



**ESTUDIO DE IMPACTO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA
IMPLANTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL
USO DE LAS BIOMASAS NO VALORIZADAS DE ALTO
POTENCIAL (BNVAP) Y ANÁLISIS DE POSIBLES LINEAS
DE SUBVENCIÓN PARA FOMENTAR SU
APROVECHAMIENTO
(ACTIVIDAD 4 – ACCIÓN 1)
Proyecto BIOMASA AP**

**Abril 2020
(Actualización)**

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ANTECEDENTES	6
3	FINALIDAD, OBJETIVOS Y RETOS	7
4	METODOLOGÍA.....	8
5	BIOCOMBUSTIBLES Y TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BNVAP	9
5.1	BIOCOMBUSTIBLES CONSIDERADOS	9
5.1.1	Pellets	10
5.1.2	Briquetas	13
5.1.3	Astillas	14
5.2	TÉCNOLOGÍAS DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BNVAP	16
5.2.1	Sistemas de combustión	16
5.2.1.1	Calderas de pellets	16
5.2.1.2	Calderas de astillas.....	21
5.2.1.3	Estufas de briquetas	22
5.2.2	Sistemas de microcogeneración	24
5.2.3	Sistemas de gasificación	28
5.2.4	Comparativa de tecnologías.....	32
6	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE INSTALACIONES PÚBLICAS	33
6.1	EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS (EDIFICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA)	39
6.1.1	Número y distribución.....	39
6.1.2	Demandas térmicas.....	40
6.2	CENTROS ASISTENCIALES (EDIFICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA)	42
6.2.1	Número y distribución.....	42
6.2.2	Demandas térmicas.....	43
6.3	CENTROS CULTURALES (EDIFICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA).....	45
6.3.1	Número y distribución.....	45
6.3.2	Demandas térmicas.....	47
6.4	CENTROS SANITARIOS (EDIFICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA)	48

6.4.1	Número y distribución.....	48
6.4.2	Demandas térmicas.....	50
6.5	SERVICIOS DE PROTECCIÓN CIUDADANA (EDIFICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA).....	53
6.5.1	Número y distribución.....	53
6.5.2	Demandas térmicas.....	54
6.6	CENTROS DE ENSEÑANZA (INSTALACIONES DE USO PÚBLICO)	55
6.6.1	Número y distribución.....	55
6.6.2	Demandas térmicas.....	57
6.7	INSTALACIONES DEPORTIVAS (INSTALACIONES DE USO PÚBLICO)	58
6.7.1	Número y distribución.....	58
6.7.2	Demandas térmicas.....	60
6.8	PISCINAS CUBIERTAS (INSTALACIONES DE USO PÚBLICO).....	61
6.8.1	Número y distribución.....	61
6.8.2	Demandas térmicas.....	63
6.9	VIVIENDAS DE PROTECCIÓN OFICIAL	67
6.9.1	Número y distribución.....	67
6.9.2	Demandas térmicas.....	69
7	ESCENARIO DE PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES	71
7.1	ESCENARIO DE PRECIOS PARA BIOCOMBUSTIBLES A BASE DE BNVAP.....	71
7.2	ESCENARIO DE PRECIOS DEL GASÓLEO C.....	72
8	ANÁLISIS DE COSTES Y VIABILIDAD ECONÓMICA LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS.....	73
8.1	INSTALACIÓN TIPO DE LA CATEGORÍA A	74
8.1.1	DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN TIPO Y DETERMINACIÓN DE SUS NECESIDADES TÉRMICAS.....	74
8.1.2	ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS.....	76
8.1.2.1	Calderas de pellets.....	76
8.1.2.2	Calderas de astillas.....	82
8.2	INSTALACIÓN TIPO DE LA CATEGORÍA B	87
8.2.1	DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN TIPO Y DETERMINACIÓN DE SUS NECESIDADES TÉRMICAS.....	87

8.2.2	ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS	89
8.2.2.1	Calderas de pellets	89
8.2.2.2	Calderas de astillas	95
9	POSIBILIDADES TECNOLOGICAS	100
10	BENEFICIOS DERIVADOS DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BNVAP	101
10.1	BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES	102
10.1.1	BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES DE LA BIOMASA PROCEDENTE DE RESTOS DE PODA	102
10.1.2	BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES DE LA BIOMASA PROCEDENTE DEL APROVECHAMIENTO DE MATORRAL	104
10.2	BENEFICIOS ECONÓMICOS	107
10.3	BENEFICIOS SOCIALES	109
11	ANÁLISIS DE POSIBLES LÍNEAS DE SUBVENCIÓN PARA FOMENTAR EL APROVECHAMIENTO DE LA BNVAP	110
11.1	AYUDAS PARA LA RECOGIDA, TRANSPORTE Y TRATAMIENTOS DE LA BNVAP	112
11.1.1	Situación actual	112
11.1.2	Posibles líneas de subvención	112
11.2	AYUDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES CON BNVAP	113
11.2.1	Situación actual	113
11.2.2	Posibles líneas de subvención	113
11.3	AYUDAS A LA FABRICACIÓN O ADAPTACIÓN DE EQUIPOS PARA EL USO DE LA BNVAP	114
11.3.1	Las Situación actual	114
11.3.2	Posibles líneas de subvención	114
11.4	AYUDAS A LA COMPRA DE EQUIPOS QUE UTILICEN BNVAP PARA USO RESIDENCIAL	115
11.4.1	Situación actual	115
11.4.2	Posibles líneas de subvención	115
11.5	AYUDAS A LA COMPRA DE EQUIPOS QUE UTILICEN BNVAP PARA LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y EMPRESAS	116
11.5.1	Situación actual	116
11.5.2	Posibles líneas de subvención	117

12	CONCLUSIONES	117
13	BIBLIOGRAFÍA	120
14	LIKOGRAFÍA	121
	ANEXO 1. CÁLCULO DE NECESIDADES TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN	1
	ANEXO 2. CÁLCULO DE NECESIDADES TÉRMICAS DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)	1
	ANEXO 3. ANÁLISIS DE LOS PRECIOS Y ESCENARIOS FUTUROS DE LA ENERGÍA	3
1	ELECTRICIDAD.....	¡Error! Marcador no definido.
2	PETRÓLEO Y DERIVADOS.....	4
2.1	GASÓLEO C.....	8

1 INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se viene produciendo una mayor concienciación en buena parte de los países avanzados sobre la necesidad de mantener y preservar el medio ambiente. De este modo surgen en la mayoría de ellos, pero especialmente en la sociedad europea, una mayor exigencia en múltiples campos ligados al medio ambiente como la lucha contra el cambio climático, el empleo de energías limpias y renovables, la reducción de la demanda de energía y el aumento de la eficiencia energética, la reducción del consumo de agua, la minimización del empleo de fertilizantes y fitocidas, la reducción y mejora en la gestión de residuos, la reducción en el consumo de plásticos, etc.

Resulta especialmente interesante conocer esta evolución social hacia sociedades que buscan ser más sostenibles ante el reto del incremento de la población mundial, así como los cambios normativos que se originan para esta transición. Entender estos cambios y prever su evolución futura permitirá enmarcar mejor un proyecto como el actual ligado a las energías renovables y a la valorización de biomasa infrautilizada.

A. CONSIDERACIONES RESPECTO A LA ENERGÍA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

La preocupación de la Unión Europea por las energías renovables como fuentes para conseguir un mayor autoabastecimiento energético y una energía más sostenible con el medio ambiente vienen desde sus inicios. Ya el propio Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE) reconoce en su artículo 194 donde se refiere a la energía, que la UE debe *“fomentar la eficiencia energética y el ahorro energético así como el desarrollo de energías nuevas y renovables.”*

Después llegaría en 1997, un primer acuerdo de compromiso, el llamado Protocolo de Kioto, donde diferentes países de todo el mundo, se comprometieron a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 5% con respecto a los niveles registrados en 1990.

Más recientemente, en 2008, se estableció el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático donde se pretendía garantizar el cumplimiento de los objetivos climáticos para el periodo 2013-2020, como es la reducción del 20% en las emisiones de gases de efecto invernadero (desde los niveles de 1990), que el 20% de la energía consumida en la Unión Europea proceda de energías renovables y que se aumente en un 20% la mejora de la eficiencia energética. En el caso concreto de España, le corresponde alcanzar una reducción del 10% de emisiones de efecto invernadero de los sectores que no pertenecen al comercio europeo de derechos de emisión, frente al 1% que tiene que reducir Portugal. Este periodo de 8 años coincide con el periodo establecido en el segundo periodo de compromiso del Protocolo de Kioto.

En 2014, se adoptó el marco de actuación sobre el clima y energía para el año 2030 donde se fijan una serie de metas y objetivos políticos para toda la Unión Europea para el periodo 2021-2030, como es la reducción de las emisiones de GEI con respecto a los niveles de 1990

en al menos un 40%, que al menos un 32% de la energía consumida sea renovable, y que al menos un 32,5% mejore la eficiencia energética.

En 2015 y coincidiendo con el periodo anterior se encuentra el Acuerdo de París de 2015 (COP 21) donde se estableció el marco global de lucha contra el cambio climático aplicable a partir de 2020, y que promueve una transición hacia una economía baja en emisiones y lograr así la descarbonización de las economías mundiales. Pretende este acuerdo limitar el aumento de la temperatura promedio global.

Para dar cumplimiento a estos objetivos la UE realizó una actualización de su marco de política energética mediante la finalización del libro de reglas de energía, denominado *Paquete de Energía limpia para los Europeos*. Esta propuesta de la Comisión Europea publicada en noviembre de 2016 consta de ocho actos legislativos, aprobados tras el visto bueno del Consejo y el Parlamento Europeo en 2018 por lo que estas normas han entrado en vigor a mediados de 2019. Los países de la UE tienen un máximo de dos años para incluir estas nuevas directivas en sus respectivas legislaciones nacionales.

Dentro de este nuevo paquete legislativo, la biomasa se enmarca como una fuente de energía necesaria para la consecución de los objetivos generales de la UE. Este es el caso de la directiva (UE) 2018/844 centra los esfuerzos de descarbonización en el parque inmobiliario ya que casi el 50 % del consumo de energía final de la Unión se destina a calefacción y refrigeración, de la cual el 80 % se consume en edificios, priorizando la eficiencia energética, aplicando el principio «primero, la eficiencia energética» y estudiando el despliegue de las energías renovables.

Así mismo en la Estrategia de la UE relativa a la Calefacción y la Refrigeración {SWD(2016) 24 final} posiciona la biomasa como la fuente de energía renovable más utilizada para la calefacción en la actualidad y que representa alrededor del 90% del total de calefacción basada en energías renovables y se menciona, no sólo el impacto de la bionergía en el medio ambiente sino también la utilización del suelo y el aprovechamiento de recursos a nivel local.

En la comunicación de la CE al Parlamento Europeo, al Consejo, las comisiones económica y social, de las regiones y al banco europeo de inversiones (COM2016) 860 final del paquete de *Energía Limpia para los Europeos*, la biomasa sólida junto con la energía eólica y la energía solar fotovoltaica, es uno de los mayores empleadores europeos en el sector de las energías renovables. En este texto se reconoce que *“la biomasa sólida que se viene utilizando para producir calor y electricidad en la UE es principalmente local y regional y se basa en subproductos de la industria forestal; en general, con los niveles actuales, es un sector respetuoso con el clima. No obstante, se teme que puedan deteriorarse los efectos para el clima si los niveles de uso siguen aumentando. Garantizar beneficios climáticos a largo plazo requerirá, en particular, limitar las presiones adicionales sobre los bosques”*.

Es importante observar como dicha Comunicación de la CE pone el foco en dos aspectos fundamentales para el desarrollo futuro de la biomasa, y es su impacto sobre el clima y sus efectos sobre los bosques. Es bajo este prisma como el desarrollo de la biomasa sólida para producción principalmente de calor tiene futuro y genera beneficios a la sociedad.

Es por este motivo que dentro del paquete legislativo, la directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, incluye orientaciones tan importantes como las siguientes:

- La mayor utilización de energía procedente de fuentes renovables desempeña también un papel fundamental en el fomento de la seguridad del abastecimiento energético, el suministro de energía sostenible a precios asequibles, el desarrollo tecnológico y la innovación, facilitando el liderazgo tecnológico e industrial al tiempo que se ofrecen ventajas ambientales, sociales y sanitarias, así como numerosas oportunidades de empleo y desarrollo regional, especialmente en zonas rurales y aisladas, en regiones o territorios con baja densidad de población o afectados parcialmente por la desindustrialización.
- Las instalaciones de pequeña escala pueden ser de gran utilidad para aumentar la aceptación pública y garantizar el desarrollo de proyectos de energía renovable, en particular a escala local.
- Cuando elaboren sistemas de apoyo a las fuentes de energía renovables, los Estados miembros deben considerar la biomasa disponible para un abastecimiento sostenible y tener debidamente en cuenta los principios de la economía circular y de la jerarquía de residuos establecidos en la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (10), con el fin de evitar distorsiones innecesarias de los mercados de materias primas. La prevención y el reciclado de residuos deben ser la opción prioritaria. Los Estados miembros deben evitar la creación de sistemas de apoyo que sean incompatibles con los objetivos del tratamiento de los residuos o que puedan redundar en un uso ineficiente de los residuos reciclables.
- Los Estados miembros deben evitar situaciones que creen distorsiones y conduzcan a una importación masiva de recursos de terceros países. A este respecto, debe tomarse en consideración y promoverse el planteamiento basado en el ciclo de vida.
- A fin de garantizar que la lista de materias primas para producir biocarburantes avanzados, otros biocarburantes y biogás, tal como figura en un anexo de la presente Directiva, tenga en cuenta los principios de la jerarquía de residuos establecidos en la Directiva 2008/98/CE, los criterios de sostenibilidad de la Unión y la necesidad de asegurar que dicho anexo no genera una demanda adicional de suelo, a la vez que se promueve la utilización de residuos y desechos, la Comisión debe valorar, en su evaluación periódica de ese anexo, la posibilidad de incorporar otras materias primas que no provoquen distorsiones significativas en los mercados de productos y subproductos, residuos o desechos.

- A la hora de favorecer el desarrollo de un mercado de energía de fuentes renovables, hay que tomar en consideración las repercusiones positivas sobre el potencial de desarrollo regional y local, las perspectivas de exportación, la cohesión social y las oportunidades de empleo, especialmente por lo que se refiere a las pymes y a los productores de energía independientes, en particular en lo que se refiere a los autoconsumidores de energías renovables y las comunidades de energías renovables.
- Dado que representa cerca de la mitad del consumo final de energía de la Unión, el sector de calefacción y refrigeración se considera clave para acelerar la descarbonización del sistema energético. Además, es también un sector estratégico en términos de seguridad energética, ya que se prevé que cerca del 40% del consumo de energías renovables en 2030 proceda de la calefacción y la refrigeración. Sin embargo, la ausencia de una estrategia armonizada a nivel de la Unión, la falta de internalización de los costes externos y la fragmentación de los mercados de calefacción y refrigeración han hecho que, hasta la fecha, el progreso de este sector haya sido relativamente lento.
- Para explotar plenamente el potencial de la biomasa, que no incluye la turba ni la materia integrada en formaciones geológicas o fosilizada, con el objetivo de contribuir a la descarbonización de la economía mediante su empleo para materiales y energía, la Unión y los Estados miembros deben fomentar la utilización de energía procedente únicamente de una mayor movilización sostenible de la madera y de los recursos agrarios existentes y el desarrollo de nuevos sistemas de silvicultura y de producción agrícola, siempre que se cumplan los criterios de sostenibilidad y de reducción de las emisiones de efecto invernadero.

B. CONSIDERACIONES RESPECTO A LOS RESIDUOS Y LA ECONOMÍA CIRCULAR

Como acabamos de ver respecto a la utilización de biomasa se establece que deberán tenerse siempre en cuenta los principios de la jerarquía de residuos y de la economía circular, recogidas en la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos.

El primer objetivo de cualquier política en materia de residuos debe ser reducir al mínimo los efectos negativos de la generación y la gestión de los residuos para la salud humana y el medio ambiente. La política en materia de residuos debe tener también por objeto reducir el uso de recursos y favorecer la aplicación práctica de la jerarquía de residuos.

En la Resolución de 24 de febrero de 1997 sobre una estrategia comunitaria de gestión de residuos (8), el Consejo confirmó que la prevención de residuos debe constituir la primera prioridad de la gestión de residuos, y que deben preferirse la reutilización y el reciclado de material a la valorización energética de los residuos, en la medida en que son las mejores opciones ecológicas.

La jerarquía de residuos establece en general un orden de prioridad de lo que constituye la mejor opción global para el medio ambiente en la legislación y la política en materia de residuos, aunque puede resultar necesario apartarse de dicha jerarquía para determinados flujos de residuos cuando esté justificado por motivos de factibilidad técnica, viabilidad económica y protección del medio ambiente, entre otros.

Se estableció la siguiente jerarquía de residuos como orden de prioridades en la legislación y la política sobre la prevención y la gestión de los residuos:

- a) prevención;
- b) preparación para la reutilización;
- c) reciclado;
- d) otro tipo de valorización, por ejemplo, la valorización energética; y
- e) eliminación.

Cuando se aplique la jerarquía de residuos contemplada anteriormente los Estados miembros adoptarán medidas para estimular las opciones que proporcionen el mejor resultado medioambiental global. Ello puede requerir que determinados flujos de residuos se aparten de la jerarquía, cuando esté justificado por un enfoque de ciclo de vida sobre los impactos globales de la generación y gestión de dichos residuos.

Vemos por tanto que la valoración energética figura como una de las últimas opciones en materia de gestión de residuos, situándose por detrás de la reutilización y el reciclado.

Por otro lado el plan de acción para la economía circular adoptado en 2015 por la UE tiene por objeto transformar la economía europea en una economía más sostenible mediante el impulso de la competitividad mundial de Europa, la promoción del crecimiento económico sostenible y la generación de nuevos puestos de trabajo. Las medidas del plan pretenden cerrar el círculo del ciclo de vida de los productos y los materiales mediante el mantenimiento de su valor en la economía durante el mayor tiempo posible, la reducción de la generación de residuos y la optimización del reciclado y reutilización, es decir, la «circularidad». Esto beneficia tanto al medio ambiente como a la economía.

Es en base a ese ciclo de vida el aprovechamiento energético debe ser la última etapa del ciclo de los productos lignocelulósicos. Circunstancia que ahora mismo no sucede en Galicia ni en Portugal donde la materia prima que se emplea en la producción de pellets o astillas para la generación térmica o eléctrica procede muchas veces de subproductos de la industria forestal (costeros, serrín, tacos...) o bien directamente de otros productos forestales con aptitud para ser empleados en otros procesos industriales como es el caso de los puntales (trozas de madera de entre aproximadamente 7 y 18cm de diámetro) que deberían tener preferencia para su uso en la industria del tablero o del aserrado.

Cabría por tanto preguntarse si sería posible consumir productos de biomasa sólida empleando recursos forestales y/o agrícolas que actualmente están infrautilizados, y bajo qué parámetros eso podría ser viable técnicamente y rentable económicamente.

Ese es precisamente el reto del actual estudio, conocer las características de otros productos lignocelulósicos para su empleo como materia prima para la producción de pellets o astillas, así como cuantificar su potencial de aprovechamiento, estimar su viabilidad económica e identificar medidas para su impulso.

El objetivo es analizar la forma de sustituir de forma parcial la materia prima que actualmente se emplea para la fabricación de pellets o astillas para su posterior combustión en estufas y calderas de biomasa, por productos agrícolas o forestales no valorizados

2 ANTECEDENTES

El presente estudio se enmarca dentro del proyecto **Biomasa AP**, que es cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). A su vez el proyecto está integrado en el Programa Interreg V-A España-Portugal (POCTEP) 2014-2020, dentro del Eje 1 “Crecimiento inteligente a través de una cooperación transfronteriza para el impulso de la innovación”.

Para el desarrollo del proyecto se ha creado la Red Transfronteriza de biomasa con el fin de conectar expertos y agentes interesados en la producción y uso de biomasa promoviendo la interrelación entre ellos para la generación de nuevas ideas y proyectos, compartir información de utilidad que permita ofrecer soluciones competitivas a las empresas de la Eurorregión y, en definitiva, convertir a la biomasa en un polo de desarrollo económico en la región de Galicia y Norte de Portugal.

Biomasa-AP tiene como objetivo principal la mejora de las capacidades de los centros de I+D de las regiones de Galicia y Norte de Portugal, para optimizar la explotación y el uso de la biomasa residual como la procedente de restos de poda, matorrales, vid y kiwi. Para ello, los centros de la Eurorregión aplicarán métodos y tecnologías innovadoras que permitan conseguir un uso energético optimizado de estas tipologías de biomasa, que se caracteriza por la elevada disponibilidad en la región y que, como consecuencia, cuenta con un elevado potencial energético y económico pues es un recurso que en la actualidad no se valoriza.

El proyecto se ha estructurado en una serie de actividades y acciones para su desarrollo por los diferentes socios participantes. Las actividades y acciones que conforman el proyecto son las siguientes:

ACTIVIDAD 1. Selección y recogida de biomasa no valorizadas de alto potencial (BNVAP)

Acción 1. Descripción de la materia prima

Acción 2. Optimización del sistema de recogida

Acción 3. Estado de arte de las tecnologías de recogida de biomasa

Acción 4. Análisis de resultados de las tecnologías de recogida probadas

ACTIVIDAD 2. Diseño, preparación y optimización de biocombustibles sólidos a partir de biomasa no valorizada de alto potencial (BNVAP)

Acción 1. Pretratamiento

Acción 2. Diseño de producto

Acción 3. Nuevos biocombustibles sólidos. Reformulación y análisis

ACTIVIDAD 3. Tecnologías de aprovechamiento energético de biomasa no valorizada de alto potencial (BNVAP)

Acción 1. Sistemas de combustión e intercambio térmico

Acción 2. Sistemas de microcogeneración

Acción 3. Sistemas de gasificación

ACTIVIDAD 4. Estudio de impacto técnico-económico de la implantación de nuevas tecnologías para el uso de las biomاسas no valorizadas de alto potencial (BNVAP) y análisis de posibles líneas de subvenciones

Acción 1. Estudio de viabilidad técnico-económica

Acción 2. Estudio de impacto en el medio rural

Acción 3. Análisis de subvenciones

Además de las actividades citadas se desarrollan en paralelo diversas acciones (cursos formativos, asistencia a congresos, celebración y participación en eventos de difusión, web del proyecto, etc.) con los objetivos siguientes:

1. Impulsar el sector de la biomasa en la Eurorregión
2. Optimizar la explotación y fomentar el uso de la biomasa
3. Reducir los costes de gestión
4. Obtención y comercialización de nuevos biocombustibles

3 FINALIDAD, OBJETIVOS Y RETOS

El presente estudio tiene por finalidad identificar aquellas oportunidades y barreras existentes de cara a impulsar el aprovechamiento de otras biomاسas alternativas a las empleadas actualmente en estufas y calderas. Con ello se persigue valorizar algunas de las biomاسas existentes en Galicia e norte de Portugal que actualmente no tienen aprovechamiento, generando valor añadido sobre las mismas y una alternativa de uso diferente de la actual. Así mismo, esto permitirá reducir la necesidad de consumo de otras materias primas que pueden ser empleadas en otros procesos industriales posibilitando un ciclo de vida más amplio y con mayor capacidad de generación de valor que el actual.

Los objetivos que se persigue con el presente estudio son los siguientes:

- Identificación, cuantificación y caracterización de los diferentes tipos de instalaciones que pueden consumir biomasa

- Estimar los escenarios de los precios futuros de la energía para conocer la rentabilidad de las inversiones y sus plazos de amortización.
- Potencialidad de empleo de la biomasa para cada tipología de instalación analizada y según la tecnología a emplear.
- Beneficios esperados del aprovechamiento de este tipo de biomasa.
- Identificar barreras y establecer medidas de impulso para la viabilidad futura del empleo de esta biomasa.

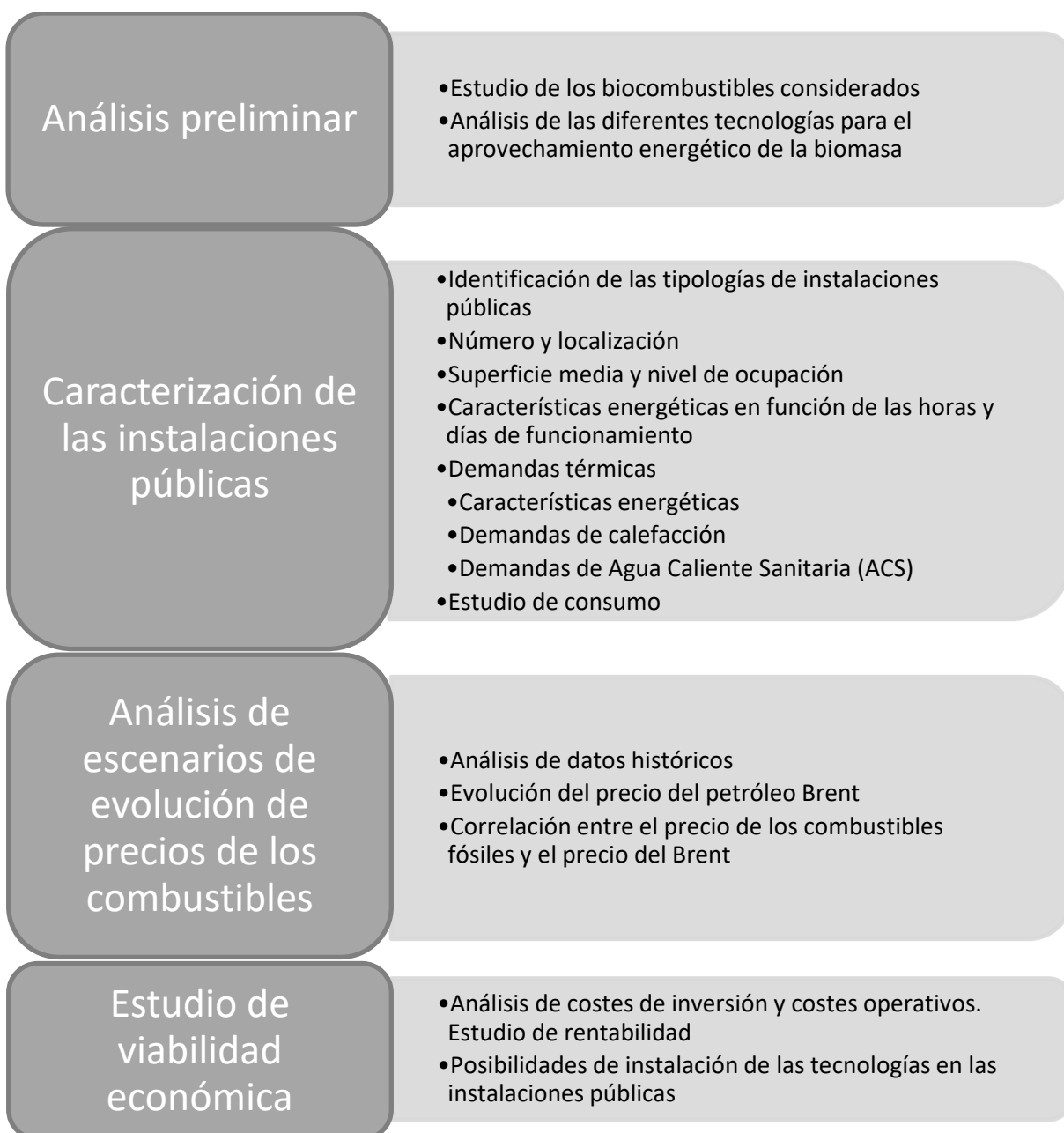
A la hora de abordar el presente estudio también se presentan diversos retos como los que se destacan a continuación que es necesario superar:

1. Heterogeneidad de instalaciones públicas, desde edificios administrativos a viviendas de protección oficial o incluso centros culturales.
2. Solapamiento de instalaciones destinadas a diferentes usos, como puede ser la presencia de instalaciones deportivas dentro de centros de enseñanza.
3. Amplia variedad en las características de las instalaciones, en cuanto a la ubicación, la superficie de ocupación, el año de construcción, el uso, etc.
4. Incertidumbre ante la evolución futura de los precios de la energía, que es un aspecto central a la hora de determinar la rentabilidad de las inversiones y los plazos de amortización.

4 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el presente estudio se siguió una metodología lógica de toma de datos seguida de un análisis de resultados.

A continuación, se detalla el proceso metodológico seguido:



5 BIOCOMBUSTIBLES Y TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BNVAP

En los siguientes apartados se describen los combustibles estudiados y las tecnologías de aprovechamiento de BNVAP ensayados en el Proyecto Biomasa AP.

5.1 BIOCOMBUSTIBLES CONSIDERADOS

El término biocombustible sólido agrupa a distintos tipos de biomasa, generalmente materiales lignocelulósicos procedentes del sector forestal, agrícola o de sus industrias transformadoras y que son destinados a la generación de energía térmica y/o eléctrica.

Los biocombustibles sólidos suelen proceder de las siguientes actividades:

- Actividades forestales: cultivos energéticos de corta rotación, tratamientos silvícolas en los bosques, restos de podas, clareos o cortas finales, carbón vegetal...
- Actividades agrarias: cultivos energéticos restos de poda de vid, olivo o frutales...
- Actividades industriales: restos de la industria de la madera y mueble y de la industria agroalimentaria como cáscara de frutos secos, huesos de oliva, orujo de oliva ...

El presente estudio se centra en el empleo de los biocombustibles procedentes de aprovechamientos de **restos de podas forestales, matorrales, vid y kiwi**, y a la cual denominaremos a partir de ahora **Biomasa No Valorada de Alto Potencial (BNVAP)**.

La BNVAP es muy heterogénea en cuanto a su composición además de que no es posible su manejo en bruto y sin tratamiento previo en pequeñas instalaciones de consumo, por lo que para poder emplearla en los diferentes sistemas de combustión existentes es necesario someterla a una serie de tratamientos que estandarizan el tamaño y sus características físicas. Los tratamientos a los que se somete la biomasa tienen como finalidad obtener pellets, briquetas y astillas, que son formatos diferentes que se pueden obtener a partir de la misma materia prima.

5.1.1 Pellets

Los pellets son biocombustibles sólidos fabricados a partir de partículas de madera (serraduras y virutas) densificados mediante altas presiones y de forma cilíndrica. En Galicia se fabrican generalmente empleando madera de pino, que se somete a un proceso de prensado de tal manera que la propia lignina que contiene la madera actúa de aglomerante. No es necesario por tanto emplear aditivos ni colas de ningún tipo para su fabricación. Su tamaño puede variar, teniendo normalmente diámetros comprendidos entre 6 y 12 mm, y longitudes de 10 a 30 mm por lo que su tamaño difiere mucho de las briquetas.

La densidad de los pellets suele oscilar entre 900-1.200 kg/m³, aunque cuando se distribuye a granel, la densidad aparente suele ser del orden de 700 kg/m³. La humedad del combustible oscilará entre 8-10 %. Su poder calorífico alcanza las 4.200 kcal/kg, con una densidad energética de 3.000 – 3.400 kWh/m³.

Los pellets se emplean principalmente como combustible de estufas y calderas para la generación de calor y/o agua caliente. Estos equipos térmicos están especialmente diseñados para emplear este producto, y en la actualidad cuentan con un elevado rendimiento, automatización y nivel tecnológico.

La causa de la forma cilíndrica y lisa y del tamaño pequeño, es que el pellet tiende a portarse como un fluido, lo que facilita el movimiento del combustible y la carga automática de las calderas.

Se diferencian principalmente dos tipos de pellets atendiendo al destino final a lo que se destine el producto:

- Pellets uso doméstico.
- Pellets uso industrial.

Los pellets para uso doméstico tienen unos requerimientos de calidad más rigurosos que los de uso industrial. Es importante emplear pellet de alta calidad para evitar problemas de funcionamiento en las calderas o estufas domésticas.

En la actualidad existen varias normas para garantizar y certificar la calidad del pellet no industrial. Una de las más empleadas es la certificación de la calidad ENplus que se basa en el estándar internacional ISO 17225-2, y clasifica los pellets no industriales en tres calidades:

- ENPlus A1: pellet fabricado con materia prima procedente de la madera del fuste o residuos de la industria de la madera no tratados químicamente. Es el más producido en la actualidad y el que se emplea mayoritariamente en calderas o estufas no industriales.
- ENPlus A2: pellet fabricado con materia prima de árboles enteros sin raíces, madera del fuste, residuos de la talla, corteza, residuos o subproductos de la industria de la madera no tratados químicamente.
- EN B: pellet fabricado con materia prima de origen forestal, plantaciones y otras maderas no usadas ni tratadas, de residuos y subproductos de la industria de la madera no tratados químicamente, o de madera reciclada no tratada químicamente.

La calidad de la BNVAP es menor que la obtenida a partir de fustes de masas arboladas o de residuos de la industria de la madera. La producción de pellets a partir de esta biomasa, con un pretratamiento adecuado (separación de finos, que implica la reducción del contenido en ceniza, nitrógeno y cloro de los pellets obtenidos) forma parte también de las misiones y tareas del presente proyecto europeo por parte de otros socios del mismo.

La comercialización del pellet generalmente se hace en alguna de las siguientes formas:

- Bolsas pequeñas de 15 kg, utilizadas para estufas, chimeneas y pequeñas calderas con depósito de carga manual.
- Bolsas grandes de 800 – 1000 kg (“big bags”), generalmente se emplean con un sistema de inserción de un alimentador de “tornillo sin fin” que alimente posteriormente a la caldera.
- A granel, transportado mediante un camión cisterna especialmente equipado para bombearlo directamente en un silo de almacenaje. También puede ser suministrado mediante camión volquete a un silo soterrado.

El sistema basado en la entrega de pellet a granel es similar a lo que se emplea para suministro del gasóleo. El suministro se puede realizar hasta unos 20 – 30 metros desde el lugar donde se estaciona el camión.

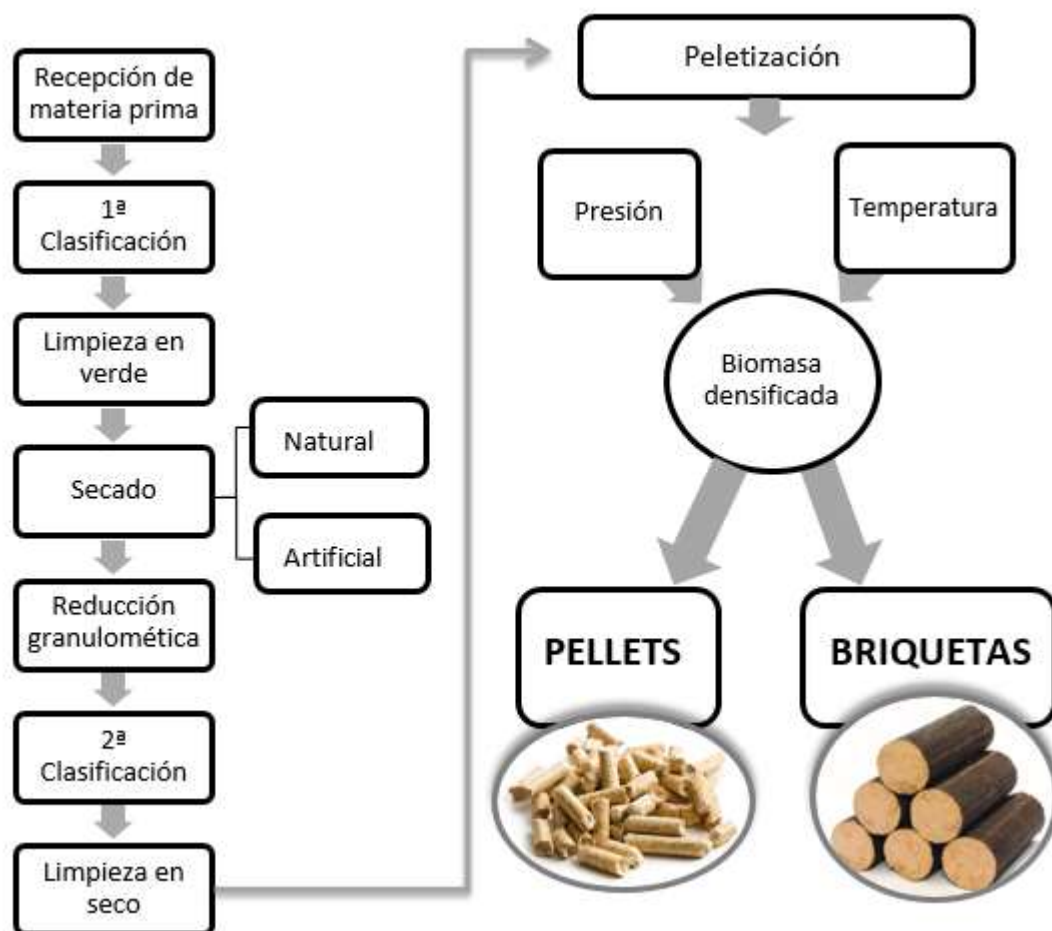


Figura 1. Proceso de obtención de pellets y briquetas

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla muestra los valores umbrales de los parámetros más importantes de los pellets según la certificación ENplus:

Tabla 1. Valores umbrales de los parámetros más importantes de los pellets

Propiedad	Unidad	ENplus A1	ENplus A2	ENplus B	Norma de ensayos ¹¹⁾
Diámetro	mm	6 ± 1 u 8 ± 1			ISO 17829:
Longitud	mm	3,15 < L ≤ 40 ⁴⁾			ISO 17829:
Humedad	% en masa ²⁾	≤ 10			ISO 18134
Cenizas	% en masa ³⁾	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2,0	ISO 18122
Durabilidad mecánica	% en masa ²⁾	≥ 98,0 ⁵⁾	≥ 97,5 ⁵⁾		ISO 17831-1
Finos (< 3,15 mm)	% en masa ²⁾	≤ 1,0 ⁶⁾ (≤ 0,5 ⁷⁾)			ISO 18846
Temperatura de los pellets	°C	≤ 40 ⁸⁾			
Poder calorífico neto	kWh/kg ²⁾	≥ 4,6 ⁹⁾			ISO 18125
Densidad aparente	kg/m ³ ²⁾	600 ≤ BD ≤ 750			ISO 17828
Aditivos	% en masa ²⁾	≤ 2 ¹⁰⁾			-
Nitrógeno	% en masa ³⁾	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1,0	ISO 16948
Azufre	% en masa ³⁾	≤ 0,04	≤ 0,05		ISO 16994
Cloro	% en masa ³⁾	≤ 0,02		≤ 0,03	ISO 16994
Temperatura de deformación de las cenizas ¹⁾	°C	≥ 1200	≥ 1100		CEN/TC 15370-1
Arsénico	mg/kg ³⁾	≤ 1			ISO 16968
Cadmio	mg/kg ³⁾	≤ 0,5			ISO 16968
Cromo	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Cobre	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Plomo	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Mercurio	mg/kg ³⁾	≤ 0,1			ISO 16968
Níquel	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Cinc (Zn)	mg/kg ³⁾	≤ 100			ISO 16968

Fuente: ENplus

Por tanto la calidad certificada de los pellets no industriales dependen de los parámetros físicoquímicos de los mismos, siendo uno de los principales factores que diferenciación el % de ceniza, el % de nitrógeno, azufre y cloro.

5.1.2 Briquetas

Las briquetas son elementos normalmente de forma cilíndrica, con diámetros comprendidos entre 5 y 10 cm y de gran densidad y una longitud de 35-40cm, formados por materiales como el serrín o la viruta prensados y que se utilizan como combustible similar a la leña. La briqueta se mantiene compacta por la acción de la lignina de la propia materia prima que tras lo proceso de prensado actúa como aglomerante natural. No necesitan por tanto ningún tipo de colas o aditivos adicionales.

Dependiendo del tipo de briquetadora se pueden obtener distintas densidades, por ejemplo, en briquetadoras de pistón, las densidades conseguidas suelen estar entre 1.000 y 1.200 kg/m³; por otro lado, en briquetadoras de tornillo, las densidades obtenidas son mayores, llegando a 1.300-1.400 kg/m³, otra característica de estas briquetadoras es que permiten

realizar briquetas con orificios interiores que favorecen su combustión. Las briquetadoras hidráulicas consiguen densidades menores, de la orden de $700\text{-}800\text{ kg/m}^3$, pudiendo llegar en determinados casos a $900\text{-}1.000\text{ kg/m}^3$. La humedad del combustible oscilará entre 8-10%.

