



Estudio estratégico para la creación de redes de calor en Las Merindades



ÍNDICE

1. Objeto	3
2. Marco conceptual	3
2.1. Comunidad energética.....	3
3. Justificación del estudio.....	4
4. Análisis de contexto	5
4.1. Matriz DAFO.....	5
4.1.1 Fortalezas	6
4.1.2 Oportunidades	6
4.1.3 Debilidades	7
4.1.4 Amenazas.....	7
4.2. Contexto evolutivo de los gases renovables.....	8
4.3. Potenciales ventajas de la biomasa y del gas renovable	9
5. Contexto geográfico-tecnológico.....	11
5.1. Caracterización territorial y recurso disponible.....	11
5.2. Opciones tecnológicas	11
5.2.1 Ventajas y desventajas	12
5.3. Dimensionamiento del recurso disponible en la zona de actuación	13
5.4. Solución seleccionada.....	19
6. Caracterización técnica de la solución preferente.....	20
6.1. Proceso de obtención de biometano.....	20
6.1.1 Métodos de pretratamiento de la biomasa	21
6.1.2 Planta de biogás.....	23
6.1.3 <i>Upgrading</i>	25
7. Estudio económico	26
8. Escenarios planteados	34
9. Contexto administrativo y plan de divulgación.....	37
9.1. Esquema conceptual del funcionamiento de la red de calor	37
9.2. Requerimientos administrativos.....	38
9.3. Mecanismos de difusión de la tecnología	39
9.4. Identificación de agentes.....	40



1. Objeto

Este estudio estratégico, elaborado por la Oficina de Transformación Comunitaria **OTC Merindades**, forma parte de las tareas que realiza con el objetivo de analizar el potencial existente para el desarrollo de comunidades energéticas en su ámbito geográfico de actuación, la comarca de Las Merindades.

El estudio estratégico consiste en la generación de biometano (gas renovable) mediante la utilización de recursos agrarios y ganaderos de la zona para la alimentación de una red de calor innovadora. El objetivo es que la implantación de esta red de calor sea desarrollada por una comunidad energética de nueva creación, que pudiera convertirse en un proyecto pionero y replicable en otras localidades con climas fríos donde una intervención semejante suscite el interés de los ciudadanos y contribuya de manera notoria a la transición ecológica de la población, con un evidente impacto social, medioambiental y económico.

Este informe tiene como objetivo proporcionar una visión completa sobre la viabilidad técnica, económica y regulatoria de implantar redes de calor basadas en biomasa y biometano en la comarca de Las Merindades, así como, la identificación de recursos energéticos en la zona y su potencial de aprovechamiento técnico y económico que se podría realizar de los mismos. Estas redes estarán promovidas por comunidades energéticas que permitirán la participación de los habitantes en la transición energética.

Para la realización del presente estudio, se ha contado con la ayuda de una consultora externa.

2. Marco conceptual

Este estudio pretende la optimización energética de Medina de Pomar. Para conseguir esto, el análisis contempla el uso de comunidades energéticas como catalizadores del proceso. A lo largo de este estudio, se expone cómo esta práctica puede aplicarse de manera efectiva en nuestro entorno, hacia una gestión energética más inteligente y participativa.

2.1. Comunidad energética

El Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, y el Real Decreto-ley 5/2023, de 28 de junio, actualizaron la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, para incluir las definiciones de las comunidades de energías renovables y de las comunidades ciudadanas de energía. Esta actualización transpuso parcialmente las definiciones establecidas en dos directivas europeas.

Comunidades de energías renovables (CER): “Entidades jurídicas basadas en la participación abierta y voluntaria, autónomas y efectivamente controladas por socios o miembros que estén situados en las proximidades de los proyectos de energías renovables que sean propiedad de dichas entidades jurídicas y que estas hayan desarrollado. Además, los socios o miembros de estas entidades jurídicas deben ser personas físicas, pymes o entidades locales, incluidos los municipios y su finalidad primordial debe ser proporcionar beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus socios o miembros o a las zonas locales donde operan, en lugar de ganancias financieras”.

Comunidades ciudadanas de energía (CCE): “Entidades jurídicas basadas en la participación voluntaria y abierta, cuyo control efectivo lo ejercen socios o miembros que sean personas físicas,

entidades locales, incluidos los municipios, o pequeñas empresas, y cuyo objetivo principal consiste en ofrecer beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus miembros, socios o a la localidad en la que desarrolla su actividad, más que generar una rentabilidad financiera”.

Las Comunidades de Energía Renovable tienen derecho a producir, consumir, almacenar y vender energías renovables.

Dentro de una comunidad energética (CE) se pueden desarrollar proyectos de energías renovables, eficiencia energética y/o movilidad sostenible:

- Proyectos de generación de energía renovable, como parques eólicos, plantas solares fotovoltaicas, centrales hidroeléctricas o biomasa, entre otros.
- Proyectos de eficiencia energética, como la renovación de edificios para mejorar su eficiencia energética, la instalación de sistemas de iluminación eficiente, el desarrollo de redes urbanas de calor (*District Heating*), etcétera.
- Proyectos de movilidad sostenible, como la promoción del uso de vehículos eléctricos, la instalación de puntos de recarga, la promoción del transporte público sostenible...

La transición energética requiere de una mayor implicación de los ciudadanos, instituciones y empresas locales en los proyectos energéticos que se realicen a nivel municipal a través del desarrollo de comunidades energéticas. Se trata de lograr que estos proyectos aporten también beneficios sociales, económicos y medioambientales que repercutan en el ámbito local, consiguiendo una mayor aceptación de estas actuaciones.

En el siguiente enlace hay más información sobre comunidades energéticas: <https://www.idae.es/publicaciones/guia-para-el-desarrollo-de-instrumentos-de-fomento-de-comunidades-energeticas-locales>

3. Justificación del estudio

La decisión de realizar el presente estudio parte de una serie de necesidades detectadas en el territorio de Las Merindades, que hacen especialmente pertinente y urgente el análisis de soluciones energéticas innovadoras, sostenibles y adaptadas al entorno rural. Entre los principales factores que motivan la elaboración de este estudio destacan los siguientes:

- Alta demanda térmica estacional: la comarca presenta inviernos largos y fríos, con una importante demanda energética para calefacción. La dispersión de las viviendas y la antigüedad del parque inmobiliario dificultan el uso eficiente de sistemas, generando altos costes energéticos y elevadas emisiones.
- Dependencia de combustibles fósiles: actualmente, gran parte del consumo térmico se cubre mediante gasóleo, propano y otras fuentes fósiles, lo que incrementa la vulnerabilidad económica de los hogares ante la volatilidad de precios energéticos y contribuye negativamente a la huella de carbono del territorio.
- Existencia de recursos locales infrautilizados: la comarca genera de forma continua residuos agrícolas y ganaderos con alto potencial energético, que en muchos casos no se valorizan adecuadamente. La transformación de estos residuos en biometano o usarlos directamente como biomasa permite cerrar ciclos y avanzar hacia un modelo de economía circular.
- Reto demográfico y necesidad de dinamización económica: Las Merindades es una zona afectada por la despoblación, el envejecimiento y la falta de oportunidades laborales. El

impulso de un proyecto energético local, con participación ciudadana y retorno económico en el territorio, representa una oportunidad para generar empleo, retener población joven y reforzar la soberanía energética local.

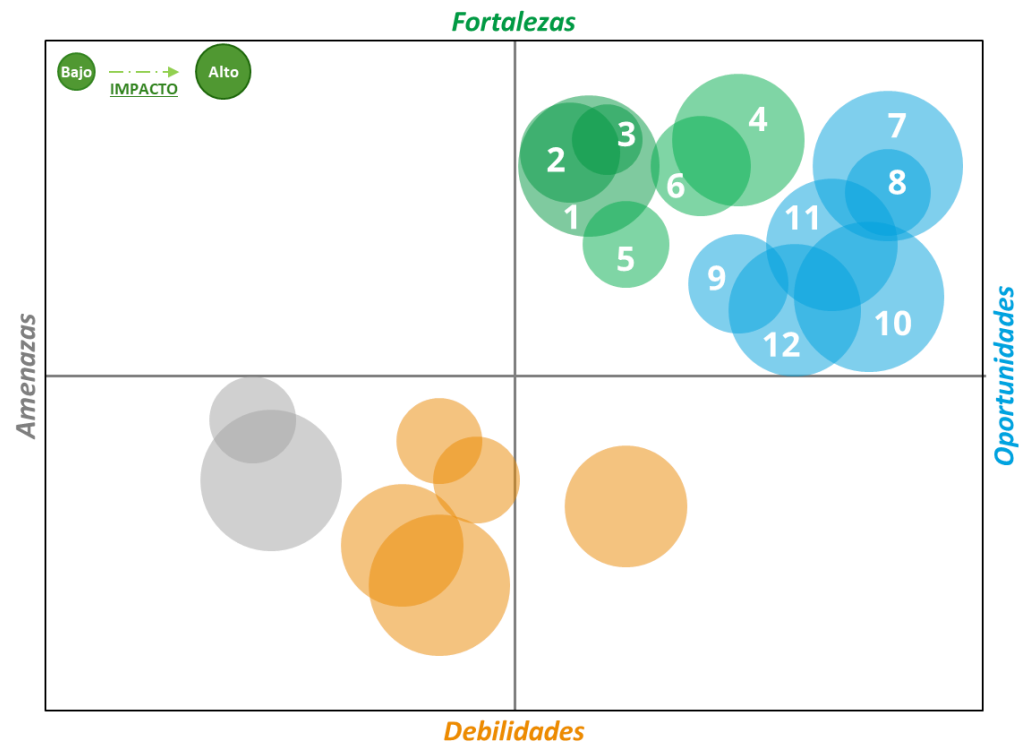
- Ausencia de red de gas convencional: buena parte de la comarca no está conectada a la red de gas natural, lo que dificulta la competitividad energética frente a zonas urbanas. Este estudio plantea una alternativa descentralizada que no depende de grandes infraestructuras externas.

