SCV.	91
Tabla 45: Grados-día de verano en Viveiro.	91
Tabla 46: Radiación global media acumulada en los meses de verano en Viveiro (kWh/m ²).	92
Tabla 47: Radiación global media diaria mensual en Viveiro (kWh/m ²).....	93
Tabla 48: Demanda de calefacción (MWh) de acuerdo a la z.c. Edificio en Viveiro.	96
Tabla 49: Demanda acumulada calefacción (MWh) por escenarios. Edificio en Viveiro.....	104
Tabla 50: Consumos de energía primaria por escenarios (kWh/año). Edificio Viveiro.....	105
Tabla 51: Consumos de energía y emisiones por escenarios. Edificio Viveiro.	106
Tabla 52: Eficacia del led versus otras lámparas.....	118
Tabla 53: Datos de viento (media anual). Edificio en Viveiro.	121
Tabla 54: Direcciones y velocidades de viento. Edificio en Viveiro.	123
Tabla 55: Direcciones y frecuencias de viento. Edificio en Viveiro.....	123
Tabla 56: Velocidades en el buje de los aerogeneradores. Edificio en Viveiro.	124
Tabla 57: Producción eólica anual y niveles de ruido. Edificio en Viveiro.	124
Tabla 58: Consumo energía eléctrica de la bomba de calor. Edificio en Viveiro.....	128
Tabla 59: Evolución consumos y emisiones. Fase 1. Edificio en Viveiro.	130
Tabla 60: Evolución consumos y emisiones. Fase 2. Edificio en Viveiro.	132
Tabla 61: Valoración económica de las mejoras y tecnologías aplicadas. Edificio en Viveiro.....	133
Tabla 62: Ahorro anual de energía final. Edificio en Viveiro.	134
Tabla 63: Ahorro anual del coste de combustibles. Fase 2. Edificio en Viveiro.	134
Tabla 64: Coherencia coeficientes de paso. Edificio en Carballo.....	139
Tabla 65: Grados-día de invierno en Carballo.	143
Tabla 66: Radiación global media acumulada meses de invierno en Carballo (kWh/m ²).	143
Tabla 67: Grados-día de verano en Carballo.	145
Tabla 68: Radiación global media acumulada en los meses de verano Carballo (kWh/m ²).	145
Tabla 69: Demanda de calefacción (MWh) de acuerdo a la z.c. Edificio en Carballo.	150
Tabla 70: Composición y transmitancia forjados en Proyecto. Edificio en Carballo.....	151
Tabla 71: Mejora de transmitancia de los forjados proyectados. Edificio en Carballo.	151
Tabla 72: Transmitancia y composición cerramiento Proyecto. Edificio en Carballo.	152
Tabla 73: Mejora de la transmitancia del cerramiento de Proyecto. Edificio en Carballo.....	153
Tabla 74: Transmitancia de cerramientos verticales. Edificio en Carballo	153
Tabla 75: Transmitancia y composición de cubierta en Proyecto. Edificio en Carballo.	154
Tabla 76: Transmitancia de cubiertas. Edificio en Carballo.....	154
Tabla 77: Demanda acumulada calefacción (MWh) por escenarios. Edificio en Carballo.	155
Tabla 78: Valores de referencia producción de calor aplicables distintos combustibles...160	
Tabla 79: Valores referencia producción electricidad aplicables distintos combustibles..161	
Tabla 80: Factor de corrección del rendimiento de la producción de energía eléctrica. ...161	
Tabla 81: Evolución consumos y emisiones. Fase 1. Edificio en Carballo.....	163

Tabla 82: Consumos y emisiones. 1ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.....	165
Tabla 83: Evolución consumos y emisiones. Fase 2. Edificio en Carballo.....	165
Tabla 84: Consumos de energía y emisiones. 2ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.	167
Tabla 85: Análisis de iluminación. 2ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.	167
Tabla 86: Valoración económica de las mejoras y tecnologías aplicadas. Edificio en Carballo.	168
Tabla 87: Coste anual del consumo combustibles convencionales. Edificio en Carballo.	168
Tabla 88: Coste anual del consumo combustibles módulo microcogeneración. Edificio en Carballo.....	169

11 LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Emisiones anuales GEI antropogénicos por Grupos de Gases 1970 - 2010.....	14
Ilustración 2: Forzamiento radiativo de la atmósfera debido a los GEI.....	15
Ilustración 3: Consumo de energía primaria en el Mundo (Mtoe).....	20
Ilustración 4: Previsión de consumo por combustibles.	21
Ilustración 5: Demanda energía mundial y emisiones de CO ₂ . Escenario Nuevas Políticas.	21
Ilustración 6: Diagrama de flujos energéticos en Galicia en el año 2102.	31
Ilustración 7: Modelos de etiqueta de calificación energética.....	41
Ilustración 8: Imagen del estado final del edificio Norvento.....	47
Ilustración 9: Planta del edificio Norvento.	47
Ilustración 10: Sección BB del edificio Norvento.....	47
Ilustración 11: Contribución solar mínima anual para ACS en %.	49
Ilustración 12: Contribución solar mínima para piscinas cubiertas en %.	49
Ilustración 13: Ámbito de aplicación exigencia básica HE 5 del R.D. 314/2006.....	50
Ilustración 14: Coeficientes de uso exigencia básica HE 5 del R.D. 314/2006.	50
Ilustración 15: Coeficiente climático exigencia básica HE 5 del R.D. 314/2006.....	51
Ilustración 16: Radiación Solar Global exigencia básica HE 5 del R.D. 314/2006.....	51
Ilustración 17: Fuentes de biomasa primaria para la generación de energía a nivel mundial.....	52
Ilustración 18: Campo colectores térmicos planos sobre cubierta plana.....	54
Ilustración 19: Campo colectores térmicos de tubos de vacío.....	55
Ilustración 20: Plataforma Solúcar, Sevilla.....	56
Ilustración 21: Instalación fotovoltaica 48,4 kW.	56
Ilustración 22: Plantas de tecnología torre en Plataforma Solúcar, Sevilla.	57
Ilustración 23: Planta de tecnología cilindro parabólica en el desierto de Atacama, Chile.	57
Ilustración 24: Reactor solar.....	58
Ilustración 25: Esquema de funcionamiento de una planta de vapor seco.	61
Ilustración 26: Esquema de funcionamiento de una planta flash.....	61
Ilustración 27: Esquema de funcionamiento de una planta de ciclo binario.	62
Ilustración 28: Bomba de calor geotérmica con sondeos de captación de agua.....	63
Ilustración 29: Sistema cerrado con intercambiador de calor horizontal.	64
Ilustración 30: Sonda geotérmica.....	64
Ilustración 31: Tipos instalación tubos captadores verticales en sondas geotérmicas.....	65
Ilustración 32: Sistema de cimentaciones energéticas.	65
Ilustración 33: Tubos intercambiadores de calor integrados en un pilote de cimentación.	66
Ilustración 34: Sistemas de almacenamiento subterráneo del calor geotérmico.....	66
Ilustración 35: Esquema de principio de la Central Hidroeléctrica de El Hierro.	68
Ilustración 36: Dispositivo de Columna de Agua Oscilante. Mutriku.....	70
Ilustración 37: Dispositivo Waveroller.	71
Ilustración 38: Dispositivo Pelamis.....	71
Ilustración 39: Central mareomotriz de La Rance. Francia.....	72
Ilustración 40: Turbina de eje horizontal.	72

