



BIOGEMIS
CALCULADORA DE EMISIONES
DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO DE LA PRODUCCIÓN
Y EL USO DE BIOGÁS

**MANUAL SOBRE LA HERRAMIENTA Y BASES DE DATOS
UTILIZADAS**

25 de abril de 2024

Versión 1

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	2
2	REQUISITOS INFORMÁTICOS	2
3	ACCESO A LA APLICACIÓN	2
3.1	Requisitos y página web de BIOGEMIS.....	2
3.2	Procedimiento de registro.....	3
4	ESTRUCTURA DE LA HERRAMIENTA	4
4.1	Listado y creación de estudios	4
4.1.1	Acciones sobre estudios	5
4.2	Pantalla principal	5
4.3	Fichas de DATOS	7
4.3.1	FICHA DATOS GENERALES 1	8
4.3.2	FICHA DATOS GENERALES 2	9
4.3.3	FICHA SUSTRATOS	10
4.3.4	FICHA BIOGÁS	16
4.3.5	FICHA DIGERIDO	19
4.3.6	FICHA TRANSF. ENERGÉTICA	22
4.3.7	FICHA DEPURACIÓN BIOGÁS	23
4.3.8	FICHA BIOMETANO	26
4.3.9	FICHA BALANCE DE ENERGÍA.....	27
4.4	Pestañas de resultados.....	28
4.4.1	EMISIONES TOTALES.....	29
4.4.2	REDUCCIONES.....	29
4.4.3	INFORME.....	32
5	ANEXO I: TABLAS	34

1 INTRODUCCIÓN

Este documento describe la funcionalidad de la herramienta informática BIOGEMIS y las bases de datos que incorpora.

Esta aplicación web desarrollada por IDAE tiene por objetivo el cálculo de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) resultantes de la producción y el uso de biogás y biometano, así como de la reducción de emisiones de GEI correspondiente en comparación con el combustible fósil de referencia, de acuerdo con la metodología establecida en la Directiva (UE) 2018/2001, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (DER II).

2 REQUISITOS INFORMÁTICOS

BIOGEMIS está diseñada como una aplicación web, por lo que no se necesita realizar instalación alguna por parte del usuario y tan solo se requiere disponer de un navegador web. Se recomienda utilizar Chrome o Edge y tenerlos siempre actualizados a la última versión.

La herramienta está diseñada para trabajar desde un ordenador con resoluciones iguales o mayores a 1920 x 1080 con un tamaño de texto del 100%.

Se ha seguido un diseño Responsive de tal modo que la aplicación se va adaptando al tamaño y resolución de pantalla donde los límites son los indicados anteriormente. Con resoluciones inferiores o tamaños del texto superiores, es posible que el diseño se vea afectado recortando o recolocando algunos campos.

3 ACCESO A LA APLICACIÓN

3.1 REQUISITOS Y PÁGINA WEB DE BIOGEMIS

BIOGEMIS está públicamente disponible y su uso únicamente requiere tener una cuenta en la aplicación (correo/contraseña). Para obtenerla, el usuario debe registrarse tal como se explica en el apartado 3.2.

El acceso a la aplicación se efectúa abriendo un navegador web y escribiendo en él la URL <https://calculadorabiogemis.idae.es>. Se mostrará la pantalla de entrada (Figura 1), donde debe introducirse el correo y la contraseña.



Figura 1. Pantalla de entrada de BIOGEMIS.

3.2 PROCEDIMIENTO DE REGISTRO

Para crear una cuenta, en la pantalla de entrada (Figura 1) el usuario debe hacer clic en “Si aún no es usuario, regístrate”. Se abrirá el formulario de registro (Figura 2), donde debe introducir toda la información y hacer clic en el botón “Enviar”

Figura 2. Formulario de registro.

Tras ello, recibirá un correo electrónico con las instrucciones para establecer su contraseña y finalizar el registro.

A partir de ese instante, podrá acceder a la aplicación.

Si el usuario está registrado, pero no recuerda su contraseña, debe hacer clic en “Recuperar contraseña” en la pantalla de entrada (Figura 1). Se abrirá la ventana “Recuperar contraseña” (Figura 3), donde debe introducir su dirección de correo y hacer

clic en el botón “Enviar”. Recibirá un mensaje con instrucciones para restablecer su contraseña.

Figura 3. Pantalla “Recuperar contraseña”.

4 ESTRUCTURA DE LA HERRAMIENTA

4.1 LISTADO Y CREACIÓN DE ESTUDIOS

Cuando el usuario accede a la aplicación, se muestra una pantalla en la que aparece el listado de los estudios que ha guardado (Figura 4).

Fecha	Nombre	Descripción
18/12/2023	Ejemplo-4	ejemplo 4
18/12/2023	Ejemplo-5	ejemplo 5
22/12/2023	Ejemplo-2	Ejemplo 2
22/12/2023	Ejemplo-3	ejemplo 3
18/01/2024	Ejemplo-1	Ejemplo 1
14/03/2024		

Figura 4. Pantalla “Listado de estudios”.

Desde esta pantalla se puede crear un nuevo estudio, haciendo clic en el botón “+ Añadir estudio”. Se abrirá la ventana “Nuevo estudio” (Figura 5).

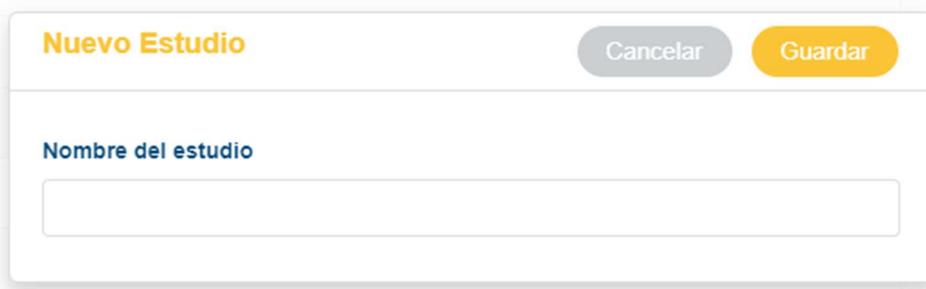


Figura 5. Ventana "Nuevo estudio".

Se debe introducir el nombre con el que se quiera identificar el estudio (por ejemplo, haciendo referencia a una partida, fecha, suministrador u otra denominación que se considere adecuada) y hacer clic en el botón "Guardar".

4.1.1 Acciones sobre estudios

Las acciones que pueden llevarse a cabo con los estudios se encuentran en el menú desplegable que se muestra a la derecha de cada uno de ellos (Figura 6).

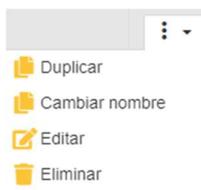


Figura 6. Menú desplegable de acciones sobre estudios.

Duplicar: Copia un estudio completo. Al seleccionar esta opción aparece una ventana de confirmación.

Cambiar nombre: Cambia el nombre de un estudio. Al seleccionar esta opción aparece una ventana para indicar el nuevo nombre del estudio.

Editar: Accede al estudio con la información almacenada y permite editarlo. Haciendo doble clic en la fila de un estudio también se lleva a cabo la acción Editar.

Eliminar: Elimina el estudio seleccionado. Al seleccionar esta opción aparece una ventana de confirmación.

4.2 PANTALLA PRINCIPAL

Al editar un estudio se muestra la pantalla principal (Figura 7).

Figura 7. Pantalla principal.

La pantalla principal contiene 9 fichas :

1. Datos generales 1.
2. Datos generales 2.
3. Sustratos.
4. Biogás.
5. Digerido.
6. Trans. Energética.
7. Depuración biogás.
8. Biometano.
9. Balance de energía.

En función de los productos energéticos finales seleccionados en el estudio, se ocultarán algunas de las fichas:

- Si no se produce electricidad ni calor, se ocultará la ficha “Transf. energética”.
- Si no se produce biometano, se ocultará la ficha “Biometano”.

Con la finalidad de facilitar y simplificar la introducción de datos, en cada ficha hay campos que se habilitan o deshabilitan y campos que se muestran u ocultan dependiendo de la información que se vaya introduciendo, dejando accesible únicamente aquellos que se precisan para el cálculo.

Además de las fichas, en la parte superior derecha de la pantalla principal hay 3 botones:

- Volver a mis cálculos: sirve para ir al listado de estudios.

- Información planta biogás: Sirve para ir a la pantalla principal desde la pantalla de resultados.
- Resultados: Sirve para ir a la pantalla de resultados desde la pantalla principal.