4. Análisis de contexto

4.1. Matriz DAFO

Antes de tomar decisiones estratégicas sobre la implantación de una red de calor basada en biomasa y biometano, resulta fundamental realizar un análisis crítico que identifique las condiciones internas y externas que afectan al proyecto. En este contexto, la matriz DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) constituye una herramienta clave para visualizar de forma estructurada los factores que pueden influir positiva o negativamente en el desarrollo de esta solución energética.

El análisis DAFO facilita la toma de decisiones informadas, el diseño de planes de mitigación de riesgos y el aprovechamiento de las ventajas competitivas propias del territorio. La presente matriz ha sido elaborada teniendo en cuenta tanto aspectos técnicos, como sociales, económicos y normativos.



4.1.1 Fortalezas

1. Gran demanda de calor en gran parte del año.
2. Situación geográfica estratégica de la provincia.
3. Sistema de explotación agroganadera modélica.
4. Modelos de explotación intensiva en energía y agroganadera.
5. Desarrollo innovador en zonas de Reto Demográfico.
6. Zonas vulnerables a nitratos en los suelos.

4.1.2 Oportunidades

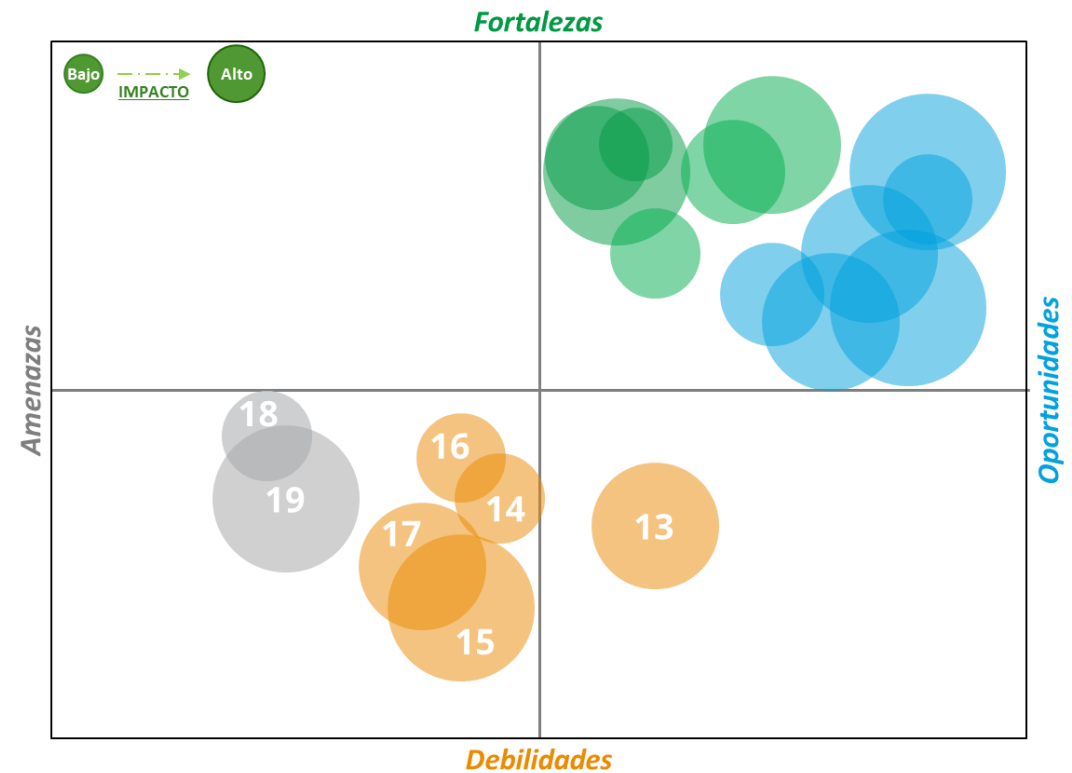
7. Potencialidad para la valorización energética de recursos agroganaderos.
8. Bioeconomía y transición energética.
9. Economía circular: energía y materias primas en el medio rural.
10. Consulta pública de ayudas a inversión en este tipo de tecnología.
11. Alianzas con la compañía logística encargada del suministro del gas al municipio.
12. Sinergias con los ganaderos / agricultores de la zona.

4.1.3 Debilidades

- 13. Dependencia de producciones agrarias con reducidos niveles de tecnificación.
- 14. Descenso demográfico / población estacional.
- 15. Ausencia de red troncal de transporte en la zona de actuación.
- 16. Estacionalidad del tráfico recurrente de vehículos.
- 17. Reducida flota de transportes públicos.

4.1.4 Amenazas

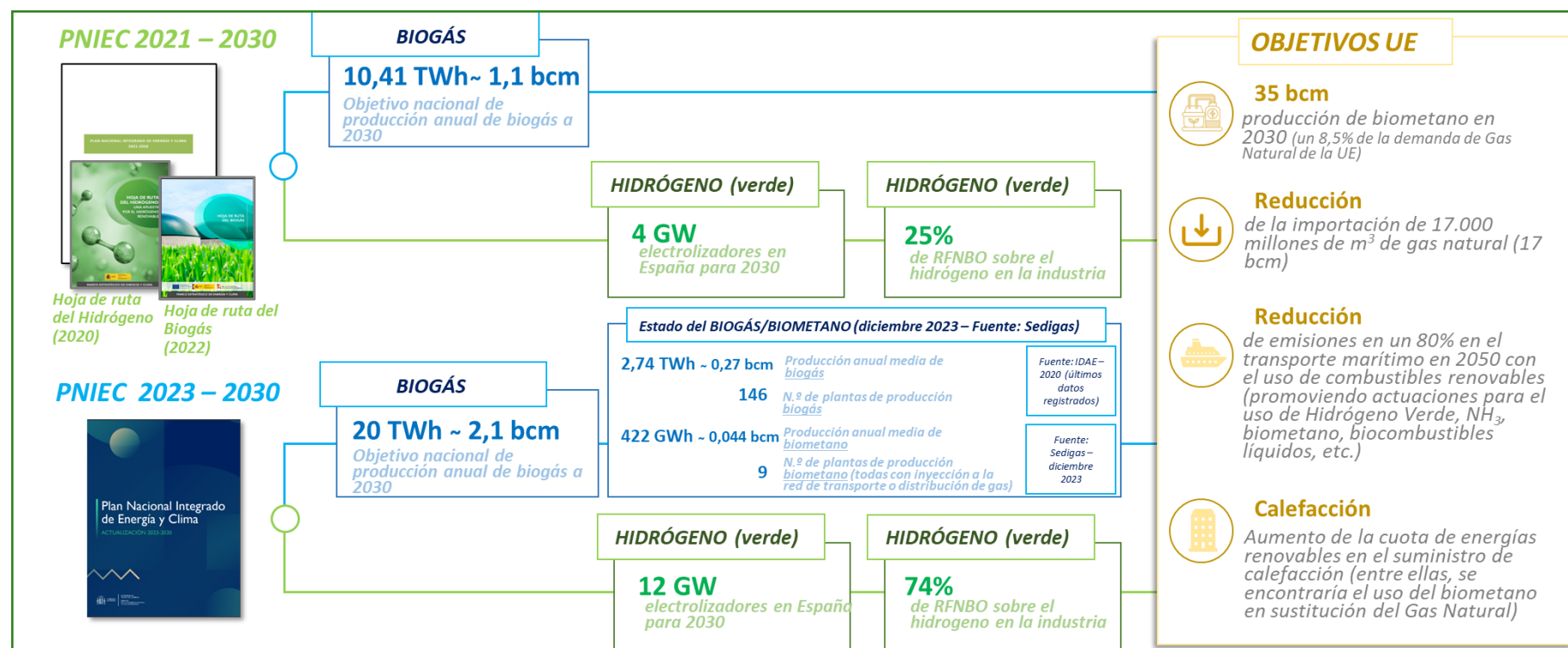
- 18. Potencial campaña promocional de renovación de calderas particulares por parte del suministrador de combustible.
- 19. Imaginario colectivo de la equivalencia de producción de biometano con vertederos o instalaciones similares.



4.2. Contexto evolutivo de los gases renovables

La actualización del PNIEC 2023 – 2030 ha adaptado los objetivos europeos y nacionales en lo que respecta a la producción de gases renovables, buscando un mayor impacto en la descarbonización de sectores hasta la fecha intensivos en el consumo de gas.

El asentamiento de estos objetivos junto con el despliegue de los mecanismos de garantías de origen y pruebas de sostenibilidad impulsan el desarrollo de este tipo de tecnología baja en carbono.