Ilustración 41: Dispositivo Tornillo Helicoidal.....	73
Ilustración 42: Prototipo de Norvento puerto Bueu.....	74
Ilustración 43: Aumento del tamaño de las turbinas eólicas comerciales.....	75
Ilustración 44: Propuesta definición de media potencia eólica.....	76
Ilustración 45: Parques eólicos en Galicia.....	77
Ilustración 46: Aerogenerador nED100 en Vilalba.....	78
Ilustración 47: Grandes unidades del relieve gallego.....	80
Ilustración 48: Radiación solar global media diaria anual (kWh/m ² día).....	84
Ilustración 49: Consumo energía primaria y emisiones de Proyecto. Edificio en Viveiro.....	85
Ilustración 50: Detalle del edificio y parcela (Viveiro).....	86
Ilustración 51: Superficies útiles y construidas. Edificio en Viveiro.....	86
Ilustración 52: Alzado Principal (Norte). Edificio en Viveiro.....	86
Ilustración 53: Alzado Lateral Derecho (Este). Edificio en Viveiro.....	87
Ilustración 54: Planta Baja). Edificio en Viveiro.....	87
Ilustración 55: Detalle del Alzado Principal (Norte). Edificio en Viveiro.....	87
Ilustración 56: Detalle del Alzado Lateral Izquierdo (Este). Edificio en Viveiro.....	88
Ilustración 57: Alzado Lateral Derecho (Oeste). Edificio en Viveiro.....	88
Ilustración 58: Detalle de la cubierta Norte. Edificio en Viveiro.....	88
Ilustración 59: Ubicación edificio y estaciones meteorológicas. Edificio en Viveiro.....	89
Ilustración 60: Ubicación del edificio y del punto de referencia de la capital (Viveiro).....	92
Ilustración 61: Radiación solar global media diaria anual en Viveiro (kWh/m ² día).....	93
Ilustración 62: Radiación solar global media diaria anual en Viveiro (kWh/m ² día).....	94
Ilustración 63: Solución solera Proyecto. Edificio en Viveiro.....	97
Ilustración 64: Solución solera modificada. Edificio en Viveiro.....	98
Ilustración 65: Solución modificada cerramiento PB. Edificio en Viveiro.....	99
Ilustración 66: Solución de Proyecto cerramiento P1 ^a . Edificio en Viveiro.....	100
Ilustración 67: Solución modificada de cerramiento P1 ^a . Edificio en Viveiro.....	100
Ilustración 68: Solución de cubierta de Proyecto. Edificio en Viveiro.....	101
Ilustración 69: Solución de cubierta modificada. Edificio en Viveiro.....	101
Ilustración 70: Criterios de selección de factor solar/transmisión luminosa.....	102
Ilustración 71: Cuadro comparativo de prestaciones de ATR.....	103
Ilustración 72: Demanda de referencia a 60 ^a C de ACS.....	106
Ilustración 73: Detalle de paneles solares térmicos en cubierta. Edificio en Viveiro.....	107
Ilustración 74: Detalle de cubiertas. Edificio en Viveiro.....	107
Ilustración 75: Datos de la localización. Edificio en Viveiro.....	108
Ilustración 76: Valores de cálculo. Edificio en Viveiro.....	108
Ilustración 77: Valores internos. Edificio en Viveiro.....	109
Ilustración 78: Resultados generales. Edificio en Viveiro.....	109
Ilustración 79: Gráficas de resultados instalación solar térmica. Edificio en Viveiro.....	110
Ilustración 80: Características técnicas captador solar WEISHAUPT.....	110
Ilustración 81: Esquema cálculo separación de paneles fotovoltaicos.....	111