Las briquetas tienen un poder calorífico elevado, de la orden de las 4.700 kcal/kg , y por tanto superior al de la leña.

Se venden generalmente en paquetes de 10 a 15 kilos en envase de plástico retráctil. Es por tanto de fácil manipulación, transporte y almacenamiento.

Suelen tener un precio superior al de la leña y son más empleadas en ámbitos urbanos para chimeneas o menor medida estufas.

A los efectos del presente estudio las briquetas no van a ser objeto de análisis y estudio por las siguientes razones:

- Se trata de un formato minoritario en comparación con la producción de pellets o astilla.
- No permite la automatización del proceso de alimentación del combustible, con lo que la carga es manual.
- Su uso mayoritario es como sustituto de troncos de madera en chimeneas e insertables de los hogares.

5.1.3 Astillas

Las astillas son porciones de madera y corteza que se generan a partir de la trituración de diferentes materiales, principalmente de materiales de origen forestal, obteniendo como resultado dos tipos de astillas:

- Astillas de clase 1: provenientes de la industria de la primera y segunda transformación de la madera. Suelen tener humedades menores al 30% por lo que son apropiadas para su uso en instalaciones domésticas y válidas para todo tipo de instalaciones. Con un contenido en cenizas inferior al 1%.
- Astillas de clase 2: se obtienen de tratamientos silvícolas, agrícolas y forestales, con un contenido de humedad del 45% por lo que se emplean principalmente en instalaciones de media a muy alta potencia, como pueden ser edificios o redes de calor. Con un contenido en cenizas inferior al 5%.

Además de estas características, las astillas son muy variables tanto en el tamaño como en la forma ya que dependen del material de origen y del tipo de maquinaria utilizada para la trituración, llegando a presentar por lo general una forma plana con una longitud entre 3-10 cm. una anchura de 2-6 cm y con un espesor menor a los 2 cm.

Las astillas son un combustible certificado, y para ello se han definido una serie de criterios que deben de presentar para obtener una clasificación u otra.

Por un lado, según la normativa europea UNE-EN ISO 17225-1:2014, se define la siguiente clasificación:

Tabla 2. Clasificación europea de las astillas

Clase astilla	Rangos permitidos de granulometría		Valores externos permitidos		
	F	Fracción principal $\geq 60\%$	Elementos gruesos	Sección máxima	Longitud máxima
P16S	F15	3,15-16 mm	$\leq 6\% > 31,5$ mm	≤ 2 cm ²	≤ 45 cm
P16		3,15-16 mm	$\leq 6\% > 31,5$ mm		≤ 150 cm
P31s	F10	3,15 – 31,5 mm	$\leq 6\% > 45$ mm	≤ 4 cm ²	≤ 150 cm
P31		3,15 – 31,5 mm	$\leq 6\% > 45$ mm		≤ 200 cm
P45S	F10	3,15 – 45 mm	$\leq 10\% > 63$ mm	≤ 6 cm ²	≤ 200 cm
P45		3,15 – 45 mm	$\leq 10\% > 63$ mm		≤ 200 cm
P63		3,15 – 63 mm	$\leq 10\% > 100$ mm		≤ 350 cm

Fuente: UNE-EN ISO 17225-1:2014

Además, esta norma hace una clasificación por el contenido en agua de las astillas, clasificándolas en: M20, M30, M40, M55 y M65.

Por otro lado, se encuentra la normativa austriaca ONORM M7133 que al igual que la europea clasifica las astillas en función de su tamaño, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Clasificación austriaca de las astillas.

Clase astilla	Porcentaje de la masa de áreas de tamaño relevantes (en mm)				Valores extremos	
	Max 20%	60 -100%	Max 20%	Max 4%	Sección t (cm ²)	Longitud (cm)
G30 fino	> 16	16 – 2,8	2,8 – 1	< 1	3	8,5
G50 medio	> 31,5	31,5 – 5,6	5,6 – 1	< 1	5	12
G100 grueso	> 63	63 - -11,2	11,2 – 1	< 1	10	25

Fuente: ONORM M7133.

Además, esta norma hace una clasificación por el contenido en agua de las astillas, clasificándolas en: W20 (astillas secadas al aire), W30 (astillas almacenables), W35 (astillas de almacenamiento limitado, W40 (astillas húmedas) y W50 (astillas recién cortadas). Y por su contenido de cenizas en: A 0,5 y A 2.

Las astillas al igual que otros biocombustibles, como pueden ser, los pellets de madera y los huesos de las aceitunas, pueden tener un certificado de calidad y sostenibilidad privado. En este sentido el proyecto europeo BIOmasud® realizó un sistema de certificación de la calidad de astillas basada en los estándares internacionales ISO 17225-2 para pellets de madera y 17225-4 para las astillas.

Este certificado aparte de la calidad también tiene en cuenta otros requisitos de sostenibilidad como la Huella de Carbono o la energía empleada para producir el biocombustible.

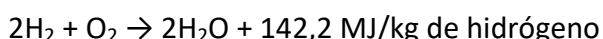
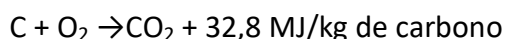
5.2 TÉCNOLOGÍAS DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BNVAP

Las tecnologías consideradas dentro del proyecto Biomasa AP son las siguientes:

5.2.1 Sistemas de combustión

Los sistemas de combustión se basan en la quema directa de la biomasa, llevándose a cabo una reacción de oxidación de los componentes a alta temperatura (entre 800 - 1200°C) y en presencia de oxígeno, para obtener una oxidación total de la biomasa. Como producto de la reacción, se obtiene energía en forma de calor, dióxido de carbono, agua y cenizas.

Se muestra a continuación las principales reacciones llevadas a cabo en la combustión:



El gas producido en la reacción de combustión es caliente y se puede aprovechar para la generación de energía térmica mediante el intercambiador del calor de los gases de combustión con agua. También se puede generar energía eléctrica mediante el sobrecalentamiento del agua hasta obtener vapor, y mediante la expansión del gas en una turbina, obteniendo movimiento que genera electricidad.

En relación a los productos obtenidos en el desarrollo del proyecto, se van a estudiar las calderas de pellets y de briquetas.

5.2.1.1 Calderas de pellets

En el mercado se puede encontrar un gran número de sistemas de combustión que emplean pellets como fuente de generación de energía. De tal modo, se puede hacer una clasificación por diferentes criterios, tal y como se recoge en la *“Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios”* publicada por el IDAE en el 2009:

A. En función de su tamaño (potencia térmica):

- Calderas pequeñas (10 kW a 70 kW), se instalan en viviendas familiares o pequeños edificios de servicios o equipamientos. Generan calefacción por sistema de radiadores y/o agua caliente sanitaria.
- Calderas medianas (70 kW a 500 kW), se instalan en edificios comunitarios, edificios de servicios (polideportivos, residencias...) para generar calefacción por sistema de radiadores y/o agua caliente sanitaria.
- Calderas grandes (más de 500 kW), son las consideradas redes de calor comunitarias en barrios para calefacción y agua caliente sanitaria. También generan calor para vapor en actividades industriales.

B. En función de su utilidad, ya que pueden ser empleadas para generación de calor (calefacción) y /o para generación de agua caliente sanitaria (ACS).

C. En función del sistema de almacenamiento: tolvas adosadas en la propia caldera (en el caso de las estufas), almacenamientos prefabricados y almacenamientos de obra.
Estos dos últimos a su vez se encuentran subdivididos:

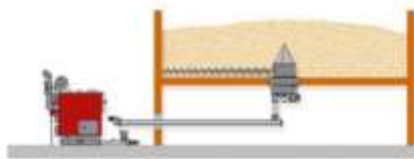
- Almacenamientos prefabricados:

Tipos de almacenamientos prefabricados		
Contenedor o tolva exterior		Figura 2.Tolva exterior adosada a una vivienda Fuente: IDAE
Silo flexible		Figura 3.Silo flexible Fuente: IDAE

Tipos de almacenamientos prefabricados		
		Figura 4. Silo flexible con sistema de alimentación Fuente: IDAE
Depósito subterráneo		Figura 5. Depósito subterráneo Fuente: IDAE
Tolva o depósito integrado		Figura 6. Tolva o almacenamiento integrado Fuente: IDAE

- Almacenamiento de obra (construcción de una sala nueva o adaptación de una existente):

Tipos de almacenamientos de obra		
Con suelo inclinado a 2 lados		Figura 7. Suelo inclinado a dos aguas Fuente: IDAE

Tipos de almacenamientos de obra		
Con suelo inclinado a 1 lado		Figura 8. Suelo inclinado a un lado Fuente: IDAE
Con suelo horizontal		Figura 9. Suelo horizontal con tornillo sin fin Fuente: IDAE

- D. En función del sistema de carga del almacenamiento que puede ser de tipo neumático, semiautomático o de descarga directa mediante una trampilla.
- E. En función del sistema de alimentación de la caldera se puede realizar mediante un tornillo sin fin, un sistema neumático o semiautomático.

Las **calderas de pellets** requieren de unos elementos imprescindibles para generar calor y agua caliente sanitaria. Pero antes de ello hay que tener en cuenta la instalación objeto de estudio donde se van a instalar, ya que no se van a instalar en edificios de nueva construcción sino en edificios ya existentes y que cuentan con instalación fija previa. Los elementos necesarios para la instalación de una caldera de pellets con el objetivo de generar energía calorífica y agua caliente sanitaria son los siguientes:

- Caldera de biomasa: equipo que quema la biomasa obteniendo la energía térmica necesaria para el proceso de calentamiento de espacios y producción de ACS.
- Silo de combustible: depósito de almacenamiento de combustible. En el caso del pellet se recomienda el uso de silos metálicos
- Sistema de alimentación de la caldera: sistema que transporta la biomasa desde el silo de combustible hasta la caldera. Suele ser un sistema neumático o tornillo sin fin en caso del pellet.
- Sistema de control: elemento que permite regulación del sistema de calefacción a través de la programación de los horarios de funcionamiento y temperaturas de consigna del sistema.
- Instalación hidráulica: conjunto de equipos (bombas, acumulador de inercia, válvulas, vaso de expansión, tuberías y demás elementos auxiliares) necesarios para interconectar la caldera de biomasa con el circuito de calefacción existente.
- Instalación eléctrica: conjunto de equipos necesarios para suministrar electricidad y controlar la caldera, el circuito hidráulico y los sistemas de alimentación de biomasa.

- Conductos de humos: sistema que permite la evacuación de los humos de la combustión al exterior. Se recomienda instalar chimeneas de acero inoxidable de doble pared (acero AISI 304 para la pared exterior y AISI 316 L para la pared interior) con aislamiento.
- Sala de calderas: recinto donde se sitúa la caldera de biomasa con los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento.

En la figura siguiente se muestra el esquema de una instalación de caldera de biomasa tipo:

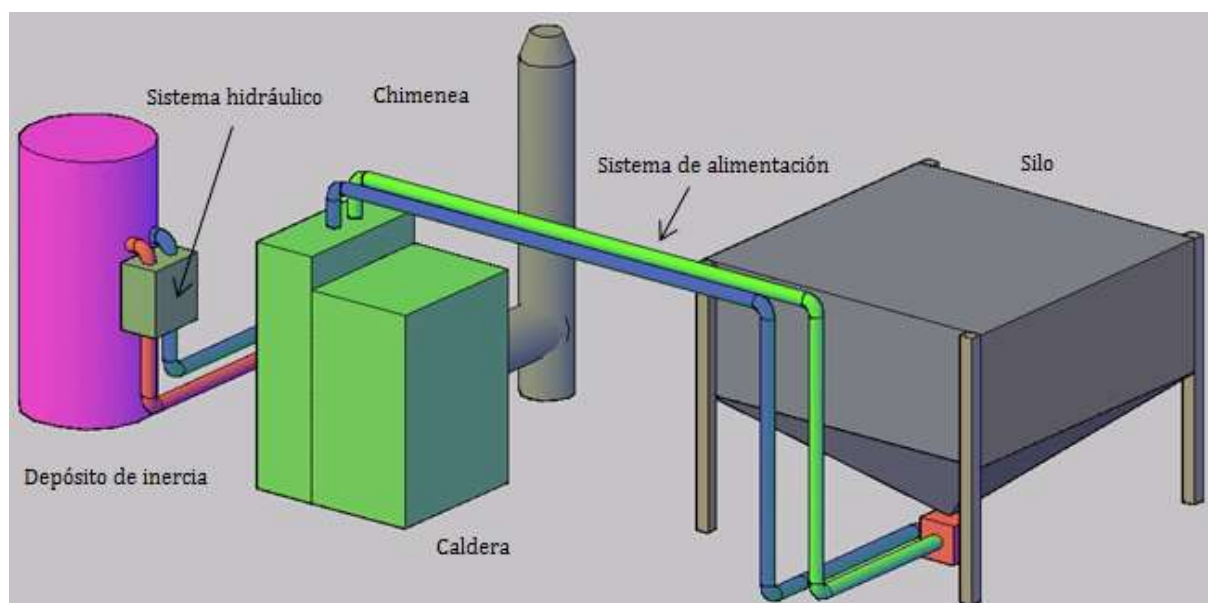


Figura 10. Esquema de instalación de caldera de pellets

Fuente: "Estudio sobre las posibilidades de empleo de biomasa con fines térmicos no sector agroalimentario de Galicia"

Por otro lado, también se puede realizar únicamente la sustitución del quemador en calderas de gasóleo por el **quemador de pellet**. Para ello, es preciso verificar que el quemador es compatible con la caldera en cuestión. Esta verificación se puede realizar consultando al fabricante de la caldera y al proveedor de quemadores de pellet. Aunque cada caldera es particular los fabricantes de quemadores de biomasa afirman que en la mayor parte de los casos la adaptación es posible.

Para realizar el cambio del quemador se necesitan los siguientes elementos:

- Quemador de pellets: equipo que quema la biomasa obteniendo la energía térmica precisa para el calentamiento del circuito de calefacción.
- Depósito de combustible de la caldera: tolva metálica de almacenamiento con capacidad para 1 día de trabajo.
- Sistema de alimentación al quemador: formado por un tornillo sin fin que transporta el pellet desde el depósito al quemador.
- Sistema de transporte del pellet: sistema neumático/tornillo sin fin que alimenta el depósito del horno desde el silo de combustible.

- Silo de combustible: depósito metálico exterior para el almacenamiento de combustible.
- Sistema de control: elemento que permite la regulación electrónica del quemador y su integración con el sistema hidráulico existente en la instalación.
- Instalación eléctrica: conjunto de equipos necesarios para suministrar electricidad y controlar el quemador y sistema de alimentación.

5.2.1.2 Calderas de astillas

Existe una alta similitud en cuanto a los elementos necesarios para la generación de energía calorífica y agua caliente sanitaria entre las calderas de astillas y las de pellets, mostrando leves diferencias en el tipo de silo y en el sistema de alimentación. Además se tiene en cuenta que la instalación se va a realizar en edificios ya existentes y que cuentan con una instalación fija previa, se requiere de los siguientes elementos:

- Caldera de biomasa: equipo que quema la biomasa obteniendo la energía térmica necesaria para el proceso de calentamiento de espacios y producción de ACS.
- Silo de combustible: depósito de almacenamiento de combustible. En el caso de la astilla de silos semienterrados de obra que permiten la descarga por gravedad de las astillas mediante camiones con piso móvil o volquete.
- Sistema de alimentación de la caldera: sistema que transporta la biomasa desde el silo de combustible hasta la caldera. Suele ser un tornillo sin fin combinado con disco rotativo en caso de la astilla.
- Sistema de control: elemento que permite regulación del sistema de calefacción a través de la programación de los horarios de funcionamiento y temperaturas de consigna del sistema.
- Instalación hidráulica: conjunto de equipos (bombas, acumulador de inercia, válvulas, vaso de expansión, tuberías y demás elementos auxiliares) necesarios para interconectar la caldera de biomasa con el circuito de calefacción existente.
- Instalación eléctrica: conjunto de equipos necesarios para suministrar electricidad y controlar la caldera, el circuito hidráulico y los sistemas de alimentación de biomasa.
- Conductos de humos: sistema que permite la evacuación de los humos de la combustión al exterior. Se recomienda instalar chimeneas de acero inoxidable de doble pared (acero AISI 304 para la pared exterior y AISI 316 L para la pared interior) con aislamiento.
- Sala de calderas: recinto donde se sitúa la caldera de biomasa con los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento.

En la figura siguiente se muestra el esquema de una instalación de caldera de biomasa tipo:

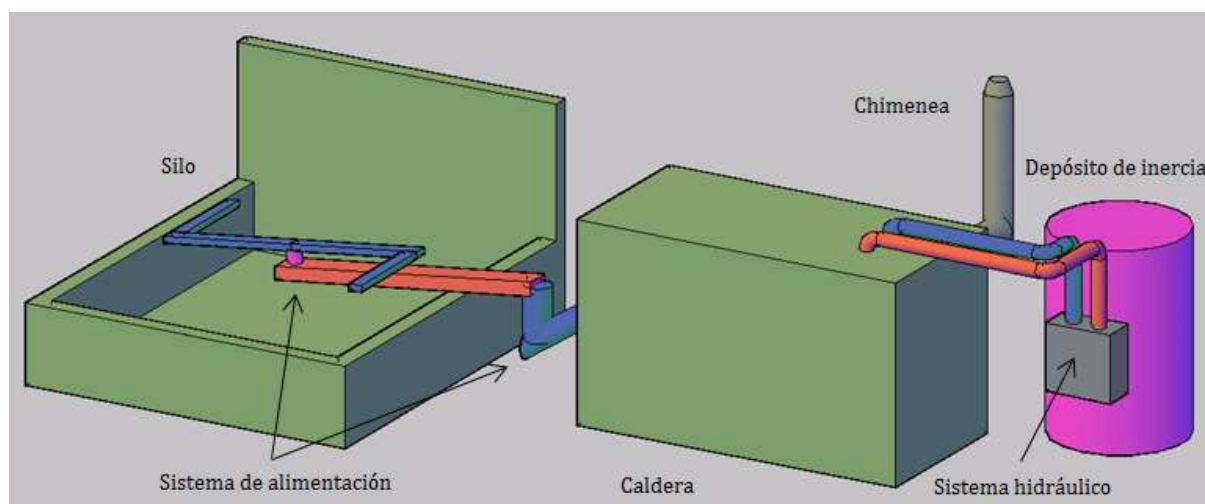


Figura 11. Esquema de instalación de caldera de astillas

Fuente: “Estudio sobre las posibilidades de empleo de biomasa con fins térmicos no sector agroalimentario de Galicia”

5.2.1.3 Estufas de briquetas

En el mercado no existen estufas específicas para briquetas, como si ocurre con el pellet, tratándose de estufas de leña que emplean briquetas como combustible. De este modo las estufas de briquetas no presentan diferencias constructivas ni tecnológicas con las estufas de leña.

El empleo de briquetas frente a la leña presenta una serie de ventajas (generan menor cantidad de cenizas y poseen niveles de humedad más bajos), aunque su coste es superior.

Existe una gran variedad de estufas de briquetas dependiendo de la potencia, tipo de instalación (libre o integrada), tipo de cámara de combustión (abierta o cerrada) y tipo de calor generado (aire caliente o agua caliente para calefacción y/o producción de ACS).

Los rendimientos térmicos de estos equipos están condicionados principalmente por el tipo de cámara de combustión. Así, las estufas de cámara abierta tienen muy bajos rendimientos, de 10 a 15 %; mientras que en caso de las estufas de cámara cerrada se pueden alcanzar el 80 % de rendimiento térmico.



Figura 12. Estufa de briquetas.

Fuente: Ecoforest

El rango de potencias de estos equipos va desde los 5 kW hasta los 30 kW, permitiendo calefactar estancias de entre 30 y 200 m². Por ello, están destinadas principalmente a uso doméstico (vivienda unifamiliar).

Aquellas estufas que tienen capacidad de generar agua caliente son conectadas a las instalaciones de calefacción existentes para aprovechar el calor generado y reducir el consumo de combustible de la instalación primaria, generalmente gasóleo C.

En la siguiente figura se muestra un esquema de conexión de una estufa de briquetas aun circuito de calefacción existente.

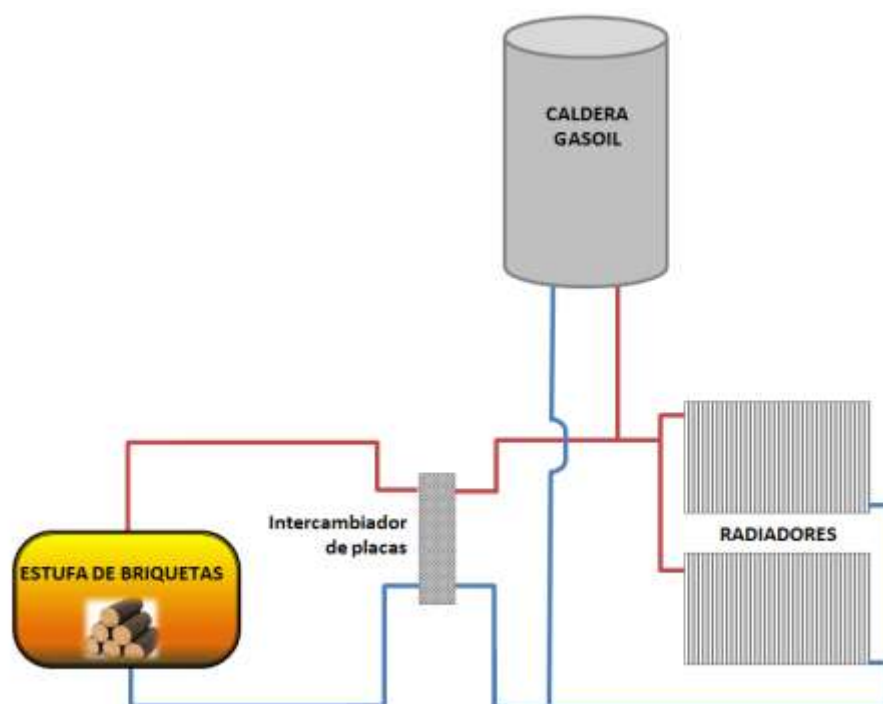


Figura 13. Esquema de instalación de una estufa de briquetas a una caldera de gasóleo C

Fuente: elaboración propia

Este tipo de estufas sólo pueden ser instaladas en aquellas **viviendas o casas unifamiliares** independientes, restringiendo su uso en edificios de viviendas colectivas ya que necesitan instalar una chimenea para la salida de humos, bien en la fachada o en el tejado.

Frente a las calderas o estufas de pellets, las de briquetas tienen como principal desventaja que **no es posible la automatización del proceso de alimentación**, que, al igual que en las estufas tradicionales de leña, ha de realizarse de forma manual.

5.2.2 Sistemas de microgeneración

La cogeneración consiste en la producción simultánea de dos o más tipos de energía con un mismo equipo, siendo lo más habitual la generación de energía eléctrica y térmica (CHP). Estos sistemas presentan como principal objetivo la reducción de pérdidas de energía.

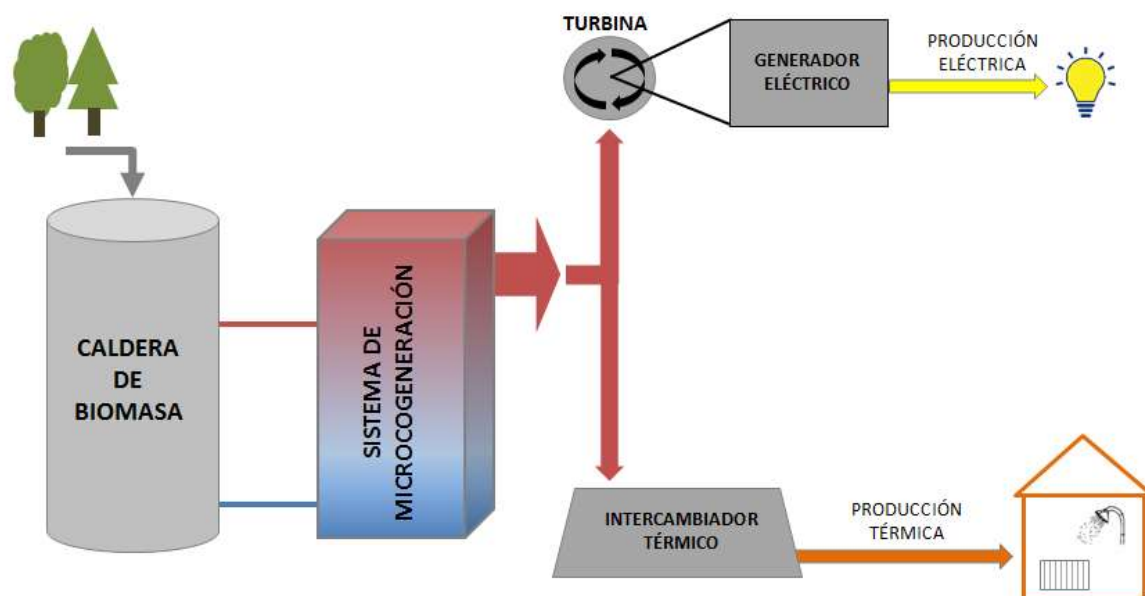


Figura 14. Esquema sistema de microgeneración

Fuente: elaboración propia

Los sistemas de microgeneración son aquellos que producen pequeñas cogeneraciones, normalmente hasta 50 kW eléctricos.

Estos sistemas se caracterizan por contar con una instalación compacta donde van adosados todos los elementos, además de contar con aislamiento acústico lo que le otorga una fácil instalación y puesta en marcha. También cuentan con sistemas de regulación y control automático, por lo que pueden ser controlados a distancia de ser el caso.

En cuanto a las ventajas operativas que presentan se encuentra la reducción de espacio que presentan por tratarse de equipos compactos. Así mismo, el sistema puede operar como un equipo electrógeno en el caso de existir un fallo de suministro de la red.

Los sistemas de microgeneración alimentados por biomasa están constituidos por un sistema de combustión interna (caldera) y por un equipo de generación de electricidad. Las tecnologías habitualmente usadas para generación de electricidad son:

- Ciclo Rankine convencional
- Ciclo Rankine orgánico (ORC, siglas en inglés)
- Motor Stirling
- Motor alternativo de combustión interna
- Microturbina de gas
- Pila de combustible

La tecnología ensayada en el Proyecto BIOMASA AP fue la del ciclo Rankine orgánico. En estos sistemas la turbina generadora de electricidad es movida por un fluido de tipo orgánico, con una alta masa molecular. Frente al vapor convencional, los fluidos orgánicos permiten aprovechar con mayor eficiencia las fuentes de calor de baja temperatura para

producir electricidad en un amplio rango de potencias de salida, desde 3 kW a 200 kW eléctricos de potencia.

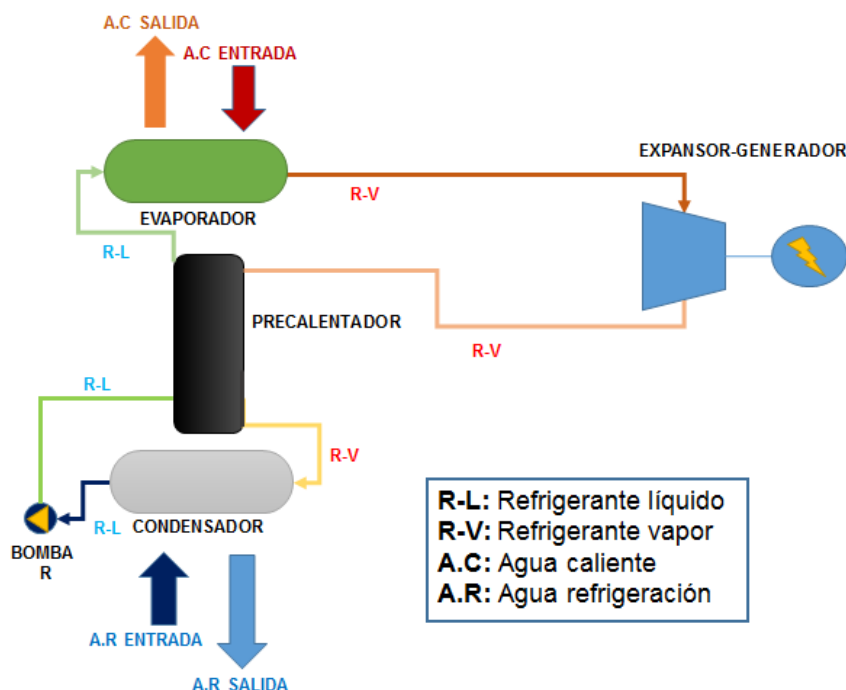


Figura 15. Esquema sistema de microgeneración ORC
Fuente: Proyecto Biomasa AP

Según los resultados experimentales de microgeneración aportados para el Proyecto de Biomasa AP se obtienen los rendimientos para dos métodos definidos, siendo uno de ellos, el método directo y el otro, el método indirecto. Ambos empleados para los biocombustibles objeto de estudio.

El método directo se basa en relación a la energía térmica que proporciona la caldera, frente a la cantidad de biomasa empleada por su poder calorífico, obteniendo así el rendimiento del sistema. El otro método de obtener el rendimiento es mediante las mediciones de gases y partículas mediante el modo indirecto.

A continuación, en las siguientes tablas se recogen las características principales del sistema y los resultados obtenidos de los ensayos.

Tabla 4. Características del sistema de microgeneración

Caldera de biomasa	
Potencia (kW)	60
Capacidad del silo	500 L

Módulo ORC

Potencia eléctrica nominal/máxima (kW)	4/4,4
Potencia térmica nominal de entrada (kW)	50

Fuente: Proyecto Biomasa AP

Tabla 5. Rendimiento de la caldera con los diferentes biocombustibles empleados

	Combustible			Kiwi
	Pino	Vid	Tojo	
Rendimiento caldera. Método directo (%)	66,21 Valores entre 60-71	70,80 Valores entre 65-75	73,88 Valores entre 65-77	47,90 Valores entre 50-60
Método indirecto (%)	86,59	85,16	85,44	82,70

Fuente: Proyecto Biomasa AP

Los valores calculados por el método directo son imprecisos, ya que debido a la configuración de la caldera presente en las instalaciones se debe hacer un cálculo para quitar la energía que se ha gastado en calentar el agua dentro de la caldera hasta que abre la válvula de tres vías y comience a circular caudal.

Tabla 6. Potencia eléctrica y rendimientos del módulo ORC para cada uno de los biocombustibles empleados

	Combustible			
	Pino	Vid	Tojo	Kiwi
Potencia eléctrica máxima alcanzada (kW)	$\Delta T=74,7^{\circ} \text{C}$ 3,55	$\Delta T=74,1^{\circ} \text{C}$ 3,33	$\Delta T=76,6^{\circ} \text{C}$ 3,60	$\Delta T=74,7^{\circ} \text{C}$ 3,53
Rendimiento eléctrico neto (%)	9,45	8,37	8,66	9,07
Rendimiento de cogeneración (%)	≈ 96			

Fuente: Proyecto Biomasa AP

La microgeneración permite incrementar la eficiencia energética y reducir costes debido a que la energía producida es más barata que la que se compra, e incluso los excedentes se pueden vender a la red pública, llegando a beneficiarse de un ahorro en el consumo de entre el 30 – 40%. Además de presentar ahorros económicos también se ven reducidas las emisiones contaminantes, especialmente, CO, CO₂, NO_x, SO_x, partículas, etc.

Para que la instalación de estos sistemas sea viable deben cumplirse los siguientes requisitos:

- El número de horas de trabajo debe ser elevado y constante a lo largo del año.

- La demanda energética a cubrir sea mayor que la generada por el equipo, tanto en energía eléctrica como térmica.

La Guía Básica de Microgeneración (Fenercom, 2012), teniendo en cuenta las demandas de calor y de electricidad, analiza la viabilidad de implantar sistemas de microgeneración en diferentes instalaciones.

Tomando como base la citada guía, en la tabla siguiente se recoge la viabilidad teórica de los sistemas de microgeneración en las instalaciones públicas consideradas en el presente estudio:

Tabla 7. Aplicaciones recomendadas de microgeneración

Área de aplicación	Empleo	Demanda de calor	Demanda eléctrica	Viabilidad económica
Edificios de la Administración Pública	Casas consistoriales			Posible
	Centros asistenciales			Apropiado
	Centros culturales			Posible
	Centros sanitarios			Apropiado
	Protección civil			Posible
Instalaciones de Uso Público	Centros de enseñanza			Posible
	Instalaciones deportivas			Apropiado
Edificios de Protección Oficial	Viviendas unifamiliares			Posible

Leyenda: Muy Alta Alta Moderada

Fuente: Guía Básica de Microgeneración, Fenercom

Según lo expuesto, los sistemas de microgeneración serían especialmente rentables en instalaciones sanitarias donde se produce un elevado consumo, además de garantizar el abastecimiento de energía eléctrica en el supuesto de producirse una caída en la red.

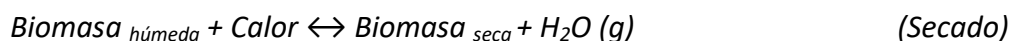
5.2.3 Sistemas de gasificación

Se denomina proceso de gasificación al conjunto de reacciones termoquímicas que se producen en ambientes pobres en oxígeno produciéndose una oxidación parcial en presencia de un agente gasificante, que puede ser aire, oxígeno, vapor de agua, hidrógeno y dióxido de carbono, dando como resultado la transformación de un sólido (biomasa) en una serie de gases susceptibles de ser utilizados en una caldera, una turbina o un motor de combustión interna. Se caracteriza por ser un proceso que tiene lugar a elevada temperatura

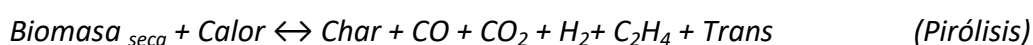
(500-1.400°C) con el objetivo de obtener productos de mayor interés, como electricidad, calor, etc.

Las etapas en las que se puede dividir la gasificación son las siguientes:

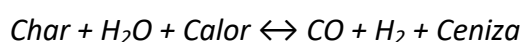
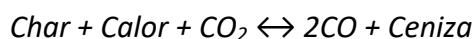
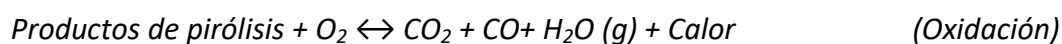
- 1) Secado: la biomasa entra en el reactor y al ponerse en contacto con los gases presentes en el propio reactor se reduce su contenido de humedad.



- 2) Pirólisis: es la descomposición térmica de la biomasa originando gases hidrocarbonados, líquidos (denominados alquitranes o *trans*) y un residuo carbonoso (denominado *char*).



- 3) Gasificación: es el proceso por el cual los productos obtenidos en la pirólisis entran en contacto con el agente gasificante, produciéndose los gases de síntesis o *syngas*. En esta fase de incluyen las reacciones de oxidación y reducción.



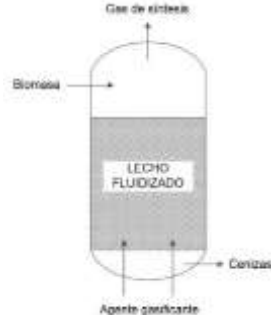
El aporte del calor necesario para elevar la temperatura de la biomasa y producir su gasificación puede realizarse de dos formas:

- Aporte directo: la generación de calor en el gasificador se consigue mediante la combustión de parte de la biomasa.
- Aporte indirecto: el calor necesario para la gasificación es aportado desde exterior por otro equipo.

Existe una amplia variedad de reactores entre los que se encuentran dos grandes tecnologías.

A continuación, se muestra en la siguiente tabla los principales sistemas.

Tabla 8. Tecnologías de los sistemas de gasificación

Tecnología	Nombre	Descripción	Figura
Gasificadores de lecho móvil	<i>Updraft</i> , corriente ascendente o contracorriente	La biomasa se alimenta por la parte superior mientras que el agente gasificante se inyecta por la parte inferior	 Figura 16. Gasificador de lecho móvil Updraft. Fuente: Susmozas, A. (2015)
	<i>Downdraft</i> , corriente descendente o paralelo	La biomasa se alimenta por la parte superior y el agente gasificante se inyecta en la fase de oxidación	 Figura 17. Gasificador de lecho móvil Downdraft. Fuente: Susmozas, A. (2015)
Gasificadores de lecho fluidificado	Lecho burbujeante	Presentan un lecho inerte (arena) donde el agente gasificante se agrega por la parte inferior a una velocidad mínima	 Figura 18. Gasificador de lecho fluidificado burbujeante Fuente: Susmozas, A. (2015)

Tecnología	Nombre	Descripción	Figura
	Lecho circulante	También presentan un lecho inerte pero la velocidad a la que entra el agente gasificante es mayor, provocando la salida del lecho, que posteriormente es recuperado mediante un sistema ciclón	 Figura 19. Gasificador de lecho fluidificado circulante. Fuente: Susmozas, A. (2015)

En función del agente gasificante empleado el gas producido (syngas) tendrá una composición diferente, en base a la cual sus aplicaciones también serán diferentes. En la figura siguiente se muestran las principales aplicaciones del syngas en función del agente gasificante empleado.

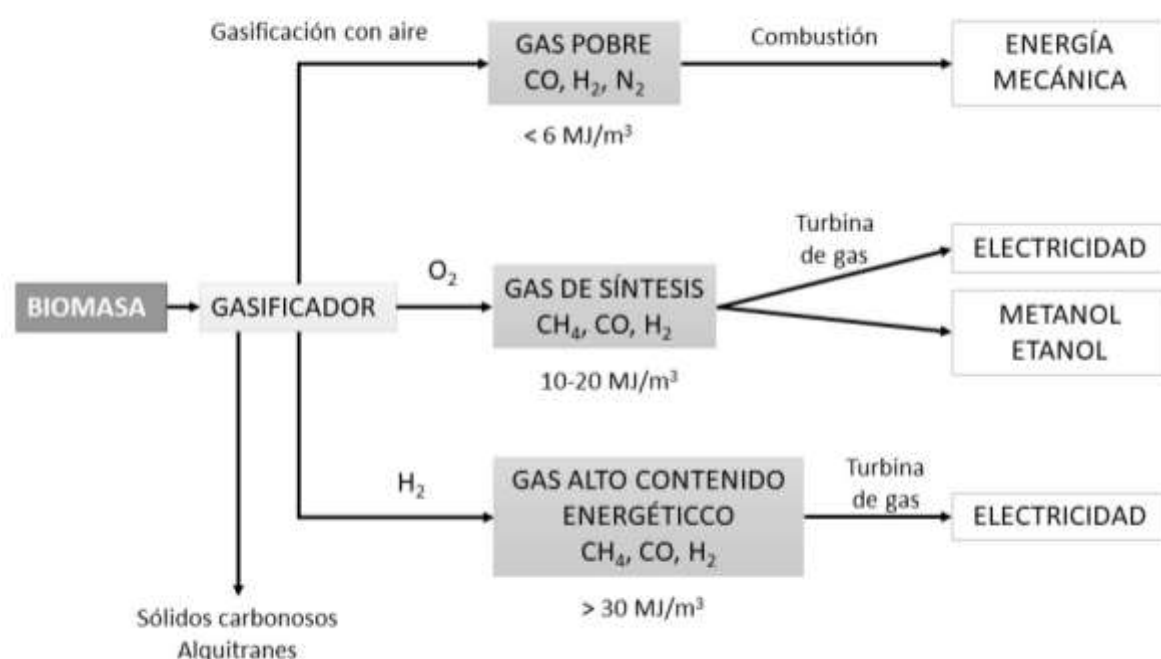


Figura 20. Principales usos del syngas en función del agente gasificante empleado

Fuente: Ballesteros, M. (2001)

Los sistemas de gasificación de biomasa son equipos compactos, donde se lleva a cabo todas las reacciones termoquímicas.



Figura 21. Caldera de gasificación

Fuente: Calderas Vigas

5.2.4 Comparativa de tecnologías

En la siguiente tabla se recogen a modo sintético una comparativa entre las tecnologías consideradas para el aprovechamiento de la BNVAP en función de las principales características de cada una de ellas.