4.3 FICHAS DE DATOS

Todas las fichas tienen las siguientes características generales:

- Cada vez que se introduzca o edite información y antes de cambiar de ficha, es necesario guardar los cambios. La aplicación informa de ello (parpadea el botón “Guardar cambios”) y no permite cambiar de ficha sin haber guardado, con el fin de evitar pérdidas de datos.
- La aplicación genera valores para determinados parámetros, obtenidos a partir de la información introducida, de las bases de datos de la herramienta y de los modelos que incorpora. Estos valores (teóricos) se presentan en la herramienta en campos con fondo blanco y no son editables. El usuario debe introducir en los campos con fondo amarillo que aparecen junto a estos los valores que desea aplicar (copiando el teórico presentado por la calculadora o, si dispone de otra información, por ejemplo, procedente de medidas reales, escribiendo ese dato). En la Figura 8 se muestra un ejemplo de cómo se representan los valores “Teóricos” y los valores “Usuario” para el campo Temperatura media anual.

Temperatura media anual (°C)

Valor teórico	Valor usuario
<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="15"/>

Figura 8. Ejemplo de los campos “Teóricos” y “Usuario”.

- En algunos puntos puede verse el icono . Haciendo clic sobre él se obtiene información adicional sobre el campo correspondiente en una ventana emergente como la siguiente (Figura 9):

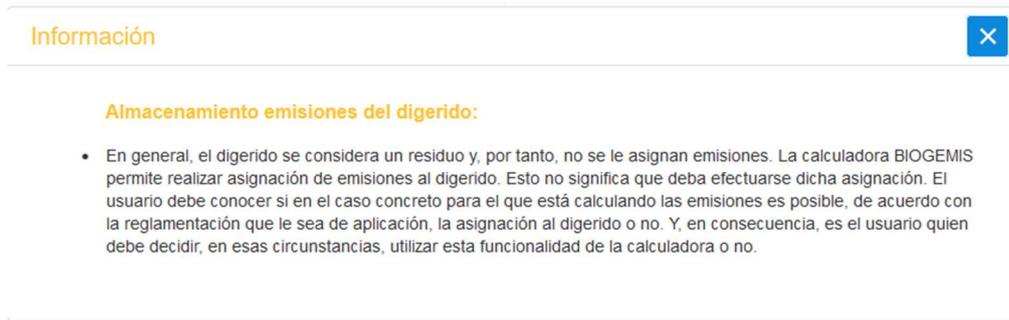


Figura 9. Ejemplo de ventana de información adicional.

4.3.1 FICHA DATOS GENERALES 1

En esta ficha se introduce información general correspondiente al estudio (Figura 10).

Ejemplo-1 [Volver a mis cálculos] [Información planta biogás] [Resultados]

1 Datos generales 1 2 Datos generales 2 3 Sustratos 4 Biogás 5 Digerido 6 Transf. energética 7 Balance de energía

1/7 [Anterior] [Siguiente] [Quitar cambios] [Cancelar cambios]

Instalación y estudio

Nombre de instalación: Ejemplo 1

Descripción del estudio: [Empty]

Ubicación

Emplazamiento (°): Comunidad Valenciana | Castellón

Temperatura media anual (°C): Valor técnico: 17, Valor usuario: 0

Figura 10. Ficha DATOS GENERALES 1.

Es posible introducir la siguiente información:

INSTALACIÓN Y ESTUDIO

- **Nombre de instalación:** Permite asignar un nombre a la instalación en la que se evalúa el estudio.
- **Descripción del estudio:** Permite al usuario escribir una breve descripción que facilite la identificación de las principales características del estudio.

UBICACIÓN

- *Emplazamiento*: Permite seleccionar la provincia. El * indica que este campo es obligatorio.
- *Temperatura media anual (°C)*: Valor teórico de temperatura media anual de la provincia seleccionada (Tabla 1) y valor usuario.

Estos campos solo son utilizados para cálculos relacionados con la producción de biogás y, en el caso del emplazamiento, para determinar el comparador fósil adecuado (región ultraperiférica o no) al calcular la reducción de emisiones.

4.3.2 FICHA DATOS GENERALES 2

En esta ficha se introduce la información referente a los productos finales, a la correspondencia con algún sistema de producción para el que hay valores por defecto en la DER II y a los valores de reducción de emisiones por captura de CO₂, si los hay (Figura 11).

Figura 11. Ficha DATOS GENERALES 2.

A continuación, se explican brevemente los campos incluidos en esta ficha:

PRODUCTOS FINALES

- *Electricidad (Sí/No).*
- *Calor (Sí/No).*
- *Biometano (Sí/No).*
- *Biogás destinado a producción de electricidad y/o calor (%).*
- *Biogás destinado a producción de biometano (%).*

- *Biogás sin transformar (%)*: Biogás no destinado a producción de electricidad, calor o biometano. Valor calculado como resto de los anteriores hasta alcanzar el 100%.
- *¿Utiliza una caldera de biogás destinada únicamente a producir calor para el proceso?*: Indicar “Sí” en caso de que la instalación disponga de una caldera específica para aportar calor en el proceso, diferente del equipo utilizado para producir electricidad o calor como producto final.
- *Rendimiento caldera de proceso (%)*: Rendimiento térmico de la caldera específica para aportar calor al proceso.

AJUSTE A ESCENARIO DE LA DIRECTIVA DER II (VALORES POR DEFECTO)

- *Correspondencia con algún sistema de producción con valores por defecto en la DER II (Sí/No)*: En este campo se debe indicar si el proceso se ajusta o no en su totalidad, en cuanto a sistema de producción y opción tecnológica, a alguno de los que tienen valores por defecto en la parte A del Anexo VI de la Directiva (UE) 2018/2001.
- *¿El biogás para producir calor sustituye al carbón?*: Permite indicar si puede demostrarse una sustitución física directa del carbón por biogás en la producción de calor útil.

REDUCCIÓN DE EMISIONES POR CAPTURA DE CO₂

- Emisiones derivadas de la captura y almacenamiento geológico del CO₂ (e_{ccs}) (g CO_{2eq}).
- Emisiones derivadas de la captura y sustitución del CO₂ (e_{ccr}) (g CO_{2eq})

4.3.3 FICHA SUSTRATOS

En esta ficha se introduce la información (tipo, composición química, pretratamiento, transporte) referente a los sustratos que componen la mezcla de codigestión (Figura 12).

Figura 12. Ficha SUSTRATOS.

SUSTRATOS

En la parte izquierda se muestra una tabla con todos los sustratos y en la parte derecha, la información relativa al consumo energético en el pretratamiento de los sustratos.

Para añadir un nuevo sustrato, hay que hacer clic en el botón **+**, tras lo que se abre la ventana “Nuevo sustrato” (Figura 13).

Parámetro	Teórico	Valor
BMP. Potencial máximo de producción de biogás (m ³ CH ₄ /kg SV)	0,227666667	0,227666667
Sólidos Totales (% g ST/100g MF)	23	23
Sólidos Volátiles (% g SV/100g MF)	21	21
PCI (MJ/kg ST)	20,7	20,7
Contenido en N (g N/kg ST)	34	34
Contenido en C (g C/kg ST)	475,6	475,6
Carbohidratos (g/100g MF)	11,23060317	11,23060317
Lípidos (g/100 g MF)	3,73767708	3,73767708
Proteínas (g/100g MF)	3,39204302	3,39204302

Figura 13. Ventana “Nuevo Sustrato”.

En la parte izquierda de esta ventana, se encuentra la información correspondiente al sustrato como tipo, cantidad, pretratamiento o transporte.

En la parte derecha se presenta la información sobre los parámetros de composición química del sustrato. La herramienta incluye en su base de datos un conjunto de sustratos y los valores para cada uno de esos parámetros (Tabla 2). Al seleccionar un tipo de sustrato, la aplicación presenta en la parte derecha los valores teóricos de cada uno de ellos y, como siempre, el usuario debe introducir el valor aplicado. Para facilitar dicha tarea en caso de querer aplicar los valores teóricos, es posible copiarlos todos haciendo clic en “Pulsar para rellenar con valores teóricos”.

A continuación, se explican brevemente los campos incluidos en esta ventana.