Ilustración 82: Estimación producción energía solar eléctrica Proyecto. Edificio en Viveiro.....	112
Ilustración 83: Estimación producción solar eléctrica Proyecto (kWh/mes). Edificio Viveiro.....	112
Ilustración 84: Estimación producción energía solar eléctrica. Edificio Viveiro.	113
Ilustración 85: Estimación producción energía solar eléctrica (kWh/mes). Edificio Viveiro.....	114
Ilustración 86: Valores límite de eficiencia energética de la instalación DB HE-2006.....	115
Ilustración 87: Valores límite de eficiencia energética de la instalación DB HE-2013.....	116
Ilustración 88: Potencia máxima de iluminación DB HE-2013.....	116
Ilustración 89: Valores límite de eficiencia energética de la instalación. Edificio en Viveiro.	117
Ilustración 90: Cálculo del VEEI. Edificio en Viveiro.	118
Ilustración 91: Ubicación prevista aerogenerador. Edificio en Viveiro.....	119
Ilustración 92: Puntos de datos de viento. Edificio en Viveiro.....	120
Ilustración 93: Puntos de la malla de 2,5 km. Edificio en Viveiro.....	121
Ilustración 94: Ubicación sondeo 4906. Edificio en Viveiro.....	125
Ilustración 95: Litologías. Edificio en Viveiro.....	126
Ilustración 96: Factor de ponderación (FP) para sistemas de calefacción. Edificio en Viveiro.	127
Ilustración 97: Factores corrección (FC) en función temperaturas condensación. Edificio Viveiro.....	128
Ilustración 98: Componentes adicionales. Escenario FINAL. Edificio en Viveiro.	131
Ilustración 99: Indicadores energéticos anuales. Escenario FINAL. Edificio en Viveiro.....	132
Ilustración 100: Consumo energía primaria y emisiones Proyecto. Edificio en Carballo.....	136
Ilustración 101: Consumo de energía y emisiones en Proyecto. Edificio en Carballo.....	137
Ilustración 102: Indicadores energéticos anuales en Proyecto. Edificio en Carballo.	138
Ilustración 103: Calificación de eficiencia energética de edificios destinados a otros usos.	138
Ilustración 104: Factores de conversión de energía final a primaria.	139
Ilustración 105: Factores de emisiones de CO ₂	140
Ilustración 106: Ubicación del edificio. Edificio en Carballo.....	140
Ilustración 107: Planta de semisótano. Edificio en Carballo.	141
Ilustración 108: Vista del edificio desde la Plaza de Vigo y calle Mendel. Edificio en Carballo.	141
Ilustración 109: Ubicación edificio y de la estación de Rus. Edificio Carballo.	142
Ilustración 110: Radiación Global media diaria febrero (kWh/m ² día). Edificio en Carballo.	143
Ilustración 111: Radiación Global diaria (Wh/m ² /día). Edificio en Carballo.	144
Ilustración 112: Ubicación del edificio y del punto de referencia de la capital (Carballo).....	146
Ilustración 113: Promedio anual radiación Global diaria (kWh/m ² dia ¹). Edificio en Carballo.	146
Ilustración 114: Promedio anual radiación Global diaria (kWh/m ² día). Edificio en Carballo.	147
Ilustración 115: Detalle de asignación de la z.c. Edificio en Carballo.....	148
Ilustración 116: Edificio y colindantes. Edificio en Carballo.	157
Ilustración 117: Cálculo del VEEI. Edificio en Carballo.....	158
Ilustración 118: Módulo de microgeneración a gas KWE Smartblock 22. Edificio en Carballo.	159
Ilustración 119: Características módulo microgeneración KWE Smartblock 22. Edificio en Carballo. .	162
Ilustración 120: Consumo energía final, escenario VEEI. Edificio en Carballo.	164
Ilustración 121: Componentes adicionales. 1ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.....	164
Ilustración 122: Indicadores energéticos anuales. 1ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.	165

Ilustración 123: Componentes adicionales. 2ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.....	166
Ilustración 124: Indicadores energéticos anuales. 2ª simulación PostCalener. Edificio Carballo.	166
Ilustración 125: Aerogenerador nED100.....	193
Ilustración 126: Especificaciones generales del aerogenerador nED100.	194
Ilustración 127: Curva de potencia del aerogenerador nED100.....	194
Ilustración 128: Producción anual del aerogenerador nED100.	195
Ilustración 129: Aerogenerador GARBÍ 100/28.....	196
Ilustración 130: Especificaciones técnicas del aerogenerador GARBÍ 100/28.....	197
Ilustración 131: Aerogenerador TURBEC100.....	198
Ilustración 132: Características del aerogenerador TURBEC100	199
Ilustración 133: Curva de potencia del aerogenerador TURBEC100	199
Ilustración 134: Aerogenerador ADES 100.....	200
Ilustración 135: Curva de potencia y producción anual del aerogenerador ADES 100.....	201
Ilustración 136: Aerogenerador NPS 100C-24.....	202
Ilustración 137: Especificaciones del aerogenerador NPS 100C-24.	203
Ilustración 138: Curva de potencia del aerogenerador NPS 100C-24.....	204

12 PREFIJOS (UNIDADES ESTÁNDAR INTERNACIONALES)

Símbolo	Multiplicador	Prefijo	Símbolo	Multiplicador	Prefijo
Z	10^{21}	zetta	d	10^{-1}	deci
E	10^{18}	exa	c	10^{-2}	centi
P	10^{15}	peta	m	10^{-3}	mili
T	10^{12}	tera	μ	10^{-6}	micro
G	10^9	giga	n	10^{-9}	nano
M	10^6	mega	p	10^{-12}	pico
k	10^3	kilo	f	10^{-15}	femto
h	10^2	hecto	a	10^{-18}	atto
da	10	deca			

13 ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ACS	Agua caliente sanitaria
AGGI	Índice anual de gases de efecto invernadero
AM	Masa de aire
ASEAN	Asociación de Naciones del Asia del Sudeste Asiático
ATR	Unidad de Vidrio Aislante de Aislamiento Térmico Reforzado
CAO	Columna de agua oscilante
CIE	Cuarto Informe de Evaluación
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CRI	Índice de reproducción cromática
CTE	Código Técnico de la Edificación
DB-HE 2006	Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo
DB-HE 2013	Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación actualizado por la Orden FOM/1635/2013
E4	Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética
EECN	Edificios de Energía Casi Nula
EPBD	Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios
FC	Factor de corrección
FP	Factor de ponderación
GD	Grados-día
GEI	Gas de efecto invernadero
GHP	Geothermal Heat Pump
I+D	Investigación y Desarrollo
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
INEGA	Instituto Enerxético de Galicia
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
LULUCF	Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura
MINETUR	Ministerio de Industria, Energía y Turismo

NOAA	Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera
nZEB	Nearly Zero Energy Building
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OTEC	Conversión de la energía térmica de los océanos
PANER	Plan Nacional de Energías Renovables de España
PCM	Potencial de calentamiento mundial
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
R.D.	Real Decreto
RCDE	Régimen de comercio de los derechos de emisión
RGEEE	Registro Gallego de Eficiencia Energética de Edificios
SCI	Severidad Climática de Invierno
SCV	Severidad Climática de Verano
SEE	Secretaría de Estado de Energía
SPF	Rendimiento medio estacional de una bomba de calor
TRS	Tiempo de retorno simple de la inversión.
TRT	Test de respuesta térmica
UE	Unión Europea
UTES	Underground Thermal Energy Storage).
UVA	Unidad de vidrio aislante
VAG	Vigilancia de la Atmósfera Global
VEEI	Valor de la eficiencia energética de la instalación
z.c.	Zona climática