		TIPO DE TECNOLOGÍA			
		Caldera de pellets/astilla	Estufa de briquetas	Microgeneración	Gasificación
Potencia térmica		20-500 kW	5-30 kW	10-50 kW	20-500 kW
Energía producida	Térmica	✓	✓	✓	✓
	Mecánica	✗	✗	✗	✓
	Eléctrica	✗	✗	✓	✓
Sist. alimentación		Automático	Manual	Automático	Manual
Combustible*		Pellet/astilla	Briquetas	Pellet	Astilla

*Según los considerados en los ensayos del Proyecto Biomasa AP

Al objeto del presente estudio es importante indicar que en lo sucesivo habrá dos tecnologías que no van a ser objeto de estudio pormenorizado en los cálculos económicos y de viabilidad de las alternativas que se estudien. Estos casos son la microgeneración y la gasificación y se debe a los siguientes motivos:

- La transformación y avance del sector de autoproducción de energía eléctrica ha sido de tal calibre y magnitud en los últimos años que existen opciones

enormemente ventajosas, principalmente a través de la producción fotovoltaica. Este desarrollo tecnológico ha permitido rendimientos cada vez mayores a costes cada vez más ajustados, lo que ha dado lugar a una tecnología altamente competitiva en generación y precio para la autoproducción de energía eléctrica.

- Se descarta para los edificios públicos los procesos tecnológicos que no permitan la automatización de todo el proceso. Frente a sistemas totalmente automáticos de acopio y alimentación, no resulta razonable emplear procesos donde se consumen grandes cantidades de biomasa mediante sistemas de carga manual.

De todas formas en el desarrollo completo del presente proyecto europeo se analiza pormenorizadamente las ventajas y limitaciones de ambas tecnologías empleando BNVAP como materia prima.

6 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE INSTALACIONES PÚBLICAS

Se entiende por instalaciones públicas cualquier edificio o estancia donde se desempeñan funciones de carácter colectivo o de bien común, dirigidas y gestionadas por el Estado competente.

La identificación, cuantificación y caracterización de las instalaciones públicas se realizó utilizando la cartografía e información aportada por las Encuestas de Infraestructuras y Equipamientos de Entidades Locales promovidas por el Ministerio de Hacienda y Administración Pública, así como los datos estadísticos del INE (Instituto Nacional de Estadística). Para Portugal se realizó una estimación según el número de habitantes en relación a los resultados obtenidos para Galicia.

Para cuantificar las instalaciones públicas existentes se han realizado las siguientes tareas:

- I. Análisis de datos iniciales
- II. Descarte de instalaciones
- III. Selección de las instalaciones públicas objeto de estudio
- IV. Cuantificación de las instalaciones públicas en el área de estudio

Análisis de datos iniciales

Antes de proceder a la identificación de las instalaciones se va a estudiar la información disponible.

Los datos de partida son, por un lado, los procedentes de las Encuestas de Infraestructuras y Equipamientos Locales. Siendo estas encuestas mayoritariamente datos alfanuméricos y datos geográficos de los equipamientos mediante capas de sistemas de información geográfica. Por otro lado, el INE (Instituto Nacional de Estadística) para los datos actualizados de población (datos de población a 1 de enero de 2019) y para obtener los valores de viviendas de protección oficial se emplean los datos estadísticos publicados por el INE donde se registran datos desde el año 2008 hasta la fecha actual.

Analizando las capas, se observan problemas de solapamiento en cuanto al uso de un edificio o instalación, lo que proporcionaría la obtención de datos distorsionados. Para poder solventar este problema se realiza un cribado de datos, y además se eliminan aquellas instalaciones que no requieran de demandas térmicas.

Descarte de instalaciones

No todos los tipos de instalaciones públicas existentes pueden ser consideradas en el estudio. A continuación se recogen los criterios de descarte considerados:

- Las instalaciones públicas de gestión privada
- Las instalaciones públicas sin demandas térmicas:
 - Escuelas antiguas, que carecen de uso
 - Instalaciones que carezcan de cerramientos físicos
 - Instalaciones deportivas como frontones, piscinas al aire libre, terrenos de juego y pistas polideportivas sin requerimientos térmicos
 - Instalaciones donde se desempeñan actividades de deporte marítimo, como son los puertos deportivos y las escuelas de vela
- Las instalaciones privadas

Selección de las instalaciones públicas objeto de estudio

Tras el análisis de los datos de partida y eliminadas aquellas instalaciones según los criterios de descarte, el ámbito del estudio se centrará en las siguientes:

Tabla 9. Instalaciones públicas

Grupo	Tipo de instalación
Edificios de la Administración Pública	Edificios administrativos
	Centros asistenciales
	Centros culturales
	Centros sanitarios
	Servicios de protección ciudadana
Instalaciones de Uso Público	Centros de enseñanza
	Instalaciones deportivas
	Piscinas climatizadas
Viviendas de Protección Oficial	Viviendas de promoción pública

Fuente: elaboración propia

A continuación, se describen las instalaciones objeto de estudio:

A. Edificios de la Administración Pública

Son los encargados de acoger las diferentes organizaciones públicas que componen la administración pública de un estado y donde se desarrollan funciones para satisfacer los intereses colectivos o necesidades públicas o de interés común.

- Edificios administrativos. Son aquellos edificios donde se desempeña la organización y administración a nivel local, provincial, autonómico o estatal. Las principales unidades administrativas presentes en la Eurorregión que poseen edificios de gestión administrativa son las siguientes:
 - Juntas de la Unión de las Freguesias (Portugal)
 - Municipios (Galicia y Portugal).
 - Distritos (Portugal)
 - Comunidades Intermunicipales (Portugal)
 - Comisiones de Coordinación y Desarrollo Regional (Portugal)
 - Administración autonómica (Galicia)
 - Administración estatal (Galicia y Portugal)
- Centros asistenciales. Son aquellos edificios donde se proporciona una ayuda social o relativa a ella, como los siguientes:
 - Albergues municipales
 - Centros de asistencia social
 - Centros de día
 - Centros de menores
 - Centros de rehabilitación
 - Centros de juventud
 - Escuelas infantiles
 - Guarderías infantiles
 - Centros internos
 - Residencia de ancianos
- Centros culturales. Son aquellos edificios creados con la intención de servir de medio para la difusión de distintas expresiones artísticas, filosóficas, educativas, etc., como son los siguientes:
 - Archivo
 - Auditorio
 - Biblioteca
 - Casino
 - Casa de cultura
 - Centro cívico
 - Hogar de pensionistas
 - Ludoteca
 - Museo
 - Teatro/cine
- Centros sanitarios. Son aquellos edificios que brindan cuidados para la salud pública, como son los siguientes:
 - Ambulatorios

- Centros de salud
- Consultorio local
- Centro de urgencias
- Hospital general
- Hospital maternal e infantil
- Hospital de especialidades
- Servicios de protección ciudadana. Son aquellos lugares donde se forman y se alojan aquellas personas dedicadas a la protección y asistencia para todos ante un accidente o una catástrofe social, ambiental o de bienes, como son los siguientes:
 - Parques de bomberos
 - Centros de salvamento y socorrismo
 - Instalaciones policiales
 - Centros de protección civil

B. Instalaciones de uso público

Son aquellos espacios y dependencias exteriores e interiores que son en su totalidad de utilización colectiva o de concurrencia pública.

- Centros de enseñanza. Son edificios donde se desempeñan las funciones educativas en sus diferentes niveles, entre ellos:
 - Centros de educación infantil y primario
 - Institutos de educación secundaria
 - Centros de formación profesional
 - Universidades
 - Otros centros de enseñanzas regladas
- Instalaciones deportivas. Son aquellos recintos y edificios donde se aprende, practica y se compite a uno o varios deportes. El tipo de instalaciones que se pueden encontrar son la siguientes:
 - Complejo deportivo
 - Gimnasio
 - Polideportivos cubiertos
- Piscinas cubiertas. Son instalaciones aisladas o integradas en complejos deportivos destinadas a la práctica de deportes acuáticos. Por sus particulares demandas térmicas, se analizaron de forma separada al resto de instalaciones deportivas.

C. Viviendas de protección oficial. Viviendas de promoción pública.

Se engloban en esta categoría aquellas viviendas promovidas por la administración pública y cuyo titular es la administración. Estas viviendas son puestas a disposición de los demandantes en régimen de alquiler, compra o alquiler con opción de compra.

Cuantificación de las instalaciones públicas en el área de estudio

Una vez determinada las tipologías de las instalaciones públicas objeto de estudio, se procede a determinar su número dentro de la zona de estudio.

Para cuantificar las instalaciones existentes en la comunidad autónoma de Galicia se estudian los datos procedentes de las Encuestas de Infraestructuras y Equipamientos Públicos (EIEL) de las cuatros diputaciones provinciales gallegas donde se indica para cada municipio sus infraestructuras y equipamientos públicos, de datos estadísticos publicados por el INE (Instituto Nacional de Estadística) y del Registro Único de Demandantes de Galicia de vivienda protegida. El número de instalaciones se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10. Número de instalaciones públicas en Galicia

Grupo	Tipo de instalación	Nº de instalaciones
Edificios de la Administración Pública	Edificios administrativos	1.100
	Centros asistenciales	593
	Centros culturales	3.418
	Centros sanitarios	534
	Servicios de protección ciudadana	297
Instalaciones de Uso Público	Centros de enseñanza	1.569
	Instalaciones deportivas	1.876
	Piscinas climatizadas	176
Viviendas de Protección Oficial	Viviendas de promoción pública	8.594
TOTAL		18.157

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el INE, el Ministerio de Hacienda y Administración Pública y el Registro Único de Demandantes de Galicia de vivienda de protección.

No ha sido posible en el caso del Norte de Portugal obtener datos tan pormenorizados como los aportados por la encuesta de equipamientos públicos de las diputaciones gallegas, por este motivo, y de cara a efectuar una primera aproximación para este caso, se ha establecido una relación entre el número de habitantes y el número de instalaciones públicas en Galicia, extrapolando los datos a la región Norte de Portugal partiendo de la premisa de que ambas regiones prestan o disponen de servicios públicos equivalentes.

Teniendo en cuenta el número de habitantes censados en el año 2018 en Galicia (2.701.743) y el número de instalaciones recogidas en la Tabla 10, se obtuvo la siguiente relación:

Tabla 11. Estimación del número de instalaciones públicas por habitante

Grupo	Tipo de instalación	Nº de instalaciones públicas/10.000 habitantes
Edificios de la Administración Pública	Edificios administrativos	4,1
	Centros asistenciales	2,2
	Centros culturales	12,7
	Centros sanitarios	2,0
	Servicios de protección ciudadana	1,1

Grupo	Tipo de instalación	Nº de instalaciones públicas/10.000 habitantes
Instalaciones de Uso Público	Centros de enseñanza	5,8
	Instalaciones deportivas	6,9
	Piscinas climatizadas	0,7
Edificios de Protección Oficial	Viviendas de promoción pública	31,8

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la estimación media del número de instalaciones públicas por habitante, se procede a calcular el número de instalaciones presentes en la Región Norte de Portugal, la cual está conformada por 8 distritos con la siguiente población:

Tabla 12. Habitantes censados en el Norte de Portugal

Distritos norte de Portugal	Nº de habitantes
Viana do Castelo	300.248
Braga	877.700
Vila Real	215.521
Bragança	140.635
Porto	1.824.123
Aveiro	685.793
Viseu	392.479
Guarda	170.532
TOTAL	4.907.031

Fuente: Datos censales del año 2018

Una vez que se obtiene el número de habitantes censados en la zona de estudio, se estima el número de instalaciones públicas presentes en Portugal en relación con los existentes en Galicia, ya que se trata de zonas geográficas y de dispersión poblacional muy similares. Por lo que se considera que requieren de un número similar de instalaciones en el territorio descrito.

Tabla 13. Instalaciones públicas en la Euroregión

Grupo	Tipo de instalación	Nº de instalaciones públicas		
		Galicia	Norte Portugal	TOTAL
Edificios de la Administración Pública	Edificios administrativos	1.100	1.876	2.976
	Centros asistenciales	593	1.013	1.606
	Centros culturales	3.418	5.826	9.244
	Centros sanitarios	534	910	1.444
	Servicios de protección ciudadana	297	508	805
Instalaciones de Uso Público	Centros de enseñanza	1.569	2.680	4.249
	Instalaciones deportivas	1.876	3.202	5.078
	Piscinas climatizadas	176	373	549

Grupo	Tipo de instalación	Nº de instalaciones públicas		
		Galicia	Norte Portugal	TOTAL
Viviendas de Protección Oficial	Viviendas de promoción pública	8.594	14.655	23.249
TOTAL		18.157	31.043	49.200

Fuente: Elaboración propia

6.1 EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS (EDIFICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA)

6.1.1 Número y distribución

Según las Encuestas de Infraestructuras y Equipamientos Locales (EIEL) se obtiene la siguiente distribución de edificios administrativos para la zona objeto de estudio.

Tabla 14. Cuadro del número de edificios administrativos

País	Provincia/Distrito	Edificios Administrativos
España	A Coruña	351
	Lugo	328
	Ourense	179
	Pontevedra	242
Subtotal		1.100
Portugal	Aveiro	281
	Braga	358
	Bragança	58
	Guarda	68
	Porto	741
	Viana do Castelo	123
	Vila Real	87
	Viseu	160
Subtotal		1.876
Total general		2.976

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al número de edificios administrativos presentes en toda la zona de estudio, destaca principalmente el distrito de Porto con un 25% de las instalaciones sobre el total, seguido del distrito de Braga y de la provincia de A Coruña con un 12% cada una de ellas.

El número de edificios administrativos se encuentra relacionado con el número de habitantes presentes y con las necesidades de los mismos, de tal forma que su número es mayor en aquellas localidades con mayor número de habitantes.

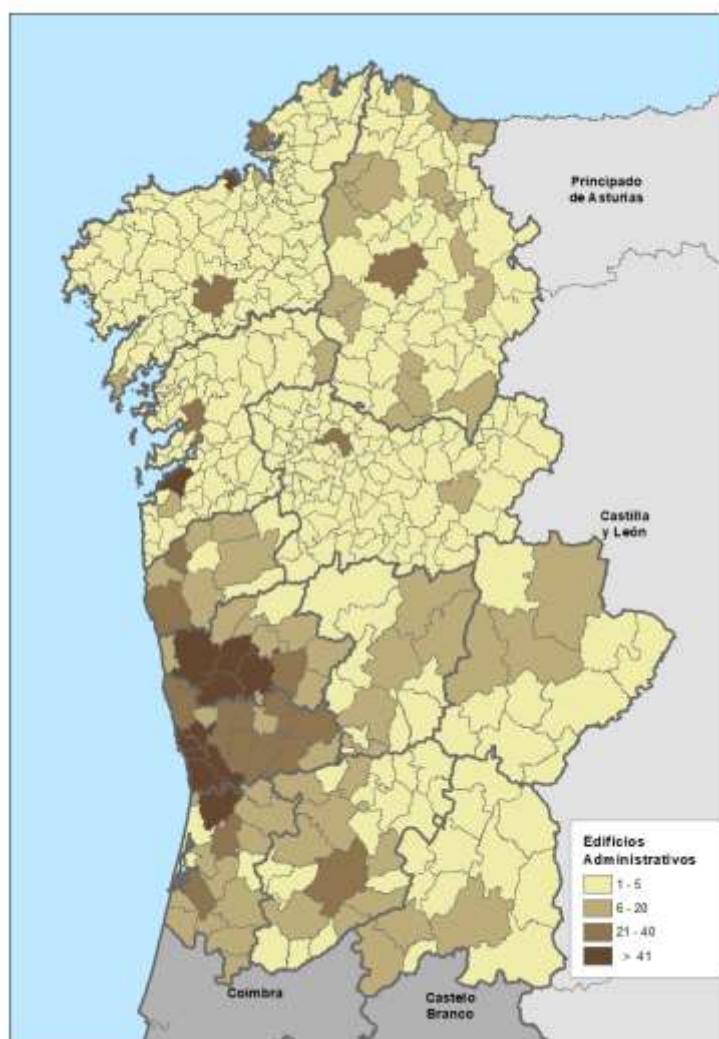


Figura 22. Número de edificios administrativos por concello

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Demandas térmicas

Los edificios administrativos, independiente del ámbito administrativo al que pertenezcan, presentan unas características energéticas similares y condicionadas por el tipo de actividades que en ellos se desempeñan. Asimismo, suelen estar localizados en entornos urbanos y en menor medida en ámbitos rurales. Por lo general, son edificios independientes de gran tamaño con aislamientos para garantizar el bienestar en su interior durante su ocupación. Se considera una habitabilidad media de 8 horas diarias durante 250 días laborables al año.

Al tratarse de un servicio administrativo se requiere principalmente de una instalación de calefacción, aunque también se debe prestar un pequeño consumo de agua caliente sanitaria.

A continuación, se recogen las principales características que presentan los edificios administrativos.

Tabla 15. Características de los edificios administrativos

Horas de funcionamiento	8-10 h/día
Días de funcionamiento	250 días/año
Localización	Urbana/Rural
Demanda calefacción	Sí
Demanda ACS	Sí

Fuente: Elaboración propia

Demanda de calefacción

Según las características constructivas y la zona climática en la que se localice el edificio y de acuerdo con los valores de la Tabla 4 del Anexo 1, las demandas térmicas de calefacción serán las siguientes:

Tabla 16. Demanda de calefacción en edificios administrativos

Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)			
	Año construcción <1979	Año construcción 1979 - 2006	Año construcción 2007 - 2013	Año construcción > 2013
C1	59,4	50,0	34,4	27,0
C2	59,6	50,2	34,5	27,1
C3	58,6	45,3	33,6	26,1
D1	81,0	63,8	47,1	38,1
D2	80,8	63,6	47,0	38,0
E1	101,0	79,2	58,0	48,2

Fuente: Elaboración propia

Demanda de ACS

Para cuantificar las demandas de ACS se toma el considerado por el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (Tabla 2 del anexo 2) para los “Edificios Administrativos”:

Tabla 17. Demandas de ACS de un edificio administrativo

Demanda (litros) de ACS/día a 60°C	D_{ACS} (kW/día)	Operatividad (días/año)	D_{ACS}
3l/persona	0,1636	250	40,9 kW/año. persona

Fuente: Elaboración propia

6.2 CENTROS ASISTENCIALES (EDIFICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA)

6.2.1 Número y distribución

Según las Encuestas de Infraestructuras y Equipamientos Locales (EIEL) se obtiene la siguiente distribución de centros asistenciales para la zona objeto de estudio.

Tabla 18. Cuadro del número de centros asistenciales

País	Provincia/Distrito	Centros Asistenciales
España	A Coruña	258
	Lugo	118
	Ourense	113
	Pontevedra	104
Subtotal		593
Portugal	Aveiro	150
	Braga	193
	Bragança	32
	Guarda	37
	Porto	400
	Viana do Castelo	66
	Vila Real	48
	Viseu	87
Subtotal		1.013
Total general		1.606

Fuente: Elaboración Propia

El número de centros asistenciales presentes en la zona de estudio, se encuentra encabezado con el distrito de Porto donde se encuentran el 25% del total de instalaciones presentes, seguida con un 16% la provincia de A Coruña y con un 12 % el distrito de Braga.

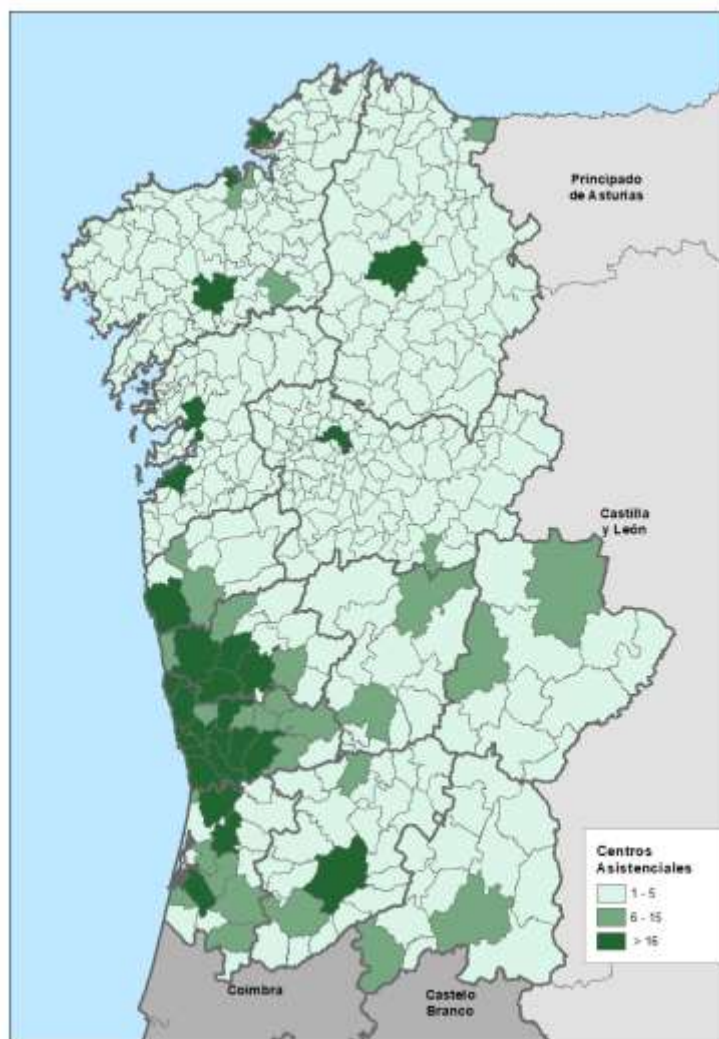


Figura 23. Número de centros asistenciales por concello

Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Demandas térmicas

Dentro de la categoría de los centros asistenciales se engloban un amplio abanico de servicios, en función de los cuales sus características energéticas también serán diferentes. Estas diferencias energéticas son debidas principalmente a la operatividad (número de horas y días de funcionamiento), en función de la cual se dividen en:

- Grupo I: centros asistenciales que operan 12 horas al día y 250 días al año
- Grupo II: centros asistenciales que operan 24 horas al día y 365 días al año

Tabla 19. Clasificación de los centros asistenciales en función de su operatividad

GRUPO I	GRUPO II
Centros de día	Albergues municipales
Guarderías infantiles	Centros de rehabilitación
Escuelas infantiles	Centros internos
Centros de juventud	Residencia de ancianos

GRUPO I	GRUPO II
Centros de asistencia social	

Fuente: Elaboración propia

Al tratarse de un servicio social y/o de alojamiento se requiere de una instalación de calefacción y de ACS.

En la siguiente tabla se recogen las principales características que presentan los centros asistenciales.

Tabla 20. Características de los centros asistenciales

Grupo		GI	GII
Localización		Rural	Rural
		Urbana	Urbana
Operatividad	h/día	12	24
	días/año	250	365
Demanda de calefacción		Si	Si
Demanda de ACS		Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia

Demanda de calefacción

Según las características constructivas y la zona climática en la que se localice el edificio y de acuerdo con los valores de la Tabla 4 del Anexo 1, las demandas térmicas de calefacción serán las siguientes:

Tabla 21. Demanda de calefacción en centros asistenciales

Año de construcción	Zona climática	Demanda calefacción(kWh/m ² día)	
		GRUPO I	GRUPO II
≤1979	C1	71,3	142,6
	C2	71,5	143
	C3	70,3	140,6
	D1	97,2	194,4
	D2	96,95	193,9
	E1	121,15	242,3
1980 - 2006	C1	60	120
	C2	60,25	120,5
	C3	54,3	108,6
	D1	76,6	153,2
	D2	76,35	152,7
	E1	95,05	190,1
2007 - 2013	C1	41,3	82,6
	C2	41,45	82,9

Año de construcción	Zona climática	Demanda calefacción(kWh/m ² día)	
		GRUPO I	GRUPO II
	C3	40,35	80,7
	D1	56,55	113,1
	D2	56,4	112,8
	E1	69,55	139,1
>2013	C1	32,35	64,7
	C2	32,5	65
	C3	31,35	62,7
	D1	45,75	91,5
	D2	45,6	91,2
	E1	57,85	115,7

Fuente: Elaboración propia

Demanda de ACS

Para cuantificar las demandas de ACS se asimila las consideradas por el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (Tabla 2 del anexo 2) para los “Edificios Administrativos” y las “Residencias”, según la siguiente tabla:

Tabla 22.Demandas de ACS de un centro asistencial

Grupo de centro asistencial	Demanda (litros)de ACS/día a 60°C	D _{ACS} (kW/día)	Operatividad(días/año)	D _{ACS}
GI	3 l/usuario	0,1636	250	40,9 kW/año.usuario
GII	55 l/cama	2,9986	365	1.094,5 kW/año. cama

Fuente: Elaboración propia

6.3 CENTROS CULTURALES (EDIFICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA)

6.3.1 Número y distribución

Según las Encuestas de Infraestructuras y Equipamientos Locales (EIEL) se obtiene la siguiente distribución de centros culturales para la zona objeto de estudio.

Tabla 23.Cuadro del número de centros culturales

País	Provincia/Distrito	Centros Culturales
España	A Coruña	1.130

País	Provincia/Distrito	Centros Culturales
	Lugo	1.016
	Ourense	866
	Pontevedra	406
	Subtotal	3.418
Portugal	Aveiro	866
	Braga	1.111
	Bragança	177
	Guarda	216
	Porto	2.306
	Viana do Castelo	380
	Vila Real	271
	Viseu	499
	Subtotal	5.826
Total general		9.244

Fuente: Elaboración Propia

El mayor número de centros culturales se encuentran en Portugal, concretamente en el distrito de Porto, seguido del distrito de Braga junto con la provincia de A Coruña.

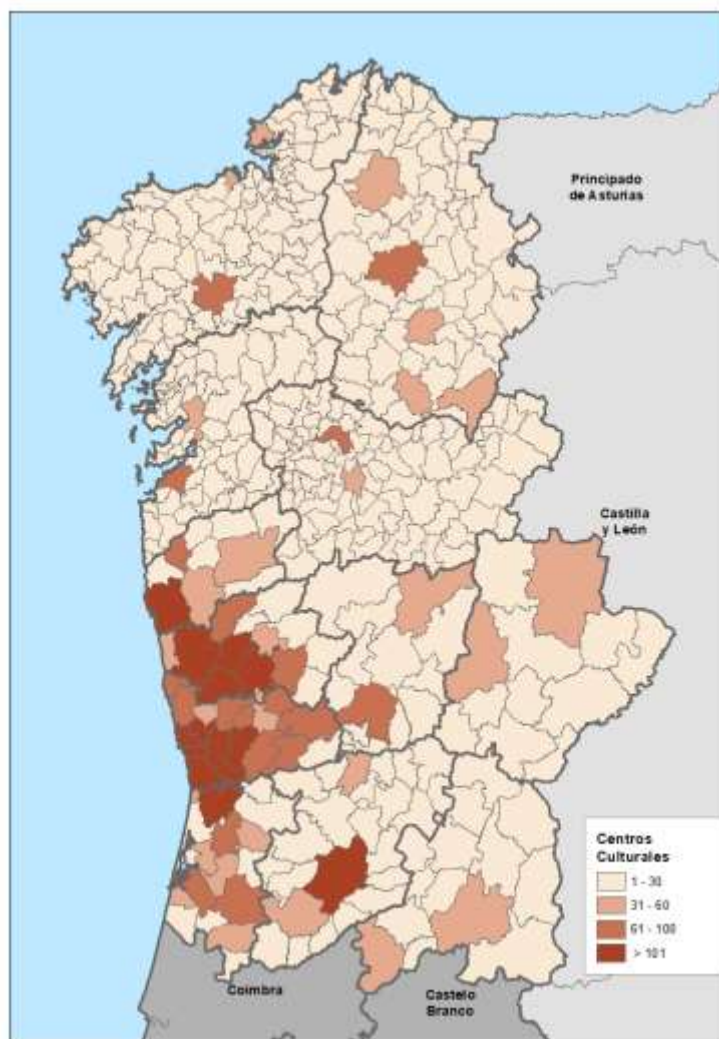


Figura 24. Número de centros culturales por concello

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Demandas térmicas

Los centros culturales presentan unas características similares a los edificios administrativos en cuanto a operatividad y características estructurales.

Se considera un régimen de funcionamiento medio de 12 horas diarias durante 317 días laborales al año (6 días/semana).

En cuanto a las demandas térmicas, debido al tipo de servicios que prestan, solo se consideran las debidas a la calefacción. Las demandas de ACS son muy bajas o inexistentes al no disponer este tipo de centros de vestuarios o de cualquier otra instalación con suministro de ACS.

En la siguiente tabla se recogen las principales características energéticas que presentan los centros culturales.

Tabla 24. Características energéticas de los centros culturales

Horas de funcionamiento	12 h/día
Días de funcionamiento	317 días/año
Localización	Urbana
Consumo anual	Sí
Demanda ACS	No

Fuente: Elaboración propia

Demanda de calefacción

Según las características constructivas y la zona climática en la que se localice el centro cultural y de acuerdo con los valores de la Tabla 4 del Anexo 1, las demandas térmicas de calefacción serán las siguientes:

Tabla 25. Demanda de calefacción en centros culturales

Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)			
	Año construcción < 1979	Año construcción 1979 - 2006	Año construcción 2007 - 2013	Año construcción > 2013
C1	71,30	60,00	41,30	32,35
C2	71,50	60,25	41,45	32,50
C3	70,30	54,30	40,35	31,35
D1	97,20	76,60	56,55	45,75
D2	96,95	76,35	56,40	45,60
E1	121,15	95,05	69,55	57,85

Fuente: Elaboración propia

6.4 CENTROS SANITARIOS (EDIFICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA)

6.4.1 Número y distribución

Según las Encuestas de Infraestructuras y Equipamientos Locales (EIEL) se obtiene la siguiente distribución de centros sanitarios para la zona objeto de estudio.

Tabla 26. Cuadro del número de centros sanitarios

País	Provincia/Distrito	Centros Sanitarios
España	A Coruña	210
	Lugo	97
	Ourense	124
	Pontevedra	103
	Subtotal	534
Portugal	Aveiro	135

País	Provincia/Distrito	Centros Sanitarios
	Braga	175
	Bragança	27
	Guarda	34
	Porto	359
	Viana do Castelo	60
	Vila Real	43
	Viseu	77
	Subtotal	910
	Total general	1.444

Fuente: Elaboración Propia

El 25% de los centros sanitarios se encuentran en el distrito de Porto, siguiéndole la provincia de A Coruña con un 15% de los centros y con un 12% se encuentra el distrito de Braga.

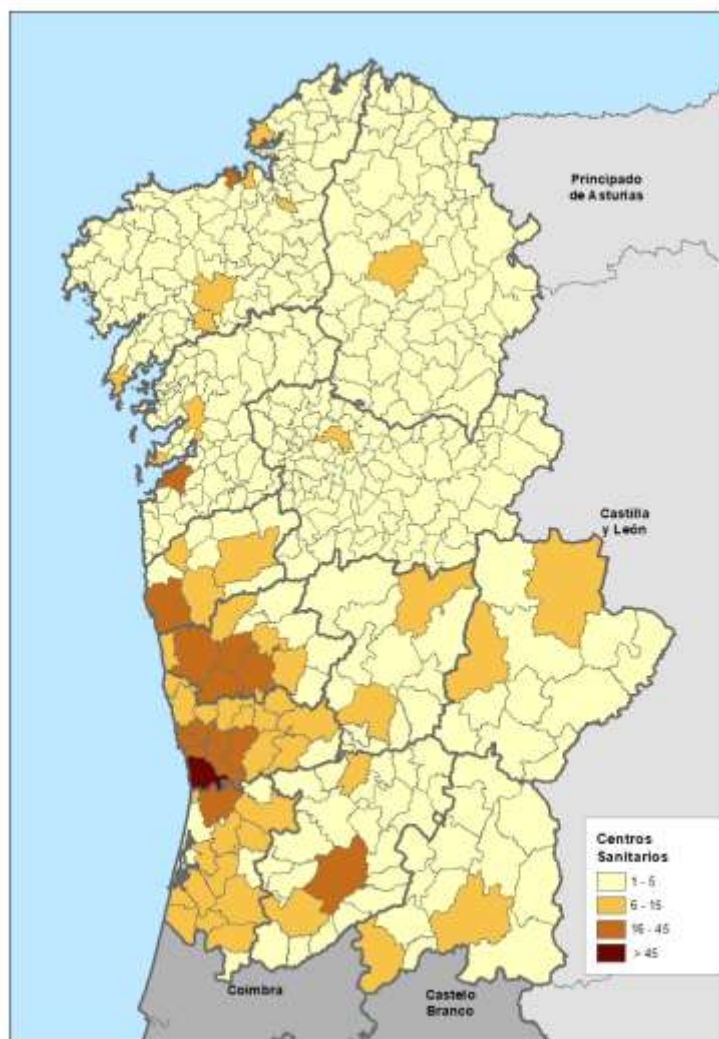


Figura 25. Número de centros sanitarios por concello

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Demandas térmicas

Dentro de la categoría de los centros sanitarios se engloban un amplio abanico de servicios, en función de los cuales sus características energéticas también serán diferentes. Estas diferencias energéticas son debidas principalmente a la operatividad (número de horas y días de funcionamiento) y a superficie que ocupan. En función de las cuales se dividen en dos grupos:

- Grupo I: engloba los centros sanitarios de tamaño pequeño y medio que operan 12 horas al día y 250 días al año
- Grupo II: centros sanitarios de gran tamaño que operan 24 horas al día y 365 días al año

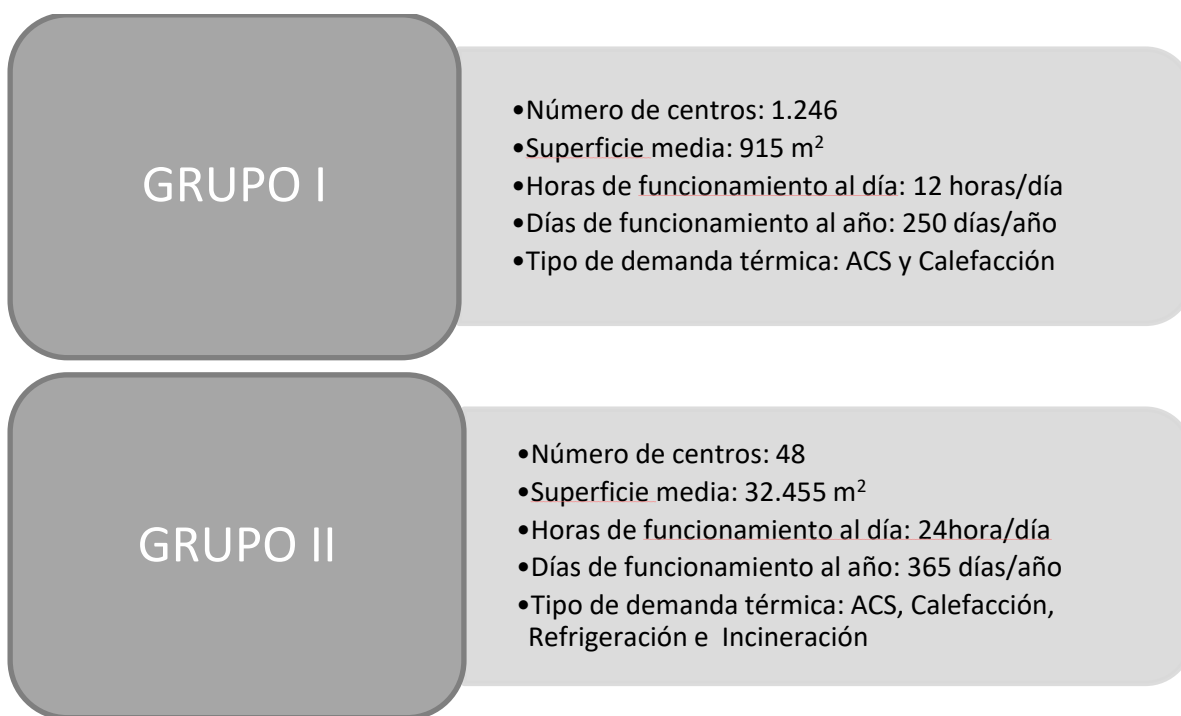
Tabla 27. Centros sanitarios por grupo

GRUPO I	GRUPO II
---------	----------

GRUPO I	GRUPO II
Ambulatorios Centros de salud Consultorio local Centros de urgencias	Hospital general Hospital maternal e infantil Hospital de especialidades

Fuente: Elaboración propia

Las principales características de los dos grupos se exponen a continuación:



Con respecto al resto de las instalaciones públicas, los centros sanitarios del grupo II presentan unas necesidades térmicas más amplias. Así, mientras que la mayoría de las instalaciones públicas tienen únicamente demandas de calefacción y agua caliente sanitaria, estos centros sanitarios también poseen demandas para refrigeración y, en algunos casos, para la eliminación de residuos hospitalarios mediante incineración.

Demanda de calefacción

Según las características constructivas y la zona climática en la que se localice el centro y de acuerdo con los valores de la Tabla 4 del Anexo 1, las demandas térmicas de calefacción serán las siguientes:

Tabla 28.Demanda de calefacción en centros sanitarios

Año de construcción	Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m² día)	
		GRUPO I	GRUPO II
≤1979	C1	71,3	142,6
	C2	71,5	143,0
	C3	70,3	140,6

Año de construcción	Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² día)	
		GRUPO I	GRUPO II
	D1	97,2	194,4
	D2	96,95	193,9
	E1	121,15	242,3
1980 - 2006	C1	60,0	120,0
	C2	60,25	120,5
	C3	54,3	108,6
	D1	76,6	153,2
	D2	76,4	152,7
	E1	95,1	190,1
2007 - 2013	C1	41,3	82,6
	C2	41,45	82,9
	C3	40,35	80,7
	D1	56,55	113,1
	D2	56,4	112,8
	E1	69,55	139,1
>2013	C1	32,35	64,7
	C2	32,5	65,0
	C3	31,35	62,7
	D1	45,75	91,5
	D2	45,6	91,2
	E1	57,85	115,7

Fuente: Elaboración propia

Demanda de ACS

Para cuantificar las demandas de ACS se asimila los considerados por el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (Tabla 2 del anexo 2) para “Edificios Administrativos” y “Hospitales y clínicas”, según la siguiente tabla:

Tabla 29.Demandas de ACS de un centro asistencial

Grupo de centro asistencial	Demanda (litros) de ACS/día a 60°C	D _{ACS} (kW/día)	Operatividad (días/año)	D _{ACS}
GI	3 l/usuario	0,1636	250	40,9 kW/año. usuario
GII	55 l/cama	2,9986	365	1.094,5 kW/año. cama

Fuente: Elaboración propia

6.5 SERVICIOS DE PROTECCIÓN CIUDADANA (EDIFICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA)

6.5.1 Número y distribución

Según las Encuestas de Infraestructuras y Equipamientos Locales (EIEL) se obtiene la siguiente distribución de instalaciones destinadas al servicio de protección ciudadana para la zona objeto de estudio.

Tabla 30. Cuadro del número de servicios de protección ciudadana

País	Provincia/Distrito	Servicios de protección ciudadana
España	A Coruña	93
	Lugo	105
	Ourense	66
	Pontevedra	33
Subtotal		297
Portugal	Aveiro	75
	Braga	97
	Bragança	17
	Guarda	20
	Porto	199
	Viana do Castelo	33
	Vila Real	25
	Viseu	42
Subtotal		508
Total general		805

Fuente: Elaboración Propia

El mayor número de centros destinados para los servicios de protección ciudadana se encuentran en Portugal, principalmente en el distrito de Porto, seguido de Braga y Aveiro.

En Galicia, el mayor número de estas instalaciones se encuentran en la provincia de Lugo, seguida de A Coruña y de Ourense.