4.3. Potenciales ventajas de la biomasa y del gas renovable

El desarrollo de tecnología basada en biomasa y gases renovables trae consigo potenciales ventajas frente a otras fuentes de generación alternativas basadas en el uso de combustibles fósiles.

Complementariamente, el uso de esta tecnología mitiga el riesgo asociado a la intermitencia de otras fuentes renovables.



El desarrollo de tecnología basada en gases renovables permite identificar hitos clave a futuro, de cara a la potencial expansión de la producción y de la demanda de biometano, en la comarca de las Merindades, como consecuencia del potencial de la zona en términos de rentabilización del residuo como recurso energético.

MOVILIDAD URBANA



Se plantea el **uso del biometano excedentario para el desarrollo de una red de autobuses urbanos impulsados con combustible renovable.**

RED CALOR

Se plantea la posible **sustitución de sistemas de calefacción basados en el uso de combustibles fósiles** (calderas de gasoil, entre otros) mediante la implementación de una red de calor alimentada por biometano



Combined Heat & Power



Se plantea la posibilidad de **generar electricidad a partir de la combustión del biometano generado** para su posterior venta de la mano de la propia comercializadora eléctrica

"GASODUCTO VIRTUAL"

Se plantea el uso de los **camiones cisterna que van a suministrar/reponer el Gas Natural Licuado (GNL) para el transporte de biometano a puntos más próximos de la red de distribución y/o transporte para su posterior inyección** y posterior comercialización



5. Contexto geográfico-tecnológico

5.1. Caracterización territorial y recurso disponible

La comarca de Las Merindades se sitúa en el norte de la provincia de Burgos. Su geografía combina zonas montañosas, valles y una alta dispersión poblacional. Esta configuración le otorga un carácter marcadamente rural y agrícola, con un importante peso de la ganadería extensiva e intensiva en la economía local.

Uno de los principales recursos aprovechables para el desarrollo de una red de calor basada en biometano es la abundante presencia de residuos agroganaderos. La densidad de explotaciones de vacuno, porcino y avicultura, así como los restos de cosechas y podas agrícolas, representan una oportunidad estratégica para implementar soluciones de valorización energética mediante digestión anaerobia.

Además, la comarca presenta una serie de características que refuerzan su idoneidad: disponibilidad de suelo industrial, conectividad logística por carretera, presencia de agentes públicos comprometidos con la transición energética y ausencia de infraestructura gasista tradicional, lo que hace especialmente relevante el concepto de red aislada y autosuficiencia energética.

5.2. Opciones tecnológicas

Existen múltiples opciones tecnológicas para el abastecimiento térmico a través de redes de calor. Entre ellas destacan las siguientes fuentes de energía térmica:

- Biomasa
 - Agroforestal
 - Ganadera
- Hidrotermia (uso del calor de aguas superficiales)
- Lodos de EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales)
- Biogás y biometano
- Bombas de calor

5.2.1 Ventajas y desventajas

La tecnología debe evaluarse a alto nivel respecto a distintos parámetros cualitativos, de forma que el equilibrio entre innovación y viabilidad de implementación no se vea comprometido en favor de uno u otro aspecto.

TECNOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Caldera de biomasa	Disposición de tecnología de explotación térmica madura.	Posible dispersión geográfica de los residuos requiriendo inversión en logística.
	Disponibilidad de gran volumen de residuo/recurso agroganadero en Las Merindades.	Geo-análisis sobre trazabilidad del recurso.
Reactor biogás + <i>upgrading</i> (biometano)	Posibilidad de cogeneración de energía térmica/eléctrica con posibles vertidos de excedentes.	Dependencia de factores de economía de escala para la configuración de la planta.
	Posible ahorro en términos de derechos de emisión de CO ₂ .	Requerimiento de mantenimientos frecuentes.
	Posible línea de ingresos vinculada a la expedición y venta de GdO.	Escalabilidad limitada por factores asociados a características constructivas de la planta.
Almacenamiento térmico	Reserva de energía térmica para la cobertura de picos de demanda y compensación de inercias.	Escalabilidad limitada por factores asociados a las características constructivas de la planta.
	Reducción de la potencia del sistema de generación de calor.	
Bombas de calor	Bajos requerimientos de mantenimiento.	Necesidad de alta inversión inicial.
		Complejidad de instalación.
Inteligencia artificial (IA)	Provisión de control predictivo de la generación.	Tecnología en pleno estado de desarrollo (riesgo de obsolescencia).
	Contribución a la planificación eficiente de la red.	Escalabilidad potencialmente compleja en función del alcance deseado.

5.3. Dimensionamiento del recurso disponible en la zona de actuación

Uno de los elementos clave del presente estudio es el análisis del recurso disponible para alimentar la planta de producción de biometano. Según los datos recogidos y procesados a partir de fuentes locales, estadísticas ganaderas y catastro agrario, la comarca de Las Merindades presenta un elevado potencial de producción de biomasa y biogás y, por ende, de biometano.

El estudio ha identificado las siguientes principales fuentes de biomasa susceptible de valorización:

- Ganadería intensiva y extensiva (especialmente bovino, ovino y avicultura).
- Residuos agrícolas: restos de cosecha.
- Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU) y lodos de depuradora.
- Restos de poda y tala de montes.

El potencial ganadero de la comarca burgalesa de Las Merindades la posiciona como una ubicación estratégica para la producción de biometano. En este sentido, es preciso tener en cuenta ciertas cuestiones relacionadas con la implementación de la solución, tales como la viabilidad de la recogida del desecho o la logística asociada, entre otros asuntos. Otra cuestión relevante es el uso actual de ese desecho por parte de los potenciales suministradores, pudiendo ser, por ejemplo, abono para los campos de cultivo.

A continuación, se muestra un análisis de las tipologías de ganado, con su potencial estimado de biometanización y la producción estimada de biometano:

Tipología de ganado	Volumen de estiércol (Tn/año)	Potencial estimado de biometanización ($m^3_{\text{biometano}}/\text{Tn estiércol}$)	Producción estimada de biometano ⁽³⁾ (MWh/Tn estiércol)
Vacuno hembra	18	16,64	0,171
Vacuno semental	12	16,64*	0,171
Vacuno cría	0,6	40,58*	0,418
Vacuno reposición	7	40,58	0,418
Vacuno engorde	4	43,96	0,453
Bovino carne reproductora	12	16,64*	0,171
Bovino carne cría	0,7	40,58	0,418
Bovino carne reposición	7	40,58	0,418

Bovino carne engorde	4	43,96	0,453
Ovino reproductor	0,9	49,10	0,506
Ovino reposición	0,45	49,46	0,509
Ovino engorde	0,3	49,28	0,508
Caprino reproductora	0,72	49,64	0,511
Caprino reposición	0,36	49,81	0,513
Caprino engorde	0,24	49,99	0,515
Porcina hembra	2,25	9,09	0,094
Porcino semental	6,48	15,43	0,159
Porcino lechón	0,25	11,05	0,114
Porcino reposición	1,14	15,43	0,159
Porcino engorde	1	13,99	0,144
Ave corral reproductora pesada	0,02	74,07	0,763
Ave corral reproductora ligera	0,014	74,07	0,763
Ave corral de recría	0,007	74,07	0,763
Ave corral de engorde	0,01	74,07	0,763
Ave corral para huevos consumo	0,037	74,07	0,763
Conejo hembra	0,099	33,84**	0,349
Conejo semental	0,124	33,84**	0,349
Conejo reposición	0,06	33,84**	0,349

Conejo engorde	0,03	33,84**	0,349
Conejo jaula	0,3	33,84**	0,349
Équidos reproductora	11	52,24**	0,538
Équidos reposición	7	52,24**	0,538
Équidos engorde	3,6	52,24**	0,538
Équidos cría	0,64	52,24**	0,538

* El potencial de biometanización se ha ajustado a la referencia más semejante por tipología de animal: 1) vacuno hembra – vacuno semental – Bovino carne reproductora y 2) Vacuno cría – Bovino carne cría

** El potencial de biometanización se ha ajustado a la única referencia disponible para la tipología de animal: a) Conejo hembra – conejo semental – conejo reposición – conejo engorde – conejo jaula y 2) Equidos reproductora – equidos reposición – equidos engorde – equidos cría

Para la realización de estos datos se ha tenido en cuenta lo siguiente:

1 El potencial de biogás⁽¹⁾ de los sustratos reconocidos como valorizables mediante digestión anaerobia, siendo esta tecnología la más habitual para la producción de gas renovable, se podría calcular teniendo en cuenta **la cantidad de sustrato, el porcentaje de materia seca respecto al residuo total, el porcentaje de sólido volátil dentro de la materia seca, el potencial de producción de biogás por tonelada de materia orgánica seca**, según se indica en la siguiente expresión:

$$\text{Biogás} \left(\frac{m^3}{a} \right) = \text{sustrato} \left(\frac{Tn}{a} \right) * \%_{\text{materia seca}} \left(\frac{Tn_{\text{seca}}}{Tn} \right) * \%_{\text{materia orgánica}} \left(\frac{Nm^3}{Tn_{\text{seca}}} \right) * \text{Factor conversión} \left(\frac{m^3}{Nm^3} \right)$$