SUSTRATO

- Tipo de sustrato: Campo desplegable con una lista de sustratos predefinidos (habitualmente utilizados por las plantas de biogás):
 - Estiércol húmedo - genérico (tal como está definido en la DER II).
 - Purines porcinos.
 - Purines vacunos.
 - Estiércol vacuno.
 - Gallinaza.
 - Biorresiduos - genérico (tal como está definido en la DER II).
 - Fracción orgánica de residuos municipales con separación en origen.
 - Lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR).
 - Lodos de la industria agroalimentaria.
 - Residuos orgánicos de alimentación de la industria alimentaria – genérico.
 - Residuos vegetales de la industria alimentaria – destrío.
 - Residuos vegetales de la industria alimentaria – industria de transformación.
 - Residuos cárnicos de la industria alimentaria.
 - Residuos lácteos de la industria alimentaria.
 - Residuos pesqueros de la industria alimentaria.
 - Glicerina bruta.
 - Restos de cultivos herbáceos (pajas).
 - Cultivos

En caso de que en el campo “*Correspondencia con algún sistema de producción con valores por defecto en la DER II*” de la ficha *Datos Generales 2* se seleccione “SÍ”, solo se podrán seleccionar como sustratos el estiércol húmedo y los biorresiduos.

Si el sustrato que se desea introducir no se encuentra en el conjunto ofrecido, se deberá seleccionar “Otros”.

- *Nombre del sustrato*: Este campo sólo se activa si en el campo Tipo de sustrato se selecciona la opción “Otros”. Campo de texto libre.
- *Cantidad (t)*: cantidad de sustrato (húmedo) expresada en toneladas
- *Residuo*: Indica si el sustrato tiene la consideración de residuo. Este campo sólo se activa si en el campo Tipo de sustrato se selecciona la opción “Otros”.
- *Estado*: Indica si el sustrato es sólido o líquido/pastoso/pellet

PRETRATAMIENTO SUSTRATOS

- *Tipo de pretratamiento mecánico*: El usuario puede seleccionar entre las siguientes opciones:
 - Ninguno.
 - Trituración cuchillas.
 - Trituración martillos.
 - Extrusión.
 - Otro.
- *Consumo específico de electricidad (kWh/t)*: Valor teórico según tecnología seleccionada (Tabla 7) y valor usuario.
- *Tipo de pretratamiento térmico*: El usuario puede seleccionar entre las siguientes opciones
 - Ninguno.
 - Pasteurización.
 - Otro.
- *Consumo específico de calor (MJ/t)*: Valor teórico según tecnología seleccionada (ver apartado Cálculo de la energía consumida en el pretratamiento de los sustratos del [Manual sobre metodología de cálculo](#)) y valor usuario.

TRANSPORTE

- *Tipo de transporte*: tipo de vehículo utilizado para el transporte por carretera del sustrato. Existe la opción de elegir como medio de transporte un camión de 40 t con una carga útil de 27 t.
- *Tecnología motor*: En caso de que se seleccione como vehículo de transporte un camión de 40 t con una carga útil de 27 t, la herramienta permite seleccionar la tecnología del motor de combustión del camión.
- *Distancia (ida) (km)*: Distancia de transporte.
- *Intensidad de las emisiones (g CO_{2eq}/tkm)*: Valor de la intensidad de las emisiones de GEI aplicables al transporte. La calculadora muestra el valor teórico de la

intensidad de emisiones en el caso de que el usuario seleccione como medio de transporte por carretera del sustrato un camión de 40 t con una carga útil de 27 t (ver apartado *Cálculo del término e_{td}* del Manual sobre metodología de cálculo) utilizando los datos de consumo de combustible y los factores de emisión considerados en el archivo *Excel Biogas_and_solid_biomass_database_jrc_red-recast_v1a* que acompaña al documento del JRC “*Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions*” (Tabla 10)

EMISIONES ASOCIADAS A LA PRODUCCIÓN DEL SUSTRATO

El usuario debe conocer las emisiones asociadas a esta etapa.

- *Emisiones procedentes de la extracción o del cultivo de los sustratos (e_{ec}) (g CO_{2eq}/t sustrato):* Este campo sólo se activa si el sustrato no es un residuo.
- *Emisiones anualizadas procedentes de las modificaciones en las reservas de carbono causadas por el cambio en el uso de la tierra en la producción del sustrato (e_i) (g CO_{2eq}/t sustrato).*
- *Emisiones generadas en la transformación del sustrato (e_{pp}) antes de su recepción en la instalación (g CO_{2eq}/t sustrato):* Este campo sólo se activa si el sustrato no es un residuo.

PARÁMETROS

La herramienta muestra en esta sección los valores teóricos de una serie de parámetros para el tipo de sustrato seleccionado.

- **BMP- Potencial máximo de producción de biogás** Este parámetro corresponde a la mayor concentración de metano que puede ser extraída de un sustrato concreto. Para su determinación se realiza un ensayo en discontinuo donde se coloca un exceso de inóculo con una reducida cantidad de sustrato. El objetivo del ensayo es el agotamiento total del sustrato, obteniendo como resultado el potencial máximo de biometanización.
- **Sólidos totales:** Este parámetro corresponde al contenido en materia seca, y es utilizado en múltiples cálculos.
- **Sólidos volátiles:** Este parámetro corresponde al contenido en materia volátil, y es utilizado en múltiples cálculos.
- **PCI:** El poder calorífico inferior (PCI) es usado para estimar el factor de ponderación en el caso de mezclas con múltiples sustratos. Por otro lado, es el valor usado para el cálculo de las emisiones de los pretratamientos térmicos.
- **Contenido en N:** La concentración de nitrógeno es usada por la herramienta para la realización de un balance de N que permita evaluar las pérdidas en forma de N_2O .

- **Contenido en C:** La concentración de carbono es utilizada para realizar el balance de C que permita evaluar las pérdidas de carbono en forma de CO₂ y CH₄.
- **Carbohidratos, Lípidos y Proteínas:** Los parámetros relativos a la composición bioquímica de los sustratos son los datos usados por la modelización ADM1 para obtener el potencial de producción de biogás de una mezcla de sustratos.

Esta base de datos sobre las características de los 18 sustratos seleccionados se ha creado recopilando información en fuentes bibliográficas de elevada fiabilidad de entre la literatura científica disponible, fundamentalmente a partir de publicaciones en revistas científicas de alto impacto (primer cuartil; con factor de impacto superior a 3: IF >3) y sometidas a revisión por pares. De cada uno de los parámetros se han seleccionado un mínimo de tres referencias bibliográficas, siendo usado para los cálculos el valor medio de todas ellas. Los valores correspondientes a la caracterización de los sustratos y utilizados en los cálculos de la herramienta junto a las fuentes bibliográficas consultadas se muestran en las siguientes tablas: Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6.

En lo que respecta a los biorresiduos, en el artículo 3, punto 4, de la Directiva 2008/98/CE, sobre residuos, se define biorresiduo como “residuo biodegradable de jardines y parques, residuos alimenticios y de cocina procedentes de hogares, restaurantes, servicios de restauración colectiva y establecimientos de consumo al por menor, y residuos comparables procedentes de plantas de transformación de alimentos”. En consecuencia, es necesario ajustarse a dicha definición para poder hacer uso de los valores por defecto detallados en la DER II para biorresiduos.

Cuando se finaliza la introducción de datos del sustrato se debe hacer clic en el botón “Guardar”, tras lo que se cerrará esta ventana (Figura 13) y se volverá a mostrar la ficha *Sustratos* (Figura 12). En el listado incluido en la misma ya aparecerá el nuevo sustrato añadido.

Para cada uno de los sustratos en el listado, se puede editar o eliminar, seleccionando la opción correspondiente en el menú desplegable que se encuentra a la derecha.

Si se selecciona Editar, se accede a la ventana del sustrato con todos los campos rellenos para poder modificarlos.

CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL CONSUMIDA EN EL PRETRATAMIENTO DE LOS SUSTRATOS

- *Fuente de energía eléctrica consumida.* El usuario puede seleccionar entre las siguientes opciones:
 - Cogeneración (biogás).

- Fotovoltaica “in situ”.
 - Otros.
 - Red eléctrica.
- *Fuente de energía térmica consumida.* El usuario puede seleccionar entre las siguientes opciones:
- Cogeneración (biogás).
 - Caldera (biogás): Es la caldera utilizada para producir la energía térmica como producto final, parte de la cual se usa para aportar calor en este proceso.
 - Otros.
 - Caldera (biogás auxiliar): Se entiende por caldera auxiliar aquella cuya finalidad no sea la producción de calor como producto final de la instalación.
- *Intensidad de emisiones de la energía eléctrica consumida (g CO₂eq/kWh):* Valor teórico según tecnología seleccionada (Tabla 8) y valor usuario.
- *Intensidad de emisiones de la energía térmica consumida (g CO₂eq/MJ):* Valor teórico según tecnología seleccionada (Tabla 9).
- *Energía total consumida en etapa de pretratamiento*
- *Electricidad (kWh):* Valor teórico según tecnología seleccionada y valor usuario.
 - *Térmica (MJ):* Valor teórico según tecnología seleccionada y valor usuario.