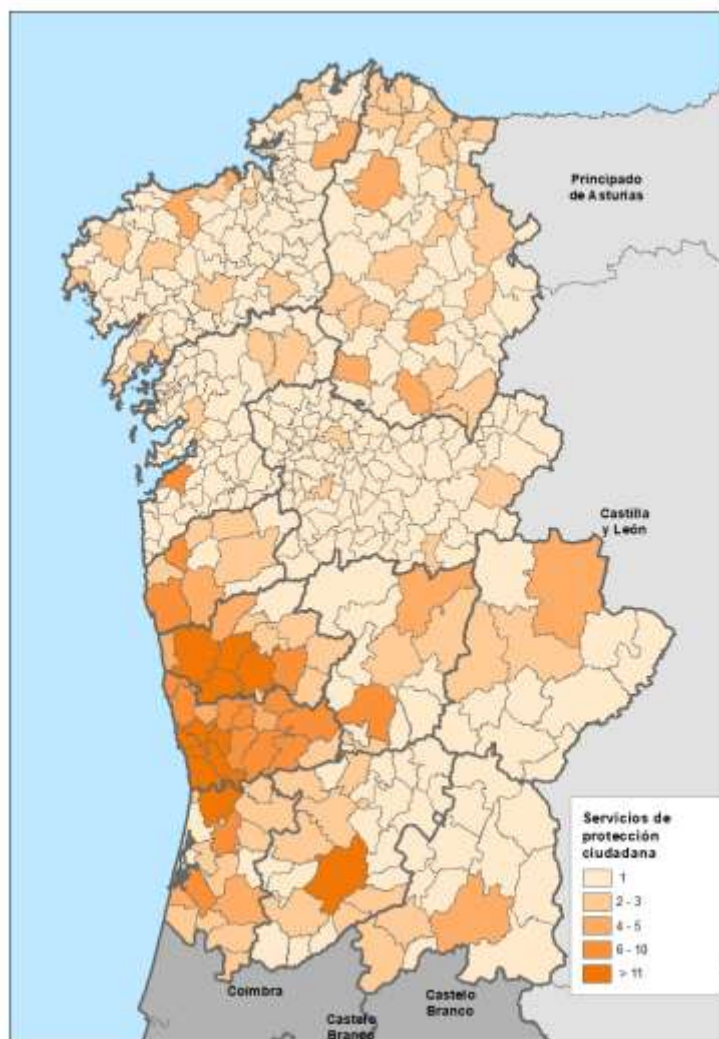


Figura 26. Número de instalaciones de servicios de protección ciudadana por concello

Fuente: Elaboración propia

6.5.2 Demandas térmicas

Los centros de protección, independientemente del servicio que alberguen, presentan unas características energéticas similares, al poseer unas características estructurales y una operatividad muy parecida. Por lo general, son edificios independientes de gran tamaño medio con aislamientos para garantizar el bienestar en su interior durante su ocupación.

Se considera una operatividad media de 24 horas diarias durante 365 días al año.

Al tratarse de un servicio de emergencia se requiere principalmente de una instalación de calefacción y ACS.

A continuación, se recogen las principales características energéticas que presentan los centros de protección.

Tabla 31. Características energéticas de los centros de protección ciudadana

Horas de funcionamiento	24 h/día
--------------------------------	----------

Días de funcionamiento	365 días/año
Localización	Urbana/Rural
Demanda de calefacción	Sí
Demanda ACS	Sí

Fuente: Elaboración propia

Demanda de calefacción

Según las características constructivas y la zona climática en la que se localice la instalación y de acuerdo con los valores de la Tabla 4 del Anexo 1, las demandas térmicas de calefacción serán las siguientes:

Tabla 32. Demandas térmicas de calefacción de los servicios de protección ciudadana

Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)			
	Año construcción< 1979	Año construcción 1979 - 2006	Año construcción 2007 - 2013	Año construcción > 2013
C1	142,6	120,0	82,6	64,7
C2	143,0	120,5	82,9	65,0
C3	140,6	108,6	80,7	62,7
D1	194,4	153,2	113,1	91,5
D2	193,9	152,7	112,8	91,2
E1	242,3	190,1	139,1	115,7

Fuente: Elaboración propia

Demanda de ACS

Para cuantificar las demandas de ACS se asimilan las consideradas por el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (Tabla 2 del anexo 2) para las “Residencias”, según la siguiente tabla:

Tabla 33. Demandas de ACS de un servicio de protección ciudadana

Demanda (litros) de ACS/día a 60°C	D_{ACS} (kW/día)	Operatividad (días/año)	D_{ACS}
55 l/trabajador	2,9986	365	1.094,5 kW/año.trabajador

Fuente: Elaboración propia

6.6 CENTROS DE ENSEÑANZA (INSTALACIONES DE USO PÚBLICO)

6.6.1 Número y distribución

Según las Encuestas de Infraestructuras y Equipamientos Locales (EIEL) se obtiene la siguiente distribución de centros de enseñanza para la zona objeto de estudio.

Tabla 34. Cuadro del número de centros de enseñanza

País	Provincia/Distrito	Centros de Enseñanza
España	A Coruña	753
	Lugo	224
	Ourense	181
	Pontevedra	411
Subtotal		1.569
Portugal	Aveiro	398
	Braga	508
	Bragança	81
	Guarda	101
	Porto	1.061
	Viana do Castelo	174
	Vila Real	128
	Viseu	229
Subtotal		2.680
Total general		4.249

Fuente: Elaboración Propia

El mayor número de centros educativos se encuentran en el distrito de Porto, con un 25% de las instalaciones sobre el total, seguida de la provincia de A Coruña con un 18% y el distrito de Braga con un 12%.

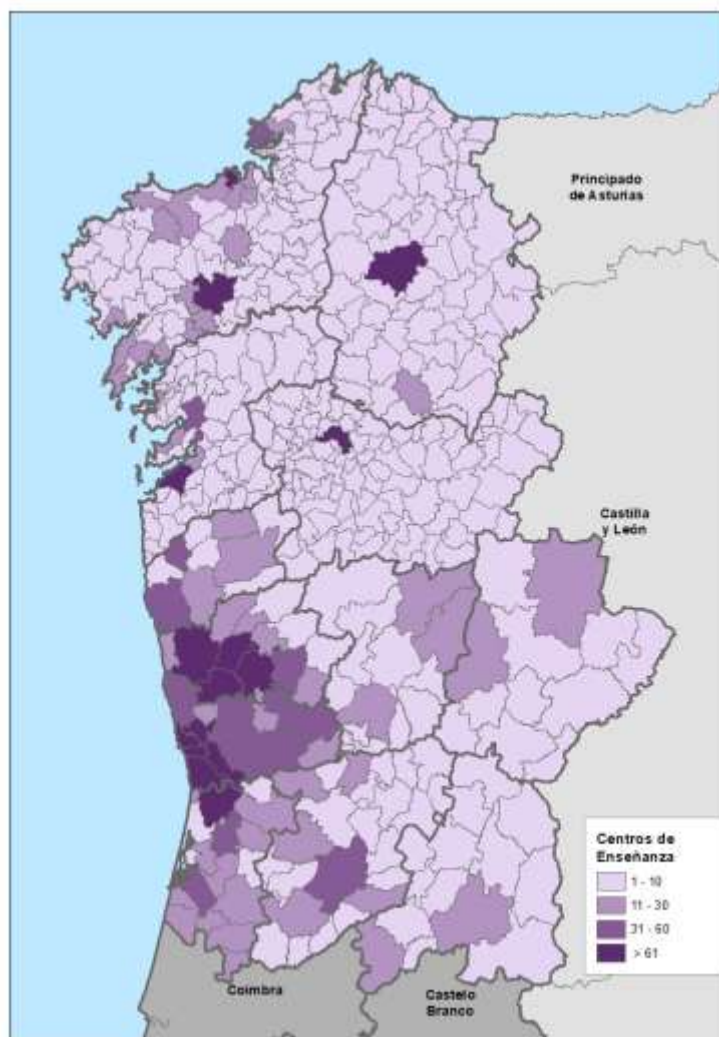


Figura 27. Número de centros de enseñanza por concello

Fuente: Elaboración propia

6.6.2 Demandas térmicas

Los centros de enseñanza presentan unas características energéticas particulares en función de las actividades que desempeñan, pudiendo ser localizados tanto en entornos rurales como urbanos. Por lo general, son edificios independientes de gran tamaño y mal aislados debido a sus bajas calidades constructivas.

Al tratarse de un servicio de educativo se requiere principalmente de una instalación de calefacción y ACS, siendo su operatividad habitual de 8 horas diarias y 180 días al año.

En la siguiente tabla se recogen las principales características energéticas que presentan los centros educativos.

Tabla 35. Características energéticas de los centros educativos

Horas de funcionamiento	8 h/día
Días de funcionamiento	180 días/año
Localización	Urbana/Rural

Demanda de calefacción	Sí
Demanda ACS	Sí

Fuente: Elaboración propia

Demanda de calefacción

Según las características constructivas y la zona climática en la que se localice el centro educativo y de acuerdo con los valores de la Tabla 4 del Anexo 1, las demandas térmicas de calefacción serán las siguientes:

Tabla 36.Demanda de calefacción en centros educativos

Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)			
	Año construcción < 1979	Año construcción 1979 - 2006	Año construcción 2007 - 2013	Año construcción > 2013
C1	59,4	50,0	34,4	27,0
C2	59,6	50,2	34,5	27,1
C3	58,6	45,3	33,6	26,1
D1	81,0	63,8	47,1	38,1
D2	80,8	63,6	47,0	38,0
E1	101,0	79,2	58,0	48,2

Fuente: Elaboración propia

Demanda de ACS

Para cuantificar las demandas de ACS se toman las consideradas por el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (Tabla 2 del anexo 2) para los “Edificios Administrativos”:

Tabla 37.Demandas de ACS de un centro educativo

Demanda (litros) de ACS/día a 60°C	D _{ACS} (kW/día)	Operatividad (días/año)	D _{ACS}
3 l/persona	0,1636	250	40,9 kW/ año. persona

Fuente: Elaboración propia

6.7 INSTALACIONES DEPORTIVAS (INSTALACIONES DE USO PÚBLICO)

6.7.1 Número y distribución

Según las Encuestas de Infraestructuras y Equipamientos Locales (EIEL) se obtiene la siguiente distribución de instalaciones deportivas para la zona objeto de estudio.

Tabla 38.Cuadro del número de instalaciones deportivas

País	Provincia/Distrito	Instalaciones Deportivas
España	A Coruña	1.257
	Lugo	202
	Ourense	136
	Pontevedra	281
Subtotal		1.876
Portugal	Aveiro	476
	Braga	609
	Bragança	99
	Guarda	120
	Porto	1.267
	Viana do Castelo	209
	Vila Real	151
	Viseu	271
Subtotal		3.202
Total general		5.078

Fuente: Elaboración Propia

El distrito de Porto y la provincia de A Coruña cuentan con el 50% de las instalaciones deportivas presentes en la zona de estudio. A las que les sigue el distrito de Braga con un 12%, y Aveiro con un 9%.

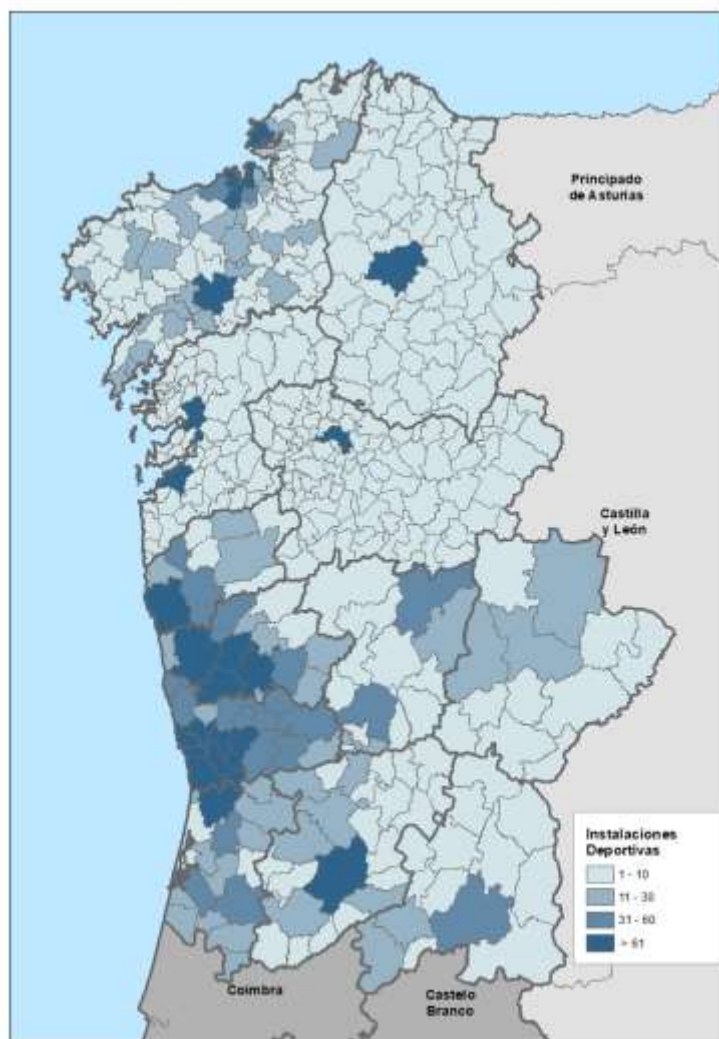


Figura 28. Número de instalaciones deportivas por concello

Fuente: Elaboración propia

6.7.2 Demandas térmicas

Las instalaciones deportivas presentan unas características energéticas particulares en función de las actividades que desempeñan, pudiendo ser localizadas tanto en entornos urbanos como rurales. Por lo general, son edificios independientes que no tienen demandas de calefacción.

Se considera una operatividad de 12 horas diarias durante 365 días laborables al año.

Al tratarse de espacios dedicados a la práctica de actividades deportivas, las principales necesidades térmicas son para calentamiento de agua sanitaria en los vestuarios. Las demandas de calefacción en estos centros son minoritarias, restringiéndose a pequeños espacios como oficinas y vestuarios. En este sentido se determina que aproximadamente un 10% de la superficie cubierta total estará calefactada.

A continuación, en la siguiente tabla se recogen las principales características energéticas que presentan las instalaciones deportivas.

Tabla 39. Características energéticas de las instalaciones deportivas.

Horas de funcionamiento	12 h/día
Días de funcionamiento	365 días/año
Localización	Urbana/Rural
Demanda de Calefacción	Sí
Demanda ACS	Sí

¹Según Tabla 2 del anexo 2

Fuente: Elaboración propia

Demanda de calefacción

Según las características constructivas y la zona climática en la que se localice la instalación deportiva y de acuerdo con los valores de la Tabla 4 del Anexo 1, las demandas térmicas de calefacción serán las siguientes:

Tabla 40. Demanda de calefacción en una instalación deportiva

Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)			
	Año construcción < 1979	Año construcción 1979 - 2006	Año construcción 2007 - 2013	Año construcción > 2013
C1	59,4	50,0	34,4	27,0
C2	59,6	50,2	34,5	27,1
C3	58,6	45,3	33,6	26,1
D1	81,0	63,8	47,1	38,1
D2	80,8	63,6	47,0	38,0
E1	101,0	79,2	58,0	48,2

Fuente: Elaboración propia

Demanda de ACS

Para cuantificar las demandas de ACS se asimilan las consideradas por el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (Tabla 2 del anexo 2) para los “Gimnasios”:

Tabla 41. Demandas de ACS de una instalación deportiva

Demanda (litros) de ACS/día a 60°C	D _{ACS} (kW/día)	Operatividad (días/año)	D _{ACS}
22,5 l/usuario	1,2267	365	447,7 kW/ año. usuario

Fuente: Elaboración propia

6.8 PISCINAS CUBIERTAS (INSTALACIONES DE USO PÚBLICO)

6.8.1 Número y distribución

Según las Encuestas de Infraestructuras y Equipamientos Locales (EIEL) se obtiene la siguiente distribución de piscinas cubiertas para la zona objeto de estudio.

Tabla 42. Cuadro del número de piscinas cubiertas

País	Provincia/Distrito	Piscinas Cubiertas
España	A Coruña	80
	Lugo	16
	Ourense	13
	Pontevedra	67
Subtotal		176
Portugal	Aveiro	56
	Braga	71
	Bragança	12
	Guarda	14
	Porto	145
	Viana do Castelo	25
	Vila Real	17
	Viseu	33
Subtotal		373
Total general		549

Fuente: Elaboración Propia

En Portugal, el mayor número de piscinas cubiertas se encuentran en el distrito de Porto, seguido de Braga y Aveiro.

En cuanto a Galicia, el mayor número de piscinas cubiertas se encuentran en la provincia de A Coruña, seguida de Pontevedra, Lugo y Ourense.

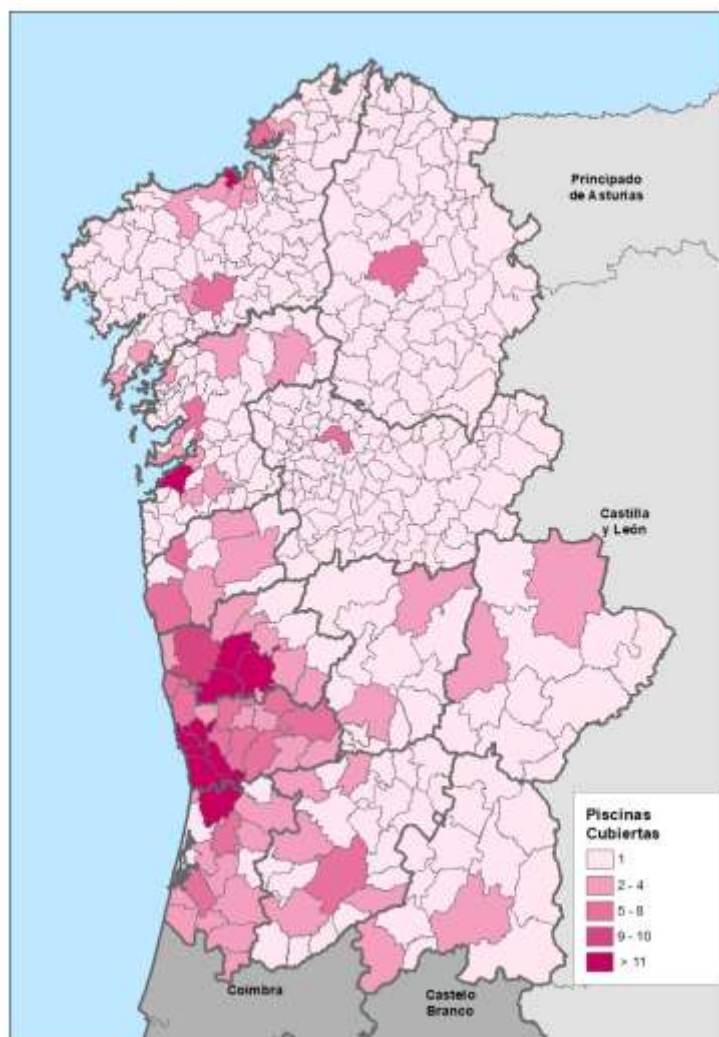


Figura 29. Número de piscinas cubiertas por concello

Fuente: Elaboración propia

6.8.2 Demandas térmicas

Con relación al resto de instalaciones deportivas, las piscinas cubiertas presentan unas demandas térmicas particulares, ya que, además de las necesidades de ACS y calefacción, necesitan calentar el agua de las piscinas.

A continuación, en la siguiente tabla se recogen las principales características energéticas que presentan las piscinas cubiertas.

Tabla 43. Características energéticas de las piscinas cubiertas.

Horas de funcionamiento	12 h/día
Días de funcionamiento	365 días/año
Localización	Urbana/Rural
Demanda de Calefacción	Sí
Demanda ACS	Sí
Calentamiento de agua de piscina	Sí

Fuente: Elaboración propia

Demanda de calefacción

Las demandas de calefacción de una piscina cubierta se producen tanto en las zonas de los vestuarios y oficinas como en el espacio que alberga la piscina. A continuación, se definen estas demandas:

- Necesidades de calefacción en vestuarios y oficinas. Se considera que aproximadamente un 10% de la superficie total cubierta de las piscinas climatizadas es destinadas a vestuarios y oficinas. Según las características constructivas y la zona climática en la que se localice la piscina y de acuerdo con los valores de la Tabla 4 del Anexo 1, las demandas térmicas de calefacción de estos espacios serán las siguientes:

Tabla 44.Demanda de calefacción de vestuarios y oficinas en una piscina cubierta

Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)			
	Año construcción < 1979	Año construcción 1979 - 2006	Año construcción 2007 - 2013	Año construcción > 2013
C1	59,4	50,0	34,4	27,0
C2	59,6	50,2	34,5	27,1
C3	58,6	45,3	33,6	26,1
D1	81,0	63,8	47,1	38,1
D2	80,8	63,6	47,0	38,0
E1	101,0	79,2	58,0	48,2

Fuente: Elaboración propia

- Necesidades de calefacción en el espacio de la piscina. Debido a la mayor altura del techo los volúmenes de estos espacios son muy superiores al resto de estancias, siendo también muy superiores las demandas térmicas de calefacción. Según las características constructivas y la zona climática en la que se localice la piscina, las demandas térmicas de calefacción de estos espacios serán las siguientes:

Tabla 45.Demanda de calefacción en el espacio de la piscina en una piscina cubierta

Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)			
	Año construcción < 1979	Año construcción 1979 - 2006	Año construcción 2007 - 2013	Año construcción > 2013
C1	178,2	150,0	103,2	81,0
C2	178,8	150,6	103,5	81,3
C3	175,8	135,9	100,8	78,3
D1	243,0	191,4	141,3	114,3
D2	242,4	190,8	141,0	114,0
E1	303,0	237,6	174,0	144,6

Fuente: Elaboración propia

Demanda de ACS

Para cuantificar las demandas de ACS se asimilan las consideradas por el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (Tabla 2 del anexo 2) para los “Gimnasios”:

Tabla 46.Demandas de ACS de una instalación deportiva

Demanda (litros) de ACS/día a 60°C	D_{ACS} (kW/día)	Operatividad (días/año)	D_{ACS}
22,5 l/usuario	1,2267	365	447,7 kW/ año. usuario

Fuente: Elaboración propia

Calentamiento de agua de piscina

La Instrucción Técnica IT.1 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) establece que la temperatura del agua en piscinas climatizadas estará comprendida entre 24 y 30 °C.

Los valores más habituales en las piscinas cubiertas son los siguientes:

Temperatura del agua: 25°C

Temperatura del aire: 27°C

Humedad relativa: 65%

El calentamiento del agua de una piscina debe ser tal que compense las pérdidas de calor que se producen. Estas pérdidas son principalmente por evaporación del agua, por renovación de agua y por transmisión.

- Pérdidas de calor por evaporación de agua (M_e)

Para determinar la evaporación del agua de la piscina se emplea la fórmula de Bernier. Según la cual:

$$M_e = S * [(16 + 133 * n) * (W_e - G_a * W_{as})]$$

Donde:

M_e=masa de agua evaporada (kg/h)

S=superficie de piscina (m²)

W_e=humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua (kg_{agua} /kg_{aire})

W_{as}= humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire interior (kg_{agua}/kg_{aire})

G_a=grado de saturación

n=nº de nadadores por m² de superficie de lámina de agua

Según el diagrama psicrométrico del aire seco en las condiciones de la piscina (T^a del agua a 25°C, T^a del aire 27°C y Humedad Relativa 65%) el valor de la humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire interior (W_{as}) será de 0,0225 kg_{agua}/kg_{aire seco},

mientras que la del aire saturado a la temperatura del agua (W_e) será de 0,02 $\text{kg}_{\text{agua}}/\text{kg}_{\text{aire seco}}$.

Las pérdidas de calor producidas por la evaporación del agua serán las siguientes:

$$M_e = 0,08608 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora} \cdot \text{m}^2_{\text{agua}} + 0,717 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora} \cdot \text{usuario}$$

Teniendo en cuenta que el calor de vaporización del agua (C_v) a 25 °C es de 676 Wh/kg, las pérdidas de calor producidas por la evaporación del agua durante un año serán las siguientes:

$$M_e = 509,74 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{agua}} \cdot \text{año} + 4.245,9 \text{ kWh}/\text{usuario} \cdot \text{año}$$

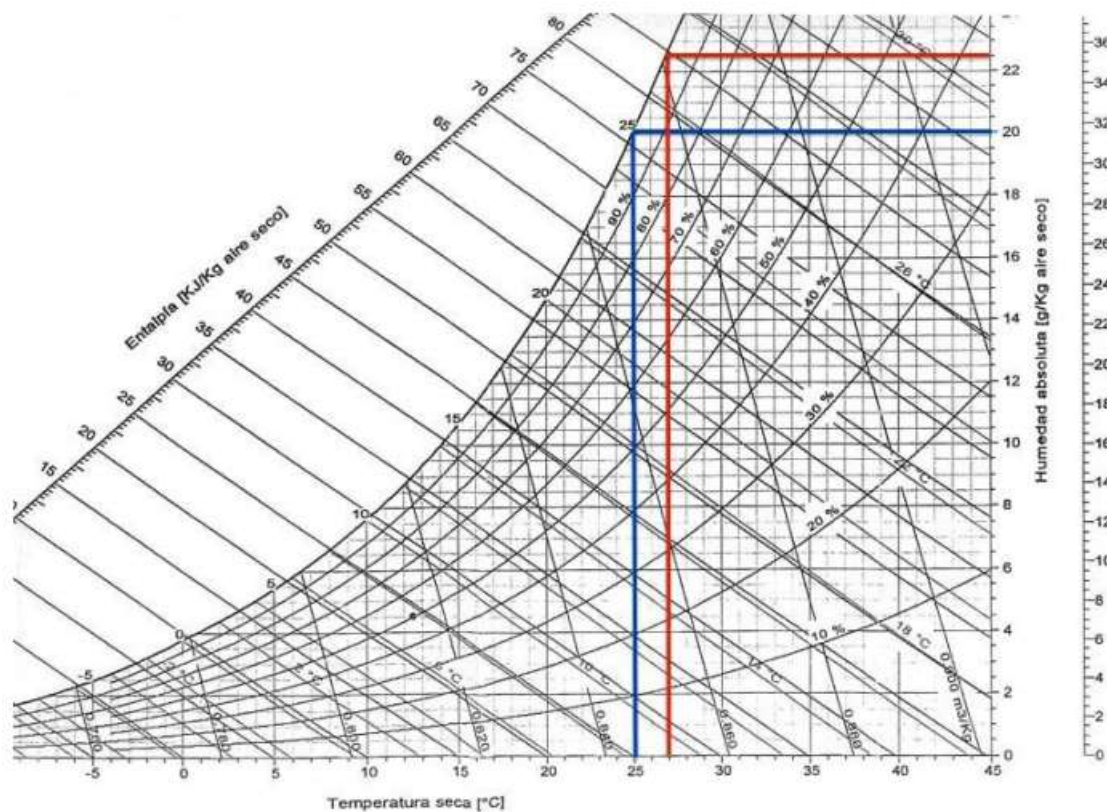


Figura 30. Diagrama Psicrométrico del Aire Seco

- Pérdidas de calor por renovación de agua (Q_R)

Se asume una tasa de renovación diaria del agua de las piscinas del 5%. Para determinar las pérdidas de calor que se derivan de esta renovación se empleará la siguiente fórmula:

$$Q_R = V_r \cdot D \cdot C_e \cdot x(T_{\text{agua}} - T_x)$$

Donde:

V_r = Volumen de agua de renovación (m^3) (5%volumen de la piscina)

D = Densidad del agua ($1000 \text{ kg}/\text{m}^3$)

C_e = Calor específico del agua ($1,16 \text{ Wh}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

T_{agua} = Temperatura del agua de la piscina (25°C)

T_x = Temperatura del agua red (13°C)

Así, considerando una temperatura de red media de 13°C, el calor por renovación del agua de una piscina será:

$$Q_R = 4.971,30 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{año}$$

- Pérdidas de calor por transmisión (Q_T)

Las pérdidas de calor por transmisión en una piscina son aquellas que se producen a través del elemento constructivo que contiene el agua. Para calcularlas se emplea la siguiente fórmula:

$$Q_T = C_T * S_T * (T_{\text{agua}} - T_{\text{ext}})$$

Donde:

C_T = coeficiente de transmisión de muros y solera

S_T = superficie transmisión de cerramiento del vaso (laterales y fondo)

T_{agua} = temperatura del agua de la piscina (25°C)

T_{ext} = temperatura exterior alcerramiento

Considerando los siguientes valores de los parámetros:

$C_T = 1,50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (hormigón)

$T_{\text{agua}} = 25^\circ\text{C}$

$T_{\text{ext}} = 15^\circ\text{C}$

$$Q_T = 131,40 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$

6.9 VIVIENDAS DE PROTECCIÓN OFICIAL

6.9.1 Número y distribución

Dentro de la categoría de viviendas de protección oficial deben diferenciarse dos clases:

- Viviendas de promoción pública: son viviendas cuyo promotor y propietario es la administración pública.
- Viviendas de promoción privada: son aquellas viviendas promovidas por un promotor privado, a las que la ley pone un precio de venta límite. Su titularidad por tanto es privada.

Según lo expuesto, sólo pueden ser objeto de este estudio las viviendas de promoción pública, puesto que sobre las de promoción privada la administración no tendría capacidad de intervención al no ser promotora ni gestora.

En el registro de demandantes de viviendas de protección oficial publicada por el Instituto Galega da Vivienda e Solo para el año 2019, se obtiene la siguiente distribución de viviendas de promoción pública para la zona objeto de estudio.

Tabla 47. Cuadro del número de viviendas de protección oficial

País	Provincia/Distrito	Viviendas de Protección Oficial
España	A Coruña	2.911
	Lugo	837
	Ourense	426
	Pontevedra	4.420
Subtotal		8.594
Portugal	Aveiro	2.181
	Braga	2.792
	Bragança	447
	Guarda	542
	Porto	5.802
	Viana do Castelo	955
	Vila Real	686
	Viseu	1.248
Subtotal		14.655
Total general		23.249

Fuente: Elaboración Propia

El 25% de las viviendas de protección oficial se encuentran distribuidas por el distrito de Porto, siguiéndole la provincia de Pontevedra con un 19% y con un 13% se encuentra la provincia de A Coruña.



Figura 31. Número de viviendas de protección oficial por concello

Fuente: Elaboración propia

6.9.2 Demandas térmicas

Para analizar las demandas térmicas de las viviendas de protección oficial de promoción pública debemos diferenciar dos grupos:

- Grupo I: viviendas unifamiliares que se localizan principalmente en entornos rurales. Al tratarse de viviendas independientes, sus pérdidas de calor y sus requerimientos térmicos de calefacción son mayores que las viviendas colectivas.
- Grupo II: viviendas colectivas, localizadas principalmente en entornos urbanos.

Para ambos grupos se considera una ocupación media de 24 horas diarias durante 365 días año.

Al tratarse de un servicio básico de vivienda se requiere principalmente de una instalación de calefacción y ACS.

A continuación, en la siguiente tabla se recogen las principales características energéticas que presentan las viviendas de protección oficial.

Tabla 48. Características energéticas de las viviendas de protección oficial

Grupo	GI	GII
Horas de funcionamiento	24 h/día	24 h/día
Días de funcionamiento	365 días/año	365 días/año
Localización	Rural	Urbana
Demanda de Calefacción	Sí	Sí
Demanda ACS	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia

Demanda de calefacción

Según las características constructivas y la zona climática en la que se localice la vivienda, de acuerdo con los valores de la Tabla 5 del Anexo 1, las demandas térmicas de calefacción serán las siguientes:

Tabla 49. Demanda de calefacción en una de vivienda de protección

Año de construcción	Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)	
		Viviendas unifamiliares (GI)	Viviendas colectivas (GII)
≤1979	C1	142,6	58,5
	C2	143	58,9
	C3	140,6	57
	D1	194,4	84,7
	D2	193,9	84,4
	E1	242,3	109,6
1980 - 2006	C1	120	53,4
	C2	120,5	53,8
	C3	108,6	48,4
	D1	153,2	73,3
	D2	152,7	73,2
	E1	190,1	94,2
2007 - 2013	C1	82,6	36,2
	C2	82,9	36,7
	C3	80,7	34,4
	D1	113,1	54
	D2	112,8	54
	E1	139,1	70,6
>2013	C1	64,7	26
	C2	65	26,5
	C3	62,7	24,7
	D1	91,5	41,4
	D2	91,2	41,5
	E1	115,7	56,3

Fuente: Elaboración propia

Demanda de ACS

Para cuantificar las demandas de ACS se asimilan las consideradas por el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (Tabla 2 del anexo 2) para los “Viviendas unifamiliares” y “Viviendas colectivas:

Tabla 50.Demandas de ACS de una vivienda de protección

Grupo de viviendas de protección oficial	Demanda (litros) de ACS/día a 60°C	D _{ACS} (kW/día)	Operatividad (días/año)	D _{ACS}
GI	30 l/persona	1,6356	365	597,0 kW/año. persona
GII	22 l/persona	1,1994	365	437,8 kW/ año. persona

Fuente: Elaboración propia

7 ESCENARIO DE PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES

A la hora de realizar un análisis de rentabilidad que determine la viabilidad económica de llevar a cabo una instalación que use como fuente de combustible biomasa no valorizada de alto potencial frente a otro tipo de combustible es preciso determinar en primer lugar el precio de los combustibles y su posible evolución.

Los combustibles considerados en el presente estudio son los siguientes:

- Biocombustibles de BNVAP:
 - Pellets
 - Astillas
- Combustibles fósiles: Gasóleo C¹

7.1 ESCENARIO DE PRECIOS PARA BIOCOMBUSTIBLES A BASE DE BNVAP

Según el proyecto BNVAP el escenario de precios de pellets y astillas para el periodo 2020-2034, considerando un incremento anual del 1,2 %, será el siguiente:

¹Según la “Estrategia de Aforro e Eficiencia Enerxética no Sector Público Autonómico de Galicia 2015-2020” (INEGA 2015) el 64% de los edificios administrativos que usan combustibles fósiles como fuente de energía, emplean gasóleo C.

Tabla 51. Escenario de precios de pellet y briquetas (c€/kWh) para el período 2020-2034

Año	Pellet (c€/kWh)	Astillas (c€/kWh)
2020	3,987	2,044
2021	4,035	2,069
2022	4,083	2,094
2023	4,132	2,119
2024	4,182	2,144
2025	4,232	2,170
2026	4,283	2,196
2027	4,334	2,222
2028	4,386	2,249
2029	4,439	2,276
2030	4,492	2,303
2031	4,546	2,331
2032	4,601	2,359
2033	4,656	2,387
2034	4,712	2,416

Fuente: Elaboración propia

7.2 ESCENARIO DE PRECIOS DEL GASÓLEO C

El precio del gasóleo C, así como el de todos los combustibles derivados del petróleo, está directamente relacionado con el precio del barril de Brent. Así para determinar la evolución del precio del gasóleo C se ha considerado la proyección del precio del barril de Brent realizada por la US IEA (Agencia Internacional de la Energía) en el Annual Energy Outlook 2019.

El anexo 3 se analiza en detalle los costes y evolución del gasóleo C, que de forma resumida se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 52. Escenario de precios del gasóleo C (c€/kWh) para el período 2020-2034

Año	Gasóleo C (c€/kWh)
2020	6,618
2021	7,014
2022	7,184
2023	7,312
2024	7,396
2025	7,459
2026	7,554
2027	7,618
2028	7,706
2029	7,786
2030	7,841

Año	Gasóleo C (c€/kWh)
2031	7,950
2032	8,002
2033	8,073
2034	8,157

Fuente: Elaboración propia

8 ANÁLISIS DE COSTES Y VIABILIDAD ECONÓMICA LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS

En los siguientes apartados se analiza la viabilidad económica de las distintas tecnologías de aprovechamientos de biomasa de alto potencial en las instalaciones públicas.

Para realizar el análisis de las instalaciones se va a tener en cuenta en primer lugar, los condicionantes que pueden presentar cada una de las instalaciones y que limitan el uso de las diferentes tecnologías. Se indican a continuación los condicionantes más relevantes que se van a tener en cuenta para realizar el estudio:

- La demanda de energética que presenta cada instalación.
- La constancia con la que requiere la demanda energética en cada instalación.

En segundo lugar, en base a estas dos condiciones se definen dos grandes categorías:

CATEGORÍA A. Se encuentran involucradas dentro de este grupo aquellas instalaciones que presentan un alto consumo de energía térmica y de ACS. Se les atribuye una alta demanda energética y de forma constante. A continuación se muestran las instalaciones que presentan estas características:

1. Centros sanitarios
2. Centros asistenciales: Grupo II
3. Piscinas cubiertas

CATEGORÍA B. Se encuentran involucradas dentro de este grupo aquellas instalaciones que presentan un mayor consumo de energía térmica y, las demandas de ACS son de bajas a muy bajas. Se les atribuye una demanda energética pequeña y menos constancia. A continuación se muestran las instalaciones que presentan estas características:

1. Edificios administrativos
2. Centros asistenciales: Grupo I
3. Centros culturales
4. Centros de enseñanza
5. Servicios de protección ciudadana
6. Instalaciones deportivas
7. Viviendas de protección pública

Se va a estudiar la viabilidad económica para una instalación tipo de cada categoría, considerando los costes de inversión y los costes operativos relativos al mantenimiento y al funcionamiento.

8.1 INSTALACIÓN TIPO DE LA CATEGORÍA A

8.1.1 DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN TIPO Y DETERMINACIÓN DE SUS NECESIDADES TÉRMICAS

Para estudiar la viabilidad económica se hace necesario definir una instalación pública tipo que sea representativa del conjunto y que permita la comparación entre las diferentes tecnologías.

Para la instalación tipo será necesario definir todos aquellos parámetros que condicionan las demandas térmicas (ver Anexos 1 y 2):

- Características constructivas:
 - Período de construcción (<1979, 1979-2006, 2007-2013 o >2013). Permite establecer la norma constructiva de aplicación. Las normas determinan exigencias en los aislamientos de las construcciones.
 - Superficie cubierta útil, la demanda total de calefacción es directamente proporcional a la superficie a calefactar.
 - Tipo de construcción (aislada o agrupada). Se asume que todas las instalaciones públicas, a excepción de las viviendas de protección oficial, son aisladas. Las construcciones aisladas tienen mayores pérdidas de calor y, por tanto, mayores necesidades térmicas.
- Ocupación: el número de usuarios, habitantes, etc. condiciona las demandas de ACS.
- Operatividad: las horas y días de funcionamiento están directamente relacionadas con las demandas térmicas de la instalación.
- Zona climática: cuanto mayor es la severidad climática, mayores serán las demandas térmicas de calefacción.
- Tipo de demandas térmicas: ACS, Calefacción...
- Tipo de combustible: Gasóleo C, Gas Natural, GLP, Biomasa...

Las características de la instalación tipo considerada se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 53. Características de la instalación tipo para la categoría A

Características Generales	
Uso	Asistencial
Periodo de construcción	1979-2006* ¹
Superficie cubierta útil (m ²)	1.693* ²
Tipo de construcción	Aislada

Características Generales		
Ocupación		85 usuarios* ³
Operatividad	Horas de funcionamiento	24 h/día
	Días de funcionamiento	365 días/año
Zona climática		C1* ⁴
Tipo de necesidades térmicas		Calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS)
Tipo de combustible		Gasóleo C*
^{*1} El 51,85% de los edificios administrativos fueron construidos entre 1979 y 2006 según datos catastrales. ^{*2} Superficie cubierta útil media de los edificios administrativos según datos de la EIEL ^{*3} Según ocupaciones máximas establecidas en el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio del Código técnico de la edificación. ^{*4} Según la clasificación climática descrita en el Anexo 1, el 67% de los edificios asistenciales se encuentra en esta zona climática		

Fuente: Elaboración Propia

Tras la definición de las características generales de la instalación tipo se determinaron sus necesidades térmicas, tanto de calefacción como de ACS (agua caliente sanitaria). Para ello se han tenido en cuenta las prescripciones recogidas en el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE).

i. Necesidades térmicas de calefacción

Según las características de la instalación tipo (año de construcción, zona climática y operatividad) y los valores de referencia recogidos en la Tabla 4 del Anexo 1, las necesidades térmicas de calefacción para la instalación tipo considerada serán las siguientes:

Tabla 54. Necesidades térmicas de calefacción de la instalación tipo

Tipo necesidad térmica	Demanda térmica por m ²	Superficie	Demanda térmica total
Calefacción	120 kWh/año.m ²	1.693 m ²	203.160 kWh/año

Fuente: Elaboración propia

ii. Necesidades térmicas de ACS

Para determinar las necesidades de ACS se toma como referencia las especificaciones recogidas en la sección HE 4 del CTE y los resultados recogidos en la Tabla 2 del Anexo 2

Tabla 55. Necesidades térmicas de ACS de la instalación tipo

Tipo de edificio	Litros/día a 60 °C	Energía para Tª Red = 13°C	Ocupación	Demanda ACS Total
Centro asistencial	55 l/persona	1.094,5 kWh/año persona	85	93.032,5 kWh/año

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CTE

Así, las necesidades térmicas de calefacción y agua caliente sanitaria serán las siguientes:

Tabla 56.Necesidades térmicas totales de la instalación tipo

Tipo necesidad térmica	Demanda térmica total (kWh/año)
Calefacción	203.160,0
Agua Caliente Sanitaria	93.032,5
TOTAL	296.192.5

Fuente: Elaboración propia

Para satisfacer las demandas térmicas la **caldera** de la instalación tipo debe contar con una potencia de **300 kW**.