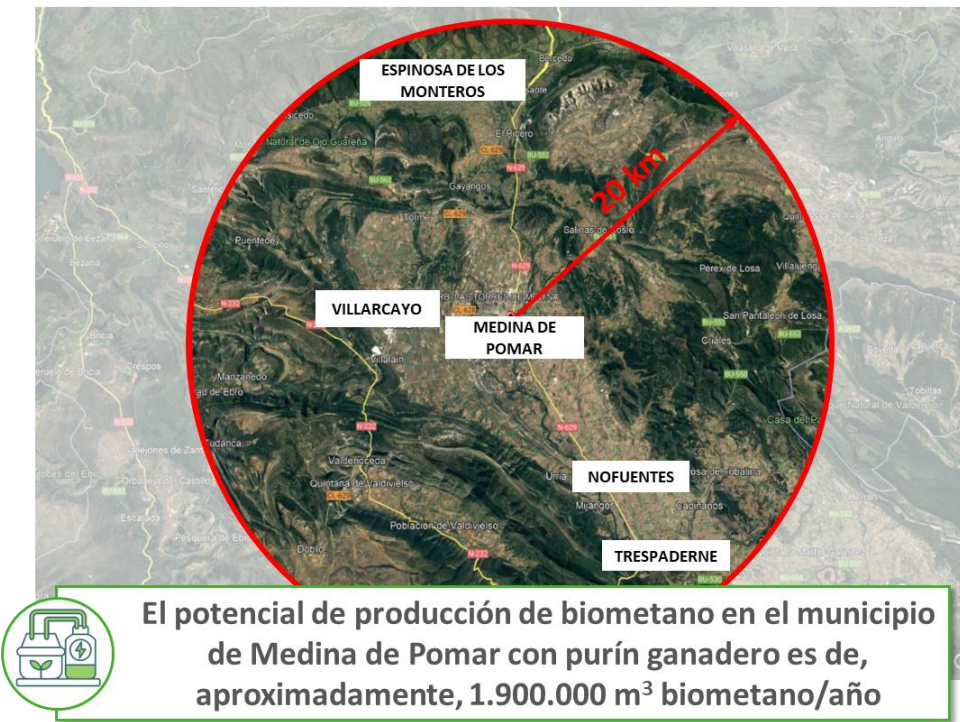
2 Tras la obtención del biogás, con un porcentaje de CH₄ que representa entre el 50%-70% de la composición del gas, se realiza un **procedimiento de upgrading** con el objetivo de que el porcentaje de metano alcance valores próximos al 97%, lo que supone un aumento de la eficiencia en la producción de energía térmica.

$$\text{Biometano} \left(\frac{m^3}{a} \right) = \text{Biogás} \left(\frac{m^3}{a} \right) * \%_{CH_4}$$

3 Con el objetivo de tener un valor representativo y comparable, se podría utilizar el poder calorífico del biometano de, aproximadamente, 10,3 kWh/m³, para obtener la producción en términos energéticos.

$$\text{Energía} \left(\frac{kWh}{a} \right) = \text{Biometano} \left(\frac{m^3}{a} \right) * \text{Poder calorífico} \left(\frac{kWh}{m^3} \right)$$

Las capacidades nominales de ganadería orientativas de Las Merindades son las siguientes:



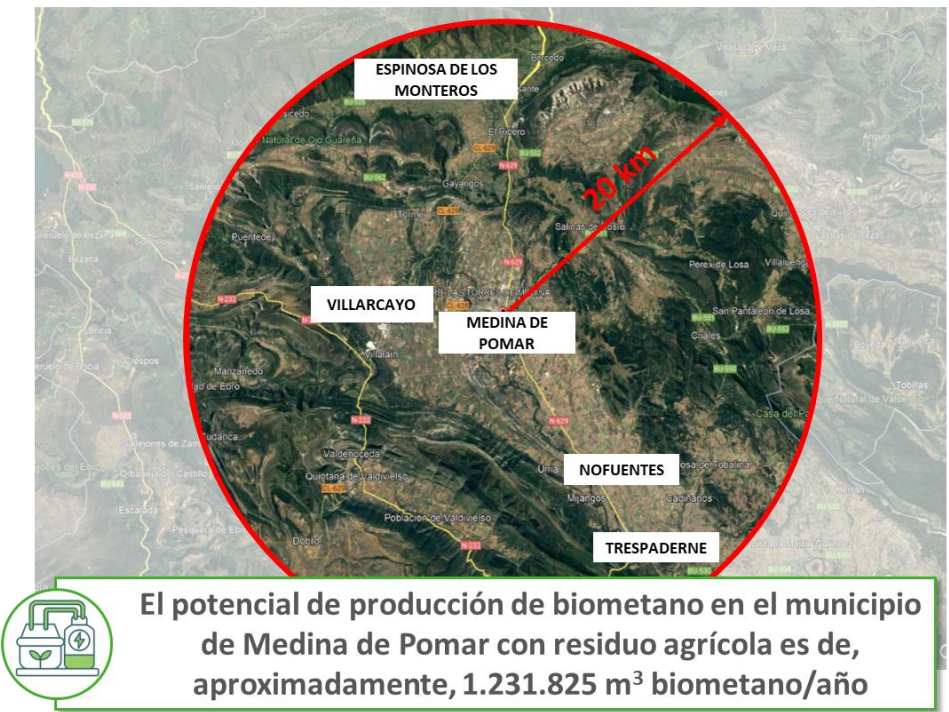
Capacidad nominal ganadera orientativa de las Merindades

TIPOLOGÍA	Nº DE CABEZAS	PURIN (Tn/año) (MIN – MAX)	BIOMETANO (GWh/año) (MIN – MAX)
BOVINO	40.360	24.200 – 726.500	10 – 124
OVINO	10.420	3.120 – 9.400	2 – 5
CAPRINO	2.440	590 – 1.780	0,3 – 0,9
PORCINO	2.160	540 – 14.000	0,1 – 2,3
AVES DE CORRAL	149.670	1.050 – 5.550	0,8 – 4,3
EQUINOS	4.050	2.590 – 44.550	1,4 – 24
CONEJOS	1.960	59 – 588	0,02 – 0,2
TOTAL	211.060	32.149 – 802.368	14,62 – 160,7

Como se comentaba anteriormente, Las Merindades también cuenta con un gran potencial agrario. A continuación se muestran los datos más relevantes según la tipologías de cultivo, con su potencial estimado de biometanización y la producción estimada de biometano

Tipología de cultivo	Volumen de residuo ⁽¹⁾ (Tn/ha-año)	Potencial estimado de biometanización ⁽¹⁾ (m ³ _{biometano} /Tn residuo)	Producción estimada de biometano ⁽²⁾ (MWh/Tn residuo)
Alperujo	5	82,41	0,849
Alforfón (Trigo sarraceno)	1	175,68	1,809
Avena	1	175,68	1,809
Cebada	1,5	175,68	1,809
Centeno	1	175,68	1,809
Maíz forrajero	0,9	176,75	1,820
Sorgo forrajero	1,6	182,70	1,882
Trigo blando	1,7	175,68	1,809
Trigo duro	1,4	175,68	1,809
Triticale	1,2	175,68	1,809
Olivar	4	72,52	0,747

En cuanto a la capacidad nominal agrícola orientativa de Las Merindades:



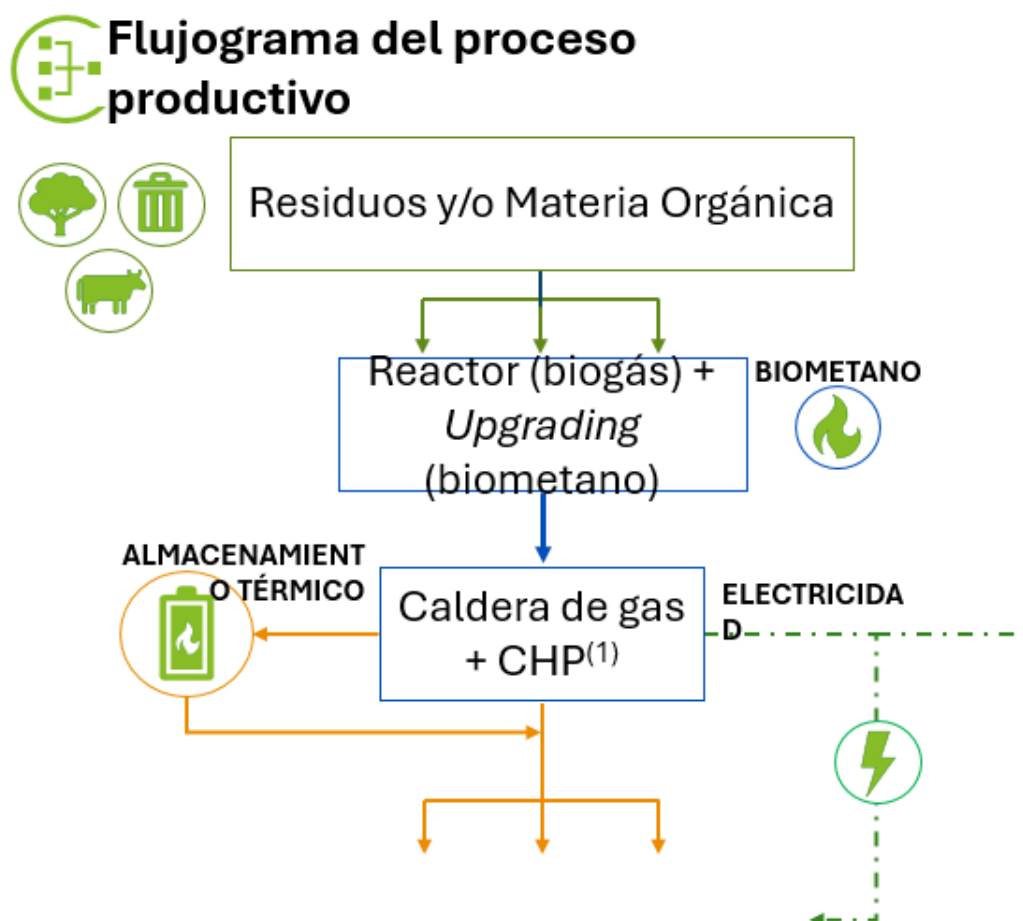
Capacidad nominal agrícola orientativa de las Merindades