14 SÍMBOLOS

cm	centímetro
CO ₂	dióxido de carbono
EJ	exajulio
EJ/año	exajulios por año
g ±	Factor solar
Gt	Gigatonelada
GtCO ₂ eq	gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente
H	superficie horizontal
kcal	kilocaloría
kcal/kg	kilocalorías por kilogramo
kgCO ₂ /año	kg dióxido de carbono al año
km	kilómetro
ktep	kilotonelada equivalente de petróleo
ktoe	kilotonelada equivalente de petróleo (en inglés)
kW	kilovatio
kWh/m ²	kilovatio hora por metro cuadrado
kWp	kilovatio pico
l	litro
l/d	litros por día
m	metro
m ²	metro cuadrado
MJ/m ²	megajulio metro cuadrado
mm	milímetro
Mtoe	Millón toneladas equivalentes de petróleo
MW	megavatio
MWh/año	megavatio hora año
° C	grado Celsius
t	tonelada
TJ	terajulio

TWh	teravatio hora
U	transmitancia térmica
V	voltio
W/m	vatio por metro
W/m ²	vatio por metro cuadrado
Wh/m ² .dia	vattios hora por metro cuadrado y día

15 GLOSARIO

Calificación de la eficiencia energética de un edificio o parte del mismo

Expresión de la eficiencia energética de un edificio o parte del mismo que se determina de acuerdo con la metodología de cálculo establecida en el documento reconocido correspondiente al Procedimiento básico y se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética

Calificación energética

Letra que indica la clase de eficiencia energética para un indicador determinado (por ejemplo, consumo energético). La escala de calificación energética se construye en base al valor del indicador para el edificio de referencia, el valor indicador para el edificio objeto y la dispersión de indicador para la población de referencia. En edificios nuevos la escala comprende, en orden de mayor a menor eficiencia o clases A, B, C, D y E, extendiéndose hasta las calificaciones F y G para edificios existentes.

Coefficiente de eficiencia energética (COP)

Relación entre la capacidad calorífica y la potencia absorbida efectiva de la unidad. Se utiliza exclusivamente en modo calefacción.

Consumo energético

Energía útil necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente. Se puede dividir en demanda energética de calefacción, de refrigeración, de agua caliente sanitaria (ACS) y de iluminación, y se expresa en kWh/m².año, considerada la superficie útil de los espacios habitables.

Edificio

Construcción techada con paredes en la que se emplea energía para acondicionar el ambiente interior

Edificio de consumo de energía casi nulo

Edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida *in situ* o en el entorno;

Energía final

Energía tal y como se utiliza en los puntos de consumo. Es la que compran los consumidores, en forma de electricidad, carburantes u otros combustibles usados de forma directa.

Energía primaria

Energía procedente de fuentes renovables y no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

Energía procedente de fuentes renovables

Energía procedente de fuentes renovables no fósiles, es decir, energía eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica y oceánica, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás.

Espacio habitable

Espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de la demanda energética.

Factor solar

Cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente. Se refiere exclusivamente a la parte semitransparente de un hueco.

Forzamiento radiativo

Variación, expresada en $W\ m^{-2}$, del flujo radiativo (la descendente menos la ascendente) en la tropopausa o en la parte superior de la atmósfera, debida a una variación del causante externo del cambio climático; por ejemplo, una variación de la concentración de dióxido de carbono o de la radiación solar.

Gas de efecto invernadero, gas de invernadero

Gas que absorbe radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación (radiación infrarroja) emitido por la superficie de la Tierra y por las nubes. El gas, a su vez, emite radiación infrarroja desde un nivel en que la temperatura es más baja que en la superficie. El efecto neto consiste en que parte de la energía absorbida resulta atrapada localmente, y la superficie del planeta tiende a calentarse. En la atmósfera de la Tierra, los gases de efecto invernadero son, básicamente: vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y ozono (O_3).

Gradiente geotérmico

Se define como el incremento de temperatura registrado al profundizar desde la capa más externa de la Tierra –la corteza- hacia las partes más interiores de la misma. El gradiente geotérmico observado en la mayor parte del Planeta, conocido como gradiente geotérmico normal, es de unos 2,5-3 °C cada 100 metros.

Grados-día

Grados-día de un período determinado de tiempo es la suma, para todos los días de ese período de tiempo, de la diferencia entre una temperatura fija, o base de los grados día, y la temperatura media del día, cuando esa temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base.

Índice de reproducción cromática

Es la mitad de la capacidad que una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz natural o ideal.

Intensidad energética

Es el consumo de energía, primaria o final, por unidad de Producto Interior Bruto (PIB) de un país. Una intensidad energética elevada indica un coste alto en la conversión de energía en riqueza.

Irradiación solar

Energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se expresa en kWh/m^2 .

Irradiancia solar

Potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en kWh/m^2 .

Potencia de la instalación fotovoltaica

Es la suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

Potencia nominal del generador

Es la suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.

Potencia pico

Se entiende por potencia pico o potencia máxima del generador a aquella que puede entregar el módulo en las condiciones estándares de medida. Estas condiciones se definen del modo siguiente:

- a) Irradiancia $100\ W/m^2$;
- b) Distribución espectral AM 1,5 G;
- c) Incidencia normal;
- d) Temperatura de la célula $25\ ^\circ C$.

Radiación Solar Global media diaria anual

Radiación solar directa e indirecta (global) que llega a una determinada superficie, tomando el valor anual como suma de los valores medios diarios. En este documento se considera una superficie horizontal.

Recinto habitable

Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:

- a) Habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales.
- b) Aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente.
- c) Quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario.
- d) Oficinas, despachos, salas de reunión, en edificios de uso administrativo.
- e) Cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores, en edificios de cualquier uso
- f) Zonas comunes de circulación en el interior de los edificios.
- g) Cualquier otro con uso asimilable a los anteriores.

Severidad climática

Cociente entre la demanda energética de un edificio en una localidad y la correspondiente al mismo edificio en una localidad de referencia. En el DB-HE 2013 se ha tomado Madrid como localidad de referencia, siendo, por tanto, su severidad climática la unidad. Se define una severidad climática de verano y otra de invierno.

Tonelada equivalente de petróleo

Es la energía liberada por la combustión de una tonelada de petróleo, que por definición de la Agencia Internacional de la Energía, equivale a 10^7 kcal. La conversión de unidades habituales a tep se hace en base a los poderes caloríficos inferiores de cada uno de los combustibles considerados.

Transmitancia térmica

Flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

Valor de eficiencia energética de la instalación

Valor que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona de actividad diferenciada, cuya unidad de medida es (W/m^2) por cada 100 lux.

Zona climática

Zona para la que se definen unas solicitaciones exteriores comunes a efectos de cálculo de la demanda energética. Se identifica con una letra correspondiente a la severidad climática de invierno, y un número, correspondiente a la severidad climática de verano.