Con relación a los criterios definidos se van a desarrollar los costes estimados que conlleva implantar estas nuevas tecnologías.

Para fijar los precios de los diferentes equipos tecnológicos a instalar se opta por instalar equipamientos de fabricantes de primeras marcas con fiabilidad testada en casos reales.

8.1.2 ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS

En los siguientes apartados se analizará la viabilidad económica de cada una de las tecnologías consideradas en el estudio según las características de la instalación tipo.

Para llevar a cabo el análisis se toman los precios y costes de España, ya que las diferencias de costes son poco significativas en el balance total con Portugal. Teniendo en cuenta en el balance total los diferentes factores que determinan el precio final, como son el precio de mano de obra, el coste de instalaciones, el transporte y, el precio de los materiales y equipamientos. Por lo tanto, y para no duplicar la información para cada país, se hace el análisis en función de los datos publicados por el INEGA (Instituto Enerxético de Galicia) y datos actualizados de costes de España.

8.1.2.1 Calderas de pellets

Para el empleo de biomasa como combustible de calderas en instalaciones existentes que emplean gasóleo C como combustible se plantean los siguientes supuestos:

- Sustitución de caldera de gasóleo C por una nueva caldera de biomasa de pellets (descrita en el apartado 5.2.1.1), manteniendo el sistema de distribución de agua existente, tanto del circuito de calefacción como de ACS.
- Sustitución del quemador de gasóleo C por un quemador de pellets, conservando la caldera y los sistemas de distribución de agua existentes.

En el caso del cambio de quemador se ha considerado el coste del aprovisionamiento, instalación y puesta en marcha del propio quemador así como de sus equipos auxiliares incluyendo los elementos de acoplamiento a nueva caldera, sistema de control (sondas y autómatas), SAI, sistema de protección contra incendios (válvula de inundación y válvula antirretorno de gases), tolva de combustible para consumo diario, sistema de alimentación del quemador por tornillo sinfín, silo metálico vertical para almacenamiento exterior y sistema de alimentación silo-tolva mediante tornillo sinfín.

En caso de sustitución del quemador en calderas de gasóleo es preciso verificar que el quemador de pellet es compatible con la caldera en cuestión. Esta verificación se puede realizar consultando al fabricante de la caldera y al proveedor de quemadores de pellet. Aunque cada caldera es particular los fabricantes de quemadores de biomasa afirman que en la mayor parte de los casos la adaptación es posible.

Los elementos necesarios para poder emplear biomasa en la generación térmica, en función de la solución adoptada, son los siguientes:

Tabla 57. Elementos necesarios para el empleo de biomasa (pellets) en una caldera

Elemento	Instalación caldera de pellets	Cambio de quemador
Caldera/quemador	X	X
Sistema de alimentación	X	X
Silo de combustible	X	X
Sistema de control	X	X
Instalación hidráulica	X	
Instalación eléctrica	X	X
Conductos de humos	X	
Sala de calderas	X	

Fuente: Elaboración propia

La descripción de cada uno de los elementos que componen la instalación ya se encuentra definida en el presente estudio, mostrándose además esquema de la instalación.

8.1.2.1.1 Costes de inversión

Las características y los costes de inversión de cada uno de los dos supuestos considerados se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 58. Características de las actuaciones propuestas

Actuación	Potencia a instalar (kW)	Silo		Presupuesto con IVA (€)
		Capacidad (t)	Autonomía	
Sustitución de caldera	300	10	1,8	95.501
Sustitución de quemador	300	10	1,7	26.870

*En los meses de empleo de calefacción

Fuente: Elaboración propia

8.1.2.1.2 Costes operativos

El principal coste operativo de una caldera es el que se deriva del consumo de combustible que se produce durante su funcionamiento.

Para calcular el coste de combustible anual es necesario determinar en primer lugar la cantidad de combustible necesaria para cubrir las demandas energéticas de una instalación tipo, para ello se tendrá en cuenta los siguientes factores:

- Demanda energética total (D_{total}) requerida por la instalación tipo:

$$D_{total} = D_{calef} + D_{ACS}$$

$$D_{total} = 203.160 + 93.032,5 = 296.192,5 \text{ kWh/año}$$

- Rendimiento (η) del equipo de combustión, que determina su consumo energético (CE) según la siguiente fórmula:

$$CE = \frac{D_{total}}{\eta}$$

Los rendimientos de los equipos considerados serán los siguientes:

Tabla 59. Rendimientos de los equipos

Equipo de combustión	Rendimiento (η)
Caldera de pellets	91 %
Caldera de gasóleo C	77 ^{*1} %
Quemador de pellets	87 ^{*2} %

*¹Rendimiento medio para una caldera existente de 10 años de antigüedad

*²Rendimiento medio para un quemador nuevo montado sobre una caldera existente de 10 años de antigüedad

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de fabricantes

- Poder calorífico inferior (PCI) de los combustibles, que permite determinar el coste del combustible por kWh. Los PCI de los combustibles considerados en el estudio son los siguientes:

Tabla 60.Poderes caloríficos

Tipo combustible	PCI (kWh/kg)
Pellet BNVAP	4,833
Gasóleo C	10,41

Fuente: Proyecto Biomasa AP e IDAE

Según lo expuesto, las necesidades anuales de combustible para cada uno de los supuestos considerados serán las siguientes:

Tabla 61.Necesidades anuales de combustible

Equipo	Combustible	D_{total} (kWh/año)	H(%)	CE(kWh/año)	PCI(kWh/kg)	Necesidades de combustible
Caldera de pellet	Pellet BNVAP	296.192,5	91	325.486,26	4,833	67.346,6 kg/año
Quemador de pellet	Pellet BNVAP	296.192,5	87	340.451,15	4,833	70.443,0 kg/año
Caldera de gasóleo C	Gasóleo C	296.192,5	77	384.665,58	10,41	36.951,5 l/año

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinadas las necesidades anuales de combustible se obtienen los costes operativos anuales según el precio de los combustibles recogido en el apartado 7.

Tabla 62.Costes operativos anuales

Año	Caldera gasóleo C (€)	Caldera pellet (€)	Quemador pellet(€)
1	22.634	12.824	13.413
2	25.455	12.978	13.574
3	26.979	13.133	13.737
4	27.635	13.291	13.902
5	28.128	13.451	14.069
6	28.449	13.612	14.238
7	28.694	13.775	14.409
8	29.058	13.941	14.582
9	29.303	14.108	14.757
10	29.643	14.277	14.934
11	29.951	14.449	15.113
12	30.160	14.622	15.294
13	30.581	14.797	15.478
14	30.781	14.975	15.663
15	31.055	15.155	15.851

Año	Caldera gasóleo C (€)	Caldera pellet (€)	Quemador pellet(€)
TOTAL	428.507	209.388	219.015

Fuente: Elaboración propia

8.1.2.1.3 Análisis de rentabilidad

La rentabilidad se define como la relación que existe entre los beneficios que proporciona una inversión y el coste que supone realizarla. Por ello, para poder decir si una inversión es rentable o no, se va a analizar la rentabilidad de los supuestos considerados en apartado 8.2.2.1, teniendo en cuenta para ello los costes de inversión y los costes operacionales de cada uno de ellos.

8.1.2.1.3.1 Sustitución de caldera de gasóleo C por caldera de pellets

Teniendo en cuenta la inversión inicial necesaria y los costes operativos de cada uno de los sistemas se obtiene el siguiente flujo de caja:

Tabla 63. Flujo de caja para sustitución de caldera de gasóleo C por caldera de pellets

Año	Gasto Gasóleo C (€)	Gasto Pellet (€)	Ahorro anual(€)	Flujo caja acumulado (€)
0			-95.501	-95.501
1	22.634	12.824	9.811	-85.690
2	25.455	12.978	12.478	-73.213
3	26.979	13.133	13.845	-59.367
4	27.635	13.291	14.343	-45.024
5	28.128	13.451	14.677	-30.347
6	28.449	13.612	14.837	-15.509
7	28.694	13.775	14.918	-591
8	29.058	13.941	15.117	14.526
9	29.303	14.108	15.195	29.721
10	29.643	14.277	15.366	45.087
11	29.951	14.449	15.502	60.589
12	30.160	14.622	15.538	76.128
13	30.581	14.797	15.784	91.912
14	30.781	14.975	15.806	107.718
15	31.055	15.155	15.901	123.618

Fuente: Elaboración propia

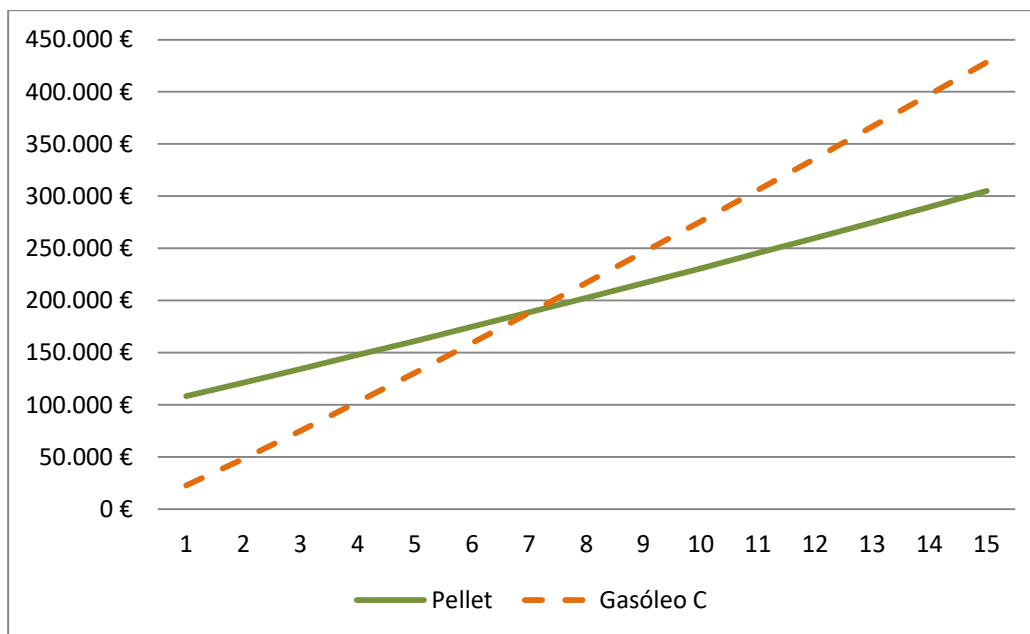
Para determinar la rentabilidad de la inversión se analizó la tasa interna de rentabilidad (TIR), el valor actual neto (VAN) y el período de retorno.

VAN	70.538,32 €
TIR	12%

Para a tasa de rentabilidad elegida ($r=3.5\%$) el VAN arroja valores positivos, con una tasa interna de rentabilidad del 12%. A la vista de estos datos se considera que el cambio de una caldera de gasóleo C por una de pellets sería **viable económicamente**.

El **período de retorno** de la inversión es inferior a **8 años**, tal como se recoge en el gráfico siguiente:

Gráfico 1. Período de retorno de la inversión



Fuente: Elaboración propia

8.1.2.1.3.2 Sustitución de quemador de gasóleo C por quemador de pellets

Teniendo en cuenta la inversión inicial necesaria y los costes operativos de cada uno de los sistemas se obtiene el siguiente flujo de caja:

Tabla 64. Flujo de caja para sustitución de quemador de gasóleo C por quemador de pellets

Año	Gasto Gasóleo C (€)	Gasto Pellet (€)	Ahorro anual (€)	Flujo caja acumulado (€)
0			-26.870	-26.870
1	22.634	13.413	9.221	-17.649
2	25.455	13.574	11.881	-5.768
3	26.979	13.737	13.241	7.474
4	27.635	13.902	13.732	21.206
5	28.128	14.069	14.059	35.265
6	28.449	14.238	14.212	49.477
7	28.694	14.409	14.285	63.762
8	29.058	14.582	14.476	78.238
9	29.303	14.757	14.547	92.784
10	29.643	14.934	14.709	107.494

Año	Gasto Gasóleo C (€)	Gasto Pellet (€)	Ahorro anual (€)	Flujo caja acumulado (€)
11	29.951	15.113	14.838	122.332
12	30.160	15.294	14.866	137.198
13	30.581	15.478	15.104	152.301
14	30.781	15.663	15.117	167.419
15	31.055	15.851	15.204	182.623

Fuente: Elaboración propia

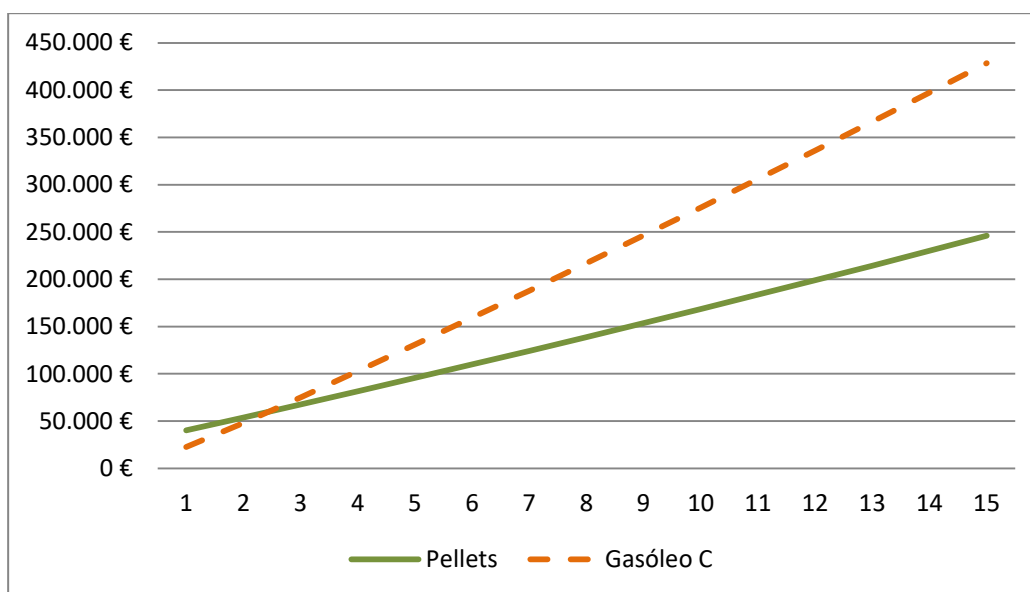
Para determinar la rentabilidad de la inversión se analizó la tasa interna de rentabilidad (TIR), el valor actual neto (VAN) y el período de retorno.

VAN	131.834,02 €
TIR	44%

Para a tasa de rentabilidad elegida ($r=3.5\%$) el VAN arroja valores positivos, con una tasa interna de rentabilidad del 44%. A la vista de estos datos se considera que el cambio de quemador de gasóleo C por uno de pellets sería **viable económicamente**.

El **período de retorno** de la inversión es inferior a **3 años**, tal como se recoge en el gráfico siguiente:

Gráfico 2. Período de retorno de la inversión



Fuente: Elaboración propia

8.1.2.2 Calderas de astillas

Para el empleo de astillas como combustible de calderas en instalaciones existentes que emplean gasóleo C como combustible se plantea la sustitución de caldera en relación al esquema descrito en el apartado 5.2.1.2 del presente estudio. Manteniendo el sistema de distribución de agua existente, tanto en el circuito de calefacción como de ACS.

Los elementos necesarios para poder emplear este tipo biomasa en la generación térmica, son los siguientes:

Tabla 65.Elementos necesarios para el empleo de biomasa (astillas) en una caldera

Elemento	Instalación caldera de astillas
Caldera	X
Sistema de alimentación	X
Silo de combustible	X
Sistema de control	X
Instalación hidráulica	X
Instalación eléctrica	X
Conductos de humos	X
Sala de calderas	X

Fuente: Elaboración propia

La descripción de cada uno de los elementos que componen la instalación se encuentra definida en el apartado 5.2.1.2 del presente estudio, mostrándose esquema de instalación.

8.1.2.2.1 Costes de inversión

Las características y los costes de inversión se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 66.Características de las actuaciones propuestas

Actuación	Potencia a instalar (kW)	Silo		Presupuesto con IVA (€)
		Capacidad (t)	Autonomía	
Sustitución de caldera	300	10	1,6	127.340

*En los meses de empleo de calefacción

Fuente: Elaboración propia

8.1.2.2.2 Costes operativos

El principal coste operativo de una caldera es el que se deriva del consumo de combustible que se produce durante su funcionamiento.

Para calcular el coste de combustible anual es necesario determinar en primer lugar la cantidad de combustible necesaria para cubrir las demandas energéticas de una instalación tipo, para ello se tendrá en cuenta los siguientes factores:

- Demanda energética total (D_{total}) requerida por la instalación tipo:

$$D_{total} = D_{calef} + D_{ACS}$$

$$D_{total} = 203.160 + 93.032,5 = 296.192,5 \text{ kWh/año}$$

- Rendimiento (η) del equipo de combustión, que determina su consumo energético (CE) según la siguiente fórmula:

$$CE = \frac{D_{total}}{\eta}$$

Los rendimientos de los equipos considerados serán los siguientes:

Tabla 67. Rendimientos de los equipos

Equipo de combustión	Rendimiento (η)
Caldera de astillas	91 %
Caldera de gasóleo C	77* ¹ %

*¹Rendimiento medio para una caldera existente de 10 años de antigüedad

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de fabricantes

- Poder calorífico inferior (PCI) de los combustibles, que permite determinar el coste del combustible por kWh. Los PCI de los combustibles considerados en el estudio son los siguientes:

Tabla 68. Poderes caloríficos

Tipo combustible	PCI (kWh/kg)
Astilla BNVAP	4,4
Gasóleo C	10,41

Fuente: Proyecto Biomasa AP e IDAE

Según lo expuesto, las necesidades anuales de combustible para cada uno de los supuestos considerados serán las siguientes:

Tabla 69. Necesidades anuales de combustible

Equipo	Combustible	D_{total} (kWh/año)	H(%)	CE(kWh/año)	PCI(kWh/kg)	Necesidades de combustible
Caldera de astillas	Astillas BNVAP	296.192,5	91	325.486,26	4,4	73.974,2 kg/año
Caldera de gasóleo C	Gasóleo C	296.192,5	77	384.665,58	10,41	36.951,5 l/año

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinadas las necesidades anuales de combustible se obtienen los costes operativos anuales según el precio de los combustibles recogido en el apartado 7.

Tabla 70. Costes operativos anuales

Año	Caldera gasóleo C (€)	Caldera astillas (€)
1	22.634	6.575
2	25.455	6.654
3	26.979	6.734
4	27.635	6.815
5	28.128	6.896
6	28.449	6.979
7	28.694	7.063
8	29.058	7.148
9	29.303	7.233
10	29.643	7.320
11	29.951	7.408
12	30.160	7.497
13	30.581	7.587
14	30.781	7.678
15	31.055	7.770
TOTAL	428.507	107.356

Fuente: Elaboración propia

8.1.2.2.3 Análisis de rentabilidad

La rentabilidad se define como la relación que existe entre los beneficios que proporciona una inversión y el coste que supone realizarla. Por ello, para poder decir si una inversión es rentable o no, se va a analizar la rentabilidad del cambio de caldera de gasóleo por una caldera de astillas teniendo en cuenta para ello los costes de inversión y los costes operacionales.

8.1.2.2.3.1 Sustitución de caldera de gasóleo C por caldera de astillas

Teniendo en cuenta la inversión inicial necesaria y los costes operativos de cada uno de los sistemas se obtiene el siguiente flujo de caja:

Tabla 71. Flujo de caja para sustitución de caldera de gasóleo C por caldera de astillas

Año	Gasto Gasóleo C (€)	Gasto Astillas (€)	Ahorro anual(€)	Flujo caja acumulado (€)
0			-127.340	-127.340
1	22.634	6.575	16.059	-111.281
2	25.455	6.654	18.802	-92.479
3	26.979	6.734	20.245	-72.234
4	27.635	6.815	20.820	-51.414
5	28.128	6.896	21.231	-30.183
6	28.449	6.979	21.470	-8.712
7	28.694	7.063	21.631	12.919
8	29.058	7.148	21.910	34.829

Año	Gasto Gasóleo C (€)	Gasto Astillas (€)	Ahorro anual(€)	Flujo caja acumulado (€)
9	29.303	7.233	22.070	56.899
10	29.643	7.320	22.323	79.222
11	29.951	7.408	22.543	101.764
12	30.160	7.497	22.663	124.428
13	30.581	7.587	22.994	147.422
14	30.781	7.678	23.103	170.525
15	31.055	7.770	23.285	193.811

Fuente: Elaboración propia

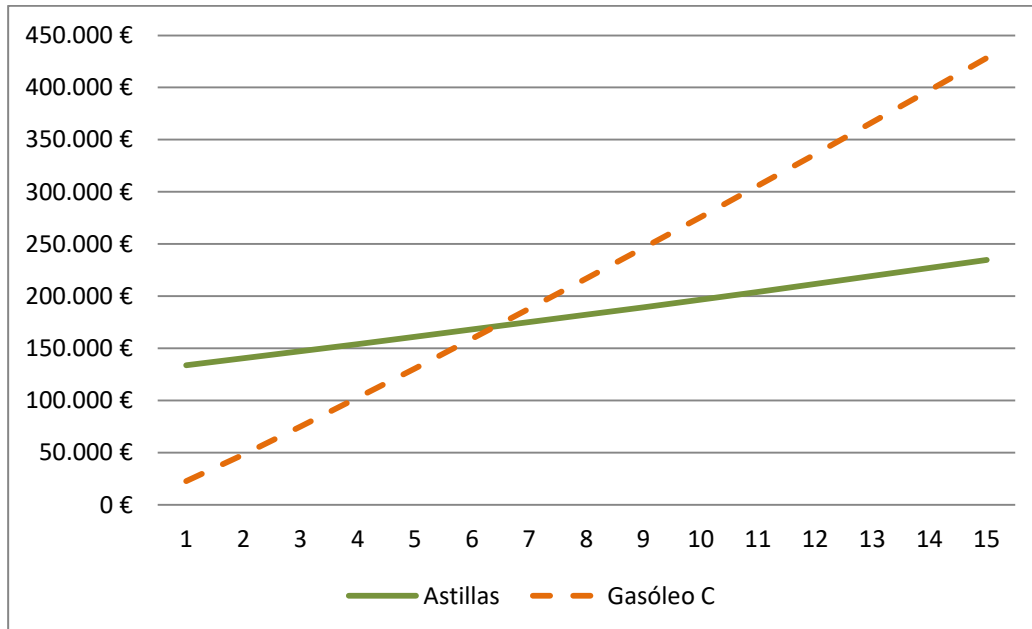
Para determinar la rentabilidad de la inversión se analizó la tasa interna de rentabilidad (TIR), el valor actual neto (VAN) y el período de retorno.

VAN	116.445,52 €
TIR	14%

Para a tasa de rentabilidad elegida ($r=3.5\%$) el VAN arroja valores positivos, con una tasa interna de rentabilidad del 14%. A la vista de estos datos se considera que el cambio de una caldera de gasóleo C por una de astillas sería **viable económicamente**.

El **período de retorno** de la inversión es inferior a **7 años**, tal como se recoge en el gráfico siguiente:

Gráfico 3. Período de retorno de la inversión



Fuente: Elaboración propia

8.2 INSTALACIÓN TIPO DE LA CATEGORÍA B

8.2.1 DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN TIPO Y DETERMINACIÓN DE SUS NECESIDADES TÉRMICAS

Para estudiar la viabilidad económica se hace necesario definir una instalación pública tipo que sea representativa del conjunto y que permita la comparación entre las diferentes tecnologías.

Para la instalación tipo será necesario definir todos aquellos parámetros que condicionan las demandas térmicas (ver Anexos 1 y 2):

- Características constructivas:
 - Período de construcción (<1979, 1979-2006, 2007-2013 o >2013). Permite establecer la norma constructiva de aplicación. Las normas determinan exigencias en los aislamientos de las construcciones.
 - Superficie cubierta útil, la demanda total de calefacción es directamente proporcional a la superficie a calefactar.
 - Tipo de construcción (aislada o agrupada). Se asume que todas las instalaciones públicas, a excepción de las viviendas de protección oficial, son aisladas. Las construcciones aisladas tienen mayores pérdidas de calor y, por tanto, mayores necesidades térmicas.
- Ocupación: el número de usuarios, habitantes, etc. condiciona las demandas de ACS.
- Operatividad: las horas y días de funcionamiento están directamente relacionadas con las demandas térmicas de la instalación.
- Zona climática: cuanto mayor es la severidad climática, mayores serán las demandas térmicas de calefacción.
- Tipo de demandas térmicas: ACS, Calefacción...
- Tipo de combustible: Gasóleo C, Gas Natural, GLP, Biomasa...

Las características de la instalación tipo considerada se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 72. Características de la instalación tipo para la categoría B

Características Generales		
Uso		Administrativo
Periodo de construcción		1979-2006* ¹
Superficie cubierta útil (m ²)		1.048* ²
Tipo de construcción		Aislada
Ocupación		105 personas* ³
Operatividad	Horas de funcionamiento	8 h/día
	Días de funcionamiento	250 días/año

Características Generales	
Zona climática	C1* ⁴
Tipo de necesidades térmicas	Calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS)
Tipo de combustible	Gasóleo C* ⁵
^{*1} El 57% de los edificios administrativos fueron construidos entre 1979 y 2006 según datos catastrales. ^{*2} Superficie cubierta útil media de los edificios administrativos según datos de la EIEL ^{*3} Según ocupaciones máximas establecidas en el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio del Código técnico de la edificación. ^{*4} Según la clasificación climática descrita en el Anexo 1, el 61% de los edificios administrativos se encuentra en esta zona climática ^{*5} Según la "Estrategia de Aforro e Eficiencia Enerxética no Sector Público Autonómico de Galicia 2015-2020" (INEGA 2015) el 64% de los edificios administrativos que usan combustibles fósiles como fuente de energía, emplean gasóleo C	

Fuente: Elaboración Propia

Tras la definición de las características generales de la instalación tipo se determinaron sus necesidades térmicas, tanto de calefacción como de ACS (agua caliente sanitaria). Para ello se han tenido en cuenta las prescripciones recogidas en el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE).

iii. Necesidades térmicas de calefacción

Según las características de la instalación tipo (año de construcción, zona climática y operatividad) y los valores de referencia recogidos en la Tabla 4 del Anexo 1, las necesidades térmicas de calefacción para la instalación tipo considerada serán las siguientes:

Tabla 73. Necesidades térmicas de calefacción de la instalación tipo

Tipo necesidad térmica	Demanda térmica por m ²	Superficie	Demanda térmica total
Calefacción	50 kWh/año.m ²	1.048 m ²	52.400 kWh/año

Fuente: Elaboración propia

iv. Necesidades térmicas de ACS

Para determinar las necesidades de ACS se toma como referencia las especificaciones recogidas en la sección HE 4 del CTE y los resultados recogidos en la Tabla 2 del Anexo 2

Tabla 74. Necesidades térmicas de ACS de la instalación tipo

Tipo de edificio	Litros/día a 60 °C	Energía para T ^a Red = 13°C	Ocupación	Demanda ACS Total
Escuela	3 l/persona	40,9 kWh/año	105	4.294,5

Tipo de edificio	Litros/día a 60 °C	Energía para Tª Red = 13°C	Ocupación	Demanda ACS Total
		persona		kWh/año

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CTE

Así, las necesidades térmicas de calefacción y agua caliente sanitaria serán las siguientes:

Tabla 75.Necesidades térmicas totales de la instalación tipo

Tipo necesidad térmica	Demanda térmica total (kWh/año)
Calefacción	52.400,0
Agua Caliente Sanitaria	4.294,6
TOTAL	56.694,6

Fuente: Elaboración propia

Para satisfacer las demandas térmicas la **caldera** de la instalación tipo debe contar con una potencia de **55 kW**.

Con relación a los criterios definidos se van a desarrollar los costes estimados que conlleva implantar estas nuevas tecnologías.

Para fijar los precios de los diferentes equipos tecnológicos a instalar se opta por instalar equipamientos de fabricantes de primeras marcas con fiabilidad testada en casos reales.

8.2.2 ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS

En los siguientes apartados se analizará la viabilidad económica de cada una de las tecnologías consideradas en el estudio según las características de la instalación tipo.

Para llevar a cabo el análisis se toman los precios y costes de España, ya que las diferencias de costes son poco significativas en el balance total con Portugal. Teniendo en cuenta en el balance total los diferentes factores que determinan el precio final, como son el precio de mano de obra, el coste de instalaciones, el transporte y, el precio de los materiales y equipamientos. Por lo tanto, y para no duplicar la información para cada país, se hace el análisis en función de los datos publicados por el INEGA (Instituto Enerxético de Galicia) y datos actualizados de costes de España.

8.2.2.1 Calderas de pellets

Para el empleo de biomasa como combustible de calderas en instalaciones existentes que emplean gasóleo C como combustible se plantean los siguientes supuestos:

- Sustitución de caldera de gasóleo C por una nueva caldera de biomasa de pellets (descrita en el apartado 5.2.1.1), manteniendo el sistema de distribución de agua existente, tanto del circuito de calefacción como de ACS.

- **Sustitución del quemador** de gasóleo C por un quemador de pellets, conservando la caldera y los sistemas de distribución de agua existentes.

En el caso del cambio de quemador se ha considerado el coste del aprovisionamiento, instalación y puesta en marcha del propio quemador así como de sus equipos auxiliares incluyendo los elementos de acoplamiento a nueva caldera, sistema de control (sondas y autómatas), SAI, sistema de protección contra incendios (válvula de inundación y válvula antirretorno de gases), tolva de combustible para consumo diario, sistema de alimentación del quemador por tornillo sinfín, silo metálico vertical para almacenamiento exterior y sistema de alimentación silo-tolva mediante tornillo sinfín.

En caso de sustitución del quemador en calderas de gasóleo es preciso verificar que el quemador de pellet es compatible con la caldera en cuestión. Esta verificación se puede realizar consultando al fabricante de la caldera y al proveedor de quemadores de pellet. Aunque cada caldera es particular los fabricantes de quemadores de biomasa afirman que en la mayor parte de los casos la adaptación es posible.

Los elementos necesarios para poder emplear biomasa en la generación térmica, en función de la solución adoptada, son los siguientes:

Tabla 76. Elementos necesarios para el empleo de biomasa (pellets) en una caldera

Elemento	Instalación caldera de pellets	Cambio de quemador
Caldera/quemador	X	X
Sistema de alimentación	X	X
Silo de combustible	X	X
Sistema de control	X	X
Instalación hidráulica	X	
Instalación eléctrica	X	X
Conductos de humos	X	
Sala de calderas	X	

Fuente: Elaboración propia

La descripción de cada uno de los elementos que componen la instalación se encuentra definida en el apartado 5.2.1.1 del presente estudio, mostrándose además esquema de la instalación.

8.2.2.1.1 Costes de inversión

Las características y los costes de inversión de cada uno de los dos supuestos considerados se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 77. Características de las actuaciones propuestas

Actuación	Potencia a instalar (kW)	Silo		Presupuesto con IVA (€)
		Capacidad (t)	Autonomía	
Sustitución de caldera	55	4	1,8 meses	32.414
Sustitución de quemador	55	4	1,8 meses	13.937

*En los meses de empleo de calefacción

Fuente: Elaboración propia

8.2.2.1.2 Costes operativos

El principal coste operativo de una caldera es el que se deriva del consumo de combustible que se produce durante su funcionamiento.

Para calcular el coste de combustible anual es necesario determinar en primer lugar la cantidad de combustible necesaria para cubrir las demandas energéticas de una instalación tipo, para ello se tendrá en cuenta los siguientes factores:

- Demanda energética total (D_{total}) requerida por la instalación tipo:

$$D_{total} = D_{calef} + D_{ACS}$$

$$D_{total} = 52.400 + 4.294,6 = 56.694,6 \text{ kWh/año}$$

- Rendimiento (η) del equipo de combustión, que determina su consumo energético (CE) según la siguiente fórmula:

$$CE = \frac{D_{total}}{\eta}$$

Los rendimientos de los equipos considerados serán los siguientes:

Tabla 78. Rendimientos de los equipos

Equipo de combustión	Rendimiento (η)
Caldera de pellets	91 %
Caldera de gasóleo C	77 ^{*1} %
Quemador de pellets	87 ^{*2} %

*¹Rendimiento medio para una caldera existente de 10 años de antigüedad

*²Rendimiento medio para un quemador nuevo montado sobre una caldera existente de 10 años de antigüedad

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de fabricantes

- Poder calorífico inferior (PCI) de los combustibles, que permite determinar el coste del combustible por kWh. Los PCI de los combustibles considerados en el estudio son los siguientes:

Tabla 79.Poderes caloríficos

Tipo combustible	PCI (kWh/kg)
Pellet BNVAP	4,833
Gasóleo C	10,41

Fuente: Proyecto Biomasa AP e IDAE

Según lo expuesto, las necesidades anuales de combustible para cada uno de los supuestos considerados serán las siguientes:

Tabla 80.Necesidades anuales de combustible

Equipo	Combustible	D_{total} (kWh/año)	H(%)	CE(kWh/año)	PCI(kWh/kg)	Necesidades de combustible
Caldera de pellet	Pellet BNVAP	56.694,6	91	62.301,76	4,833	12.890,91 kg/año
Quemador de pellet	Pellet BNVAP	56.694,6	87	65.166,21	4,833	13.483,59 kg/año
Caldera de gasóleo C	Gasóleo C	56.694,6	77	73.629,35	10,41	7.072,94 l/año

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinadas las necesidades anuales de combustible se obtienen los costes operativos anuales según el precio de los combustibles recogido en el apartado 7.

Tabla 81.Costes operativos anuales

Año	Caldera gasóleo C (€)	Caldera pellet (€)	Quemador pellet(€)
1	4.332	2.455	2.567
2	4.872	2.484	2.598
3	5.164	2.514	2.629
4	5.290	2.544	2.661
5	5.384	2.575	2.693
6	5.446	2.605	2.725
7	5.492	2.637	2.758
8	5.562	2.668	2.791
9	5.609	2.700	2.825
10	5.674	2.733	2.858
11	5.733	2.766	2.893
12	5.773	2.799	2.927
13	5.854	2.832	2.963
14	5.892	2.866	2.998
15	5.944	2.901	3.034

Año	Caldera gasóleo C (€)	Caldera pellet (€)	Quemador pellet(€)
TOTAL	82.021	40.079	41.922

Fuente: Elaboración propia

8.2.2.1.3 Análisis de rentabilidad

La rentabilidad se define como la relación que existe entre los beneficios que proporciona una inversión y el coste que supone realizarla. Por ello, para poder decir si una inversión es rentable o no, se va a analizar la rentabilidad de los supuestos considerados en apartado 8.2.2.1, teniendo en cuenta para ello los costes de inversión y los costes operacionales de cada uno de ellos.

8.2.2.1.3.1 Sustitución de caldera de gasóleo C por caldera de pellets

Teniendo en cuenta la inversión inicial necesaria y los costes operativos de cada uno de los sistemas se obtiene el siguiente flujo de caja:

Tabla 82. Flujo de caja para sustitución de caldera de gasóleo C por caldera de pellets

Año	Gasto Gasóleo C (€)	Gasto Pellet (€)	Ahorro anual(€)	Flujo caja acumulado (€)
0			-32.414	-32.414
1	4.332	2.455	1.878	-30.536
2	4.872	2.484	2.388	-28.148
3	5.164	2.514	2.650	-25.498
4	5.290	2.544	2.745	-22.752
5	5.384	2.575	2.809	-19.943
6	5.446	2.605	2.840	-17.103
7	5.492	2.637	2.856	-14.247
8	5.562	2.668	2.894	-11.354
9	5.609	2.700	2.909	-8.445
10	5.674	2.733	2.941	-5.504
11	5.733	2.766	2.967	-2.537
12	5.773	2.799	2.974	438
13	5.854	2.832	3.021	3.459
14	5.892	2.866	3.025	6.484
15	5.944	2.901	3.044	9.528

Fuente: Elaboración propia

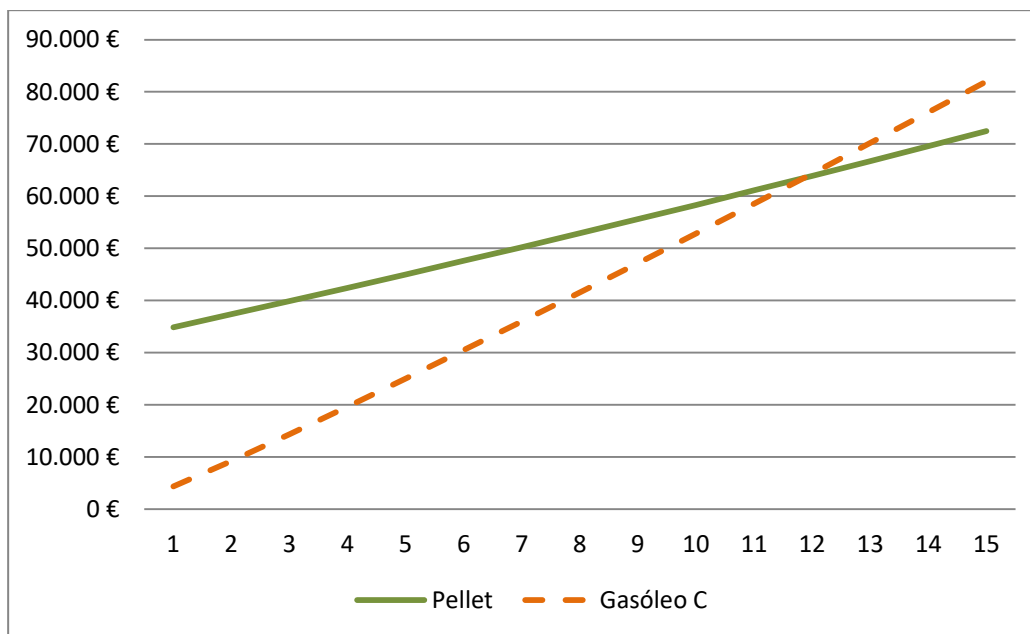
Para determinar la rentabilidad de la inversión se analizó la tasa interna de rentabilidad (TIR), el valor actual neto (VAN) y el período de retorno.

VAN	-632,21 €
TIR	3%

Para a tasa de rentabilidad elegida ($r=3.5\%$) el VAN arroja valores positivos, con una tasa interna de rentabilidad del 3%. A la vista de estos datos se considera que el cambio de una caldera de gasóleo C por una de pellets sería **viable económicamente**.