4.3.4 FICHA BIOGÁS

En esta ficha se introduce la información relativa al proceso de producción de biogás (Figura 14).

Biogás

Volumen útil del digestor (m³) Días de proceso

Variable	Valores teóricos		
	Producción máxima teórica	Valor calculado con modelo ADM1	Valor usuario
Biogás producido (MJ)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Concentración de metano en biogás (%)	X	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Biogás producido (Nm ³)	X	X	<input type="text" value="0"/>
Metano (como parte del biogás) (Nm ³)	X	X	<input type="text" value="0"/>

Consumo de energía en esta etapa

Fuente de energía eléctrica consumida:

Fuente de energía térmica consumida:

Intensidad de emisiones de la energía eléctrica consumida (g CO₂eq/kWh): Valor teórico Valor usuario

Intensidad de emisiones de la energía térmica consumida (g CO₂eq/MJ): Valor teórico

Energía total consumida en etapa de digestión anaerobia

Eléctrica kWh: Valor teórico Valor usuario

Térmica MJ: Valor teórico Valor usuario

Figura 14. Ficha BIOGÁS.

A continuación, se describen los campos incluidos en esta ficha.

BIOGÁS

- *Volumen útil del digestor (m^3)*
- *Días de proceso (d)*: Tiempo considerado para la digestión anaerobia del lote considerado.
- *Biogás producido (MJ)*: Valores teóricos y valor de usuario. La calculadora muestra dos valores teóricos de producción de biogás (MJ) resultantes de aplicar sendos métodos de cálculo:

Anaerobic Digester Model 1 (ADM1): Valor teórico calculado según se describe en el apartado 2.1 a) *Cálculo de la producción de biogás del Manual sobre metodología de cálculo*. Para realizar el cálculo se debe hacer clic en el botón .

El algoritmo ADM1 utiliza la información introducida en esta ficha y la proporcionada en la ficha *Sustratos*. Este algoritmo ejecuta una serie de cálculos de forma iterativa hasta que alcanza una solución. Si debido a los datos introducidos se llega al máximo de iteraciones, no será posible dar solución y la aplicación mostrará un mensaje indicándolo (Figura 15).

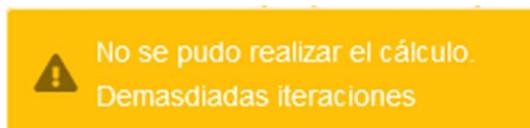


Figura 15. Mensaje indicando que el algoritmo no puede alcanzar la solución por haber llegado al número máximo de iteraciones.

BIOGEMIS calcula los valores de caudal de alimentación diaria y tiempo hidráulico de residencia requeridos por ADM1 tal como se indica a continuación:

$$Q = \frac{\sum Ci}{T}$$

$$TRH = \frac{V_u}{Q \times D}$$

Donde:

Q = Caudal de alimentación de la mezcla de sustratos (t/d).

C_i = Cantidad de sustrato i en el periodo de procesado (t).

T = Periodo de procesado de la mezcla total de cosustratos (d).

TRH = Tiempo de residencia hidráulico (d).

V_u = volumen útil del digestor (m^3).

D = Densidad (m^3/t): se supone una densidad de $1 m^3/t^1$.

Producción máxima teórica: Valor teórico calculado según se describe en el apartado 2.1 b) Potencial máximo de biometanización del Manual sobre metodología de cálculo. Para realizar este cálculo la herramienta BIOGEMIS utiliza el valor de BMP (Tabla 6) y el valor de concentración de Sólidos Totales (Tabla 2) de los sustratos que componen la mezcla de codigestión.

- *Concentración de metano en biogás (como % del biogás)* Valor teórico y valor de usuario. El valor teórico mostrado es el que resulta de la aplicación del modelo Anaerobic Digester Model 1 (ADM1) según se describe en el apartado 2.1 a) Modelo basado en el Anaerobic Digester Model 1 (ADM1) Manual sobre metodología de cálculo.

A partir del valor de estos campos, la calculadora muestra los siguientes:

- *Biogás producido (Nm^3):* Valor calculado dividiendo el volumen de metano (expresado en Nm^3) entre la concentración de metano en biogás (v/v).
- *Metano (como parte del biogás) (Nm^3):* Valor calculado dividiendo el metano producido (expresado en MJ) entre el poder calorífico inferior del metano ($35,85 MJ/Nm^3$)².

CONSUMO DE ENERGÍA EN ESTA ETAPA

- *Fuente de energía eléctrica consumida.* La herramienta permite seleccionar entre las siguientes opciones:
 - Cogeneración (biogás).
 - Fotovoltaica “in situ”.
 - Otros.
 - Red eléctrica.
- *Fuente de energía térmica consumida:* La herramienta permite seleccionar entre las siguientes opciones:
 - Cogeneración con biogás.

¹ siguiendo la metodología empleada en el archivo Excel Biogas_and_solid_biomass_database_jrc_red-recast_v1a que acompaña al documento del JRC “Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions”.

² JRC- Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions Table A. 1. Fossil fuels properties

- Caldera principal de biogás.
 - Otros.
 - Caldera (biogás auxiliar): se entiende por caldera auxiliar aquella cuya finalidad no sea la producción de calor como producto final de la instalación).
- *Intensidad de las emisiones de la electricidad consumida (g CO₂eq/kWh):* Valor teórico y valor usuario. La herramienta muestra un valor teórico de intensidad de emisiones según la fuente de energía eléctrica seleccionada (Tabla 8).
 - *Intensidad de las emisiones de la energía térmica consumida (g CO₂eq/MJ):* Valor teórico (Tabla 9).
 - *Energía total consumida en etapa de digestión anaerobia:*
 - *Electricidad (kWh):* Valor teórico y valor usuario. Valor teórico calculado según se describe en el apartado 2.2.5.2.2 Cálculo de la energía consumida en el proceso de digestión anaerobia del Manual sobre metodología de cálculo.
 - *Térmica (MJ):* Valor teórico y valor usuario. Valor teórico calculado según se describe en el apartado 2.2.5.2.2 Cálculo de la energía consumida en el proceso de digestión anaerobia del Manual sobre metodología de cálculo.

4.3.5 FICHA DIGERIDO

En esta ficha se introduce la información referente al digerido (Figura 16).

1 Datos generales 1 2 Datos generales 2 3 Sustratos 4 Biogás **5 Digerido** 6 Depuración biogás 7 Biometano 8 Balance de energía

5/8 < Anterior Siguiente > Guardar cambios Cancelar cambios

Potencial emisiones digerido

Variable	Valores teóricos	
	Propuesto por JRC	Valor usuario
Potencial residual de metano en el digerido (L CH ₄ /Kg SV digerido)	35	0

Almacenamiento del digerido ⓘ
Select. ▾

Asignación de emisiones al digerido ⓘ
Select. ▾

¿Parte del digerido o alguna fracción del digerido se considera coproducto? ⓘ
Select. ▾

Figura 16. Ficha DIGERIDO

POTENCIAL EMISIONES DIGERIDO

A continuación, se describen los campos incluidos en esta sección.

- *Potencial residual de metano en el digerido (L CH₄/Kg SV digerido):* En el campo “Propuesto por JRC” se presenta el valor teórico para este parámetro solo en los casos en los que el sustrato sea exclusivamente estiércol o biorresiduos (Tabla 13).
- *Almacenamiento del digerido:* La calculadora muestra dos opciones: almacenamiento en abierto y almacenamiento en cerrado. Determina si se realiza el cálculo de emisiones por el almacenamiento en abierto según se describe en el apartado 2.2.5.3 del Manual sobre metodología de cálculo.

ASIGNACIÓN DE EMISIONES AL DIGERIDO

En general, el digerido se considera un residuo y, por tanto, no se le asignan emisiones. La calculadora BIOGEMIS permite realizar asignación de emisiones al digerido. Esto no significa que deba efectuarse dicha asignación. El usuario debe conocer si en el caso concreto para el que está calculando las emisiones es posible, de acuerdo con la reglamentación que le sea de aplicación, la asignación al digerido o no. Y, en consecuencia, es el usuario quien debe decidir, en esas circunstancias, utilizar esta funcionalidad de la calculadora o no.

A continuación, se describen los campos incluidos en esta sección.