16 FABRICANTES DE AEROGENERADORES DE 100 kW

16.1 NORVENTO

16.1.1 MODELO: nED100



*Ilustración 125: Aerogenerador nED100.
Fuente: NORVENTO⁷⁵.*

⁷⁵ <http://www.norvento.com/es/ned/>

General specifications

Rated power	100 kW
Rotor diameter	22 m / 24 m
Hub height	24.5 m / 29.5 m / 36 m
concept	Direct drive (no gearbox & no hydraulic systems) Active variable pitch & variable speed controls IGBT Full Power Converter
Wind class	Designed and Certified to IEC IIIA (suitable for higher wind sites with Norvento survey)
Average Mean Wind Speed	7.5 m/s (27 km/h)
Max wind gust speed	52.5 m/s (190 km/h)
Characteristic Turbulence	18% (at 15 m/s)
Design life	20 years minimum
Certification	Type Certification IEC 61400-22 Design certified by TÜV SÜD Type tests conducted by DNV GL (2015)

Ilustración 126: Especificaciones generales del aerogenerador nED100.
Fuente: NORVENTO.

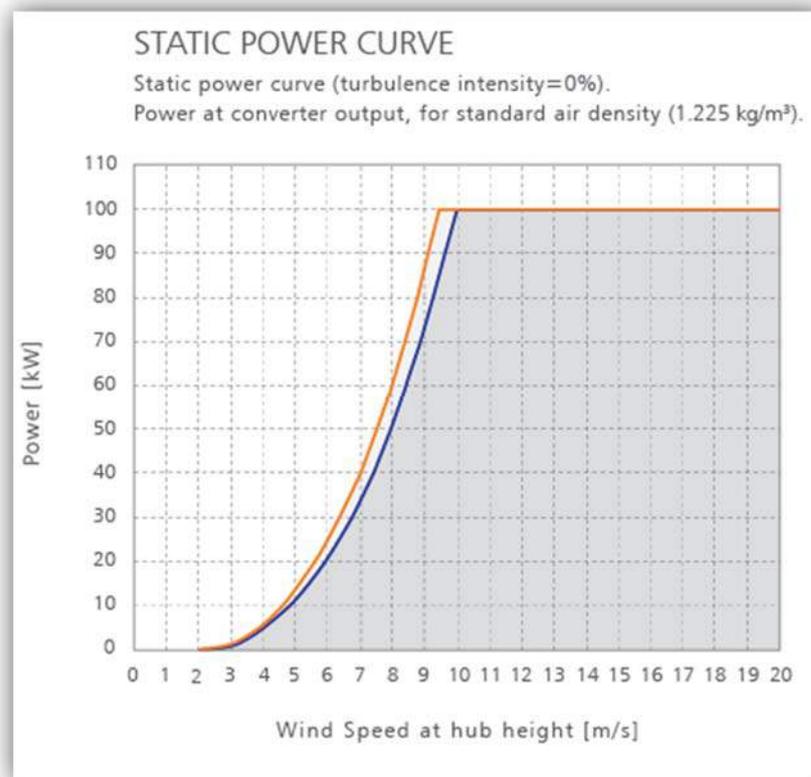
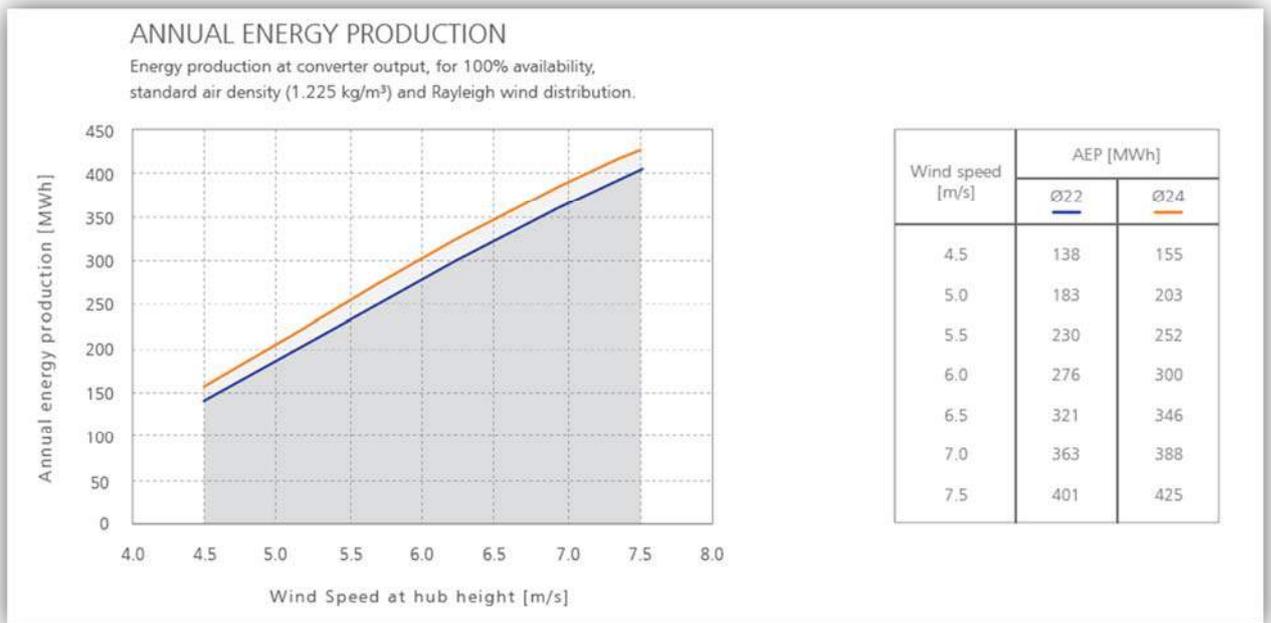


Ilustración 127: Curva de potencia del aerogenerador nED100.
Fuente: NORVENTO.