El **período de retorno** de la inversión es inferior a **12 años**, tal como se recoge en el gráfico siguiente:

Gráfico 4. Período de retorno de la inversión



Fuente: Elaboración propia

8.2.2.1.3.2 Sustitución de quemador de gasóleo C por quemador de pellets

Teniendo en cuenta la inversión inicial necesaria y los costes operativos de cada uno de los sistemas se obtiene el siguiente flujo de caja:

Tabla 83. Flujo de caja para sustitución de quemador de gasóleo C por quemador de pellets

Año	Gasto Gasóleo C (€)	Gasto Pellet (€)	Ahorro anual (€)	Flujo caja acumulado (€)
0			-13.937	-13.937
1	4.332	2.567	1.765	-12.172
2	4.872	2.598	2.274	-9.898
3	5.164	2.629	2.535	-7.363
4	5.290	2.661	2.629	-4.735
5	5.384	2.693	2.691	-2.044
6	5.446	2.725	2.720	677
7	5.492	2.758	2.734	3.411
8	5.562	2.791	2.771	6.182
9	5.609	2.825	2.784	8.966
10	5.674	2.858	2.816	11.782

Año	Gasto Gasóleo C (€)	Gasto Pellet (€)	Ahorro anual (€)	Flujo caja acumulado (€)
11	5.733	2.893	2.840	14.622
12	5.773	2.927	2.846	17.467
13	5.854	2.963	2.891	20.358
14	5.892	2.998	2.894	23.252
15	5.944	3.034	2.910	26.162

Fuente: Elaboración propia

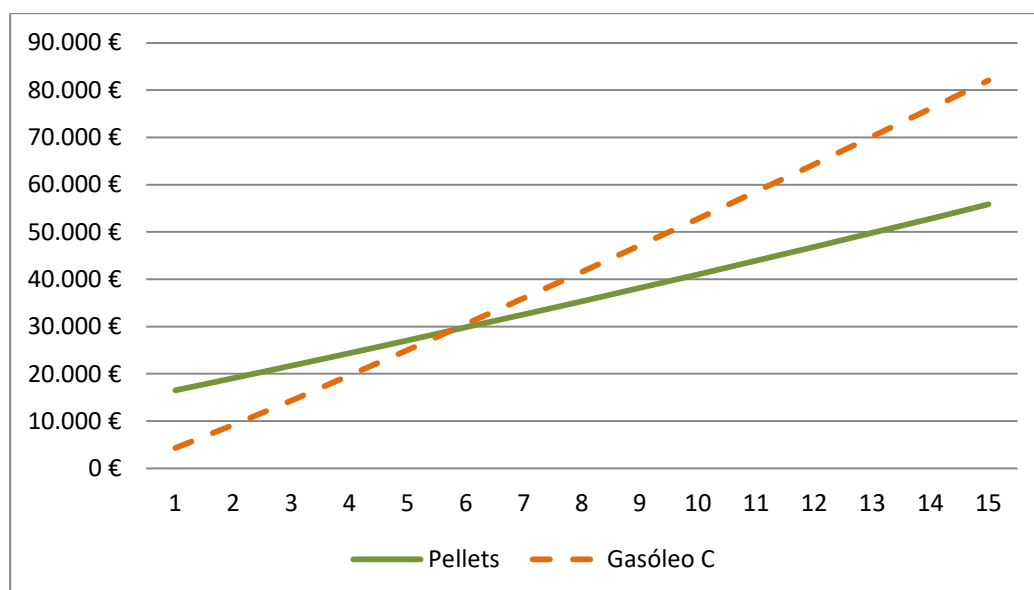
Para determinar la rentabilidad de la inversión se analizó la tasa interna de rentabilidad (TIR), el valor actual neto (VAN) y el período de retorno.

VAN	16.440,66 €
TIR	16%

Para a tasa de rentabilidad elegida ($r=3.5\%$) el VAN arroja valores positivos, con una tasa interna de rentabilidad del 16%. A la vista de estos datos se considera que el cambio de quemador de gasóleo C por uno de pellets sería **viable económicamente**.

El **período de retorno** de la inversión es inferior a **6 años**, tal como se recoge en el gráfico siguiente:

Gráfico 5. Período de retorno de la inversión



Fuente: Elaboración propia

8.2.2.2 Calderas de astillas

Para el empleo de astillas como combustible de calderas en instalaciones existentes que emplean gasóleo C como combustible se plantea la sustitución de caldera en relación al esquema descrito en el apartado 5.2.1.2 del presente estudio. Manteniendo el sistema de distribución de agua existente, tanto en el circuito de calefacción como de ACS.

Los elementos necesarios para poder emplear este tipo biomasa en la generación térmica, son los siguientes:

Tabla 84.Elementos necesarios para el empleo de biomasa (astillas) en una caldera

Elemento	Instalación caldera de astillas
Caldera	X
Sistema de alimentación	X
Silo de combustible	X
Sistema de control	X
Instalación hidráulica	X
Instalación eléctrica	X
Conductos de humos	X
Sala de calderas	X

Fuente: Elaboración propia

La descripción de cada uno de los elementos que componen la instalación se encuentra definida en el apartado 5.2.1.2 del presente estudio, mostrándose esquema de instalación.

8.2.2.2.1 Costes de inversión

Las características y los costes de inversión se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 85.Características de las actuaciones propuestas

Actuación	Potencia a instalar (kW)	Silo		Presupuesto con IVA (€)
		Capacidad (t)	Autonomía	
Sustitución de caldera	55	4	1,8meses	49.077

*En los meses de empleo de calefacción

Fuente: Elaboración propia

8.2.2.2.2 Costes operativos

El principal coste operativo de una caldera es el que se deriva del consumo de combustible que se produce durante su funcionamiento.

Para calcular el coste de combustible anual es necesario determinar en primer lugar la cantidad de combustible necesaria para cubrir las demandas energéticas de una instalación tipo, para ello se tendrá en cuenta los siguientes factores:

- Demanda energética total (D_{total}) requerida por la instalación tipo:

$$D_{total} = D_{calef} + D_{ACS}$$

$$D_{total} = 52.400 + 4.294,6 = 56.694,6 \text{ kWh/año}$$

- Rendimiento (η) del equipo de combustión, que determina su consumo energético (CE) según la siguiente fórmula:

$$CE = \frac{D_{total}}{\eta}$$

Los rendimientos de los equipos considerados serán los siguientes:

Tabla 86. Rendimientos de los equipos

Equipo de combustión	Rendimiento (η)
Caldera de astillas	91 %
Caldera de gasóleo C	77* ¹ %

*¹Rendimiento medio para una caldera existente de 10 años de antigüedad

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de fabricantes

- Poder calorífico inferior (PCI) de los combustibles, que permite determinar el coste del combustible por kWh. Los PCI de los combustibles considerados en el estudio son los siguientes:

Tabla 87. Poderes caloríficos

Tipo combustible	PCI (kWh/kg)
Astilla BNVAP	4,4
Gasóleo C	10,41

Fuente: Proyecto Biomasa AP e IDAE

Según lo expuesto, las necesidades anuales de combustible para cada uno de los supuestos considerados serán las siguientes:

Tabla 88. Necesidades anuales de combustible

Equipo	Combustible	D_{total} (kWh/año)	H(%)	CE(kWh/año)	PCI(kWh/kg)	Necesidades de combustible
Caldera de astillas	Astillas BNVAP	56.694,6	91	62.301,76	4,4	14.159,49 kg/año
Caldera de gasóleo C	Gasóleo C	56.694,6	77	73.629,35	10,41	7.072,94 l/año

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinadas las necesidades anuales de combustible se obtienen los costes operativos anuales según el precio de los combustibles recogido en el apartado 7.

Tabla 89. Costes operativos anuales

Año	Caldera gasóleo C (€)	Caldera astillas (€)
1	4.332	1.259
2	4.872	1.274
3	5.164	1.289
4	5.290	1.304
5	5.384	1.320
6	5.446	1.336
7	5.492	1.352
8	5.562	1.368
9	5.609	1.385
10	5.674	1.401
11	5.733	1.418
12	5.773	1.435
13	5.854	1.452
14	5.892	1.470
15	5.944	1.487
TOTAL	82.021	20.549

Fuente: Elaboración propia

8.2.2.2.3 Análisis de rentabilidad

La rentabilidad se define como la relación que existe entre los beneficios que proporciona una inversión y el coste que supone realizarla. Por ello, para poder decir si una inversión es rentable o no, se va a analizar la rentabilidad del cambio de caldera de gasóleo por una caldera de astillas teniendo en cuenta para ello los costes de inversión y los costes operacionales.

8.2.2.2.3.1 Sustitución de caldera de gasóleo C por caldera de astillas

Teniendo en cuenta la inversión inicial necesaria y los costes operativos de cada uno de los sistemas se obtiene el siguiente flujo de caja:

Tabla 90. Flujo de caja para sustitución de caldera de gasóleo C por caldera de astillas

Año	Gasto Gasóleo C (€)	Gasto Astillas (€)	Ahorro anual(€)	Flujo caja acumulado (€)
0			-49.077	-49.077
1	4.332	1.259	3.074	-46.003
2	4.872	1.274	3.599	-42.404
3	5.164	1.289	3.875	-38.529
4	5.290	1.304	3.985	-34.544
5	5.384	1.320	4.064	-30.480
6	5.446	1.336	4.110	-26.370
7	5.492	1.352	4.140	-22.230
8	5.562	1.368	4.194	-18.036

Año	Gasto Gasóleo C (€)	Gasto Astillas (€)	Ahorro anual(€)	Flujo caja acumulado (€)
9	5.609	1.385	4.224	-13.812
10	5.674	1.401	4.273	-9.539
11	5.733	1.418	4.315	-5.224
12	5.773	1.435	4.338	-886
13	5.854	1.452	4.401	3.516
14	5.892	1.470	4.422	7.938
15	5.944	1.487	4.457	12.395

Fuente: Elaboración propia

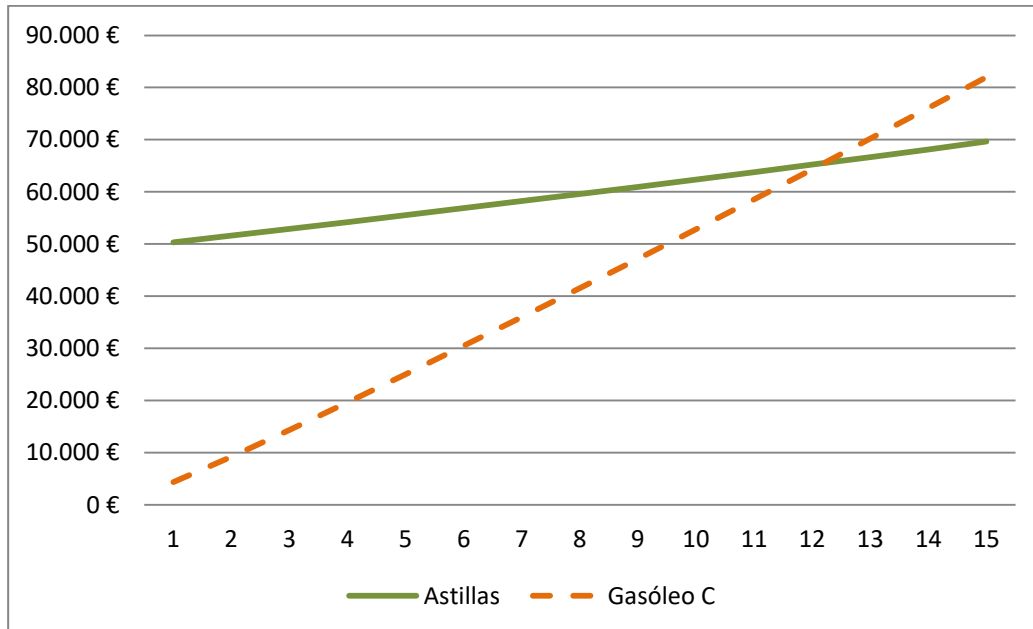
Para determinar la rentabilidad de la inversión se analizó la tasa interna de rentabilidad (TIR), el valor actual neto (VAN) y el período de retorno.

VAN	-2.413,81 €
TIR	3%

Para a tasa de rentabilidad elegida ($r=3.5\%$) el VAN arroja valores positivos, con una tasa interna de rentabilidad del 3,5%. A la vista de estos datos se considera que el cambio de una caldera de gasóleo C por una de astillas sería **viable económicamente**.

El **período de retorno** de la inversión es inferior a **13 años**, tal como se recoge en el gráfico siguiente:

Gráfico 6. Período de retorno de la inversión



Fuente: Elaboración propia

9 POSIBILIDADES TECNOLÓGICAS

Las posibilidades de emplear sistemas de biomasa en las diferentes instalaciones estarán condicionadas principalmente por los consumos anuales y por su estacionalidad. Por ello, una vez analizada la viabilidad técnica y económica de los diferentes equipos de biomasa se va a estudiar su posible implantación en las distintas instalaciones.

En primer lugar, se identifican los condicionantes que pueden presentar cada una de las instalaciones y que limitan el uso de las diferentes tecnologías. A continuación se indican los condicionantes más relevantes que se van a tener en cuenta para realizar el estudio:

- La demanda de energética que presenta cada instalación.
- La constancia con la que requiere la demanda energética en cada instalación.

En segundo lugar, en base a estas dos condiciones se definen dos grandes categorías:

CATEGORÍA A. Se encuentran involucradas dentro de este grupo aquellas instalaciones que presentan un alto consumo de energía térmica y de ACS. Se les atribuye una alta demanda energética y de forma constante. A continuación se muestran las instalaciones que presentan estas características:

1. Centros sanitarios
2. Centros asistenciales: Grupo II
3. Piscinas cubiertas

CATEGORÍA B. Se encuentran involucradas dentro de este grupo aquellas instalaciones que presentan un mayor consumo de energía térmica y, las demandas de ACS son de bajas a muy bajas. Se les atribuye una demanda energética pequeña y menos constancia. A continuación se muestran las instalaciones que presentan estas características:

4. Edificios administrativos
5. Centros asistenciales: Grupo I
6. Centros culturales
7. Centros de enseñanza
8. Servicios de protección ciudadana
9. Instalaciones deportivas
10. Viviendas de protección pública

Una vez definidas las características que presentan las instalaciones y teniendo en cuenta las tecnologías estudiadas se puede decir que, aquellas instalaciones que pertenecen a la Categoría A y que presentan unos consumos suficientemente elevados como para que la instalación de una caldera/quemador de pellets o caldera de astillas, se amortice en breves periodos de tiempo.

El hecho de que exista una elevada demanda térmica hace que, a plazos de amortización similares, deba optarse por aquellos combustibles que presente un coste por unidad de calor generada más bajo (c€/kwh).. Es por ello, que el empleo de astillas para la Categoría A

presenta un gran interés por tener un menor coste siempre que sea posible cumplir con los requerimientos de acopio y almacenaje del material.

En el caso de las instalaciones del Categoría B que presentan unos consumos energéticos menores, y por lo tanto, un menor consumo de biocombustible, también presentan una amortización favorable tanto con la instalación de una caldera/quemador de pellets como con una caldera de astillas. Pero como en este caso, la cantidad de biocombustible se ve reducida en comparación con el caso anterior, se podría decir que es más favorable el empleo de pellets por sus propiedades físicas y rentabilidades que proporcionan a los equipos, y no tanto por su valor económico.

En la siguiente tabla se muestra de forma resumida la viabilidad económica, tecnológica y global de cada una de las tecnologías analizadas:

Tabla 91. Análisis de viabilidad de las diferentes tecnologías en función del grupo de instalaciones

GRUPO	TECNOLOGÍA	VIABILIDAD ECONÓMICA	VIABILIDAD TECNOLÓGICA	VIABILIDAD GLOBAL
Categoría A	Quemador Pellets	Alta	Alta	Alta
	Caldera Pellets	Media	Alta	Media
	Caldera Astillas	Alta	Alta	Alta
Categoría B	Quemador Pellets	Alta	Alta	Alta
	Caldera Pellets	Alta	Alta	Alta
	Calderas Astillas	Media	Alta	Media

Fuente: Elaboración propia

Las principales limitaciones que pueden presentar estas tecnologías serán el espacio que se requiere para albergar los silos tanto para el almacenaje de astillas como el de pellets. Técnicamente, la instalación de caldera de pellets y astillas sería viable para las dos categorías, pero requerirán de periodos de retorno más largos para favorecer la viabilidad económica. Mientras que la sustitución de quemadores requieren de una verificación previa por parte del fabricante de la caldera de gasoil y el proveedor de quemadores de pellets para ver si es posible su compatibilidad. Teniendo en cuenta la vida útil de la caldera ya instalada y de la necesidad de nuevo elementos para su correcto funcionamiento.

10 BENEFICIOS DERIVADOS DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BNVAP

Según los datos de Eurostat a enero de 2019 la Unión Europea (UE-28) aumentó la cantidad de energía renovable producida en un 64,0% entre 2007 y 2017, destacando como principal fuente productora de energía la madera y otros biocombustibles sólidos, con un 42,0% de la producción de energía total en la UE-28. Seguida de la energía eólica con un 13,8 % del total, y con un 11,4 % se encuentra la energía hidráulica.

Sin duda la política europea, y las cifras así lo demuestran, avanza hacia un escenario de descarbonización motivado principalmente por su efecto sobre el cambio climático y el calentamiento global, además de por la mejora en la calidad del aire.

En este escenario las energías renovables, entre ellas la biomasa están llamadas a protagonizar dicho transición energética hacia modelos más sostenibles con el medio ambiente y con una serie de beneficios sociales, económicos y medioambientales que se indican a continuación.

10.1 BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES

El aprovechamiento de la biomasa en general, pero sobre todo al objeto del presente estudio la no valorizada procedente restos de podas forestales, matorrales, vid y kiwi como fuente de energía renovable, produce una serie de efectos positivos para el medio ambiente. De todas formas su cuantificación es compleja por cuanto son aspectos difícilmente valorables en algunos casos y por cuanto en otros dependerá de la intensidad del aprovechamiento, el lugar en el cuál se realice y bajo qué condiciones.

De todas formas es importante diferenciar dos tipos de recursos biomásicos en este apartado. Por un lado estarían aquellos que podríamos entender como un resto de otra operación agrícola o forestal, y que se corresponderían a restos de poda forestal, de vid o de kiwi. En la actualidad no suele existir un aprovechamiento de los mismos quedando extendidos sobre el terreno para su posterior degradación y descomposición o bien la quema de los mismos. Por otro lado estaría el aprovechamiento de recursos de biomasa que no procede de otras operaciones previas, si no que la finalidad de la operación es la propia consecución o extracción de la biomasa. Este es el caso del aprovechamiento del matorral.

10.1.1 BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES DE LA BIOMASA PROCEDENTE DE RESTOS DE PODA

Si nos centramos en el beneficio medioambiental de aquella **biomasa** que se extrae de operaciones de **poda forestal o agraria**, podemos indicar los siguientes:

I. Efectos sobre la prevención de incendios

La retirada de restos de poda de vid y kiwi de parcelas donde existe dicho cultivo no tiene efectos significativos sobre la prevención o propagación de incendios, principalmente porque se trata de parcelas agrarias donde la existencia de incendios es anecdótica en comparación con los incendios ocurridos en superficie forestal.

Por otro lado la tarea de poda de arbolado, principalmente pino pinaster o radiata en Galicia y norte de Portugal, es una tarea silvícola importante para obtener madera de buena calidad. Esta labor de poda que se realiza sobre una masa forestal supone además la disminución de la continuidad vertical del combustible, con lo que se reduce la posibilidad de que un fuego de suelo pase a convertirse en un fuego de copas, mucho más intenso y peligroso.

La mejor operación posible para esos restos es la extracción de los mismos para reducir la carga de combustible de la parcela, resultando una mejor práctica que la simple trituración in situ o su amontonamiento, tal y como se establece ya en la Ley 3/2007, de 9 de abril, de prevención y defensa contra los incendios forestales de Galicia.

Sin embargo a día de hoy su extracción no resulta una práctica habitual por dos razones principales, por un lado la escasa demanda del producto en industrias cercanas y por otro lado el elevado coste que supone su extracción y transporte hasta el destino final. A día de hoy los restos de poda forestal o bien queda en la propia parcela, o es triturado in situ en cumplimiento de la normativa o bien de forma ocasional es aprovechado por parte de sus dueños o vecinos de la zona para su empleo en chimeneas, cocinas de leña u otros usos similares.

II. Efectos sobre las plagas y enfermedades

Las podas en masas forestales se realiza una o dos veces a lo largo del turno del árbol (30 ó 40 años), por tanto la incidencia de los restos de poda sobre la existencia de plagas o enfermedades forestales es muy escasa.

Además desde el punto de vista ecológico la madera muerta de los bosques se convierte en el refugio de muchas poblaciones de insectos y proporciona un lugar perfecto para vivir a numerosas especies de hongos y musgos, con lo que su retirada sistemática tampoco es una acción recomendable.

Sin embargo es muy diferente lo que sucede con las podas de kiwi y vid. En el cultivo de kiwis es habitual realizar a lo largo del año varias podas como son la poda de formación en caso de ser necesaria, la poda de fructificación y la poda de aclareo. En la vid también se realiza al menos dos podas anuales para conseguir la máxima producción de uva y la mejora de la calidad de la misma.

En el caso del kiwi la cantidad de biomasa generada es del orden de 80kg de restos de poda anuales por cada 100kg de fruto producido. Con producciones de kiwi en Galicia y Portugal del orden de los 40.000 toneladas producidas, 40.000 toneladas lo que da idea de que se pueden estar generando residuos del orden de los 30.000-35.000 toneladas anuales de biomasa.

Por tanto en estos casos se produce biomasa de forma abundante, periódica y persistente a lo largo del ciclo de vida del cultivo. Por este motivo es además habitual que existan limitaciones de tipo fitosanitario para reducir la incidencia de plagas y enfermedades tan habituales en cultivos intensivos y de gran concentración espacial como la vid y el kiwi. Por este motivo es habitual la existencia de obligaciones de carácter sanitario que exige la retirada y quema de los restos de poda, con lo que en la actualidad su aprovechamiento sería factible y no encarecería necesariamente las operaciones agrarias actuales.

III. Efectos sobre el calentamiento global

- **Fuente de energía renovable e inagotable**

La energía que se puede obtener de la biomasa proviene de la luz solar, que, gracias al proceso de fotosíntesis, es aprovechada por las plantas verdes mediante reacciones químicas en las células vivas para coger dióxido de carbono del aire y transformarlo en sustancias orgánicas. Con este proceso de conversión, la energía solar se transforma en energía química que se acumula en diferentes compuestos orgánicos y que es incorporada y transformada por el reino animal y vegetal que, por su parte, la transforma mediante procedimientos artificiales para obtener bienes de consumo.

El empleo de biomasa es por tanto una fuente de energía renovable e inagotable que hace que se produzca un elevado ahorro de emisiones de GEI en comparación con la situación actual en la que se sigue empleando un gran número de combustibles procedentes de derivados del petróleo.

- **Reducción de emisiones**

En el proceso de combustión de la biomasa se genera agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2), siendo este último un GEI, pero realizando el balance total del aprovechamiento se considera prácticamente nulo. Esto se debe a que, durante la fase de crecimiento la biomasa capta CO_2 necesario para realizar la fotosíntesis, que después emitirá en forma de gas nuevamente en el proceso de combustión, cerrando de tal modo el ciclo del carbono. Por lo tanto, no se produce un incremento de este gas en la atmósfera. Por el contrario, en el caso de los combustibles fósiles, el carbono que se libera a la atmósfera es el que se ha fijado en la tierra durante miles de años.

También hay que señalar que, a diferencia de emplear combustibles fósiles, la biomasa no emite contaminantes sulfurados ni nitrogenados a la atmósfera, causantes de la lluvia ácida.

10.1.2 BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES DE LA BIOMASA PROCEDENTE DEL APROVECHAMIENTO DE MATORRAL

En relación con el **aprovechamiento de matorral**, independientemente de su destino, conlleva una serie de efectos sobre el medio ambiente entre los que se destacan:

- I. **Efectos sobre la prevención de incendios**

La retirada de materia seca del suelo es un gran aliado para reducir, prevenir y evitar la propagación frente a los incendios forestales, siendo este uno de los grandes problemas a los que se tiene que enfrentar la zona objeto de estudio durante la época estival, llegando a verse afectadas un gran número de hectáreas todos los años. Según se verifica en varios estudios, con la disminución de la carga de biomasa arbustiva se puede llegar a alcanzar una reducción de la velocidad de

propagación del incendio entre un 60-83% durante los dos años siguientes al desbroce (Esteban et al, 2017).

A raíz de las últimas oleadas de incendios ocurridos en Galicia, se ha desarrollado la Instrucción 1/2018, de 26 de abril, relativa a las actuaciones administrativas en materia de cumplimiento de las obligaciones de gestión de la biomasa vegetal y retirada de especies arbóreas impuestas por la Ley 3/2007, de 9 de abril, de prevención y defensa contra los incendios forestales de Galicia, la Ley 6/2011, de 13 de octubre, de movilidad de tierras, y la Ley 7/2012, de 28 de junio, de montes de Galicia. De tal manera que se establecen una serie de obligaciones legales que implican la gestión de la biomasa vegetal y la retirada de especies arbóreas para reducir y disminuir la propagación y la intensidad de los incendios en el caso de producirse.

Uno de los problemas que están existiendo en la actualidad es que la biomasa es triturada pero no extraída de las parcelas, lo que no resulta un procedimiento óptimo de cara a la reducción de la carga de combustible y sus efectos sobre los incendios. Esto sucede porque los centros consumidores de este tipo de biomasa son muy escasos, lo que implica que la distancia de transporte de esta biomasa a centros donde pueda ser aprovechada es muy elevada, encareciendo la operación hasta el punto de no resultar económicamente rentable.

Es importante aun así destacar que el aprovechamiento de matorral tiene efectos positivos en cuanto a la disminución de la intensidad y la velocidad de propagación de los incendios al existir menos carga de combustible. Sin embargo, más allá de una afirmación genérica, no resulta posible cuantificar ese efecto por cuanto dependería de dónde se realicen esos aprovechamientos, la fecha en la que se realice y la intensidad de los mismos.

II. Efectos sobre la biodiversidad y la regeneración vegetal:

Uno de los aspectos más polémicos y discutidos sobre el aprovechamiento energético del matorral deriva del valor ambiental y ecológico de estas formaciones arbustivas. La ubicación de las mismas, muchas veces en las cabeceras de cuencas hidrográficas o en zonas donde las posibilidades de implantación de una cubierta arbórea es muy escasa debido principalmente a las características edáficas del terreno sobre el que se asientan (profundidad del suelo, pedregosidad, pendiente...), hace estas formaciones arbustivas especialmente valiosas desde el punto de vista ambiental

Por tanto, el aprovechamiento intensivo de matorral para producción de biomasa deberá tener en cuenta los efectos ambientales que dicho aprovechamiento puede producir sobre la cobertura vegetal y la erosión, la fertilidad del suelo, etc. que brevemente detallaremos.

- Lenta recuperación de la cubierta vegetal
Según estudios publicados para la Península Ibérica y con condiciones climáticas similares, se obtiene que las comunidades de matorral requieren de un período mínimo de 3-5 años de promedio para la regeneración real y completa de la mayoría de las especies arbustivas después de la cosecha para el aprovechamiento (Calvo et al, 2002), y un periodo aproximadamente de 10 años para recuperar la mayor parte de la biomasa de matorral extraída (Jang et al, 2016).
 - Cambio en la biodiversidad
Tras las operaciones de aprovechamiento de matorral, la distribución de las especies más presente en el primer año se ven modificadas, de tal manera que ganan la dominancia en el terreno las especies herbáceas frente a las arbustivas invirtiéndose esta situación al segundo o tercer año del aprovechamiento, donde vuelve a ganar la dominancia las especies arbustivas (Calvo et al, 2002; Tárrega et al, 2009).
 - Variación en el dominio de las especies
Diferentes estudios muestran como la regeneración y cobertura de cada una de las especies principales de matorral presentan resultados diferentes, siendo más intensas en especies ericáceas y el tojo, frente a otras especies de matorral.
- III. Efectos sobre el suelo:
- Aumento de la erosión
El empleo de maquinaria necesaria para ejecutar las operaciones de cosecha y recolección proporcionan una erosión media alta causada por los vehículos de gran tamaño y peso (Cambi et al, 2015, 2016). Además de prestar un gran interés en aquellas zonas con presencia de agua ya que pueden ocasionar erosión hídrica y generar surcos superficiales o profundos con el paso de la maquinaria, pudiéndose generar rodaduras y atascos.
 - Variación en las propiedades físicas
La compactación del suelo producida por el empleo de maquinaria produce un aumento de la densidad aparente del mismo, reduciendo así su porosidad y restringiendo el movimiento del aire y la permeabilidad del agua (Thibodeau et al 2000). Pero se puede dar el caso contrario, es decir, la reducción de la densidad aparente, como efecto relacionado con la presencia de materia orgánica, dando como mejora aparente la porosidad del suelo, según estudios relacionados (Evrendilek et al, 2004; Miralles et al, 2009; Papini et al, 2011).
Otra propiedad que se ve modificada es la textura ya que se ha reducido el porcentaje de finos y se ha aumentado el de gruesos, pudiendo este efecto producir una disminución en la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Esteban et al, 2017).
 - Variaciones en las propiedades químicas
El desbroce produce que el grado de insolación del suelo aumente, y junto con los restos de biomasa no cosechados que pueden quedar depositados en el suelo se

produce una variación en la acidez del suelo, reduciendo los valores de pH (Llitas et al, 2013; Esteban et al 2017), y favoreciendo los procesos de mineralización y descomposición, lo cual conlleva un incremento del contenido de carbono y nitrógeno en el horizonte superficial (González- González, 2012; Esteban et al, 2017).

IV. Efectos sobre el ahorro de emisiones y la eficiencia energética

No sólo hay que tener en cuenta el ahorro que supone el empleo de recursos renovables, sino que también hay que tener en cuenta la eficiencia con la que se produce y se utiliza la biomasa. Por ello, en la Directiva de Energías Renovables de la Unión Europea, publicada el 11 de diciembre de 2018, se establecen una serie de criterios relacionados con la sostenibilidad de la biomasa sólida, de tal manera que se evite tener sólo en cuenta el ahorro producido del uso de combustibles fósiles, quedando fuera del cálculo los GEI emitidos por la construcción de la maquinaria, las infraestructuras relacionadas con la producción, el transporte y la transformación de los combustibles, así como de la destrucción de las instalaciones y maquinarias que se encuentran en uso actualmente, ya que producen una elevada cantidad de desechos y desperdicios. Por ello, se deberían analizar todos estos parámetros mediante el análisis de ciclo de vida (ACV) donde se relacionan y cuantifican todas las acciones que acarrea el aprovechamiento de biomasa, desde su producción, recolección, transporte, transformación, cambios de sistemas e instalaciones hasta su consumo final.

10.2 BENEFICIOS ECONÓMICOS

El empleo de la biomasa como fuente de energía viene empleándose por el ser humano desde hace miles de años. Aun hoy en día es la principal fuente de energía en numerosos países con escaso desarrollo económico que obtienen la biomasa mediante una extracción directa de los bosques o de los residuos agrarios sin apenas transformaciones, o bien de una forma más elaborada mediante un proceso previo de pirólisis para la obtención de carbón. En las sociedades más modernas, si bien su uso nunca desapareció, sí se vio sustituido de forma considerable primero por el butano o el gasoil y más recientemente por el gas natural. Sin embargo en los últimos años en empleo de biomasa doméstica ha incrementado su uso principalmente mediante el empleo de formas más elaboradas de biomasa como es principalmente el pellet y en menor medida las briquetas. También es muy alta la demanda de biomasa en forma de leña, que se concentra sobre todo en viviendas más ligadas al ámbito rural donde la disponibilidad de la biomasa es muy abundante y se produce a un precio muy asequible.

A través del desarrollo y la promoción de energías renovables se reduce la dependencia energética de terceros países con las implicaciones económicas que ello supone, ya que una de las características principales es la reducción del espacio físico que hay desde que se produce la biomasa hasta que es consumida, llegando a reducirse hasta escalas locales,

generando a su vez empleo local para llevar a cabo las actividades requeridas y con ello favorecer el asentamiento social en los núcleos rurales próximos a la zona de explotación.

Tanto la creación de puestos de trabajos como generar un valor añadido bruto, proporcionan un valor económico del cual se ven beneficiados tanto el sector primario (agroforestal en este caso), como el sector secundario (industrial). Siendo en el primer sector donde se llevan a cabo las actividades de producción de la biomasa, que posteriormente será aprovechada en las instalaciones y servicios del sector industrial.

En efecto el consumo energético en Galicia en el año 2017 según datos publicados por el INEGA, es de un total de 12.937 ktep, de los cuales 11.003 ktep proceden de combustibles fósiles importados como son el carbón, el gas natural y los biocarburantes. Mientras que los 1.934 ktep restantes corresponden a combustibles generados en la propia comunidad, de los cuales el 96,9% procede de diferentes fuentes renovables, especialmente de la biomasa, seguida de la energía eólica y de la energía hidráulica.

Así la creación de puestos de empleo es una medida positiva que favorece tanto la generación de puestos directos como indirectos. Según el proyecto Enerbiosrub que se basa en el informe *The Bioeconomy Consultants NNFFC, UK Jobs in the bioenergy sectors by 2020*, se obtiene un total de 5,4 puestos por cada MWth generado por biomasa, de los cuales 2 puestos están asociados al diseño de plantas y equipamientos en desarrollo (I+D); 1,6 puestos a la adquisición de materia prima y abastecimiento; 1,3 puestos a la construcción y puesta en marcha de los equipos, y 0,5 puestos para el mantenimiento y operatividad de los equipos.

El Ministerio de Economía y Competitividad en el año 2011 (www.investspain.org, 2011: "Oportunidades en el sector español de la biomasa y del biogás"), indica que:

- Se produce una contribución de 0,67 M€/MW de potencia instalada a partir de biomasa para fines eléctricos.
- Se produce una contribución de 0,013 M€/MW de potencia instalada a partir de biomasa para fines térmicos.
- En términos de empleo se producen 8,7 puestos de trabajo directos y 8,2 puestos de trabajo indirecto por cada MW eléctrico.
- En términos de empleo se producen 1,5 puestos de trabajo directos y 1,5 puestos de trabajo indirecto por cada tep de biomasa sólida consumida.

Datos publicado por el IDAE indican las siguientes cifras de producción de empleo en función de la energía térmica o eléctrica producida en un año.

- 0,79 empleos permanentes por cada GWh/año de energía producida con fines térmicos.
- 1,75 empleos permanentes por cada GWh/año de energía producida con fines eléctricos.

Según la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA) en su Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España para 2018, cifra el impacto económico directo de la biomasa térmica y eléctrica en 953 millones de euros, y un impacto económico inducido de 540 millones de euros adicionales.

En cuanto al efecto sobre el empleo dicho informe indica lo siguiente *“La biomasa es la energía que mayor número de empleos genera por megavatio instalado, pues no solo interviene una gran cantidad de mano de obra cuando se construyen las instalaciones, sino que la operación de las mismas consigue no solo crear, sino mantener un elevado número de empleos, no solo en la propia instalación, también fuera, al estar gran parte de ellos vinculados con el suministro de combustibles biomásicos a las instalaciones”*.

La contribución en el empleo nacional se cifra en dicho estudio en 17.680 empleos directos y 14.645 indirectos.

Se puede comprobar que en términos de generación e impacto de la biomasa en la generación de empleo, aunque las cifras arrojan datos muy dispares aun procediendo de fuentes solventes todas ellas, todas coinciden en proporcionar datos muy positivos de la capacidad que tiene la biomasa como fuente renovable para generar empleo frente a otras muchas fuentes de energía.

En Galicia por ejemplo, la estrategia gallega de fomento de la biomasa estimaba que realizando una sustitución parcial del consumo de combustibles fósiles por biomasa que supusiera el consumo de entre 140.000 e as 275.000 toneladas anuales de biomasa, se produciría un impacto sobre el empleo directo e indirecto que oscila entre los 420 y los 720 puestos de trabajo.

10.3 BENEFICIOS SOCIALES

El aprovechamiento energético de la biomasa produce beneficios sociales como ninguna otra fuente de energía principalmente por los siguientes motivos:

- Se trata de una energía que genera mucha necesidad de mano de obra por unidad de energía producida. Lo hace en sus múltiples fases, desde la fabricación y el mantenimiento de equipos, la producción, recogida y tratamiento de la biomasa o en la fase de distribución y suministro de la misma.
- La generación de empleo se produce principalmente en el entorno rural, lo que hace que sea una fuente de energía especialmente interesante.
- Aprovechando residuos agrícolas y/o forestales permite una valorización de lo que muchas veces es un subproducto de la actividad principal y por tanto de proporcionar rentas complementarias a la actividad agroforestal y permitiendo mejorar la rentabilidad de las explotaciones.
- Al tratarse en muchos casos de un producto que sustituye el consumo derivados del petróleo (gasoil, fuelóleo, gas natural...) disminuye la dependencia energética del

país, permite que las rentas dedicadas a un producto de importación se dediquen a un producto endógeno generado cerca de los centros de consumo.

- En muchos casos los propios usuarios pueden autoabastecerse de las necesidades de biomasa o bien la tienen en un entorno de proximidad, favoreciendo la economía local y reduciendo la huella de carbono de los productos. Para fomentar este vínculo de cercanía es interesante el hecho de que la biomasa que se emplee sea poco elaborada (generalmente leña o astilla) y que los equipos de combustión permitan el empleo de biomasa de menor calidad que la que habitualmente se comercializa.

11 ANÁLISIS DE POSIBLES LÍNEAS DE SUBVENCIÓN PARA FOMENTAR EL APROVECHAMIENTO DE LA BNVAP

El aprovechamiento de la BNVAP es perfectamente viable a día de hoy con las limitaciones y bondades que se han ido analizando a través de este documento.

Ahora es importante definir las posibles líneas de subvención para el fomento del BNVAP pero para ello debemos definir con qué finalidad, objetivos y premisas se elaboran esas líneas de ayuda:

- A. Las medidas que se identifican a continuación no persiguen fomentar el consumo de la biomasa en general, si no de la BNVAP. Para el fomento en el consumo de biomasa ya existen estrategias y planes energéticos donde se analiza y trata la contribución de cada tipo de energía renovable a la transición energética en marcha.
- B. El factor sobre el que se debe actuar para dinamizar el mercado de la BNVAP es sobre la demanda. A medida que aumente la demanda de esa biomasa, se acaba movilizándolo el recurso.
- C. Para dinamizar la demanda de BNVAP se debe fomentar la adquisición de equipos capaces de combustionar ese tipo de biomasa, de inferior calidad y más heterogénea que la que emplean los habituales equipos comerciales, que están diseñados para rendimientos elevados y que exigen una calidad de pellet o astilla que difícilmente se podrá conseguir con la BNVAP.
- D. Las calderas de astilla son capaces de combustionar astillas procedentes de distintos tipos de biomasa. Existe en el mercado una alta gama de potencias que va desde los 30 a los 1.000 kW. Si la astilla procede de una industria que previamente ha realizado un control de la granulometría y de la humedad de la misma, no habrá ningún tipo de problema frente a otras procedencias de la astilla. Más problemático es si se produce un autoconsumo de la astilla donde deberá prestarse especial atención a que la humedad máxima del combustible, ya que el uso continuado de astillas con una elevada humedad (superior al 30-40%) puede ser perjudicial para los equipos debido a la condensación que se puede producir en el interior de las calderas. Así mismo será importante el tamaño de las astillas para evitar atascos en los sistemas de alimentación.

- E. El empleo de altas cantidades de BNVAP para la producción de pellet podría llegar suponer el descenso en la calidad de los mismos al superar algunos de los parámetros establecidos para el pellet ENPLUS A1, el de máxima calidad y el más recomendado por parte de los fabricantes de calderas y/o estufas. Para posibilitar que este tipo de biomasa pueda incorporarse a ciclos productivos de pellets es necesario que exista demanda del producto que se produce, para lo cual debe favorecerse la compra de calderas aptas para pellets A2 o B. En el mercado existe calderas desde los 15KW que pueden consumir pellets A1, A2 o B, si bien sus rendimientos suelen ser inferiores a los de otras calderas. Sin embargo la existencia de estufas que consuman pellets de calidad inferior al A1 es mucho menos habitual.

Desde la Unión Europea se establecieron los Fondo Estructurales y de Inversión Europeos (EIE) que tienen como objetivo promover la competitividad y la convergencia de todos los territorios, siendo un instrumento esencial para hacer frente a los retos de desarrollo de España y poder aplicar la Estrategia Europea en el periodo 2014-2020. Los fondos EIE están formados por cinco fondos, que se clasifican dentro de la política de cohesión, la política agraria común y la política pesquera común. En concreto, se van a estudiar el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Fondo Europeo Agrícola y de Desarrollo Rural (FEADER), donde se conforma el marco competencial nacional, desarrollado por diferentes programas recogidos con el nombre de Programa de Desarrollo Rural (PDR).

El coste total previsto del Programa Operativo FEDER Galicia 2014-2020 actualizado asciende a 1.142,1 millones de euros, entre recursos públicos y privados, de los que el 80% corresponde a la ayuda comunitaria (913,7 millones de euros), el 16,3% corresponde a la cofinanciación de la Xunta de Galicia (186,5 millones de euros), y el 3,7% restante será aportado por el sector privado (42 millones de euros).

Entre los objetivos temáticos del PO FEDER Galicia 2014-2020 está el “04 - Favorecer la transición a una economía baja en carbono en todos los sectores”

El Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) es el encargado de ofrecer financiación específica para el desarrollo rural. El FEADER está administrado por las autoridades de gestión en los planos nacional y regional a través de los programas de desarrollo rural (PDR).