TIPOLOGÍA	HECTÁREAS	RESIDUO (Tn/año)	BIOMETANO (GWh/año)
Trigo sarraceno	~1	~1	~0,002
Trigo blando	~14.346	~24.388	~44,13
Trigo duro	~3	~4,2	~0,01
Avena	~1.192	~1.192	~2,16
Cebada	~7.183	~10.775	~19,50
Centeno	~18	~18	~0,03
Maíz forrajero	~54	~48,6	~0,09
Sorgo forrajero	~0,6	~0,9	~0,002
Triticale	~162	~194,4	~0,35
Aceituna	~5	~25	~0,02
TOTAL	22.964,6	~36.646,8	~66,294

Los residuos ganaderos (purines, estiércol, gallinaza, etc.) y agrícolas (restos de cultivos, podas, etc.) tienen un elevado potencial energético. Las estimaciones indican que el recurso disponible permitiría alimentar sin problemas la planta de biometano. A esto se suma la posibilidad de cerrar el ciclo mediante el uso del digestato como fertilizante.

5.4. Solución seleccionada

La solución seleccionada es un mix entre biomasa y biometano. La biomasa se elige debido a su bajo coste como materia prima y el biometano por su versatilidad, su condición de gas renovable con alto poder calorífico (10,3 kWh/m³), su capacidad para ser utilizado tanto en generación térmica como eléctrica y su alineación con los objetivos del PNIEC y la hoja de ruta del biogás de la Unión Europea.

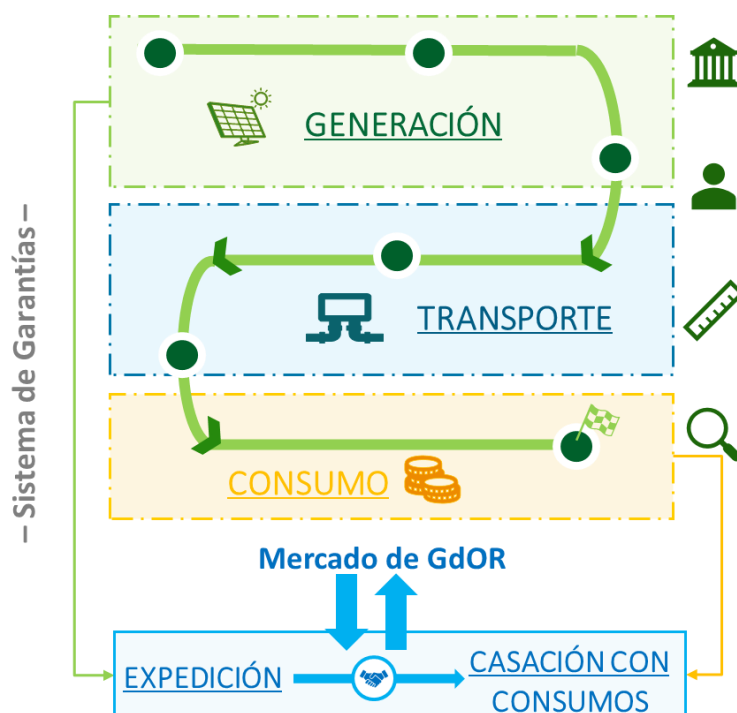


El biometano puede además generar ingresos adicionales mediante la venta de certificados de sostenibilidad y garantías de origen, además de la comercialización de los fertilizantes, obtenidos como digestato del proceso.

Una Garantía de Origen (GdOR) es un certificado electrónico que acredita el carácter renovable de 1 MWh de energía y aporta información de detalle sobre su producto. El objetivo de una GdOR es demostrar al consumidor que una determinada cantidad de gas se ha obtenido a partir de fuentes renovables.

Este mecanismo añade valor económico al biometano y facilita su trazabilidad, transparencia y aceptación social. Asimismo, facilita que los consumidores se involucren en desplegar un

sistema energético descarbonizado y permite a las empresas que consumen este gas reducir su huella de carbono declarada, lo cual es especialmente interesante para sectores industriales con obligaciones medioambientales.



6. Caracterización técnica de la solución preferente

6.1. Proceso de obtención de biometano

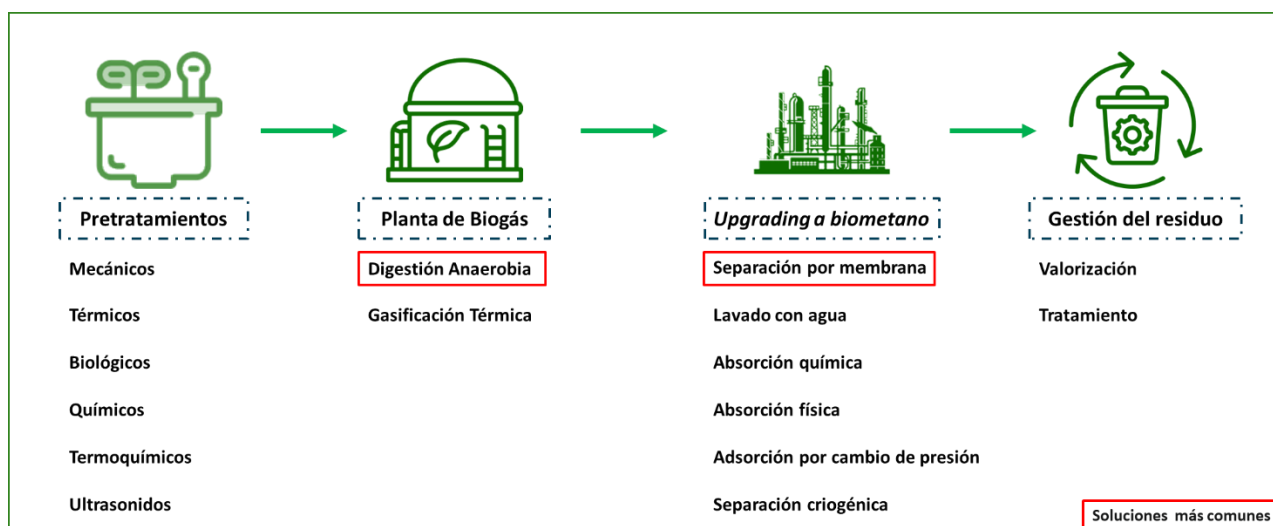
La solución seleccionada para la producción de energía térmica en la red de calor es la biomasa y el biometano, un gas renovable obtenido a partir del biogás.

El proceso de obtención del biometano es el siguiente: el biogás se genera mediante un proceso de digestión anaerobia, en el que se descompone materia orgánica biodegradable (como estiércol animal, residuos agrícolas o fracción orgánica de residuos sólidos urbanos) en ausencia de oxígeno. El proceso se realiza en digestores específicos y da como resultado un gas compuesto mayoritariamente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), además de trazas de otros compuestos.

Una vez obtenido el biogás, este se somete a un proceso denominado *upgrading*, que permite aumentar la concentración de metano hasta valores cercanos al 97 %. Este tratamiento puede realizarse mediante distintos métodos, como lavado con agua, absorción química o física, separación por membranas o criogénica. La calidad obtenida en este proceso hace que el biometano pueda ser inyectado directamente en la red gasista o utilizado localmente como combustible limpio y eficiente.

Durante el transcurso para obtener biometano, se generan residuos, los cuales se pueden emplear como fertilizante.

Proceso obtención biometano:



El biometano producido no solo podrá inyectarse en red, sino también utilizarse localmente para alimentar una red de calor que abastezca a los socios de la comunidad energética. Esta red se basa en un circuito de agua caliente, calentada en una caldera o CHP, y distribuida a los puntos de consumo mediante una red soterrada.

La propuesta contempla que el exceso de biometano no consumido en Medina de Pomar se transporte mediante gasoducto virtual a otras localidades de Las Merindades, como Espinosa de los Monteros, Villarcayo o Trespaderne. Esto aumenta la viabilidad del proyecto al diversificar la demanda y favorecer la interconexión energética comarcal.