- *¿Parte del digerido o alguna fracción del digerido se considera coproducto?* En caso de que el digerido o alguna fracción suya se pueda considerar como coproducto, BIOGEMIS permite asignar parte de las emisiones de GEI de la instalación al digerido, tal como se describe en el Apartado 2.4.1 Asignación de emisiones al digerido del Manual sobre metodología de cálculo. De ser así, debe seleccionarse la opción “S”.

En ese caso, se muestra el siguiente campo:

- *¿Se somete a un tratamiento de separación sólido-líquido, y parte o toda la fracción líquida resultante se recircula al digestor anaerobio?*

a) Sin separación sólido-líquido

Si se selecciona la opción “No”, se muestran campos adicionales relativos al digerido (Figura 17).

5/9 < Anterior > Siguiente Guardar cambios Cancelar cambios

Potencial emisiones digerido

Variable	Valores teóricos	
	Propuesto por JRC	Valor usuario
Potencial residual de metano en el digerido (L CH ₄ /Kg SV digerido)	35	0

Asignación de emisiones al digerido

Almacenamiento del digerido *i*

Almacenamiento en abierto del digerido

¿Parte del digerido o alguna fracción del digerido se considera coproducto? *i*

Si

¿Se somete a un tratamiento de separación sólido-líquido, y parte o toda la fracción líquida resultante se recircula al digester anaerobio?

No

Digerido como coproducto t digerido

Valor teórico: 150.841 Valor usuario: 151.849

ST sólidos totales del digerido g ST/100g MF

Valor teórico: 5,5 Valor usuario: 6,7

PCI de los ST del digerido (MJ/kg ST)

Valor teórico: 19,5 Valor usuario: 0

Energía contenida en el digerido considerado como coproducto (MJ)

0

Figura 17. Campos adicionales mostrados al elegir la opción “No” en el campo “¿Se somete a un tratamiento de separación sólido-líquido, y parte o toda la fracción líquida resultante se recircula al digester anaerobio?”

- *Digerido como coproducto (t)*: Valor teórico y valor usuario de cantidad de digerido considerado coproducto del proceso de digestión anaerobia. Como valor teórico la calculadora muestra la cantidad (t) de digerido total generado en el proceso de digestión anaerobia.
- *ST Sólidos totales del digerido (g ST/100 g digerido)*: Valor teórico y valor usuario.
- *PCI de los ST del digerido (MJ/kg ST)*: Poder calorífico inferior de los sólidos totales del digerido. El valor teórico de poder calorífico inferior de los sólidos totales del digerido considerado en la calculadora es 19,5 MJ/kg ST ¹
- *Energía contenida en el digerido considerado como coproducto (MJ)*: La calculadora muestra el valor teórico.

b) Con separación sólido-líquido

Si se selecciona la opción “Si” en el campo sobre separación sólido-líquido se muestran campos adicionales relativos a esas fracciones (Figura 18).

¹ Czekala, W. Solid Fraction of Digestate from Biogas Plant as a Material for Pellets Production. *Energies* 2021, 14, 5034. <https://doi.org/10.3390/en14165034>

1 Datos generales 1 2 Datos generales 2 3 Sustratos 4 Biogás 5 **Digerido** 6 Transf. energética 7 Depuración biogás 8 Biometano 9 Balance de energía

5/9 Anterior Siguiente Guardar cambios Cancelar cambios

Potencial emisiones digerido

Variable	Valores teóricos	
	Propuesto por JRC	Valor usuario
Potencial residual de metano en el digerido (L CH ₄ /Kg SV digerido)	35	0

Asignación de emisiones al digerido

Almacenamiento del digerido i

Almacenamiento en abierto del digerido v

¿Parte del digerido o alguna fracción del digerido se considera coproducto? i

Si v

¿Se somete a un tratamiento de separación sólido-líquido, y parte o toda la fracción líquida resultante se recicla al digestor anaerobio?

Si v

Fracción sólida como coproducto t

Fracción líquida como coproducto t

PCI de los ST del digerido (MJ/kg ST)

Energía contenida en los sólidos de las fracciones consideradas como coproducto (MJ)

Sólidos totales de la fracción sólida g ST/100g MF

Sólidos totales de la fracción líquida tras g ST/100g MF

Figura 18. Campos adicionales mostrados al elegir la opción "Sí" en el campo ¿Se somete a un tratamiento de separación sólido-líquido, y parte o toda la fracción líquida resultante se recicla al digestor anaerobio?

- *Fracción sólida como coproducto (t)*: Valor usuario de cantidad de fracción sólida del digerido considerado coproducto del proceso de digestión anaerobia.
- *Sólidos totales de la fracción sólida de digerido (g ST/100 g fracción sólida de digerido)*: Valor usuario.
- *Fracción líquida como coproducto(t)*: Valor usuario de cantidad de fracción sólida del digerido considerado coproducto del proceso de digestión anaerobia.
- *Sólidos totales de la fracción líquida de digerido (g ST/100 g fracción líquida de digerido)*: Valor usuario.
- *PCI de los ST del digerido (MJ/kg ST)*: Poder calorífico inferior de los sólidos totales del digerido. La calculadora muestra como valor teórico 19,5 MJ/kg ST¹
- *Energía contenida en los sólidos de las fracciones consideradas como coproducto (MJ)*: La calculadora muestra el valor teórico.

4.3.6 FICHA TRANSF. ENERGÉTICA

En esta ficha se introduce la información referente al biogás destinado a la transformación energética y se obtienen los valores de energía generada (Figura 19).

¹ Czekala, W. Solid Fraction of Digestate from Biogas Plant as a Material for Pellets Production. *Energies* 2021, 14, 5034. <https://doi.org/10.3390/en14165034>

Figura 19. Ficha TRANSF. ENERGÉTICA

Esta ficha solo se activa cuando en la ficha *Datos generales 2* se indica que se produce electricidad y/o energía térmica como productos finales.

En la parte izquierda se introduce la información correspondiente al tipo de instalación utilizada para la transformación energética y en la parte derecha se ven los valores de energía producida.

En la parte superior se muestra la *cantidad de biogás destinado a transformación energética* que se ha indicado previamente en la ficha *Datos generales 2*.

A continuación, se describen los campos incluidos en esta ficha.

- *Tipo instalación transformación in situ biogás*: El usuario puede seleccionar Cogeneración y Caldera.
- *Temperatura del calor útil en punto de entrega (°K)*
- *Eficiencia eléctrica del equipo (%)*: Valor teórico (Tabla 11) y valor usuario.
- *Eficiencia térmica del equipo (%)*: Valor teórico (Tabla 11) y valor usuario.
- *Producción de Energía total "in situ" a partir biogás.*
 - *Eléctrica (kWh)*: Valor teórico y valor usuario.
 - *Térmica (MJ)*: Valor teórico y valor usuario.

4.3.7 FICHA DEPURACIÓN BIOGÁS

En esta ficha se introduce la información referente a la depuración del biogás y producción de biometano, así como la energía consumida por este proceso (Figura 20).

Figura 20. Ficha *DEPURACIÓN BIOGÁS*

Esta ficha sólo se activa cuando en la Ficha *Datos generales 2* se indica que se produce biometano como producto final.

En la parte izquierda se introduce la información relativa a la tecnología de depuración empleada y en la parte derecha se presentan los datos referentes al consumo de energía.

A continuación, se describen los campos de la ficha.

DEPURACIÓN DE BIOGÁS

- *Biogás destinado a la producción de biometano*
 - *Nm³*: La herramienta muestra el valor calculado.
 - *MJ*: La herramienta muestra el valor calculado.
- *Tecnología de limpieza de biogás*: El usuario puede seleccionar entre las siguientes tecnologías:
 - a) No aplica.
 - b) Adsorción por cambio de presión (PSA).
 - c) Depuración por agua a presión (PWS) cuando el agua es reciclada.
 - d) Depuración física orgánica (OPS).
 - e) Depuración química.
 - f) Separación por membranas.
 - g) Genérica DER II.
- *Riqueza en metano del biometano producido (%)* Valor teórico y valor usuario. BIOGEMIS dispone de valores teóricos del grado de pureza final del biometano para cada una de las tecnologías de depuración consideradas (Tabla 14). La Tabla 15 muestra las fuentes bibliográficas utilizadas para determinar estos valores.
- *Pérdidas de metano en depuración (%)* Valor teórico y valor usuario. BIOGEMIS dispone de valores teóricos de las pérdidas de metano para cada una de las tecnologías de depuración consideradas (Tabla 16).