El Programa de desarrollo rural de Galicia 2014_2020 (PDR), aprobado oficialmente por la Comisión Europea el 18 de noviembre de 2015 y modificado en tres ocasiones, dispone de 1.186,4 millones de euros de fondos públicos para el periodo 2014_2020 (889,8 millones € con cargo al presupuesto de la UE, 217,6 millones € de la Xunta de Galicia y 79 millones € del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

Entre las prioridades del PDR para Galicia figura Promover la eficiencia de los recursos y fomentar el paso a una economía baja en carbono y capaz de adaptarse al cambio climático en los sectores agrario, alimentario y forestal.

Así pues y de forma general se puede indicar que las líneas de financiación de cualquier medida de empleo de la biomasa en el ámbito rural, así como la creación de empresas o líneas de actividad que persigan ofrecer ese servicio o producto son múltiples y gestionadas a través de diferentes organismos autonómicos (Axencia Galega da Industria Forestal, Instituto Enerxético de Galicia, Dirección Xeral de Gandeiría, Agricultura e Industrias Agroalimentarias, etc).

11.1 AYUDAS PARA LA RECOGIDA, TRANSPORTE Y TRATAMIENTOS DE LA BNVAP

11.1.1 Situación actual

En Galicia el empleo de la biomasa de origen forestal para su aprovechamiento energético puede ser financiado a través de la submedida 8.6 del PDR de Galicia donde se encuentran las ayudas para inversiones en tecnologías forestales y en la transformación, movilización y comercialización de productos forestales, gestionado por la Agencia Gallega de la Industria Forestal (XERA).

A raíz de esta medida se establecen las bases reguladoras de las ayudas a las inversiones en tecnologías forestales, procesado, movilización y comercialización de productos forestales, pudiendo ser beneficiarios de las mismas las microempresas, pequeñas y medianas empresas (pymes) del sector forestal radicadas en Galicia.

La máxima ayuda concedida por empresa sería de un máximo de 150.000 €, con una participación del 40% de los gastos elegibles de la inversión. Se definen con carácter exclusivo aquellas inversiones objeto de percibir la ayuda como pueden ser los planes y herramientas de gestión empresarial, equipos de mediación de masas forestales, acondicionamiento e instalaciones necesarias en un parque intermedio de biomasa, maquinaria forestal (autocargadores, arrastradores, tractocargadores, procesadoras, astilladoras, empacadoras, desbrozadoras y cosechadoras) y sus implementos. También son objeto de percibir ayuda aquellas instalaciones o maquinarias necesarias para el procesado de la biomasa como pueden ser el astillado, almacenado, clasificado, secado, etc.

La actual línea de subvención es suficiente para aquellas empresas que se dediquen al sector forestal.

Si se quisiese fomentar el autoconsumo de biomasa por parte del sector industrial o agroalimentario existen diferentes fuentes de financiación que se pueden emplear dependiendo de la naturaleza de la empresa, su ubicación física así como las necesidades de maquinaria a implementar en su ciclo productivo.

11.1.2 Posibles líneas de subvención

Se considera que el acceso a subvenciones por parte de la industria forestal a través de las medidas impulsadas por la XERA es suficiente y cubre con las necesidades en cuanto a recogida y transporte de la BNVAP. Así mismo cubre la posibilidad de compra de astilladoras que permitan el tratamiento de la biomasa.

Por otro lado también es posible a día de hoy que a través de otras ayudas en vigor, empresas en el ámbito rural con necesidades térmicas y que también generan o disponen de acceso a biomasa debido a su ciclo productivo opten a ayudas para la recogida, transporte y tratamiento de BNVAP para su posterior autoconsumo, como podría ser el caso por ejemplo de bodegas de vino, producción agropecuaria, etc.

11.2 AYUDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES CON BNVAP

11.2.1 Situación actual

Las ayudas que existen se enfocan a la adquisición de maquinaria necesaria para una producción de productos de biomasa.

Mediante las ayudas de la XERA a una empresa del sector forestal le permiten la adquisición de astilladora. Por tanto hoy en día existen ayudas para industrias que extraigan biomasa y la puedan astillar para su posterior venta como biomasa o para otros fines como la producción de tablero.

También se pueden adquirir empacadoras y cosechadoras que permiten la obtención de fardos o balas para su posterior empleo como biomasa, generalmente ligada a la combustión en plantas de producción eléctrica.

Si lo que se quiere hacer es una planta de producción de astilla, donde se produzca su clasificación según diámetro y unos procesos de secado natural y/o forzado, las posibilidades son menores y deberá optarse por otras ayudas del PDR o de los fondos FEDER según las características y ubicación de cada proyecto.

La compra de maquinaria para la producción de pellets sólo es subvencionable en Galicia cuando no se trate de un producto destinado a la venta al por menor, lo que dificulta que una empresa o industria forestal aproveche y peletice BNVAP para ventas y comercio de proximidad.

11.2.2 Posibles líneas de subvención

En otras comunidades existen ayudas para actuaciones relacionadas con la fabricación de biocombustibles sólidos a partir de la biomasa. Se trata por tanto de creación de industria de producción de biomasa.

a) Nuevos establecimientos industriales dedicados a la fabricación de biocombustibles sólidos a partir de biomasa forestal y de residuos agrícolas, incluidos los pellets y el carbón vegetal.

b) Ampliación y mejora de establecimientos industriales dedicados a la fabricación de biocombustibles sólidos a partir de biomasa forestal y de residuos agrícolas, incluidos los pellets y el carbón vegetal.

c) Adaptación de otros establecimientos industriales para la fabricación de biocombustibles sólidos a partir de biomasa forestal y de residuos agrícolas, incluidos los pellets y el carbón vegetal.

Dado que Galicia ya cuenta con plantas de producción de pellets también estas ayudas deben ayudar a su adaptación tecnológica para poder emplear este tipo de biomasa de inferior calidad.

Resulta interesante también facilitar que los múltiples aserraderos y empresas de transformación de la madera de Galicia puedan también diversificar el producto mediante la producción de astilla, pellet, briquetas y/o carbón vegetal.

Eso facilitaría la logística de suministro de pellets a granel al disponer de más puntos donde efectuar las cargas del camión, ayudando en la minimización de los costes de suministro.

Será a la hora de dar ayudas para la instalación de esas líneas de ayuda cuando se deban definir que su diseño debe ser compatible con el empleo de BNVAP.

De todas formas es importante destacar que hoy en día existe mayor sobrecapacidad de producción instalada por ejemplo en la producción de pellets, con lo que para subvencionar la instalación de nuevas líneas de producción hay que conseguir previamente que el consumo de biomasa siga en aumento ya que luego sí producirá necesidades en el aumento de la producción.

11.3 AYUDAS A LA FABRICACIÓN O ADAPTACIÓN DE EQUIPOS PARA EL USO DE LA BNVAP

11.3.1 La Situación actual

Este apartado hace mención a aquellas ayudas para los fabricantes de equipos de combustión de biomasa para que produzca o adapten modelos ya existentes de tal forma que se permita el empleo no ya de biomasa, que actualmente ya la consumen, si no específicamente de BNVAP.

En el mercado de fabricación y venta de equipos de combustión con biomasa existen numerosas marcas de multitud de países que abarcan una diversificación de calidades, precios, potencias, tecnología o servicio postventa realmente amplia.

No parece apropiado en este mercado proporcionar ayudas directas para fabricar equipos de unas determinadas características porque sólo serán realmente fabricados si existe demanda amplia sobre ese producto fabricado.

11.3.2 Posibles líneas de subvención

Dada la enorme diversidad de equipos existentes en un mercado muy competitivo e internacional, no parece probable que la creación de ayudas para la fabricación o diseños de equipos que no vayan a tener oportunidades de comercialización por la escasa demanda, puedan ser fabricados en caso de existir ayudas directas a su fabricación o a la adaptación de los mismos.

Resulta más oportuno incentivar la adquisición de equipos que en la actualidad ya tengan capacidad para consumir esa BNVAP porque será a través de esa demanda de equipos de unas determinadas características, cómo los fabricantes busquen cubrir ese nicho de mercado y ofrezcan nuevos y mejores productos que empleen ese tipo de biomasa.

11.4 AYUDAS A LA COMPRA DE EQUIPOS QUE UTILICEN BNVAP PARA USO RESIDENCIAL

11.4.1 Situación actual

En la actualidad las ayudas para la compra de equipos que consumen biomasa es muy habitual y recurrente a lo largo de los años, contando además con una amplia demanda por parte de los consumidores.

A través de la submedida 7.2 del PDR de Galicia (ayuda a las inversiones en la creación, mejora o ampliación de todo tipo de pequeñas infraestructuras, entre ellas las inversiones en energías renovables y en ahorro energético) se desarrolla las bases reguladoras de las subvenciones para la creación, mejora y ampliación de pequeñas infraestructuras para proyectos de biomasa destinadas a particulares. La entidad encargada de gestionar estas subvenciones es el Instituto Energético de Galicia (INEGA).

La persona física propietaria de un inmueble de derecho residencial, comunal o mancomunidad de vecinos podrá ser beneficiario de percibir esta subvención sobre aquellas instalaciones para la generación de energía térmica mediante equipos que utilicen biomasa como combustible y cuenten con un sistema de alimentación automática con una capacidad de acumulación de la misma entre los 250-1.000l (grupo B2) o una capacidad de acumulación superior a los 1.000l (grupo B3). Los sistemas de generación térmica deben ser instalados en viviendas o edificios residenciales de Galicia.

Se consideran inversiones susceptibles de percibir subvención los costes del equipo térmico como sus principales accesorios (sistemas de regulación, control, limpieza, depuración de humos y extracción de cenizas), además de todas aquellas instalaciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema, los costes del sistema de almacenamiento, alimentación y todos aquellos relacionados con el montaje y conexión del sistema.

La intensidad de la ayuda es del 50% de los gastos elegibles de la instalación, llegando a beneficiarse de una cuantía máxima de 60.000 € por proyecto.

Las ayudas definidas en este apartado no son para la adquisición de equipos que consumen BNVAP y mayoritariamente son equipos que combustionan pellet calidad A1 o bien astilla G30.

11.4.2 Posibles líneas de subvención

Si se quiere que los equipos que combustionan pellets o astillan puedan emplear biomasa que podemos considerar de inferior calidad en cuanto a producción de ceniza, contenido de

humedad, porcentaje de finos o cualquier otro parámetro se debe lanzar una línea de subvención específica para equipos que puedan combustionar biomasa de bajas calidades.

Se descarta promocionar estufas de pellet aptas para pellet de calidad A2 o B. Si precisamente la biomasa está teniendo buena acogida es porque cada vez son más fiables. Promocionar entre particulares estufas que combustionen pellet de baja calidad con los problemas que pueden generar en la durabilidad de los equipos, la formación de escorias, etc parece una estrategia contraproducente.

Sí parece interesante sin embargo iniciar una línea de ayuda para calderas domésticas que empleen específicamente astilla o bien pellet calidad A2 o B o bien para el empleo de quemadores aptos con pellets de baja calidad.

En el diseño de estas medidas destinadas a particulares debe incrementarse la intensidad de las ayudas para que realmente resulte atractiva la adquisición de estos equipos.

11.5 AYUDAS A LA COMPRA DE EQUIPOS QUE UTILICEN BNVAP PARA LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y EMPRESAS

11.5.1 Situación actual

Las ayudas a la compra de equipos de combustión de biomasa para la administración pública o para las empresas vienen funcionando desde hace bastantes años en Galicia y en general con buena aceptación, llegando incluso a la creación de redes de district heating.

En relación con el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, en el marco del programa operativo FEDER Galicia 2014-2020, se establecen las bases reguladoras de las subvenciones para proyectos de energías renovables térmicas en el año 2018, gestionadas por el Instituto Energético de Galicia (INEGA).

Los proyectos objeto de recibir subvención serán aquellos que empleen energía renovable para la generación térmica, principalmente instalaciones que utilicen biomasa como combustible, además de otras fuentes como son la geotermia, aerotermia y la solar térmica, siempre que sean instalados en entidades locales de Galicia y aquellas dependientes de estas, en entidades sin ánimo de lucro, en empresas legalmente constituidas y autónomas.

Las inversiones subvencionables serán aquellas que garanticen la correcta instalación del equipo como son, el equipo principal encargado de generar energía junto con sus accesorios principales (sistema de regulación y control, sistema de limpieza, depuración de humos y extracción de cenizas), el sistema de almacenamiento, de alimentación y costes asociados al montaje e instalación. En el caso de emplear biomasa, también son costes subvencionables la obra civil necesaria para la sala de calderas y sus conexiones con la red de distribución.

La intensidad máxima de la ayuda se clasifica en función del tipo de beneficiario siendo de un 80% para entidades locales, de un 80% para entidades jurídicas sin ánimo de lucro y de un 50% para empresas y autónomos. En el caso de optar por proyectos de biomasa la cuantía máxima será de 250.000 €.

11.5.2 Posibles líneas de subvención

Si se quiere promocionar el consumo de BNVAP esta sería la línea de actuación prioritaria debido a las características de los destinatarios de estas medidas, y lo es entre otras cuestiones por los siguientes motivos:

- Son grandes consumidores de energía, con lo que una variación al alza del precio del pellet A1 o de la astilla tiene una fuerte incidencia económica.
- Los equipos de combustión son más robustos y de mayor potencia.
- Las labores de mantenimiento, de forma directa o a través de una ESE (Empresa de Servicios Energéticos) o una empresa especializada, son habituales con lo que no se prevén problemas de déficit o incorrecto mantenimiento o adaptación a un combustible más económico pero de inferior calidad.
- Disponen de mayores espacios para el almacenamiento de la biomasa con lo que no tiene restricciones que sí son habituales en consumidores domésticos.
- Con la financiación de pocos equipos térmicos se consiguen altos consumos y por tanto una mayor dinamización de la BNVAP en relación al inversión realizada.

Por tanto debe modificarse la línea de ayudas actuales o crear una nueva donde se favorezca la instalación de calderas de dos tipos:

- Calderas de astillas
- Calderas de pellets capaces de quemar pellet calidad A2 y B.

Así mismo se deben fomentar quemadores de pellets para instalar en caldera industriales y de gran formato capaces de quemar pellets A2 y B.

12 CONCLUSIONES

Tras elaborar el presente estudio se obtienen una serie de conclusiones que ayudarán a entender mejor la potencialidad de la biomasa BNVAP en el sector público de la Eurorregión Galicia – Norte de Portugal.

- **Conclusiones generales:**
 - La biomasa presenta importantes ventajas frente a los combustibles fósiles: mucho más respetuosa con el medio ambiente, contribuye a impulsar las economías locales aportando valor a los bosques y reduce del riesgo de incendios. Permite además reducir la dependencia energética y la importación de productos petrolíferos desde terceros países.
 - La biomasa está perfectamente alineada con las nuevas políticas a implantar por la Unión Europea en relación con la transición energética hacia economías bajas en carbono y también con la economía circular y de proximidad que permite obtener reducir los impactos ambientales de los productos, así como la huella de carbono de los mismos.

- Las políticas públicas deben seguir fomentando el relevo del empleo de combustibles fósiles por biomasa u otras fuentes de energía renovable, así como medidas de apoyo económico y de concienciación social.
 - El precio de la biomasa como fuente de energía es muy competitivo frente a cualquier otro combustible fósil, debiendo valorarse siempre su empleo en el momento de diseño y construcción de cualquier instalación que demande calor.
 - Introducir la biomasa en la fase de diseño y construcción de un edificio hace que sea mucho más rentable que hacerlo una vez la construcción ya cuenta con equipos térmicos que emplean combustibles fósiles.
- **Conclusiones en relación con la BNVAP**
 - Galicia y el Norte de Portugal disponen en la actualidad de amplios recursos de biomasa procedente de poda de especies arbóreas, vides, kiwis y también de existencias de matorral susceptibles de ser aprovechadas con fines energéticos.
 - En la actualidad los datos de los inventarios forestales reflejan una reducción de las existencias y de la superficie de pino, que es la principal materia prima para la fabricación de pellets y en menor medida de astillas.
 - El empleo de la BNVAP posibilita reducir la presión sobre el abastecimiento de madera de pino y al mismo tiempo darle un valor añadido a lo que actualmente es un residuo, amortiguando posibles subidas del precio de la biomasa y generando nuevas rentas agrarias.
 - La normativa de prevención de incendios ya obliga a la retira de la biomasa o a su trituración in situ. Así mismo las recomendaciones fitosanitarias en los cultivos agrarios que piden la retirada de los restos de poda como medida de minimización de plaga y enfermedades, lo que hace especialmente importante dar una salida a esos productos biomásicos.
 - El consumo de la BNVAP en la actualidad es mínimo y para incrementarlo es necesario impulsar la instalación de equipos de combustión que estén preparados para emplear este tipo de biomasa.
 - **Conclusiones en cuanto a los sistemas de combustión analizados, para el caso de la instalación tipo considerada:**
 - Los altos costes de inversión que muchas veces implican los sistemas que emplean BNVAP deberán ser compensados a través de la puesta en marcha de diferentes líneas de ayuda orientadas al fomento del uso de la BNVAP, unido a los inferiores precios de la biomasa respecto de los combustibles fósiles
 - En el caso de nuevas construcciones, o en los momentos indicados para la renovación de equipos obsoletos, la viabilidad económica de tecnologías a base de biomasa sería mucho mayor.

- La sustitución de quemador de gasóleo C por quemador de biomasa es la opción con mejor viabilidad económica, siempre que sea posible adaptar un quemador de pellets a la caldera de gasóleo C.
 - La alta inversión inicial de los sistemas de microgeneración, así como, el elevado desarrollo de otras tecnologías de autoproducción eléctrica, especialmente la solar fotovoltaica, dificulta la elección de la microgeneración como la mejor opción posible.
 - La instalación de estufas de briquetas o sistemas de gasificación, a pesar de poder ser viables económicamente, presentan el problema de no disponer procesos automatizados de alimentación, lo que obliga a una carga manual del combustible. Ello le resta capacidad para ser implantado frente a otras tecnologías mucho más automatizadas.
-
- **Conclusiones en cuanto a los consumos energéticos y al fomento de la BNVAP.**
 - La viabilidad económica de la sustitución de equipos de combustibles fósiles por sistemas que empleen BNVAP aumenta a medida que lo hace el consumo energético de la instalación.
 - El uso de BNVAP como materia prima en la fabricación de pellet puede disminuir la calidad del producto final, pudiendo condicionar su clasificación.
 - Para impulsar el empleo de BNVAP es necesario poner en marcha líneas de ayuda que promuevan el uso de equipos compatibles con estos combustibles, lo que hará que los fabricantes de equipos hagan las modificaciones necesarias que permitan la utilización de estos combustibles de menor calidad.

13 BIBLIOGRAFÍA

- Bados R, Esteban LS (2018). Layman's report for the Proyecto LIFE+ Enerbioscrub "Sustainable management of shrub formations for energy purposes". CEDER- CIEMAT (Centro de Desarrollo de Energías Renovables). Spain
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico Ahorro de Energía (DB HE)
- DGEG- Direção General de Energia e Geologia (2018). *Balance Energético 2018*. Portugal
- Directiva de la Unión Europea 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energías procedente de fuentes renovables.
- González González BD; Cañelas Rey de Viñas I; González González I; Vázquez de la Cueva A; Sixto Blanco H, *Manual de evaluación ambiental de los aprovechamientos de matorrales para uso biomásico*, INIA, 2017.
- Guía básica de microgeneración. Fenercom (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid), 2012.
- Instrucción 1/2008, de 26 de abril, relativa a las actuaciones administrativas en materia de cumplimiento de las obligaciones de gestión de la biomasa vegetal y retirada de especies arbóreas impuestas por la Ley 3/2007, de 9 de abril, de prevención y defensa contra incendios forestales de Galicia, la Ley 6/2011, de 13 de octubre, de movilidad de tierras y la Ley 7/2012, de 28 de junio, de montes de Galicia.
- Ley 3/2007, de 9 de abril, de prevención y defensa contra incendios forestales de Galicia.
- Ley 7/2012, de 28 de junio, de montes de Galicia.
- L.S. Esteban Pascual, R. Bados Sevillano, I. Mediavilla Ruiz, *Gestión sostenible de formaciones arbustivas para uso energético*, Enerbioscrub, Lubia (Soria): CEDER- CIEMAT, 2017.
- Observatório da Energia, DGEG- Direção General de Energia e Geologia, Direção de Serviços de Planeamento Energético e Estatística, ADENE- Agência para a Energia (2019) *Energia em números*. ADENE. Portugal.
- *Resolución de 9 de abril de 2019, por la que se establecen las bases reguladoras y se anuncia la convocatoria de subvenciones para proyector de energías renovables térmicas, para el año 2019, cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, en el marco del programa operativo Feder Galicia 2014-2020 (código IN421G)*. Agencia Instituto Energético de Galicia. Publicada por el Diario Oficial de Galicia.
- *Resolución de 18 de febrero de 2019 por la que se aprueban las bases reguladoras y se convocan para el año 201, en régimen de concurrencia competitiva, las ayudas a valorización y a la segunda transformación de las pequeñas y medianas empresas de la industria forestal gallega e do contract (código de procedimiento IN500B)*. Agencia Gallega de la Industria Forestal. Publicada por el Diario Oficial de Galicia.
- *Resolución de 11 de diciembre de 2018, por la que se aprueban las bases reguladoras de las subvenciones para la creación, mejora y ampliación de pequeñas infraestructuras para proyectos de biomasa destinadas a particulares y cofinanciadas*

por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (Feader) en el marco del Programa de Desarrollo Rural (PDR) de Galicia 2014-2020, se anuncia la convocatoria anticipada para el año 2019 y se procede a la selección de las entidades colaboradoras que participarán en la gestión de las subvenciones (IN421H,IN421I). Agencia Instituto Energético de Galicia. Publicada por el Diario Oficial de Galicia.

- *Resolución de 28 de diciembre de 2018, por la que se establecen las bases reguladoras y se convocan para el año 2019, en régimen de concurrencia competitiva, las ayudas a las inversiones en tecnologías forestales, procesado, movilización y comercialización de productos forestales, cofinanciadas con el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (Feader) en el marco del Programa de Desarrollo Rural (PDR) de Galicia 2014-2020 (código IN500A).* Agencia Gallega de la Industria Forestal. Publicada por el Diario Oficial de Galicia.
- Susmozas Torres AI, *Análisis de sistemas energéticos basados en gasificación de biomasa*, Móstoles: Universidad Rey Juan Carlos, 2015.
- Asociación de Productores de Energías Renovables-APPA. Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España. Año 2018.

14 LIKOGRAFÍA

- <http://biomasa-ap.com>
- [https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Renewable energy y statistics#Renewable energy produced in the EU increased by two thirds in 2007-2017](https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Renewable_energy_statistics#Renewable_energy_produced_in_the_EU_increased_by_two_thirds_in_2007-2017)
- [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share of renewables in gross inland energy consumption, 2017 \(%25\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share_of_renewables_in_gross_inland_energy_consumption,_2017_(%25).png)
- <http://enerbioscrub.ciemat.es/>
- <https://www.idae.es/>
- <https://ec.europa.eu/>
- <https://apambiente.pt>
- <https://www.miteco.gob.es/>
- [http://selvicultor.net/redfor/wp-content/uploads/Observatorio-de-precios-Completo Sep-2015 Final.pdf](http://selvicultor.net/redfor/wp-content/uploads/Observatorio-de-precios-Completo-Sep-2015-Final.pdf)
- <http://www.acogen.es/precios.php>
- <https://www.esios.ree.es>
- <https://www.eia.gov/>
- <https://www.xunta.gal>

ANEXO 1. CÁLCULO DE NECESIDADES TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN

Las necesidades térmicas de calefacción de un edificio están condicionadas por diversos factores, principalmente la zona climática y su aislamiento térmico.

Zonas climáticas

El Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) define como zona climática aquella que presenta solicitaciones exteriores comunes a efectos de cálculo de la demanda energética.

Las zonas climáticas se identifican mediante una letra, que corresponde a la severidad climática de invierno, y un número, que corresponde a la severidad climática en verano.

El apéndice B del DB-HE recoge las zonas climáticas que deben considerarse para una determinada localidad en función de su capital de provincia y su altitud respecto al nivel de mar. En la tabla siguiente se recogen las zonas climáticas presentes en Galicia:

Tabla 1. Zonas climáticas de Galicia

Capital	Z.C	Altitud	C3	C3	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: Documento Básico de Ahorro de Energía

El DB-HE no define las zonas climáticas para Portugal, por lo que para poder extender su uso a toda la Eurorregión Galicia-Norte de Portugal se han asimilado las zonas climáticas de Pontevedra y Ourense a los 8 distritos que conforman la zona norte de Portugal de la siguiente forma:

Tabla 2. Equivalencia zonas climáticas Norte de Portugal

Distrito	Z.C	Altitud	C3	C3	C1	D2	D1	E1
Vila Real Bragança Guarda	D2	327	h<150	h<300		h<800		h≥800
Viana do Castelo Braga Porto Aveiro Viseu	C1	77			h<350		h≥350	

Fuente: Elaboración propia a partir del Documento Básico de Ahorro de Energía

Para poder representar gráficamente las zonas climáticas de la Eurorregión se ha calculado la altura media de los ayuntamientos de Galicia (Concellos) y de Portugal (Concelhos), asimilando la zona climática a todo el ayuntamiento y no a una localidad concreta. De este modo, las zonas climáticas de Galicia y Norte de Portugal se recogen en el siguiente mapa:

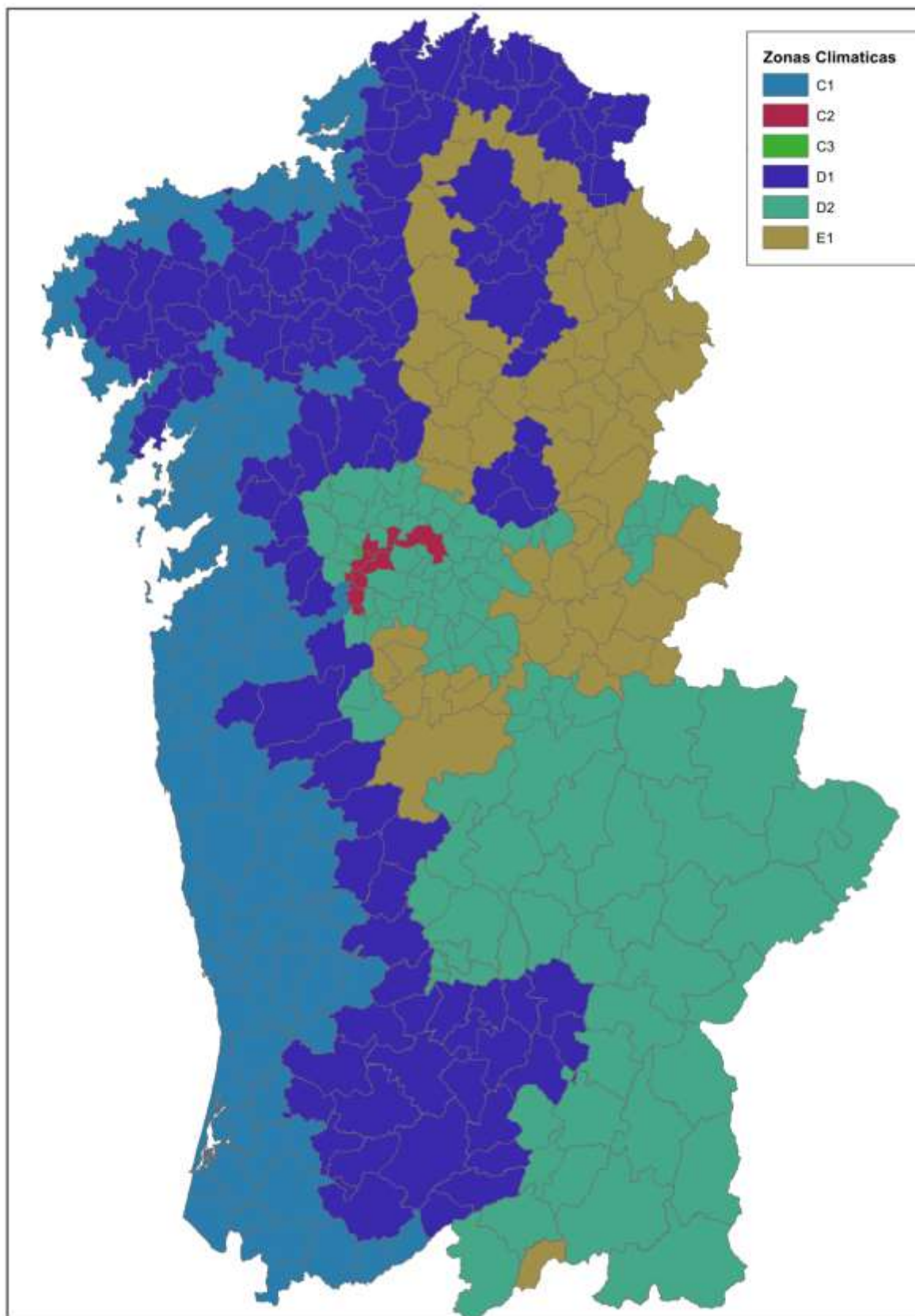


Figura 1. Zonas climáticas de Galicia y Norte de Portugal
Fuente: Elaboración propia a partir del Documento Básico de Ahorro de Energía

Aislamiento térmico

El aislamiento térmico de un edificio existente, si no se han realizado obras de mejora de su envolvente térmica, será el establecido por la normativa constructiva en vigor en el momento de su construcción.

Las exigencias de aislamiento se han ido incrementando con la aprobación de las sucesivas normativas.

Las normas constructivas que establecían los niveles de aislamiento mínimos en la construcción en España son las siguientes:

Tabla 3.Relación entre el año de construcción y la norma constructiva de aplicación en España

Año de construcción	Norma reguladora
< 1979	-
1979- 2006	NBE-CT-79
2007-2013	Código Técnico de la Edificación 2006
>2013	Código Técnico de la Edificación 2013

Fuente: Elaboración propia

Edificaciones de referencia

En función del año de construcción, la zona climática y operatividad del edificio (horas de funcionamiento) se han calculado las demandas de calefacción en los supuestos recogidos en la tabla 4, empleado para ello la herramienta CE³X ("Documento Reconocido para la Certificación Energética de Edificios Existentes"), desarrollada para la certificación de edificios existentes:

Tabla 4.Supuestos considerados de necesidades térmicas de calefacción en instalaciones públicas

Año de construcción	Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)		
		Operatividad 8-10h/día	Operatividad 12 h/día	Operatividad 24h/día
≤1979	C1	59,40	71,30	142,60
	C2	59,60	71,50	143,00
	C3	58,60	70,30	140,60
	D1	81,00	97,20	194,40
	D2	80,80	96,95	193,90
	E1	101,00	121,15	242,30
1980 - 2006	C1	50,00	60,00	120,00
	C2	50,20	60,25	120,50
	C3	45,30	54,30	108,60
	D1	63,80	76,60	153,20
	D2	63,60	76,35	152,70
	E1	79,20	95,05	190,10
2007 - 2013	C1	34,40	41,30	82,60

Año de construcción	Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)		
		Operatividad 8-10h/día	Operatividad 12 h/día	Operatividad 24h/día
	C2	34,50	41,45	82,90
	C3	33,60	40,35	80,70
	D1	47,10	56,55	113,10
	D2	47,00	56,40	112,80
	E1	58,00	69,55	139,10
>2013	C1	27,00	32,35	64,70
	C2	27,10	32,50	65,00
	C3	26,10	31,35	62,70
	D1	38,10	45,75	91,50
	D2	38,00	45,60	91,20
	E1	48,20	57,85	115,70

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Supuestos considerados de necesidades térmicas de calefacción en viviendas

Año de construcción	Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)	
		Viviendas unifamiliares	Viviendas colectivas
≤1979	C1	142,6	58,5
	C2	143	58,9
	C3	140,6	57
	D1	194,4	84,7
	D2	193,9	84,4
	E1	242,3	109,6
1980 - 2006	C1	120	53,4
	C2	120,5	53,8
	C3	108,6	48,4
	D1	153,2	73,3
	D2	152,7	73,2
	E1	190,1	94,2
2007 - 2013	C1	82,6	36,2
	C2	82,9	36,7
	C3	80,7	34,4
	D1	113,1	54
	D2	112,8	54
	E1	139,1	70,6
>2013	C1	64,7	26
	C2	65	26,5
	C3	62,7	24,7
	D1	91,5	41,4
	D2	91,2	41,5

Año de construcción	Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)	
		Viviendas unifamiliares	Viviendas colectivas
	E1	115,7	56,3

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2. CÁLCULO DE NECESIDADES TÉRMICAS DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

Para determinar las necesidades de ACS se toma como referencia las especificaciones recogidas en la sección HE 4 del Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación.

Se consideran las demandas de ACS a 60°C en función del uso del edificio, según la tabla siguiente:

Tabla 1. Demanda de ACS (litros) según uso de la edificación.

Uso edificación	Demanda (litros) de ACS/día a 60°C
Viviendas unifamiliares	30 l/persona
Viviendas multifamiliares	22 l/persona
Hospitales y clínicas	55 l/cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55 l/cama
Escuelas	3 l/persona
Administrativos	3 l/persona
Gimnasios (instalaciones deportivas)	22,5 l/usuario

Fuente: Documento Básico de Ahorro de Energía

Para cuantificar la energía térmica que es necesario emplear para elevar la temperatura de agua se emplea la siguiente fórmula:

$$D_{ACS} = D(T) \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{uso} - T_{AF})$$

donde,

D_{ACS} = demanda de energía térmica para ACS (kW/día)

$D(T)$ = consumo de ACS en cada mes (litros/día)

ρ = densidad del agua (1 kg/litro)

C_p =calor específico del agua (0,00116 kW/kg°C)

T_{uso} =temperatura de uso (°C)

T_{AF} =temperatura del agua fría (°C)

Considerando una T_{AF} de 13°C para todo el año y para toda la Eurorregión se obtuvieron las siguientes demandas térmicas de ACS en función de la operatividad y uso principal de las edificaciones:

Tabla 2. Demanda de ACS anual según uso y operatividad de la edificación.

Tipo edificación	Demanda (litros) de ACS/día a 60°C	D_{ACS} (kW/día)	Operatividad (días/año)	D_{ACS}
Viviendas unifamiliares	30 l/persona	1,6356	365	597,0 kW/año. persona

Tipo edificación	Demanda (litros) de ACS/día a 60°C	D_{ACS} (kW/día)	Operatividad (días/año)	D_{ACS}
Viviendas colectivas	22 l/persona	1,1994	365	437,8 kW/año. persona
Hospitales y clínicas	55 l/cama	2,9986	365	1.094,5 kW/año. cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	55 l/cama	2,9986	365	1.094,5 kW/año. cama
Escuelas	3 l/persona	0,1636	180	29,4 kW/año. persona
Edificios Administrativos	3 l/persona	0,1636	250	40,9 kW/año. persona
Gimnasios (instalaciones deportivas)	22,5 l/usuario	1,2267	365	447,7 kW/año. usuario

Fuente: Elaboración propia

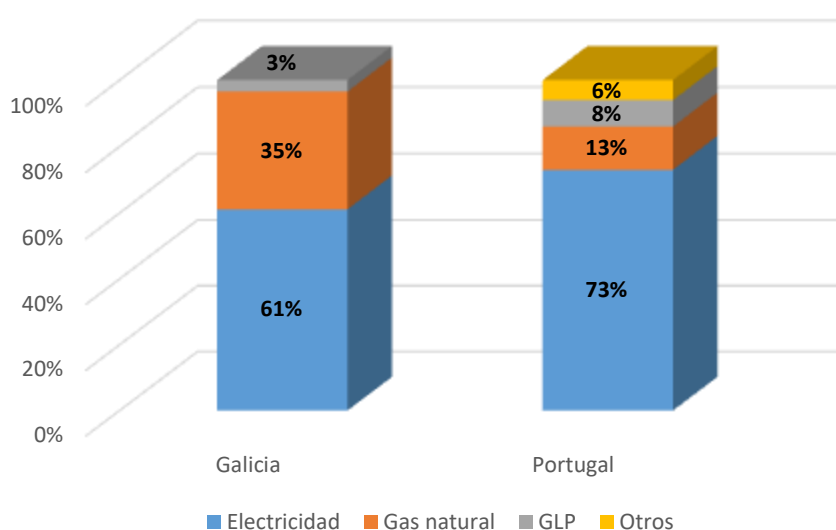
ANEXO 3. ANÁLISIS DE LOS PRECIOS Y ESCENARIOS FUTUROS DE LA ENERGÍA

El coste energético supone un gasto importante que deben abordar las Administraciones Públicas en sus diferentes instalaciones.

Las variaciones actuales del precio de los combustibles fósiles hacen necesaria una especial atención, ya que es un factor clave en la viabilidad de utilizar biomasa como combustible. Los combustibles empleados mayoritariamente en el sector servicios donde se recogen las instalaciones de la Administración Pública son el gasóleo C, la electricidad, el gas natural y GLP.

Según los datos publicados en el Balance Enerxético de Galicia por el Instituto Galego de Enerxía (INEGA) y los datos publicados en Energia em Números por la Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) se obtiene que el mayor tipo de consumo que se produce en el sector servicios de Portugal y de Galicia está asociado a la electricidad alcanzando el 61% en Galicia y el 73% en Portugal; seguido del consumo de gas natural, y de los gases derivados del petróleo como se muestra en la siguiente representación gráfica.

Gráfico 1. Consumos en el sector servicios en Portugal y Galicia en el año 2017



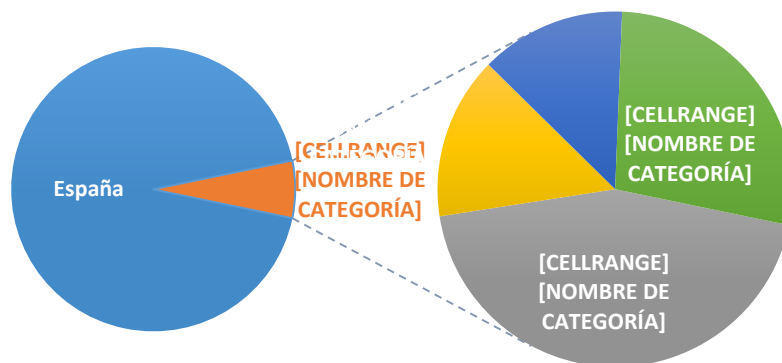
Fuente: Elaboración propia a partir *Balance Enerxético de Galicia, 2017*(INGEA), y *Energia em Números* (DGEG)

Teniendo en cuenta este consumo, se va a estudiar la evolución y tendencia de los tipos de consumos más relevantes para los próximos años.

1 PETRÓLEO Y DERIVADOS

A partir del petróleo se pueden obtener diferentes productos empleados de forma habitual como son los querosenos, gasolinas, gasóleos, fuelóleo y los gases licuados del petróleo (GLP) de los cuales en España durante el año 2018 se han consumido un total de 36.792.830 toneladas, de los cuales un 7% del total corresponden a la comunidad de Galicia, llegando a alcanzar las 2.560.796 toneladas.

Gráfico 2. Consumo de petróleo y sus derivados durante el año 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Instituto Galego de Estadística (IGE)

Por lo general, el precio final de estos combustibles depende principalmente de sus cotizaciones en los mercados al por mayor de referencia para España, o del Mediterráneo o del Norte de Europa, así como de los impuestos. Además, aunque en menor medida también depende de otros costes como son los asociados al transporte, al mantenimiento de las reservas estratégicas, la comercialización, los gastos financieros, etc.