6.1.1 Métodos de pretratamiento de la biomasa

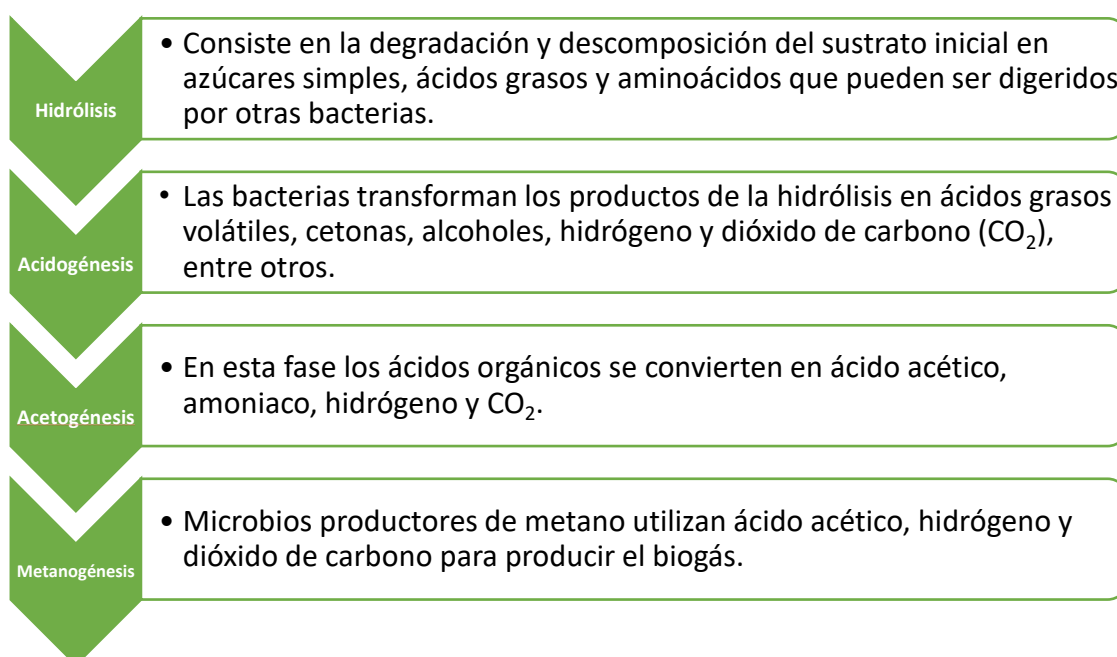
- Mecánicos:
 - Objetivo:
 1. Reducción del tamaño de la partícula de biomasa mediante mecanismos físicos.
 2. Aumento del área superficial donde se encuentra el digestato.
 3. Aumento de la producción de biometano por digestión.
 - Procesos: trituración, astillado, molienda.
- Térmicos:
 - Objetivo:
 1. Mejorar la hidrólisis mediante la aplicación de calor.
 2. Descomponer la celulosa y resto de azúcares mejorando el rendimiento de producción de biogás hasta un 50 %.
 3. Aumentar el porcentaje de materia seca del digestato.
 - Procesos: torrefacción, pirólisis.

- **Biológicos:**
 - **Objetivos:**
 1. Descomposición de la materia orgánica en compuestos más simples.
 2. Reducción de las inestabilidades en el entorno del sustrato que pudieran modificar la producción de biogás.
 3. Aumento del rendimiento de producción de biogás.
 - **Procesos:**
 1. Bacteriano: en condiciones óptimas mejora el rendimiento de producción de biogás hasta en 2 veces.
 2. Enzimático: mejora el rendimiento de producción de biogás un 26 %.
 3. Micótico: en condiciones óptimas mejora el rendimiento de producción de biogás hasta en 4 veces.
- **Químicos:**
 - **Objetivo:**
 1. Optimiza el rendimiento de las etapas finales de producción de biometano.
 2. Cataliza la eliminación de residuos.
 3. Mayor grado de flexibilidad en las condiciones de contorno del pretratamiento.
 - **Procesos:**
 1. Ácidos: rompe los enlaces moleculares que mantienen unida la biomasa y aumenta el rendimiento en hasta un 15%.
 2. Base: mejora la descomposición de la biomasa, aumentando el acceso a enzimas y bacterias, y aumenta el rendimiento en hasta un 25 %.
 3. Oxidación: variación de las condiciones de contorno para aumentar la tasa de oxidación, mejorando el rendimiento hasta en 2,8 veces.
 4. Ozonización: mejora la descomposición de la biomasa, incrementando la eficiencia de digestión hasta en un 59 %.
- **Termoquímicos:**
 - **Objetivo:**
 1. Mejora del rendimiento de producción de biometano por el uso conjunto de procesos térmicos y químicos.
 2. Aumento del área superficial sobre el que se produce la digestión.
 3. Disminuye los plazos de producción de biometano.
 - **Procesos:**
 1. Explosión de vapor: se aplica vapor a alta temperatura y presión y se libera rápidamente. Esto altera la estructura de la biomasa, aumentando el rendimiento hasta en un 118%.
 2. Extrusión: la biomasa pasa por un extrusor, aumentando el rendimiento en hasta un 18 %.
 3. Hidrotérmico: se aplica agua caliente bajo alta presión, penetrando la biomasa y aumentando el rendimiento en hasta un 93 %.

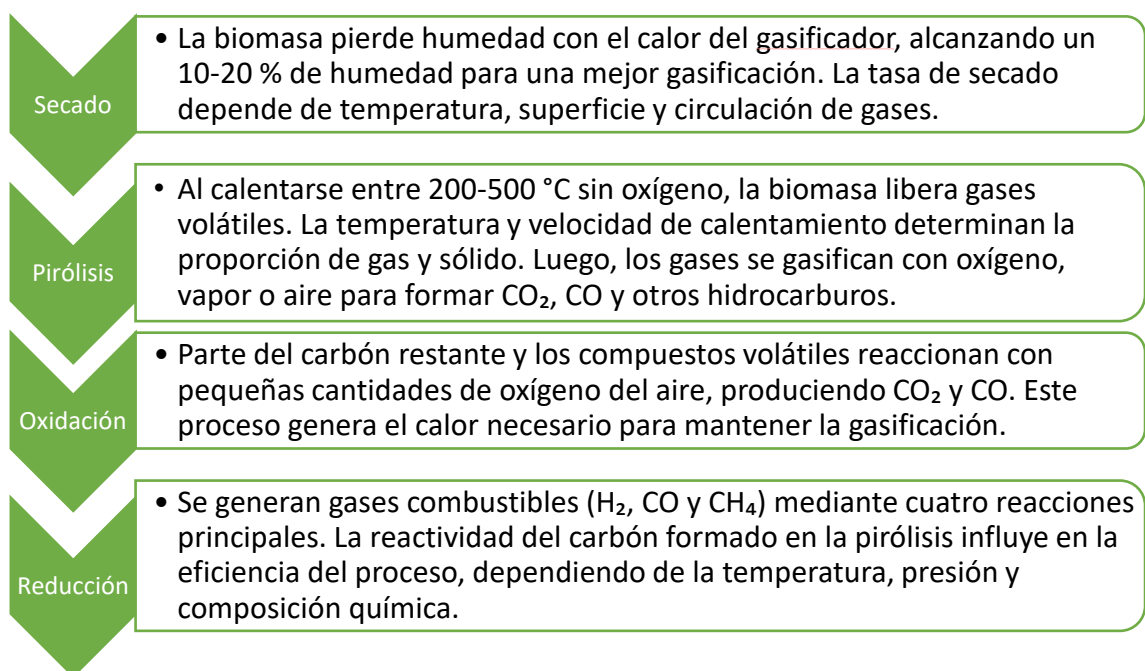
- Ultrasonido:
 - Objetivo
 1. Mejora del acceso al sustrato mediante la aplicación de ondas de sonido a alta frecuencia.
 2. Aumentos del rendimiento en la producción de biometano hasta en un 90 % con respecto a materia sin pretratar.
 3. La ruptura de la estructura molecular por ultrasonido incrementa la producción de biometano.
 - Procesos:
 1. Establecer parámetros de operación.
 2. Preparar tamaño del sustrato.
 3. Ajustar temperatura y presión.
 4. Sonicación.

6.1.2 Planta de biogás

1. Digestión anaerobia: la digestión anaerobia biológica es el proceso mediante el cual se trata el digestato, formado por materia orgánica agrícola, ganadera o fracción de residuo sólido urbano, para la obtención de biogás. El biogás está compuesto por metano (50-70 %), dióxido de carbono y trazas de otros gases.



2. Gasificación térmica: la gasificación de biomasa es un proceso en el que la biomasa es parcialmente oxidada por un agente de gasificación en un gasificador, lo que da como resultado gases combustibles como producto principal, junto con biocarbón y algo de alquitrán como subproductos.



6.1.3 Upgrading

El biogás producido, por su composición, cuenta con diversos gases e impurezas que reducen el potencial energético al disponer de un menor porcentaje de metano (CH₄). Para aumentar la concentración del metano se pueden aplicar una serie de procesos de *upgrading*, procesos físicos o químicos que producen un gas renovable con mayor poder calorífico. Esto aumenta su flexibilidad, porque permite su inyección en la red de gas natural convencional, su uso en otros procesos de refinado y la generación de productos químicos de valor añadido.