PRODUCCIÓN DE BIOMETANO

- *Producción de biometano (a la riqueza indicada).*
 - *Nm3: La herramienta muestra el valor calculado.*
 - *MJ: La herramienta muestra el valor calculado.*
- *Producción de biometano (a la riqueza indicada) (MJ).*

COMBUSTIÓN DE GASES DESPRENDIDOS

- *Comb. gases desprendidos en lavado biogás.* En este campo se especifica si se produce o no la combustión de los gases desprendidos durante la depuración del biometano.

CONSUMO DE ENERGÍA EN ESTA ETAPA

- *Fuente de energía eléctrica consumida.* La herramienta permite seleccionar entre las siguientes opciones:
 - Cogeneración (biogás).
 - Fotovoltaica “in situ”.
 - Otros.
 - Red eléctrica.
- *Intensidad de emisiones de la energía eléctrica consumida (g CO_{2eq}/kWh):* Valor teórico y valor usuario. BIOGEMIS dispone de valores teóricos de intensidad de las emisiones para cada una de las fuentes de electricidad consideradas (Tabla 8).
- *Fuente de energía térmica consumida.* La herramienta permite seleccionar entre las siguientes opciones:
 - Cogeneración (biogás).
 - Caldera (biogás).
 - Otros.
 - Caldera (biogás auxiliar): se entiende por caldera auxiliar aquella cuya finalidad no sea la producción de calor como producto final de la instalación).
- *Intensidad de emisiones de la energía térmica consumida (g CO_{2eq}/MJ):* Valor teórico (Tabla 9).
- *Energía total consumida en limpieza de biogás.*
 - *Eléctrica (kWh):* Valor teórico y valor usuario. La herramienta muestra el valor teórico de consumo eléctrico específico en función de la tecnología de depuración de biogás considerada tal como se describe en el Manual sobre metodología de cálculo.
 - *Térmica (MJ):* Valor teórico y valor usuario. BIOGEMIS dispone de valores teóricos de consumo térmico específico en función de la

tecnología de depuración de biogás considerada tal como se describe en el Manual sobre metodología de cálculo.

4.3.8 FICHA BIOMETANO

En esta ficha se introduce la información referente a la compresión y el transporte del biometano, incluyendo la energía consumida por estos procesos (Figura 21).

Figura 21. Ficha BIOMETANO

En la parte izquierda se introduce la información relativa al tipo de compresión y al transporte y en la parte derecha se presentan datos correspondientes a la energía consumida.

A continuación, se describen los campos de esta ficha.

COMPRESIÓN DEL BIOMETANO

- *Tipo de compresión:* El usuario puede seleccionar entre las siguientes opciones:
 - No aplica.
 - Inyección a red.
 - Compresión del biometano en la estación de servicio para uso en vehículos.
 - BGNC para gaseoducto virtual.
 - BGNL para gaseoducto virtual.
- *Biometano destinado a compresión (MJ) Valor teórico y valor usuario.* El valor teórico presentado coincide con el total de biometano producido en la Ficha Depuración biogás.

TRANSPORTE DE BIOMETANO

- *Biometano (MJ)* Valor usuario de biometano destinado a transporte.
- *Distancia (ida) (km)*: Distancia de transporte del biometano.
- *Intensidad de las emisiones (g CO₂eq/tkm)*: Valor usuario de la intensidad de las emisiones de GEI aplicables al transporte.

CONSUMO DE ENERGÍA EN ESTA ETAPA

- *Fuente de energía eléctrica consumida*. La herramienta permite seleccionar entre las siguientes opciones:
 - Cogeneración (biogás).
 - Fotovoltaica “in situ”.
 - Otros.
 - Red eléctrica.
- *Intensidad de emisiones de la energía eléctrica consumida (g CO₂eq/kWh)*: Valor teórico y valor usuario. BIOGEMIS dispone de valores teóricos de intensidad de las emisiones para cada una de las fuentes de electricidad consideradas (Tabla 8).
- *Energía total consumida en compresión del biogás (kWh)*: Valor teórico y valor usuario. Valor teórico calculado según se describe en el apartado 2.2.7.3 Cálculo de e_{u-comp} del Manual sobre metodología de cálculo. BIOGEMIS dispone de valores teóricos de intensidad de las emisiones para los tipos de compresión considerados (Tabla 17).

4.3.9 FICHA BALANCE DE ENERGÍA

En esta ficha se resume la información sobre consumos energéticos del proceso (Figura 22).

BALANCE ENERGÉTICO				
	ELECTRICIDAD		ENERGÍA TÉRMICA	
	Valor(kWh)	Origen	Valor (MJ)	Origen
Entradas	0		0	
Producción in situ a partir de biogás	0		0	
Otras fuentes	0		0	
Consumo	863.679		0	
Antes de transformación energética del biogás	0		0	
Pretratamiento	0		0	Caldera (biogás auxiliar)
DA	0	Cogeneración (biogás)	0	Cogeneración (biogás)
Después de transf. energética del biogás	863.679		0	
Limpieza del biometano	863.679	Cogeneración (biogás)	0	Cogeneración (biogás)
Compresión del biometano	0	Cogeneración (biogás)	0	
Producción neta	0		0	

Caso de producción/consumo de energía DER II (i)

Caso 1

Figura 22. Ficha BALANCE DE ENERGÍA

Recoge un balance energético para energía eléctrica y para energía térmica. Presenta las entradas y los consumos energéticos calculados en las distintas fichas, mostrando la producción neta de energía.

Las entradas vienen dadas por la energía obtenida in situ por la transformación del biogás más la provenientes de otras fuentes.

Los consumos están determinados por:

- El pretratamiento (ficha *Sustratos*)
- La producción de biogás (ficha *Biogás*)
- Depuración hasta biometano (ficha *Depuración biogás*)
- Compresión y transporte de biometano (ficha *Biometano*)

En la ficha también se muestra el siguiente campo informativo sobre el ajuste del estudio actual a alguno de los casos contemplados en el Anexo VI de la DER II, en función de la información que se haya introducido previamente sobre el origen de la energía consumida en cada una de las etapas del ciclo de producción:

- *Caso de producción/consumo de energía DER II:* Como se explica en el mensaje de ayuda, la herramienta muestra la información que se indica a continuación.
- *Sistema de producción:*
 - Caso 1: Procesos en los que la electricidad y el calor necesarios para el proceso se obtienen del propio motor de cogeneración.
 - Caso 2: Procesos en los que la electricidad necesaria para el proceso se obtiene de la red y el calor del propio motor de cogeneración.
 - Caso 3: Procesos en los que la electricidad necesaria para el proceso se obtiene de la red y el calor de una caldera de biogás.
 - Nulo: Ninguno de los anteriores.

4.4 PESTAÑAS DE RESULTADOS

En estas pestañas se presentan los resultados de emisiones y reducciones obtenidos tras los cálculos realizados en función de los datos introducidos en las fichas.

Hay 3 pestañas de resultados:

- Emisiones Totales.
- Reducciones.
- Informe.

1 Emisiones totales 2 **Reducciones** 3 Informe

	Emisiones calculadas para la producción de electricidad y/o calor		Valores usuario
	g CO ₂ eq	g CO ₂ eq/MJ biogás generado	g CO ₂ eq/MJ biogás generado
e _{ac}			0
e _{el}			0
e _{td}			0
e _{td-residuos}			
e _{td-biometano}	0	0,00	
e _o			0
e _{pp}			
e _{pel}			
e _{pel-pret}			
e _{pel-DA}			
e _{pcal}			
e _{pcal-pret}			
e _{pcal-DA}			
e _{sig}			
e _{sig-CH4}			
e _{sig-N2O}			
e _u	0		0
e _{u-comb}	0		
e _{u-limp}	0	0,00	
e _{u-comp}	0	0,00	
e _{sca}			0
e _{ccs}	0	0,00	0
e _{ccr}	0	0,00	0
E	0	0	0

Figura 24. Pestaña Resultados-REDUCCIONES

Los factores de asignación de las emisiones entre los 3 productos finales vienen descritos en el *Apartado 2.6 Cálculo de la reducción de emisiones* del Manual sobre metodología de cálculo.

En la parte derecha de la pantalla se muestra un menú desplegable desde el que es posible seleccionar el producto final para el que se quiere realizar el cálculo de las reducciones (Figura 25).

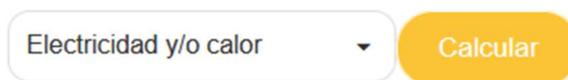


Figura 25. Menú desplegable de producto final para el que se quiere realizar el cálculo de las reducciones

La tabla incluye una última columna editable para que el usuario pueda introducir los valores que desea aplicar.

Una vez que se han introducido los valores de usuario, se debe hacer clic en el botón “Calcular” y la herramienta presenta una tabla con las emisiones por MJ de producto energético y la reducción de emisiones (Figura 26).