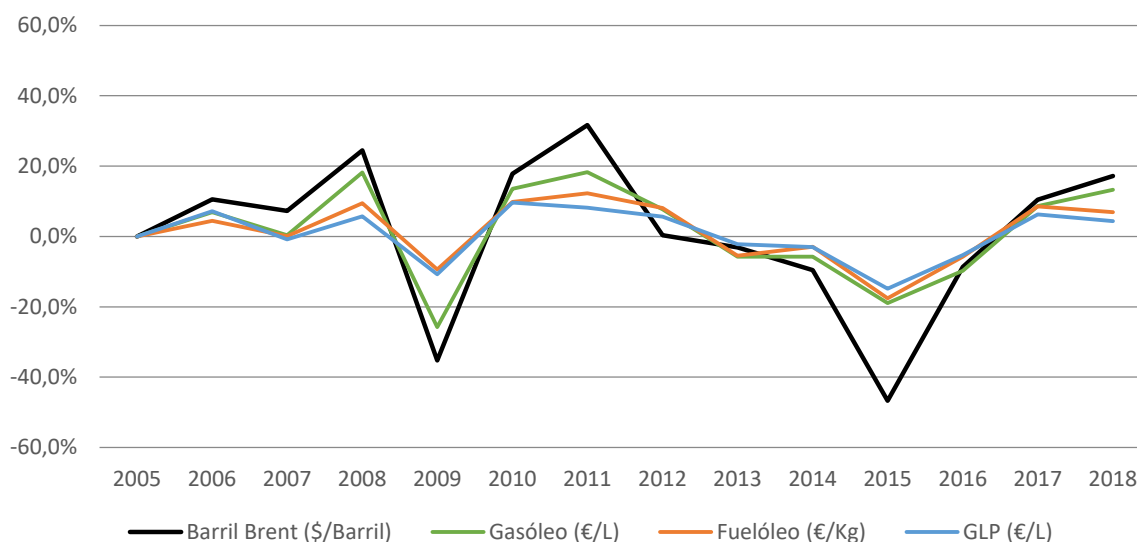
Además, todos los carburantes derivados del petróleo están gravados con impuestos, los cuales pueden llegar a suponer más de un 50% de su precio final. Estos impuestos se componen principalmente por una parte fija, que son los impuestos especiales sobre hidrocarburos, que no depende del precio neto del combustible, así como otra parte que si es un porcentaje, como es el IVA. A mayores también se le aplican otras figuras tributarias por parte de cada Comunidad Autónoma, pero su repercusión en el precio es menor.

Además del precio fijado por el barril de Brent los combustibles derivados del petróleo también dependen de otros factores. Por un lado, están aquellos que limitan la influencia de las variaciones de las cotizaciones del petróleo sobre su precio y, por otro lado, los factores que provocan que estas variaciones no se transmitan de forma inmediata al precio de los combustibles. Dentro del primer grupo, como ya se ha indicado anteriormente, los más importantes son los impuestos con los que están

grabados todos los combustibles. En el caso de los de segundo tipo, cabe destacar el aprovisionamiento (reservas de combustible).

En el siguiente gráfico se puede observar las variaciones porcentuales de los precios del barril de Brent, del gasóleo, fuelóleo y GLP entre los años 2005 y 2018. Observándose que en líneas generales los incrementos y descensos de las cotizaciones del barril de Brent significaron igualmente subidas y bajadas de los precios del gasóleo, fuelóleo y GLP, si bien no de la misma intensidad, pero sí siguen la tendencia del barril de Brent.

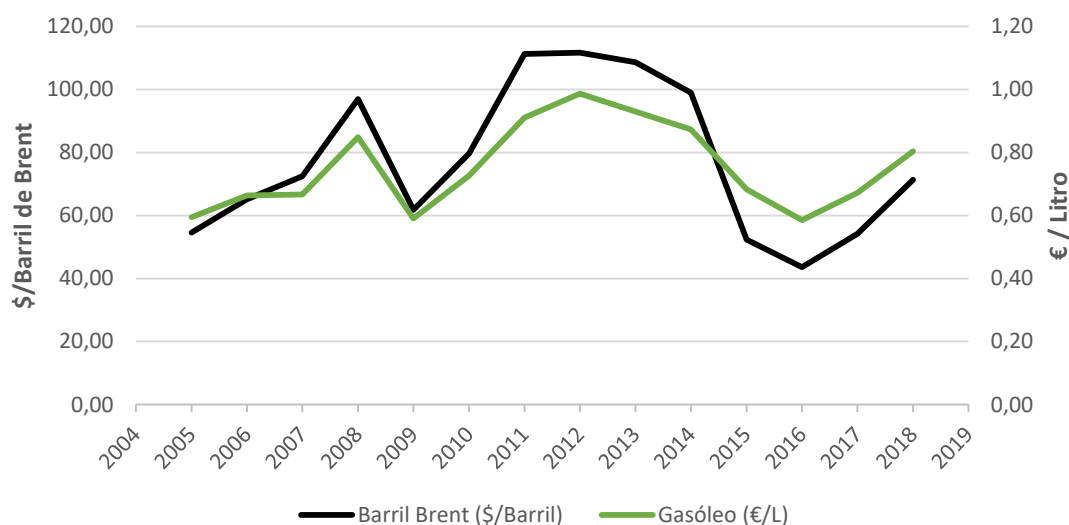
Gráfico 3. Evolución del precio del gasóleo, fuelóleo y GLP, en relación con el precio del barril de Brent



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Boletín Petrolero de la Comisión Europea

A continuación, se extrae de la gráfica anterior la variación del precio del gasóleo frente al barril de Brent.

Gráfico 4. Evolución del precio del gasóleo en relación con el precio del barril de Brent



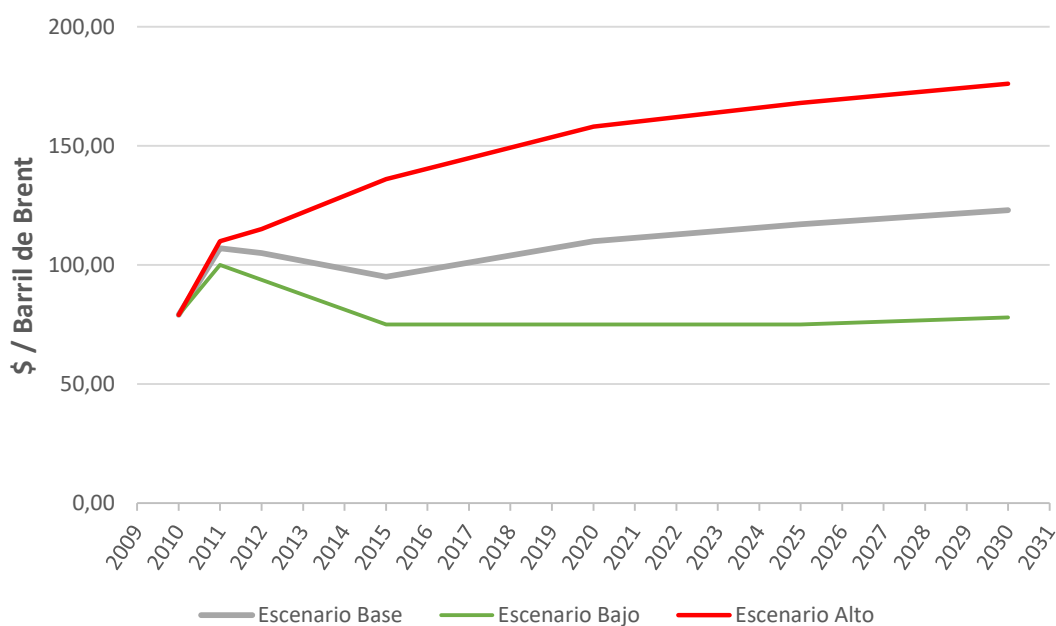
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Boletín Petrolero de la Comisión Europea

Para su elaboración se tienen en cuenta los precios históricos con tasas publicados en el Boletín Petrolero de la Comisión Europea, junto con los datos publicados por el *United States Energy Information Administration* (EIA) de donde se extrae el valor alcanzado por el barril de Brent en el periodo de tiempo estudiado, obteniendo el mínimo precio registrado en el año 2016, cuando el precio del barril llegó a alcanzar los 43,64 \$. La mayor bajada de precio registrada se produce entre el 2014 y el 2016 donde se observa una depreciación del barril de Brent de un 55,90% y de un 19,55% para el gasóleo.

Con el objeto de poder obtener unos resultados lo más próximos a la realidad del escenario futuro se emplearán datos de dos fuentes. Por un lado, se emplearán datos de los precios actuales (2019) y por otro se usarán previsiones recogidas en el documento *“Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables”* que fue promovido por el Instituto para la Diversificación e Aforros de la Energía (IDAE) en el marco de la evolución del Plan de Energías Renovables (PER) en España 2011-2020.

En la previsión de evolución futura del petróleo o PER 2011-2020, se consideran tres escenarios: un escenario base y dos escenarios alternativos (alto y bajo). En concreto, en los escenarios alternativos se muestran las evoluciones no extremas de los precios del crudo y tienen la finalidad de definir una banda razonable en la que con alta probabilidad se encontrarán los precios en el futuro y considerando que los escenarios definidos están en línea con los manejados por instituciones internacionales como la IEA.

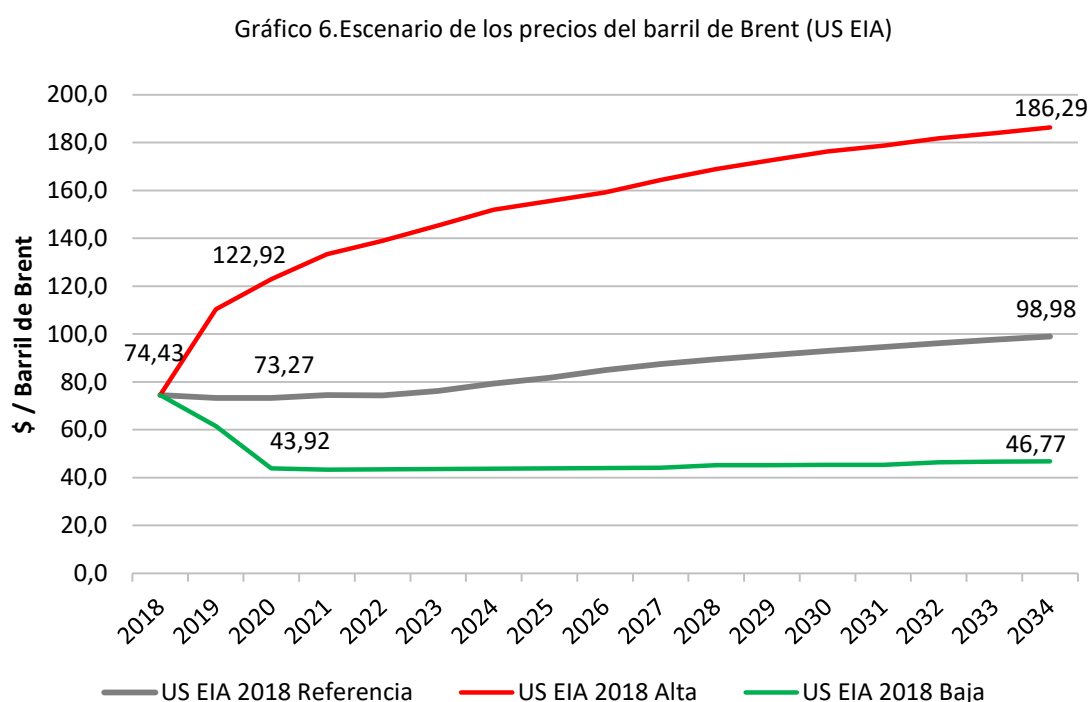
Gráfico 5. Escenario de los precios del barril de Brent (IDAE)



Fuente: Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables, publicado por el IDAE.

Como se puede observar, el precio estimado para el año 2020 es de 110 \$/barril, mientras que en el escenario alto el precio podría alcanzar los 158 \$/barril y, por el contrario, en el escenario bajo podría llegar a presentar un precio de 75 \$/barril.

Por otro lado, la US EIA (*United States Energy Information Administration*) en el año 2018 se predice un escenario del precio del barril de Brent de referencia, partiendo de 74,43 \$/barril en 2018, hasta llegar a los 98,98 \$/barril en el 2034, con un escenario alto de 186,29 \$/barril y 46,77 \$/barril en el escenario bajo, como se puede ver en el siguiente gráfico.

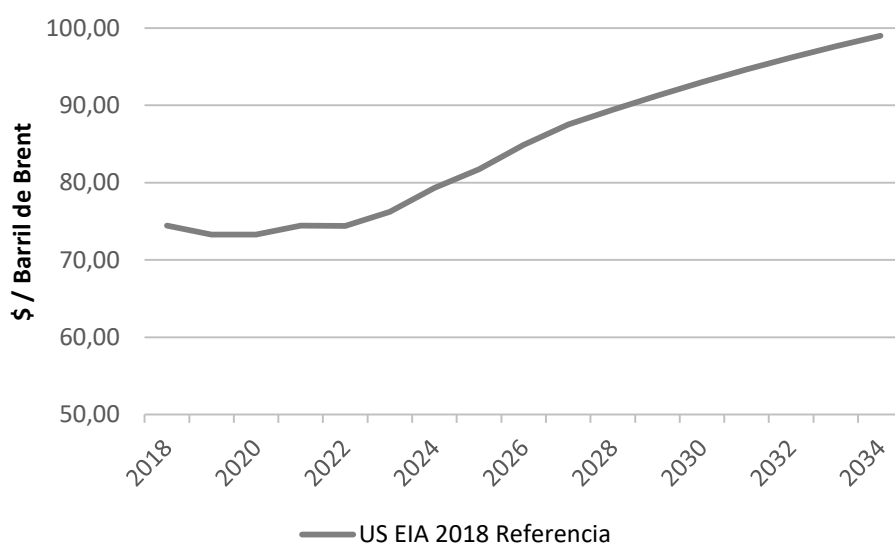


Fuente: US EIA *Annual Energy Outlook 2019*

De cara a estimar la rentabilidad del empleo de la biomasa frente a los combustibles derivados del petróleo, los escenarios del precio del crudo que prevén una tendencia alcista resultarían más propicios.

De tal modo que aplicando el principio de cautela y dada una mayor actualidad de los estudios realizados por la US IEA en el *Annual Energy Outlook 2019*, para la asignación de los precios de los combustibles derivados del petróleo, se selecciona el escenario de referencia para realizar el estudio.

Gráfico 7. Escenario de referencia considerado de los precios del barril de Brent (US IEA)



Fuente: US EIA Annual Energy Outlook 2019

1.1 GASÓLEO C

De los diferentes derivados que presenta el petróleo cabe destacar el gasóleo por su interés y empleo en las diferentes instalaciones públicas.

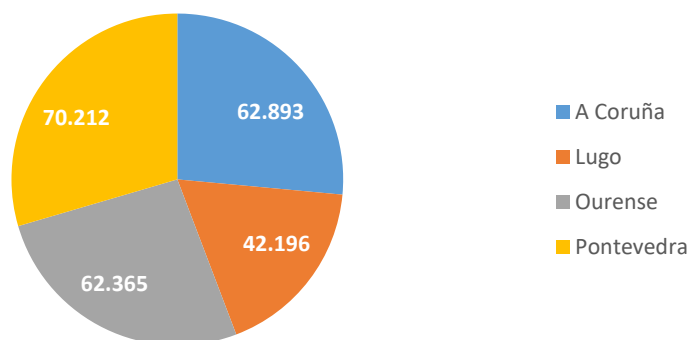
El gasóleo es una mezcla de hidrocarburos que procede del refino del petróleo, utilizado fundamentalmente como combustible, tanto en las economías domésticas, así como en la industrial.

Dependiendo de su uso, hay tres tipos de gasóleo, A, B C.

- Gasóleo A, está considerado como un gasóleo de más alta calidad. Este tipo de gasóleo se emplea en los vehículos de automoción porque es más refinado que el resto.
- Gasóleo B, es el empleado como combustible en maquinarias agrícolas, pesqueras, en embarcaciones y vehículos autorizados. Se caracteriza por ser un gasóleo menos filtrado y con un contenido mayor de parafina.
- Gasóleo C, su función principal es la generación de calor, y esto se debe a su alto contenido en parafina que produce un alto poder calorífico. Se emplea principalmente en las calderas de uso doméstico e industrial. En relación con los otros gasóleos, el gasóleo C es más barato.

Durante el año 2018, en España se ha consumido un total 1.803.991 toneladas de gasóleo C, de las cuales Galicia consumió un total de 237.666 toneladas, llegando a alcanzar el 13% del consumo nacional.

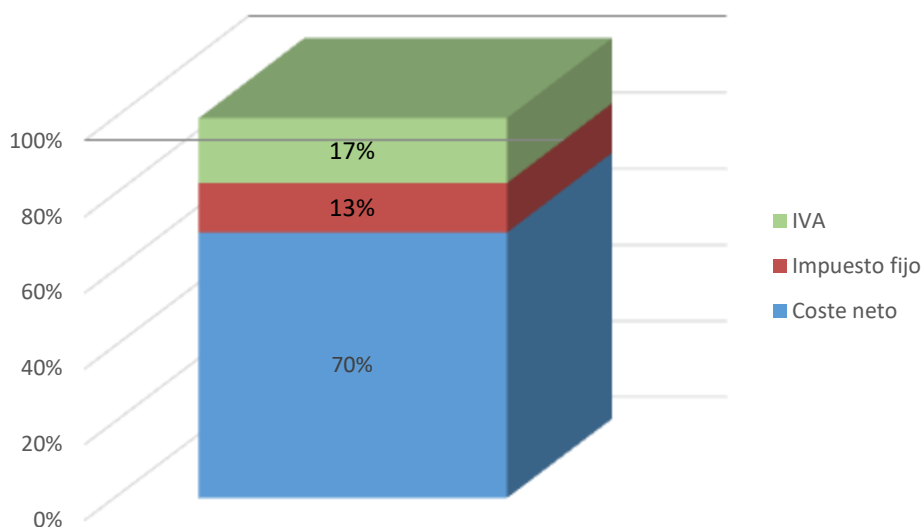
Gráfico 8. Consumo de gasóleo C en Galicia



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Instituto Galego de Estadística (IGE)

Al precio final que muestra el gasóleo C, se le otorga un 30% de impuestos como se muestra en la siguiente gráfica.

Gráfico 9. Construcción del precio final del gasóleo C



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Boletín Petrolero de la Comisión Europea

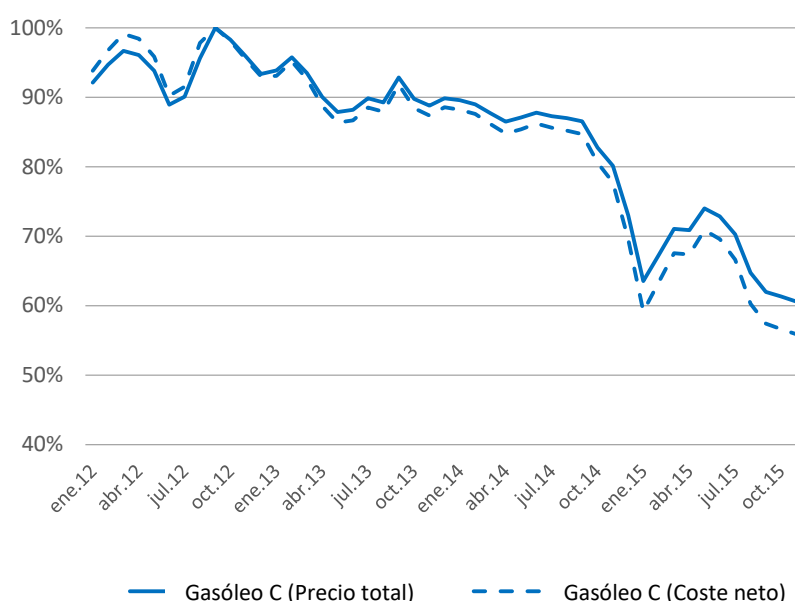
Según como se refleja en el gráfico anterior, el mayor porcentaje del precio final del combustible se corresponde con el coste neto, es decir, el precio de los combustibles en los mercados internacionales, llegando a alcanzar para este caso el 70% del precio final. El IVA y los impuestos fijos se aplican sobre este coste neto, que suponen un 17% y un 13%, respectivamente.

Cuanto mayor peso tienen los impuestos en la composición del precio final del carburante, mayor es el efector amortiguador sobre las fluctuaciones de las cotizaciones de los mercados. Esto significa que las variaciones que se produzcan en el

coste neto repercutirán de manera más pequeña en el precio final cuanto mayores sean las tasas que se les apliquen. En este caso, el gasóleo C, como ya se ha visto anteriormente, los menores impuestos con los que están gravados implican que su precio sea más susceptible a las variaciones de su coste neto.

En el siguiente gráfico se muestra a nivel porcentual como fueron transmitidas al precio final las variaciones de las cotizaciones del gasóleo C. Se observa que para el periodo considerado (2012-2015) las mayores bajadas de las cotizaciones fueron directamente emparejadas con el precio total.

Gráfico 10. Relación entre las variaciones del coste neto y las del precio total de los carburantes



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Boletín Petrolero de la Comisión Europea

Una vez definido el escenario del precio del petróleo es necesario vincularlo con el precio del gasóleo C. Se analiza la relación existente entre el precio del barril de Brent con el precio final del gasóleo C, empleando para ello un análisis de regresión lineal según la siguiente ecuación:

$$Y = a + bX$$

Donde Y, es el precio del gasóleo C (€/l), y X el precio del barril de Brent (\$).

Los datos de partida empleados para el cálculo serán los precios medios mensuales entre os años 2005 y 2015 recogidos en el Boletín Petrolero de la Unión Europea.

En el caso del gasóleo C, el análisis obtenido presentó una correlación positiva entre los precios del gasóleo y el precio de Brent, con un valor del coeficiente de correlación (R) de 0,92, siendo el coeficiente de determinación (R^2) de 0,85.

Tabla 3. Estadística de regresión del gasóleo C

<i>Estadísticas de regresión</i>	
Coefficiente de correlación (R)	0,923263509
Coefficiente de determinación R ²	0,852415506
R ² ajustado	0,85127144
Erro típico	9,763845157
Observaciones	131

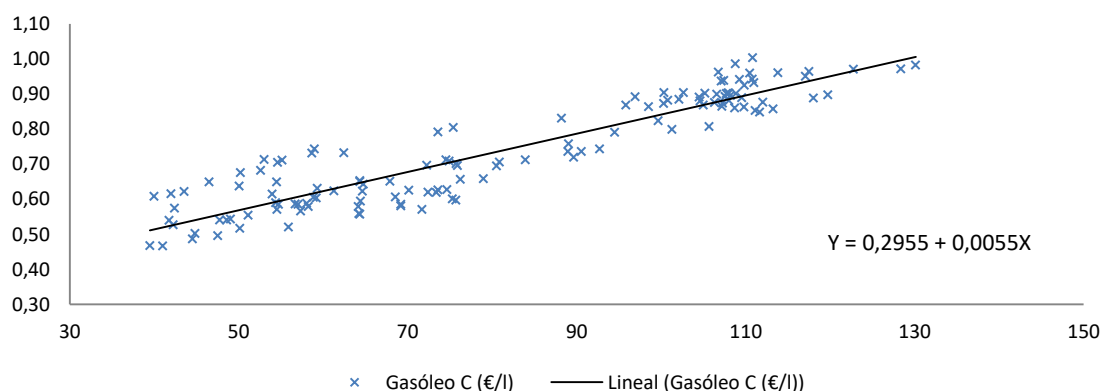
ANÁLISE DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio dos cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	71030,0448	71030,0448	745,075567	1,91881E-55
Residuos	129	12297,9147	95,3326722		
Total	130	83327,9595			

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico representa el diagrama de dispersión y la recta de regresión obtenida para el gasóleo C. Se observa que la recta representa un seguimiento bastante bueno de los datos. La pendiente de la recta (b) indica que, de media, cada incremento de la unidad del precio del barril de Brent (X), le corresponde un incremento de 0,0055 del precio del litro de gasóleo. El origen de la recta (a) sugiere que a un precio del barril de Brent de 0\$ el precio del litro del gasóleo sería de 0,2955€. Esto resulta coherente al estar grabado como combustible con unos impuestos fijos que no dependen del precio neto.

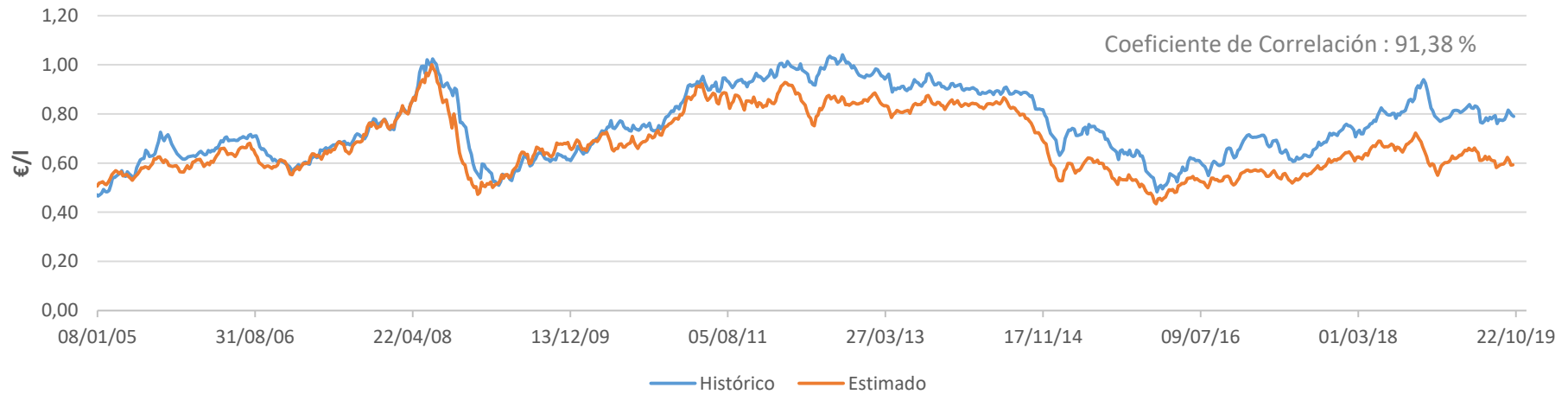
Gráfico 11. Diagrama de dispersión y recta de regresión del precio de gasóleo C en relación al Brent



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Boletín Petrolero de la Comisión Europea

Aplicando el modelo a datos históricos del precio del petróleo se obtiene una correlación superior al 91% entre el precio del gasóleo C en España recogidos en el Boletín Petrolero de la Unión Europea y el precio estimado, tal y como se observa en el siguiente gráfico:

Gráfico 12. Precio medio histórico del gasóleo C en España en el periodo 2005-2019 frente al precio estimado



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Boletín Petrolero de la Comisión Europea

Introduciendo los valores del precio del barril de Brent previsto en el escenario considerado en las ecuaciones de la recta de regresión obtenida para el gasóleo C se obtiene la siguiente estimación futura:

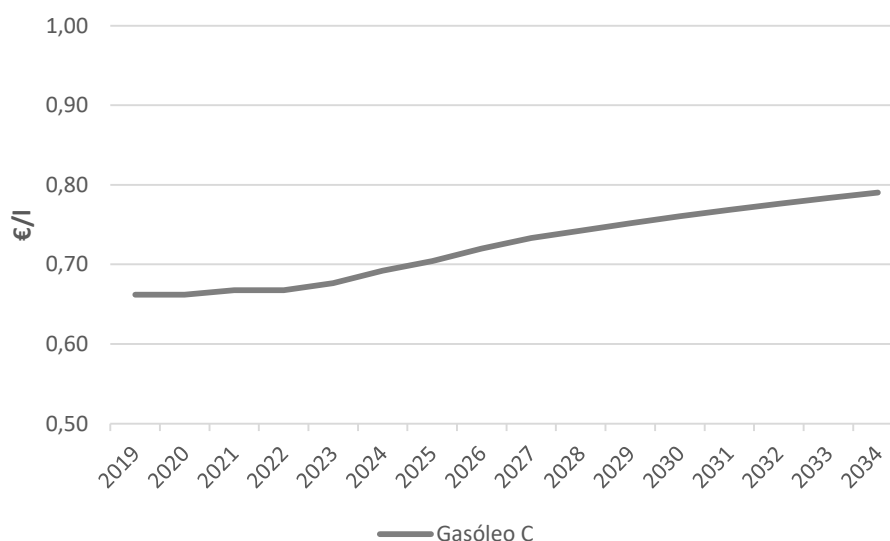
Tabla 4. Estimación futura del precio del barril de Brent y del gasóleo C para el periodo 2020-2034

Año	Barril de Brent (\$/l)	Gasóleo C (€/l)
2020	73,27	0,6619
2021	74,43	0,6677
2022	74,40	0,6675
2023	76,21	0,6766
2024	79,32	0,6921
2025	81,73	0,7042
2026	84,87	0,7199
2027	87,50	0,7330
2028	89,42	0,7426
2029	91,25	0,7518
2030	92,98	0,7604
2031	94,62	0,7686
2032	96,17	0,7764
2033	97,62	0,7836
2034	98,98	0,7904

Fuente: Elaboración propia

Se representa a continuación a modo de gráfica la previsión futura del precio del gasóleo C en €/l para los próximos años.

Gráfico 13. Escenario futuro del precio gasóleo C en relación al precio del barril de Brent



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Boletín Petrolero de la Comisión Europea

2 BIOMASA

En el presente apartado se hará un análisis de los distintos precios de la biomasa para fines energéticos, y su evolución esperada para poder así comparar su precio con otras fuentes de energía.

Los precios de referencia en un mercado libre como lo de la biomasa es variable y depende de diversos factores como la calidad del producto, la cantidad suministrada, la época del año, el sistema de suministro empleado (granel, sacos,...).

En España AVEBIOM (Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa) lleva varios años estudiando la evolución de los distintos combustibles de origen vegetal, bajo una serie de condiciones y supuestos de aplicación. A día de hoy cuenta con precios de referencia para uso doméstico del pellet, las astillas de madera y el oso de oliva.

Existen otros muchos tipos de combustibles sólidos lignocelulósicos de origen vegetal con fines térmicos como la cáscara de almendra, orujo ("orujillo"), pellets de orujo de oliva, cáscara de piña, leñas, etc que no serán analizados en este apartado por tener un uso minoritario o por no existir una estandarización suficiente del producto que garantice una comparación fiable entre los distintos combustibles.

2.1 El precio del pellet

2.1.1 La evolución del precio

El precio del pellet puede variar en función de la época del año, de la cantidad mercada, del sistema de suministro empleado, de la calidad...

Para conocer los precios de la biomasa doméstica en España AVEBIOM hace trimestralmente una encuesta a las empresas presentes en el mercado español que distribuyen pellet, oso de oliva y astillas de madera al cliente final doméstico.

Los datos obtenidos son tratados estadísticamente y se realizan los siguientes cálculos:

- *Precio medio*: precio medio para el trimestre expresado en €/t y c€/kWh para diferentes formatos (1 saco, 1 pallet, granel en basculante y granel en cisterna).
- *IPB trimestral*: variación porcentual del precio medio de la biomasa de un trimestre con respecto del trimestre inmediatamente anterior.
- *IPB anual*: variación porcentual del precio medio del pellet anual con respecto del año inmediatamente anterior.

Las condiciones supuestas y el método de cálculo de los Precios Medios de Biomasa son los siguientes:

- Son precios medios para el cliente final calculados trimestralmente
- Los datos se obtienen mediante encuestas a distribuidores y fabricantes con servicio de venta al consumidor.
- Los precios medios para el consumidor final incluyen IVA y un transporte medio de 200 km en formato a granel para pellet.
- Los transportes son calculados con los coeficientes publicados por el observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera publicado periódicamente por el Ministerio de Fomento.
- Se expresan en unidades [c€/kWh] y [€/t]
- Para realizar los valores medios se procesaron los datos estadísticamente eliminándose valores extremos que distan del promedio más de 3 veces a desviación típica.

Tabla 5.Evolución de precios del pellet en el mercado español

PmB (sacos 15 kg.)	2016	2017	2018	2019	Promedio
€/saco	3,93	3,92	4,02	4,44	4,08
c€/kWh	5,50	5,49	5,62	6,22	5,71
IPB anual (en base 2012)	-4,7%	-5,0%	-2,7%	7,7%	
PmB (palét)	2016	2017	2018	2019	Promedio
€/t	254,93	252,25	260,74	289,24	264,29
c€/kWh	5,35	5,29	5,47	6,07	5,55

IPB anual (en base 2012)	-5,5%	-1,0%	3,4%	10,9%	
PmB (a granel volquete)	2016	2017	2018	2019	Promedio
€/t	225,98	221,61	226,45	245,94	229,99
c€/kWh	4,74	4,65	4,75	5,16	4,825
IPB anual (en base 2012)	-3,2%	-1,9%	2,2%	8,6%	
PmB a granel cisterna)	2016	2017	2018	2019	Promedio
€/t	234,59	232,27	241,31	264,52	243,17
c€/kWh	4,92	4,87	5,06	5,55	5,1
IPB anual (en base 2012)	-4,3%	-1,0%	3,9%	9,6%	

Fuente: Avebiom

Lo habitual para calderas de pellets es que empleen pellet a granel debido al alto volumen de consumo, y en Galicia el sector de la distribución a granel de pellet lo hace mayoritariamente mediante camiones cisternas, con el cuál será este el precio que se empleara la para este combustible. Quedando el pellet ensacado para consumos domésticos menores y generalmente en estufas.

El precio obtenido a través de la encuesta trimestral de AVEBIOM es para clientes domésticos y da la una idea muy válida de la evolución del mercado y de los precios medios. pero en el caso de industrias con consumos elevados los precios pueden ser más bajos. Ese factor es el tamaño del silo o depósito de almacenamiento, que hace que lo suministro sea más económico por cuanto la influencia del precio de transporte en cada tonelada de pellet suministrado es menor.

2.1.2 Precios de referencia en Galicia

Según la información suministrada por fabricantes gallegos de pellets los costes medios de venta y distribución de los productos en Galicia son los siguientes:

- Precio del pellet a granel en planta: 160 €/t
- Precio de los portes a silo de gran capacidad (>20t): 25-40 €/t
- Precio final para el consumidor industrial: 185-200 €/t

Todos ellos son precios con IVA incluido y el radio de abastecimiento abarca cualquier punto de Galicia. En el caso del presente estudio para ponernos en el caso más desfavorable emplearemos el precio superior de la banda indicada, siendo por tanto

200 €/t el pellet a granel suministrado mediante cisterna el precio que emplearemos para el cálculo de costes energéticos.

2.2 El precio de la astilla

2.2.1 Evolución del precio

Igual que en el caso del pellet, el precio de las astillas varía en función de la calidad de las mismas, de la época del año, del sistema de suministro empleado y del tipo de consumidor. En España, AVEBIOM hace un estudio de la evolución de los precios de las astillas para lo cual considera los siguientes supuestos de cálculo:

- Precios de las astillas referidos a una distribución a granel con un transporte medio de 100km (calculados con los coeficientes publicados por el observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera publicado periódicamente por el Ministerio de Fomento)
- Las astillas sean de tipo normalizado A1 y A2 s/norma ESO 17225-4, con humedad inferior al 35% y granulometría P31,5-P45 (G30 de la antigua norma Ónorm).
- Precios expresados en €/t o en c€/kWh.
- Para obtener los valores medios se procesaron los datos estadísticamente eliminándose los valores extremos que distan del promedio más de 3 veces la desviación típica.

La evolución de precios segundo estos supuestos se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 6. Evolución de precios de astillas en el mercado español

PmB astillas a granel G-30, P31,5-P45	2014	2015	2016	2017	2018	2019
€/t	106,58	109,27	110,28	109,57	109,55	112,93
c€/kWh	2,41	2,47		2,48	2,48	2,56
IPB trimestral		2,52%	0,93%	-0,64%	-0,02%	3,09%
IPB anual (2014)		2,52%	3,47%	2,81%	2,79%	5,96%

Fuente: Avebiom

2.2.2 Precios de referencia para Galicia

Según la información suministrada por fabricantes gallegos de astillas, los costes de venta y distribución de astillas en Galicia para un consumidor medio serían los siguientes:

- Precio de las astillas a granel en planta: 103 €/t
- Precio final para el consumidor a 100km: 121 €/t

Todos ellos son precios con IVA incluido y el radio de abastecimiento incluye la cualquier punto de Galicia. En el caso del presente estudio serán astillas suministradas mediante volquete de 90m³.

En el caso de industrias con elevados consumos y con equipos de alta potencia y cuyas características técnicas permiten el empleo de astillas no normalizadas en cuanto a tamaño y contenidos de humedad, los precios de este combustible consiguen valores muy inferiores a los señalados para los consumidores medios. Según las fuentes del sector consultadas, el precio por tonelada se sitúa entre los 64 y 83€/t, aumentando de este modo la competitividad de las astillas frente a otros combustibles como el gas natural.

2.3 Factores de influencia en el precio futuro de pellets y astillas

La evolución del precio de los pellets no es a día de hoy lo suficientemente representativa por cuanto al plazo de tiempo que se lleva estudiando la evolución de este producto es demasiado pequeño como para que pueda indicar una tendencia fiable estadísticamente. Además existen factores como las condiciones climáticas de cada uno de los años que hace que el precio tenga oscilaciones por los efectos de oferta/demanda habituales de cualquier mercado liberalizado. Por este motivo considerara que la evolución pasada de los precios de referencia indicados por AVEBIOM no tiene por qué indicar evoluciones de precios futuros, y que estos vendrán condicionados por una serie de factores que es preciso evaluar en su conjunto.

Se analizamos el escenario futuro a lo que se va a enfrentar el mercado del pellet encontramos los siguientes condicionantes con influencia en el precio del incluso:

- *Internacionalización del mercado*: el mercado del pellet ya es mundial. Los intercambios de pellets entre países es una constante y se verá incrementado en el futuro. Las fábricas de América del Norte o Rusia tienen a Europa como destinatarios de sus productos, tanto pellets industrial como domésticos. En Europa también son constantes los intercambios comerciales de pellets entre países netamente consumidores como Italia con otros netamente exportadores como Portugal o Suecia.

Esta internacionalización creciente provoca estabilidad de precios a futuro. Segundo el European Pellet Council (EPCE) el mercado de pellet es cada vez

más internacional y por lo tanto los precios del pellet van a ser bastante estables en el tiempo. Además la competencia con pellets americanos va a ocasionar que las fluctuaciones de los precios del pellet europeo sean menores. Hoy en día el pellet ya cotiza como *una commodity* energética. Es posible por tanto firmar grandes contratos de adquisición de pellet con una calidad normalizada a un precio previamente acordado para años futuros, donde el fabricante puede estar en países como Canadá o Finlandia. Se trata por tanto de un producto biomásico con un comercio internacionalizado, con normas de calidad comunes y que por precio y por su contenido energético por unidad de volumen permite su comercio a una escala mundial.

- *Disponibilidad y competencia por la materia prima:* Galicia es una comunidad con elevada productividad forestal y existencia de recursos. Cada año se cortan de la orden de 7-8 millones de m³ de madera con corteza, existiendo una posibilidad anual de 11 millones m³_{cc}/año.

Sin embargo los datos de existencias de masas extramaduras de pino, la disminución de la superficie ocupada, el descenso de la rentabilidad el mismo para el propietario en los últimos años y el mantenimiento de su demanda para fabricación de productos transformados hacen pensar que la competencia sobre esta materia prima aumentará en los próximos años y podría provocar en la industria de producción de pellet un aumento de los precios de la materia prima y por tanto una dificultad para competir en un escenario global.

2.4 Precios a aplicar

En base a todo lo anteriormente expuesto, para los cálculos que se efectuarán en el presente documento se van a emplear los siguientes supuestos:

- El precio mediante reparto en camión cisterna a las industrias agroalimentarias en Galicia se establecerá en 200 €/t para el pellet, 121 €/t para las astillas normalizadas y 74 €/t en el caso de las astillas de tipo industrial.
- En el precio del pellet y astillas se considerará un incremento anual, en aras a un principio de prudencia, de 1,2% de variación alista anual.
- Se empleará un PCI de 5,01 kWh/kg para el pellet y de 3,61 kWh/kg para las astillas (fuente IDAE).

Tabla 7. Estimación futura del precio de pellet y astilla para el periodo 2020-2034

Año	Pellet (c€/kWh)	Astilla (c€/kWh)
2020	3,987	2,044
2021	4,035	2,069
2022	4,083	2,094
2023	4,132	2,119
2024	4,182	2,144
2025	4,232	2,170
2026	4,283	2,196
2027	4,334	2,222
2028	4,386	2,249
2029	4,439	2,276
2030	4,492	2,303
2031	4,546	2,331
2032	4,601	2,359
2033	4,656	2,387
2034	4,712	2,416

Fuente: Elaboración propia