La siguiente tabla muestra los diferentes métodos de *upgrading*:

	Separación por Membrana	Absorción Química	Absorción Física	Adsorción por Cambio de Presión	Separación Criogénica
Funcionamiento	- Separación de componentes con membrana permeable. La permeabilidad del material es el factor determinante para eficientar el proceso. - Tasa de permeación ascendente de componentes: CH₄, N₂, H₂S, CO₂, H₂O - Materiales disponibles: Polímeros orgánicos, No-poliméricos	- CO₂ es más reactivo que el CH₄ - Biogás sin tratar fluye a contracorriente con solución química en una columna - Reacción del CO₂ y solución proporcional a la temperatura - Solución química absorbe el CO₂ dejando atrás biogás con alto contenido de CH₄	- En términos químicos, la composición del CO₂ le hace más soluble que el CH₄ - Biogás sin tratar fluye a contracorriente con líquido en una columna - El líquido absorbe el CO₂ dejando atrás biogás con alto contenido de CH₄	- CO₂ se adsorbe en una superficie adsorbente mediante fuerzas de van der Waals - Se aumenta y disminuye la presión resultando en adsorción y desorción de CO₂ en el material - Consta de 4 fases: - Adsorción - Despresurización - Desorción - Presurización	- Los puntos de condensación de los gases varían en función del rango de temperatura y presión - El punto de ebullición del CO₂ es mayor que el del CH₄ permitiendo su separación - Equipo requerido: - Compresor - Turbina - Intercambiador de calor
Ventajas	- Ecológico - Bajo consumo energético - Bajo coste - Tecnología desarrollada	- Alto nivel de disolución del CO₂ - Concentración alta de CH₄ resultante - Pérdidas de CH₄ bajas - Bajo coste O&M	- Tecnología desarrollada - Concentración alta de CH₄ resultante - Pérdidas de CH₄ bajas - Bajo coste O&M	- Gas resultante de alta calidad - Pérdidas de CH₄ bajas - Proceso en seco - Bajo consumo energético - Sin componentes químicos	- Gas resultante de alta calidad - Pérdidas de CH₄ bajas - Ecológico - Se puede producir Biometano licuado sin gran gasto energético
Desventajas	- Baja selectividad de membrana - Pretratamiento necesario - Baja pureza del metano resultante	- Requiere de grandes cantidades de agua - Intensivo en energía - Posibilidad de contaminación biológica - Requiere calor externo	- Requiere de grandes cantidades de agua - Intensivo en energía - Posibilidad de contaminación biológica - Requiere calor externo	- Proceso complejo - Requiere pretratamiento - Se requieren varias repeticiones para aumentar la calidad del biogás	- Inversión y costes operacionales altos - Requiere pretratamiento - Enfriamiento intensivo en energía

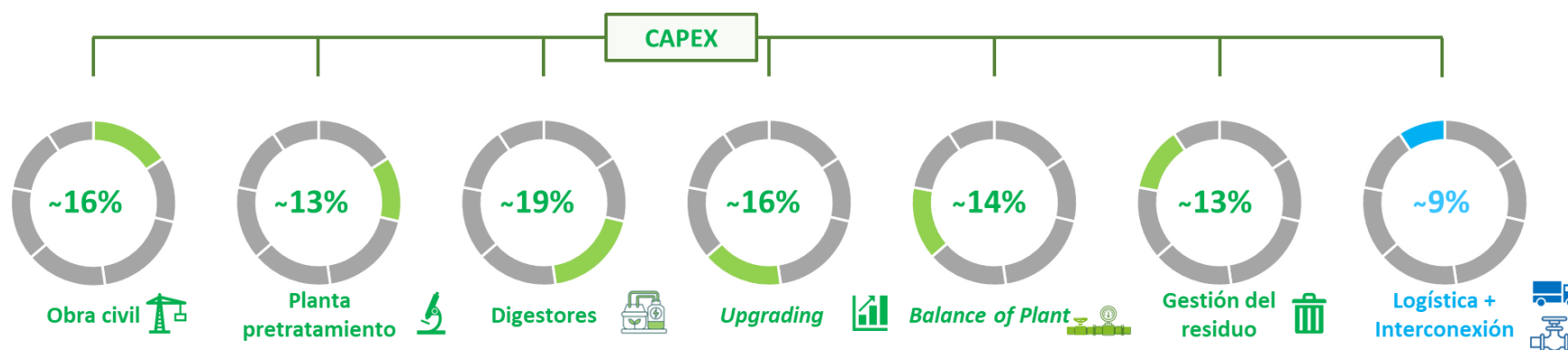


Solución más común

7. Estudio económico

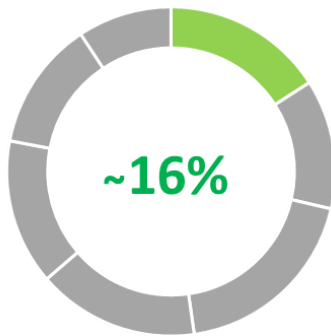
El análisis del Capex (*Capital Expenditure* o gasto de inversión en capital) constituye una parte fundamental en la evaluación de viabilidad del proyecto de red de calor basada en biometano. Este apartado tiene como finalidad desglosar y contextualizar las inversiones necesarias para la implantación de la solución técnica.

El Capex contempla todos aquellos costes vinculados a la adquisición, construcción y puesta en marcha de la infraestructura necesaria para el funcionamiento del sistema. A continuación, el desglose:



1. Obra civil

La fase de obra civil en la construcción de una planta de producción de biometano tiene una duración estimada de unos 24 meses desde la obtención de las licencias.



Trabajos Preliminares (Oficinas de obra, gestión de permisos, movilización de personal)



Ingeniería de Detalle (Instalación eléctrica, sistemas de apoyo, instalaciones complementarias)



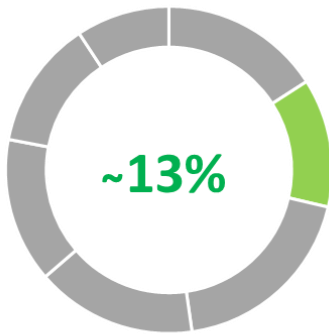
Demoliciones y desmontes (Limpieza de parcela, demolición de pavimento y estructuras)



Movimiento de tierras (excavación, relleno y compactación)

2. Planta pretratamiento

La gestión de los pretratamientos aplicados sobre el digestato permite incrementar la eficiencia del proceso de producción de biogás. Este aumento de eficiencia viene dado por factores como la reducción del tamaño de la molécula orgánica, el aumento de la superficie del digestato y la ruptura molecular del residuo, entre otros.



Gestión de compra y suministro



Construcción del equipamiento



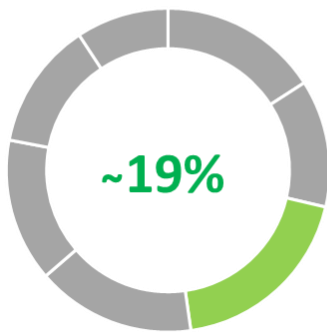
Montaje mecánico y eléctrico de equipamiento



Pruebas de funcionamiento preliminares

3. Digestores

Los digestores son la parte fundamental de la planta de producción de biogás. Su diseño es capaz de optimizar la descomposición de la materia orgánica para la producción de gas renovable.



Construcción de bases para los digestores



Construcción del muro perimetral



Impermeabilización



Montaje de eje y aspas



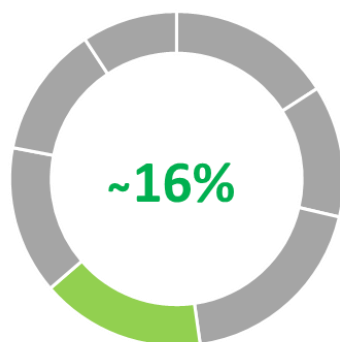
Construcción de solera y cobertura



Instalación de maquinaria electromecánica

4. *Upgrading*

La fase de *upgrading* permite la purificación del biogás, modificando su composición química para aumentar el porcentaje de metano hasta, aproximadamente, un 97 %. Este cambio molecular aumenta el poder calorífico del gas haciéndolo comparable con el del gas natural.



Gestión de compra y suministro



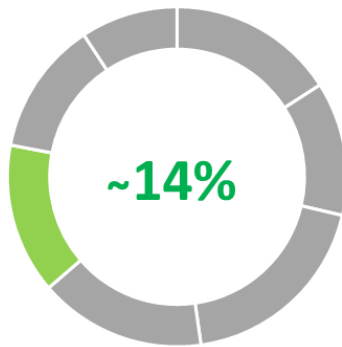
Instalación mecánica y eléctrica



Pruebas de funcionamiento preliminar

5. *Balance of plant*

El *balance of plant* en la producción de biometano incluye todos los sistemas auxiliares necesarios para el correcto funcionamiento de la planta. Lo componen los equipos de instrumentación, redes eléctricas e hídricas. Son parte fundamental para la reducción de riesgos operativos y paradas no planificadas.



Uso de energía térmica:

- Calor necesario en proceso digestión – calor recuperado del proceso upgrading y combustión de biogás generado



Uso de energía eléctrica:

- Consumo eléctrico previsto por maquinaria en la planta de tratamiento

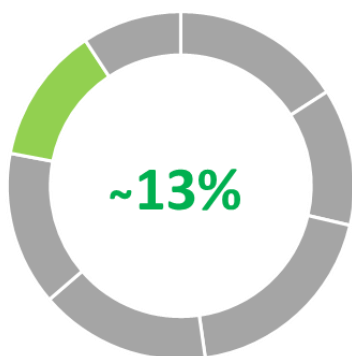


Uso de recursos hídricos:

- Agua potable – suministro de la red municipal
- Agua industrial – depósito de agua industrial

6. Gestión del residuo

La gestión del residuo tras la digestión aeróbica permite cerrar el ciclo de sostenibilidad de la producción de gas renovable. Este subproducto podría tener una segunda vida siendo utilizado como biofertilizante orgánico, reduciendo su impacto en el medioambiente.