Reducción de emisiones valores usuarios

	MJ	η (MJ producto/MJ biogas)	EC (g CO ₂ eq/MJ producto energético)	ECF (g CO ₂ eq/MJ comb referencia)	Reducción de emisiones
Electricidad	28.350.000	32,00%	7,97	183	95,65%

Figura 26. Tabla Reducción de emisiones.

4.4.3 INFORME

Esta pestaña muestra un informe final con toda la información que se ha introducido y con los resultados.

El informe puede ser exportado a formato pdf o a formato csv haciendo clic en los correspondientes botones que se encuentran en la parte superior derecha (Figura 27).

5 ANEXO I: TABLAS

Tabla 1. Temperaturas medias anuales por provincia (Fuente: Estadística anual 2022 AEMET Temperaturas medias https://www.aemet.es/es/datos_abiertos/estadisticas/vigilancia_clima)

Provincia	Temperatura Media °C
región	anual
A CORUÑA	14.2
ALBACETE	15.9
ALICANTE/ALACANT	18.0
ALMERIA	17.6
ARABA/ALAVA	13.2
ASTURIAS	13.0
AVILA	13.0
BADAJOS	18.0
ILLES BALEARS	18.5
BARCELONA	15.6
BIZKAIA	14.9
BURGOS	12.5
CACERES	17.3
CADIZ	19.2
CANTABRIA	13.2
CASTELLON/CASTELLÓ	16.1
CEUTA	19.5
CIUDAD REAL	17.0
CORDOBA	18.3
CUENCA	14.9
GIPUZKOA	14.4
GIRONA	15.1
GRANADA	15.9
GUADALAJARA	13.6
HUELVA	18.8
HUESCA	13.9
JAEN	17.9
LA RIOJA	13.1
LAS PALMAS	20.4
LEON	11.6
LLEIDA	13.2
LUGO	13.1
MADRID	15.3
MALAGA	18.4
MELILLA	20.3



Provincia	Temperatura Media °C
MURCIA	17.8
NAVARRA	14.3
OURENSE	13.1
PALENCIA	12.2
PONTEVEDRA	14.7
SALAMANCA	13.9
SANTA CRUZ DE TENERIFE	17.5
SEGOVIA	13.6
SEVILLA	19.4
SORIA	12.3
TARRAGONA	16.9
TERUEL	13.4
TOLEDO	16.8
VALENCIA/VALÈNCIA	17.1
VALLADOLID	13.8
ZAMORA	13.3

Tabla 2. Valores de composición fisicoquímica de cada uno de los sustratos contemplados en la herramienta.

Sustrato	Sólidos Totales	Sólidos Volátiles	Carbono	NKT	PCI	Carbohidratos	Lípidos	proteínas
	g/100g	g/100 g s.m.s.	g/100 g s.m.s.	g/100 g s.m.s.	MJ/kg ST	g/100g	g/100g	g/100g
Estiércol húmedo – genérico	24	92	56,63	3,7	20,7	8,0	2,8	7,2
Biorresiduos I - Genérica	3,9	78,0		2,7		11,2	3,7	3,4
Biorresiduos II	24,7	76,1		2,3		8,8	2,6	3,5
Lodos EDAR Urbanas	4,4	70,2	38,22	4,0	16,01	0,7	0,2	1,1
Purines porcinos	3,9	78,0	3,1	41,87	2,7	13,92	1,9	0,2
Purines vacunos	7,7	82,6	6,4	46,28	2,6	14,78	3,2	0,4
Estiércol vacuno	16,4	74,6	12,3	38,53	2,2	14,78	8,3	0,4
Gallinaza	43,3	63,2	27,4	37,74	10,3	14,72	18,1	5,9
Lodos Ind. Alimentaria	18,2	78,2	14,2	44,20	5,4	16,01	0,7	0,2
Residuos orgánicos de alimentación de Ind. Alimentaria - Genérico	19,2	86,8	16,7	50,24	8,4	23,08	10,1	4,4
Residuos vegetales Ind. Alimentaria - destrío	13,4	90,0	12,0	44,74	1,9	15,76	10,0	0,1
Residuos vegetales Ind. Alimentaria - transformación	8,7	90,0	7,8	44,42	1,9	18,16	6,1	0,1
Residuos cárnicos Alimentaria	22,4	82,7	18,5	58,83	11,1	25,00	4,7	3,6
Residuos lácteos Industria Alimentaria	5,5	90,4	5,0	43,94	43,8	16,09	55,3	1,9
Residuos pesqueros Ind. Alimentaria	37,9	83,2	31,5	50,02	7,6	16,83	1,5	13,3
Glicerina Bruta	65,4	94,2	61,5	44,64	0,7	24,07	41,2	49,3
Residuos de cultivos herbáceos	91,0	90,5	82,3	43,95	0,6	14,84	58,0	1,1
Cultivos Dedicados	30,6	89,5	27,4	46,75	2,2	18,30	9,9	1,1

En las siguientes tablas se incluyen las referencias para cada tipología de sustrato. Nótese que las fuentes bibliográficas utilizadas para parámetros de la composición en “Carbohidratos”, “Lípidos” e “Proteínas” pueden no ser las mismas que las fuentes del “Carbono”, “PCI”, “Sólidos totales” y “Sólidos volátiles”.

Tabla 3. Listado de fuentes bibliográficas de la base de datos de sustratos para los parámetros ST, SV, NKT, carbohidratos, lípidos y proteínas

Sustrato	Observaciones	Fuente
Estiércol húmedo – genérico		JRC
Biorresiduos I - Genérica		JRC
Biorresiduos II	Fracción orgánica con separación en origen	<p>-Zhang, Y. et al., 2012. Anaerobic digestion of two biodegradable municipal waste streams. <i>Journal of Environmental Management</i> 104 (2012) 166-174</p> <p>-Ponsá, S. et al., 2011. Anaerobic co-digestion of the organic fraction of municipal solid waste with several pure organic co-substrates. <i>Biosystems Engineering</i>, Vol 108, Issue 4, PP 352-360.</p> <p>-López, M., Soliva et al., 2010. Evaluation of MSW organic fraction for composting: separate collection or mechanical sorting. <i>Resour. Conserv. Recycl.</i> 54 (4), 222–228.</p> <p>-Campuzano, R. et al., 2016. Characteristics of the organic fraction of municipal solid waste and methane production: A review. <i>Waste Management</i> 54 (2016) 3-12</p>
Lodos EDAR Urbanas	-	<p>-Mottet, A. et al., 2010. Estimating anaerobic biodegradability indicators for waste activated sludge. <i>Chemical Engineering Journal</i> 160 (2010) 488-496</p> <p>-Wilson, C. A. et al., 2009. Hydrolysis of macromolecular components of primary and secondary wastewater sludge by thermal hydrolytic pretreatment. <i>Water Research</i> 43 (18) 4489-4498</p> <p>-Jimenez, J. et al., 2013. A statistical comparison of protein and carbohydrate characterisation methodology applied on sewage sludge sample. <i>Water Research</i> 47 (2013) 1751-1762</p> <p>-Arain, M. et al., 2018. Biohydrogen Production from Co-digestion of High Carbohydrate Containing Food Waste and Combined Primary and Secondary Sewage Sludge. <i>Mehran University Research Journal of Engineering and Technology</i>, 2018, 37 (1) 139-148. hal-01676715</p>
Purines porcinos	-	<p>-Alvarez, J.A. et al. 2010. A methodology for optimising feed composition for anaerobic co-digestion of agro-industrial wastes. <i>Bioresource Technology</i> 101 (2010) 1153-1158</p> <p>-Moset, V. et al., 2009. Estudio de la caracterización y estabilización anaerobia de purín con y sin separación previa de sólidos. <http://hdl.handle.net/10251/11960></p> <p>-IPCC, 2003. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. CH₄ emissions from animal manure. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/4_3_CH4_Animal_Manure.pdf></p> <p>-Hejnfelt, A. et al., 2009. Anaerobic digestion of slaughterhouse by-products. <i>Biomass and Bioenergy</i> 33 (2009) 1046-1054</p>
Purines vacunos	-	<p>-Risberg, K. et al., 2017. Comparative characterization of digestate versus pig slurry and cow manure - Chemical composition and effects on soil microbial activity. <i>Waste Management</i>. Vol 61, March 2017, PP. 529-538.;</p> <p>Chen et al. 2003. Value-Added Chemicals from Animal Manure. Pacific Northwest National Laboratory.</p> <p>-Chen, S. et al., 2003. Value-Added Chemicals from Animal Manure. Pacific Northwest National Laboratory.</p> <p>-Ervasti, S. et al., 2022. Effects of seasonal and local co-feedstocks on the performance of continuous anaerobic digestion of cattle slurry. <i>Bioresource Technology Reports</i> Vol 19, September 2022, 101207.</p> <p>-Normak, A. et al., 2015. Improving ADM1 model to simulate anaerobic digestion start-up with inhibition phase based on cattle slurry.</p> <p>-IPCC, 2003. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. CH₄ emissions from animal</p>