*Ilustración 128: Producción anual del aerogenerador nED100.
 Fuente: NORVENTO.*

16.2 ELECTRIA WIND

16.2.1 MODELO: GARBÍ 100/28



Ilustración 129: Aerogenerador GARBÍ 100/28.
Fuente: ELECTRIA WIND⁷⁶

⁷⁶ <http://www.electriawind.com/>

electric wind

GARBÍ 100/28

Aerogeneratore di Media Potenza | Medium Power Wind Turbine
 Sincrono / Magneti Permanenti | Synchronous / Permanent Magnet
 Regolazione Attiva del Passo | Pitch Control
 Invertitore "Full Power" | Full Power Converter



Valori curva di potenza
Power curve data

m/s	kw	m/s	kw
2,5	0	7,5	68
3	5	8	82
3,5	7,5	8,5	97,5
4	10	9	100
4,5	15	9,5	100
5	20	10	100
5,5	27	10,5	100
6	35	11	100
6,5	44	20	100
7	55	25	100

- Progetto secondo specifiche IEC / Germanischer Lloyd | Design according to IEC / Germanischer Lloyd
- Controllo della potenza attiva / reattiva | Active - Reactive power control
- Filtri di Soppressione Armoniche secondo norme IEC | Harmonic Filters according to IEC
- Protezione Antifulmini | Lightning system protection
- Controllo Remoto Opzionale | Remote control available
- Basso Livello di Rumorosità | Low noise emission

■ DATI GENERALI GENERAL DATA

Potenza Nominale | Grid power 100 kW
 Classe di Vento | Wind class IEC IIIA / IIA
 Diametro del Rotore | Rotor diameter 28 m
 Altezza Navicella | Hub height 35 m
 (all' asse del Rotore)
 Vel. di Avviamento | Cut-in wind speed 2.5 m/s
 Vel. Potenza Nominale | Rated wind speed 9.0 m/s
 Vel. di Arresto | Cut-off wind speed 25.0 m/s

■ ROTORE ROTOR

Numero di Pale | Number of blades 3
 Orientamento | Position Contravento | Upwind
 Modello Pala | Blade model WN135 (Progettazione interna) (own design)
 Lunghezza Pala | Length 13.5 m
 Velocità di Rotazione | Rotor velocity 47.7 r.p.m.
 Controllo del Passo | Control: Regolazione Collettiva con Azionamento Idraulico
 Collective pitch with hydraulic cylinder

■ NAVICELLA NACELLE

Struttura in Acciaio | Steel main structure
 Peso appross. | Weight 11,500 kg (Mozzo incluso) (hub included)
 Controllo Attivo dell' Imbardata con 3 motoriduttori
 Active yaw by 3 motorgears

■ GENERATORE GENERATOR

Sincrono / Magneti Permanenti | Synchronous / Permanent Magnet
 Tensione in Uscita | Voltage 400 V
 Vel. di Rotazione | Generator rated veloc. 470 r.p.m.
 Frequenza di Generazione | Frequency 5-35 Hz
 Fabbrikante | Manufacturer ABB

■ INVERTITORE CONVERTER

Full Power | Full Power
 Quattro Quadranti | Four parts
 Moduli IGBT | IGBT Modules
 Tensione in uscita | Output 400 V / 50 Hz
 Controllo diretto della Coppia | Torque direct control
 Fabbrikante | Manufacturer ABB

■ TORRE TOWER

Altezza | Height 34.3 m
 Diseño | Design Cilindrica 3 sezioni
 3 cylindrical sections
 Diametro | Diameter: 1.200 mm
 Peso Appross | Weight 16,600 kg

■ MOLTIPLICATORE DI GIRI GEARBOX

Stadi | Stages 2 in Parallelo | parallel ones
 Fattore di Moltiplicazione | Ratio 9.85
 Senza Circuito di Raffreddamento | No cooling circuit

GARBÍ 100/28

Ilustración 130: Especificaciones técnicas del aerogenerador GARBÍ 100/28.
 Fuente: ELECTRIA WIND

16.3 DEL VALLE AGUAYO

16.3.1 MODELO: TURBEC100



*Ilustración 131: Aerogenerador TURBEC100.
Fuente: DEL VALLE AGUAYO⁷⁷.*

⁷⁷ <http://www.delvalleaguayo.com/es/>

Características aerogenerador TURBEC100	
Altura de torre	36 m
Diámetro de rotor	22'5 m
Area barrida	400 m ²
Potencia nominal	100 KW
Velocidad de viento nominal	10'2 m/s
Velocidad de arranque	4 m/s
Velocidad mínima de funcionamiento	3 m/s
Número de palas	3
Material de palas	Material compuesto
Velocidad de corte	20 m/s
Sistema de control hasta velocidad nominal	Velocidad variable
Sistema de control hasta velocidad de corte	Paso variable
Multiplicadora	Epicicloidal de 2 etapas
Generador	Asíncrono de 8 polos
Electrónica	Full Converter
Huecos de tensión	Sí
Tipología de viento	Clase III

Ilustración 132: Características del aerogenerador TURBEC100
Fuente: DEL VALLE AGUAYO.

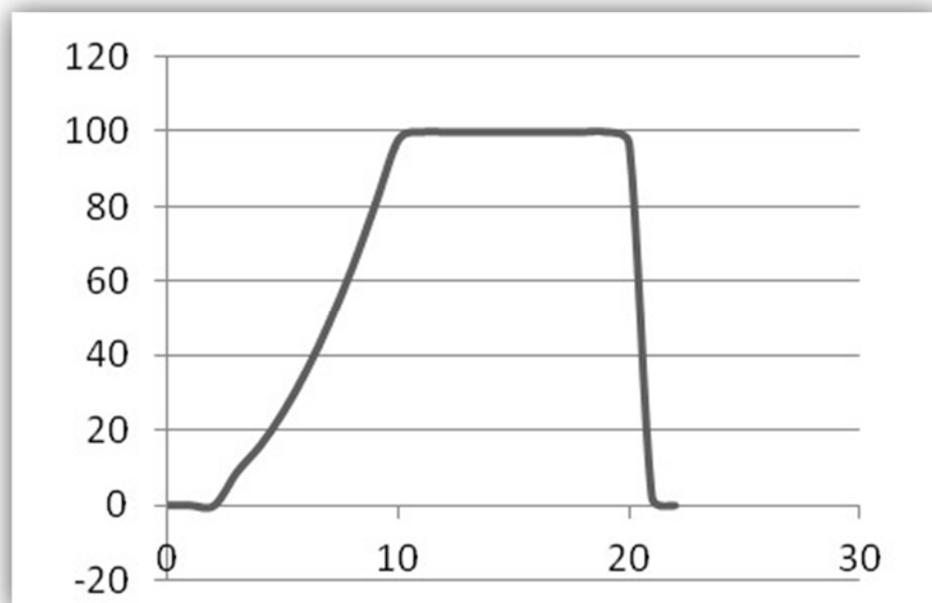


Ilustración 133: Curva de potencia del aerogenerador TURBEC100
Fuente: DEL VALLE AGUAYO.