Gestión de residuos no valorizables:

- Tierras y pétreos de excavación
- Naturaleza no pétreo
- Naturaleza pétreo
- Potencialmente contaminante

Se aplican tratamientos específicos, se destinan al reciclaje, a vertederos, o se entregan a gestores autorizados según el tipo

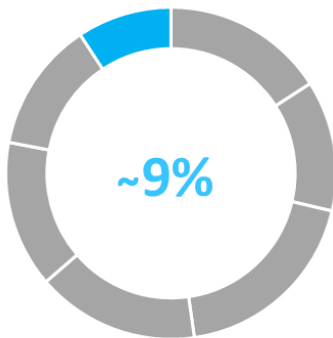


Gestión de residuos valorizables:

- Compostaje (sistema automatizado de movimiento de material, análisis térmico y químico, almacenamiento in situ)

7. Logística + interconexión

La correcta gestión del transporte del biometano producido permite la monetización del gas renovable excedente por su posible inyección en los municipios de distribución de gas aislados de la comarca de Las Merindades, permitiendo que Medina de Pomar actúe de productor de gas satélite, reduciendo el riesgo de falta de suministro.



Gasoducto virtual mediante camiones cisterna



Camiones de transporte de purín: emplazamiento de generación de residuo a la planta



Activos de gas que permitan la inyección de gas renovable a la red troncal de gas (gasoductos, posiciones, entre otros)

8. Escenarios planteados

Se han elaborado dos escenarios tipo en Medina de Pomar para estimar la rentabilidad del proyecto.

1. Escenario híbrido industrial + urbano:

Se plantea este escenario para abastecer de ACS y calefacción al polígono industrial Las Navas y a los barrios de vecinos colindantes.



Reactor+Upgrading+CHP*



Ruta 1: 1,69 km

+10 naves industriales
+1 restaurante
+1 vivienda unifamiliar



Ruta 2: 0,45 km (+1,69 km)

Supermercado**
Centro de conservación de tráfico
+10 viviendas unifamiliares



Ruta 3: 1,08 km (+2,14 km)

+50 viviendas unifamiliares



Ruta 4: 1,26 km (+3,22 km)

+65 viviendas unifamiliares
+24 viviendas en bloque



Longitud total: 4,48 km

2. Escenario urbano hipotético:

Se plantea este otro escenario en la zona de Medina de Pomar con más densidad de edificaciones verticales y, por tanto, mayor densidad de población.



Reactor + Upgrading



CHP



Red de Calor: 2,01 km

+920 viviendas en bloques



Viviendas
unifamiliares



Bloques de
viviendas

Tomando como referencia este último escenario, la siguiente imagen muestra de manera esquemática las principales ventajas energéticas y económicas y el alcance que conlleva la implantación de una red de calor, facilitando la comprensión del modelo:

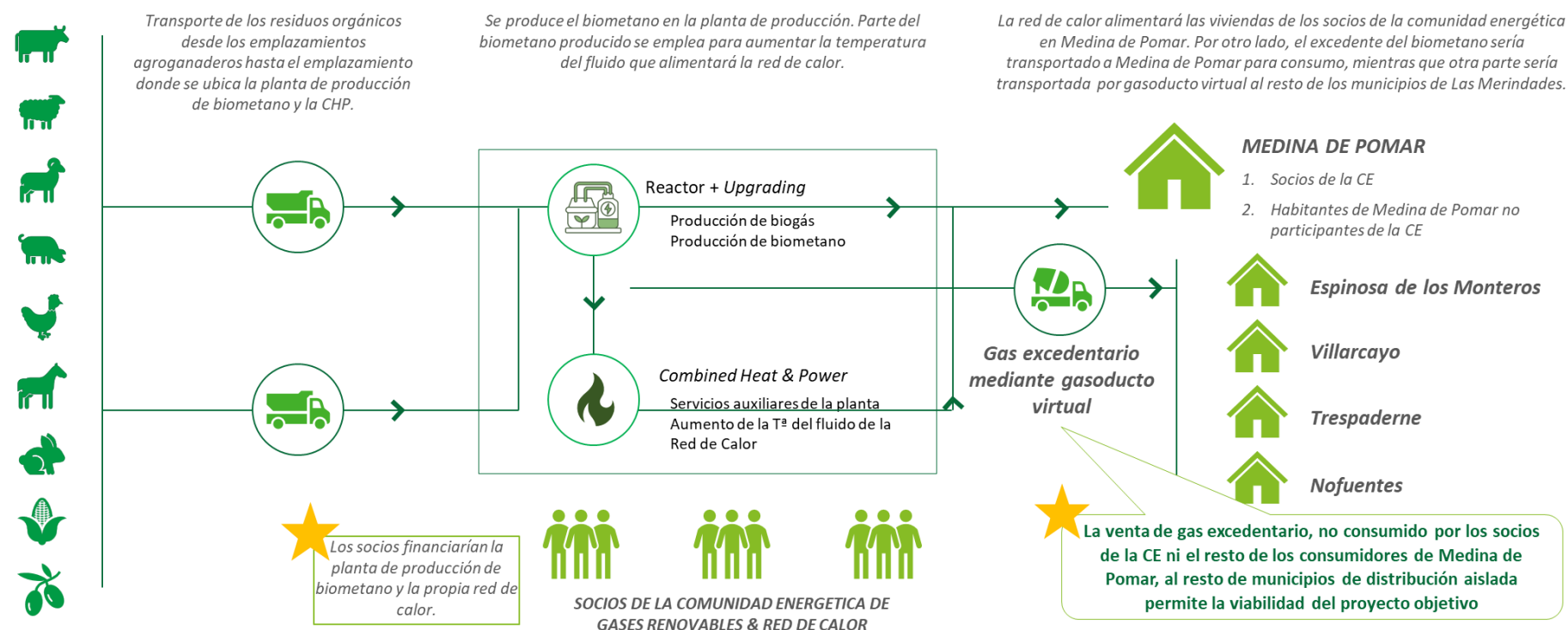


La red, alimentada por biomasa y biometano generado localmente a partir de residuos orgánicos, se concibe como una infraestructura estratégica que permitirá mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de combustibles fósiles y dinamizar la economía local.

9. Contexto administrativo y plan de divulgación

9.1. Esquema conceptual del funcionamiento de la red de calor

El objeto de desarrollo de la red de calor parte de la recogida de los residuos orgánicos, que servirán como materia prima y con los que se producirá el gas renovable para el posterior aumento de temperatura del fluido que alimentará la red de calor propiedad de los socios.



9.2. Requerimientos administrativos

La gestión de permisos para la puesta en funcionamiento de una red de calor viene acompañada de una serie de hitos administrativos que evaluarán la posibilidad de entrada en funcionamiento de la misma. Estos hitos se enmarcan en diferentes ámbitos, desde el medioambiental hasta la comunicación con las entidades públicas encargadas de la gestión de accesos a la red.



9.3. Mecanismos de difusión de la tecnología

La correcta implantación de un proyecto de red de calor comunitaria basada en biometano no solo requiere de soluciones técnicas y económicas viables, sino también de una estrategia de comunicación y divulgación bien estructurada. Esta estrategia debe permitir que la ciudadanía, las administraciones locales, las empresas del entorno y los potenciales inversores comprendan el alcance, los beneficios y el funcionamiento de la tecnología propuesta.

Los mecanismos de difusión de la tecnología resultan esenciales para generar confianza, fomentar la participación de la población y garantizar la replicabilidad del modelo. Además, permiten trasladar conocimientos técnicos de forma accesible, impulsar procesos formativos, facilitar el diálogo social y posicionar el proyecto como una referencia en innovación energética a nivel comarcal y regional.

En el contexto del presente estudio, se considera fundamental el papel de la OTC Merindades como nodo central de difusión, acompañamiento y asesoramiento. La OTC puede actuar como interfaz entre los agentes técnicos y la sociedad, desempeñando una función divulgativa estratégica en las fases del proyecto.



9.4. Identificación de agentes



El Ayuntamiento de Medina de Pomar dispone de terrenos de uso industrial que, en caso de escalar la red planteada, podrían albergar instalaciones pertenecientes a la red de calor. Cabe destacar que, atendiendo a la experiencia de Valladolid, el ayuntamiento podría llegar a ceder estos terrenos.



La Delegación Territorial de Burgos es la entidad competente en materia de mantenimiento y explotación de carreteras autonómicas. Cabe destacar la coyuntura municipal vivida en Medina de Pomar dado el mal estado de la carretera de la BU-551, a través de la cual se plantea el soterramiento del gasoducto que conectaría la producción de biometano con la unidad CHP.



El Consorcio de Tratamiento de Residuos Sólidos de Burgos es la entidad gestora del punto limpio de Medina de Pomar, así como la responsable de la recogida de FORSU, mediante la reciente instalación de los conocidos como "contenedores marrones".



Aquona es la entidad encargada del Servicio Municipal de aguas. Entre sus competencias se encuentran las de lectura y facturación, que serán previsiblemente necesarias en la red de calor proyectada, con objeto de gestionar las solicitudes de cobro a los consumidores de dicha red, ya que el fluido empleado en el transporte de la energía térmica sería agua.