16.4 ADES

16.4.1 MODELO: ADES 100



*Ilustración 134: Aerogenerador ADES 100.
Fuente: ADES⁷⁸*

⁷⁸ <http://www.ades.tv/>

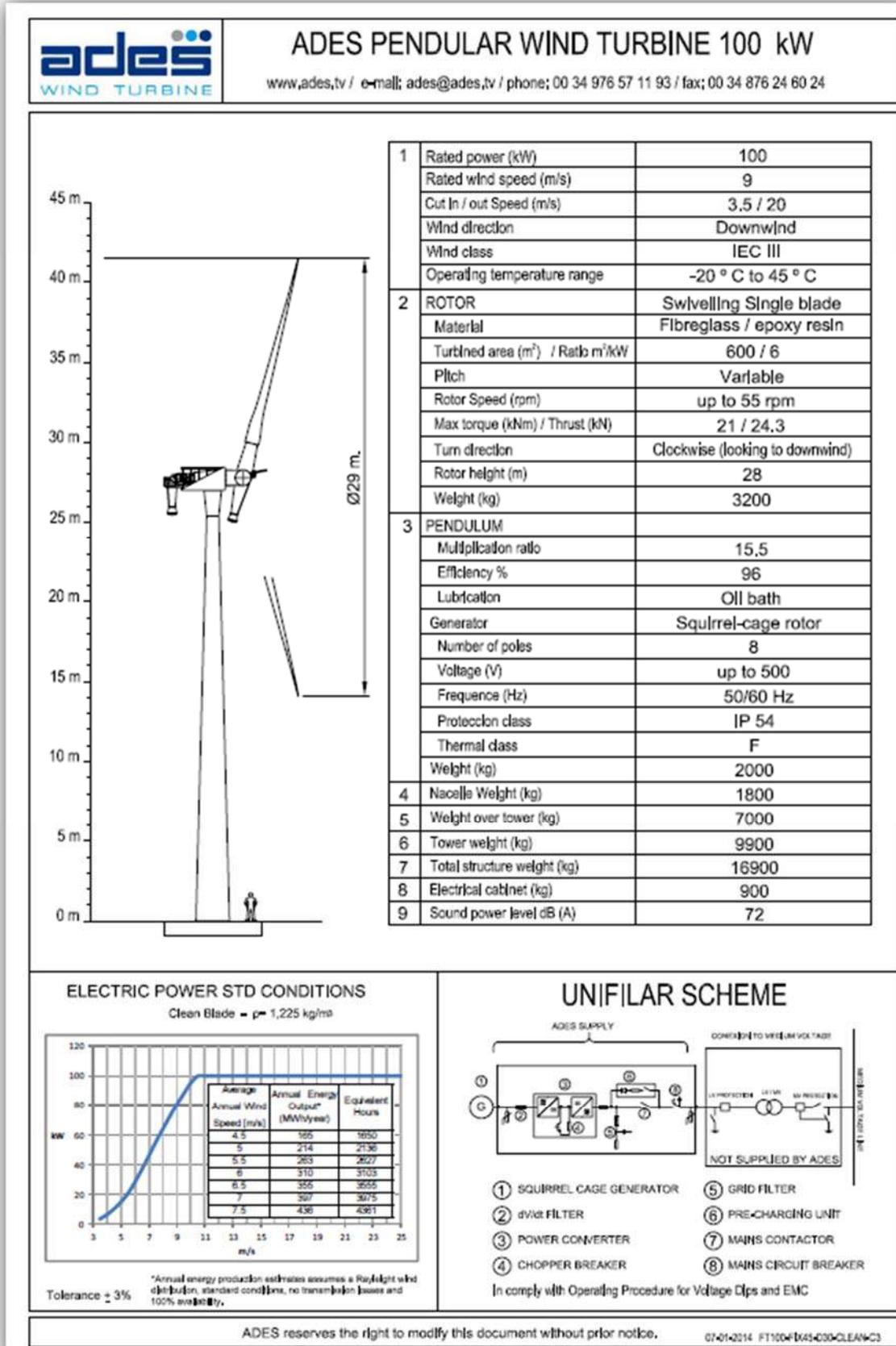


Ilustración 135: Curva de potencia y producción anual del aerogenerador ADES 100. Fuente: ADES.

16.5 NORTHERN POWER SYSTEMS

16.5.1 MODELO: NPS 100C-24



*Ilustración 136: Aerogenerador NPS 100C-24.
Fuente: Northern POWER SYSTEMS⁷⁹.*

⁷⁹ <http://www.northernpower.com/>

Specifications

General Configuration

Model	Northern Power® 100C-24
Design Class	IEC WTGS IWA air density 1.225 kg/m ³ , average annual wind below 7.5 m/s, 50-yr peak gust below 52.5 m/s
Design Life	20 years
Rotor Diameter	24.4 m
Tower Types	Tubular steel monopole
Hub Height	37 m, 29 m, 22 m
Orientation	Upwind, 3 blade
Yaw System	Active yaw drive with wind direction/speed sensors and automatic cable unwind
Power Regulation	Variable speed, stall control
Certification	CE compliant, CEI 0-21

Performance

Rated Wind Speed	12 m/s
Cut-in Wind Speed	3 m/s
Cut-out Wind Speed	25 m/s
Extreme Wind Speed	52.5 m/s

Weight

Rotor (24 m) & Nacelle	6,900 kg
Tower (37 m)	12,000 kg

Drive Train

Gearbox Type	No gearbox (direct drive)
Generator Type	Permanent magnet

Braking System

Redundant Braking System (per IEC 61400-1ed3)	Generator dynamic brake and multiple hydraulic callipers
---	--

Control System

Controller Type	DSP-based multiprocessor embedded platform
Converter Type	Pulse-width modulated IGBT frequency converter
Monitoring System	SmartView® remote monitoring system, ModBus TCP

Electrical System

Rated Electrical Power	95 kW, 3 Phase, 400 VAC, 50 Hz
Power Factor	Set point adjustable between 0.9 lagging and 0.9 leading
Reactive Power	+/- 45 kVAR
Grid Interconnect	Utility approved protective relay included

Noise

Apparent Noise Level	50 dBA at 50 metres from nacelle
----------------------	----------------------------------

Environmental Specifications

Temperature Range Operational	-20°C to 40°C
Temperature Range Storage	-30°C to 50°C
Lightning Protection	Receptors in blades, nacelle lightning rod and electrical surge protection

Key Benefits

- » **Optimised for lower wind regimes**
The NPS 100C-24 starts making power at wind speeds as low as 3 metres per second and provides maximum generation at 12-15 mps
- » **Reliable**
Reinforced blades, gearless design, industry leading yaw configuration, and best-in-class brake system make Northern Power turbines the most reliable small wind turbines available today
- » **Easier planning**
The NPS 100C-24 comes with 22, 29 and 37 metre tower options to meet local tip height restrictions. The low noise profile and new colour minimise the acoustic and visual impact for easier planning applications
- » **Generate profitable income**
 - Maximise the UK's Feed-in-Tariff (FIT) using the largest allowed turbine (100 kW) within the tariff band
 - With low ownership costs over the lifetime of the turbine, the NPS 100C-24 pays for itself quickly and will generate a healthy income stream over its 20+ year life
- » **Plug and play**
Installation is straightforward as the standard configuration for the NPS 100C-24 is grid ready. Supplied with an approved 400-volt transformer, an RTU data logger and a utility grid protective relay interface (G59/2) all built into the tower of the wind turbine. Our state of the art power converter design provides smooth, clean power to local grids, which simplifies grid connection

10-Year Performance Guarantee Programme (PGP)

The 10-Year PGP covers 10 years of operation and maintenance costs, including parts, labour and expenses for the NPS 100. This is the only such warranty offered by a manufacturer for a small wind turbine in Britain.

The annual cost is based on the performance of the NPS 100. This is backed by an availability guarantee and performance to power curve guarantee.

During the programme NPS will be the sole service provider. This gives peace of mind that the wind turbine will produce maximum energy and return on investment while offering the lowest total cost of ownership for the turbine's 20+ year life.

With the 10-Year Performance Guarantee Programme, Northern Power Systems is financially invested in the success of your wind turbine.

Other services in the Northern Power PGP include:

- **24x7 monitoring and reporting:** Operation teams in the UK, Italy and the United States oversee the performance and operation of your wind turbine to ensure maximum availability
- **Global Spares Management Programme:** New parts for the NPS 100 dispatched for same-day or next-day delivery

Ilustración 137: Especificaciones del aerogenerador NPS 100C-24.
Fuente: Northern POWER SYSTEMS.

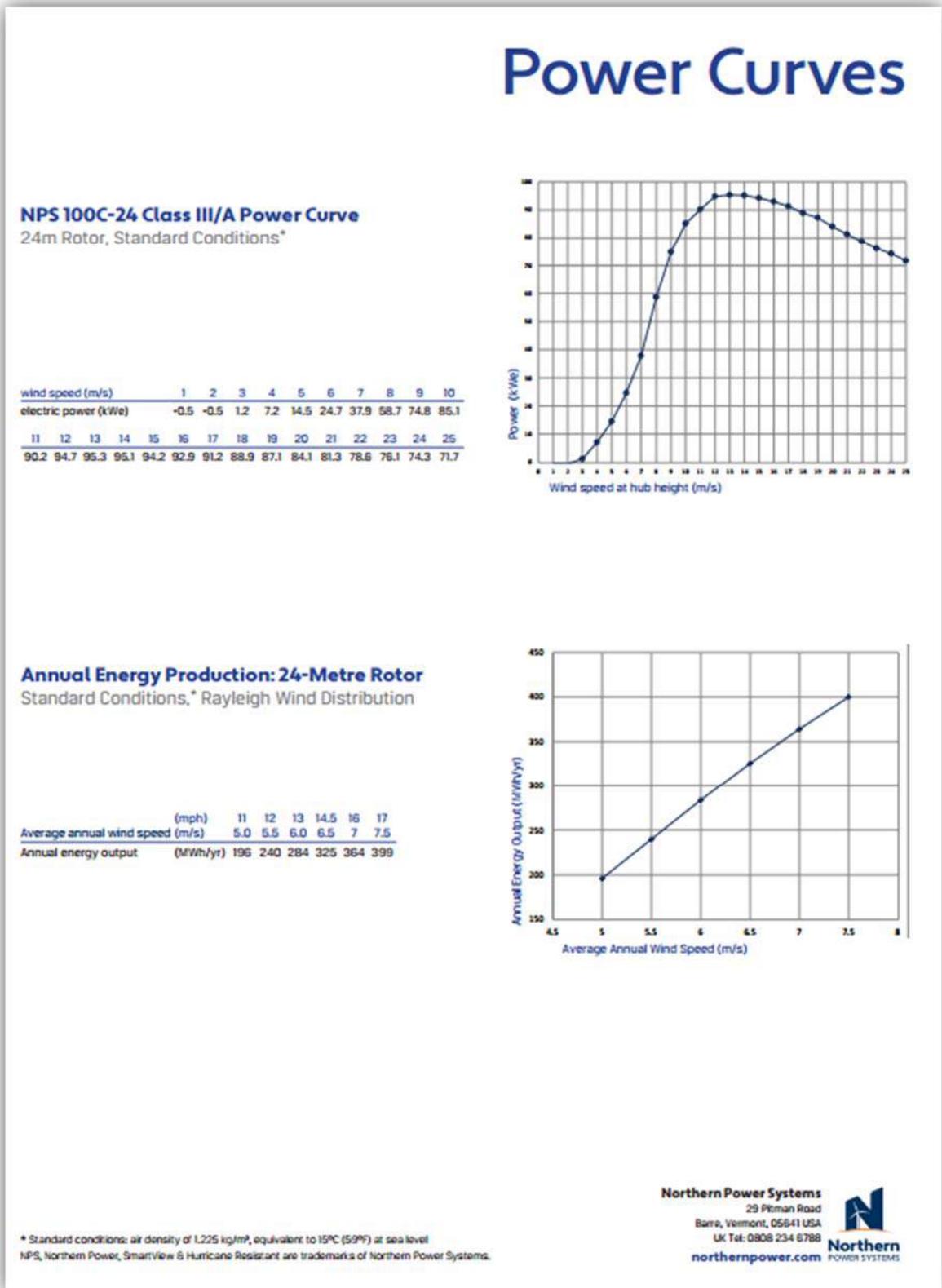


Ilustración 138: Curva de potencia del aerogenerador NPS 100C-24.
Fuente: Northern POWER SYSTEMS.