Sustrato	Observaciones	Fuente
		manure. < https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/4_3_CH4_Animal_Manure.pdf >
Estiércol vacuno		- Møller, H.B. et al., 2004. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. Biomass and Bioenergy 26 (2004) 485-495 - Fantozzi, F. et al., 2009. Biogas production from different substrates in an experimental Continuously Stirred Tank Reactor anaerobic digester. Bioresource Technology, Vol. 100, Issue 23, December 2009, pp. 5783-5789 - Chen, S. et al., 2003. Value-Added Chemicals from Animal Manure. Pacific Northwest National Laboratory. - Adghim, M. et al., 2020. Assessment of the biochemical methane potential of mono- and co-digested dairy farm waste. Waste Management & Research 2020, 38 (1) 88-99
Gallinaza	-	- Fantozzi, F. et al., 2009. Biogas production from different substrates in an experimental Continuously Stirred Tank Reactor anaerobic digester. Bioresource Technology, Vol. 100, Issue 23, December 2009, pp. 5783-5789 - Chen, S. et al., 2003. Value-Added Chemicals from Animal Manure. Pacific Northwest National Laboratory. - Singh et al., 2018. Characterization of Chicken Manure from Manjung Region. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 458 012084 - Castro-Molano, L. et al., 2018. Synergistic effects in anaerobic codigestion of chicken manure with industrial wastes. Universidad Nacional de Colombia. Revista DYNA, 85 (206), pp. 135-141, September 2018, ISSN 0012-7353
Lodos Industria Alimentaria	Promedio lodos EDAR	-
Residuos orgánicos de alimentación de Industria Alimentaria - Genérico	Promedio Residuos vegetales, cárnicos, lácteos y pesqueros de Ind. Agroalimentaria	-
Residuos vegetales Industria Alimentaria - destrío	- Promedio de diferentes Residuos vegetales de Ind. Agroalimentaria	- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), 2018. La alimentación española características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta. Madrid, 2018. - BBDD Danmarks Tekniske Universitet (DTU). FRIDAFOODDATA. < https://frida.fooddata.dk/?lang=en > - BBDD BEDCA. Base de Datos Española de Composición de Alimentos < https://www.bedca.net/ >
Residuos vegetales Industria Alimentaria - transformación	-- Promedio de diferentes Residuos vegetales de Ind. Agroalimentaria	- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), 2018. La alimentación española características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta. Madrid, 2018. - BBDD Danmarks Tekniske Universitet (DTU). FRIDAFOODDATA. < https://frida.fooddata.dk/?lang=en > - BBDD BEDCA. Base de Datos Española de Composición de Alimentos < https://www.bedca.net/ >
Residuos cárnicos Alimentaria	-	- Hejnfelt, A. et al., 2009. Anaerobic digestion of slaughterhouse by-products. Biomass and Bioenergy 33 (2009) 1046-1054 - Salminen, E. et al., 2022. Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste - a review. Bioresource Technology 83 (2002) 13-26

Sustrato	Observaciones	Fuente
Residuos lácteos Industria Alimentaria	-	-Dinuccio, E. et al., 2010. Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses. <i>Bioresource Technology</i> . Vol. 101, Issue 10, May 2010, pp. 3780-3783. -Castro-Molano, L. et al., 2018. Synergistic effects in anaerobic codigestion of chicken manure with industrial wastes. <i>Universidad Nacional de Colombia. Revista DYNA</i> , 85 (206), pp. 135-141, September, 2018, ISSN 0012-7353 -BBDD Danmarks Tekniske Universitet (DTU). FRIDAFOODDATA. < https://frida.fooddata.dk/?lang=en >
Residuos pesqueros Industria Alimentaria	-	-Alvarez, J.A. et al., 2010. A methodology for optimising feed composition for anaerobic co-digestion of agro-industrial wastes. <i>Bioresource Technology</i> 101 (2010) 1153-1158 -Ervasti, S. et al., 2022. Effects of seasonal and local co-feedstocks on the performance of continuous anaerobic digestion of cattle slurry. <i>Bioresource Technology Reports</i> Vol 19, September 2022, 101207
Glicerina Bruta	-	-Bulkowska, K. et al., 2022. Enhancement of biogas production from cattle manure using glycerine phase as co-substrate in anaerobic digestion. <i>Fuel</i> Vol 317, 1 June 2022, 123456 -Castro-Molano, L. et al., 2018. Synergistic effects in anaerobic codigestion of chicken manure with industrial wastes. <i>Universidad Nacional de Colombia. Revista DYNA</i> , 85 (206), pp. 135-141, September, 2018, ISSN 0012-7353
Residuos de cultivos herbáceos	Pajas de cereal	- Møller, H. B. et al., 2004. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. <i>Biomass and Bioenergy</i> 26 (2004) 485-495 -Abo-Donia, F. M. et al., 2022. Improve the nutritional value and utilization of rice straw via an ensiling process with different sources of energy and nitrogen enrichment. <i>Journal of Applied Animal Research</i> , Vol. 50, 2022, Issue -FEDNA, 2019. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos
Cultivos Dedicados	Mezclas trébol, raygrass	-Herrmann, Ch. et al., 2016. Biogas crops grown in energy crop rotations: Linking chemical composition and methane production characteristics. <i>Bioresource Technology</i> 206 (2016) 23-35 -FEDNA, 2019. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos

Tabla 4. Listado de fuentes bibliográficas de la base de datos de sustratos para el parámetro Carbono

Sustrato	Observaciones	Fuente
Estiércol húmedo – genérico		JRC
Biorresiduos I - Genérica		JRC
Biorresiduos II	Fracción orgánica con separación en origen	<p>-Silvestre, G. et al., 2015. Optimisation of sewage sludge through co-digestion with OFMSW: Effect of source collection system and particulate size. <i>Waste Management</i>, 43, 137-144</p> <p>-Pecorini, I. et al., 2020. Bromatological, Proximate and Ultimate Analysis of OFMSW for different seasons and collection Systems. <i>Sustainability</i>, 2020, 12(7), 2639; https://doi.org/10.3390/su12072639</p> <p>-Berg, D.V.D., et al., 1994. Voorstudie naar de samenstelling en eigenschappen van Nederlands GFT-afval (in Dutch), Enschede, the Netherlands, BTG, BTG-report (1994).</p>
Lodos EDAR Urbanas	-	<p>-Silvestre, G. et al., 2015. Significance of anaerobic digestion as a source of clean energy in wastewater treatment plants. <i>Energy Conversion and Management</i>, 101, 255-262</p> <p>-Font, R. et al., 2001. Analysis of the pyrolysis and combustion of different sewage sludges by TG. <i>J. Anal. Appl. Pyrolysis</i> 58-59 (2001) 927-941.</p> <p>-Sakaveli, F. et al., 2021. Enhanced Mesophilic Anaerobic Digestion of Primary Sewage Sludge. <i>Water</i> 2021, 13, 348. https://doi.org/10.3390/w13030348</p> <p>-Kulikova, Y. et al., 2022. Feasibility of Thermal Utilization of Primary and Secondary Sludge from a Biological Wastewater Treatment Plant in Kaliningrad City. <i>Energies</i> 2022, 15, 5639. https://doi.org/10.3390/en15155639</p> <p>-Van Ree, R., et al., 1995: Modelling of a biomass-integrated-gasifier/combined-cycle (BIG/CC) system with the flowsheet simulation programme Aspen+, Final report JOU2-CT93-0397</p> <p>-Storm, C. et al., 2000. Generation of a gaseous fuel by gasification or pyrolysis of biomass for use as reburn gas in coal-fired boilers. <i>Proceedings 5th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers, 2000, vol. 1 p.689-699.</i></p> <p>-Owczarek, C. et al., 2000. Cycloid combustion - a new concept for industrial combustion with low-calorific fuels. <i>Proceedings 5th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers, 2000, vol.2, p.25-34. .</i></p>
Purines porcinos	-	<p>-B. Ruiz 2015. Effect of limonene on anaerobic digestion of citrus waste and pretreatments for its improvement. Tesis doctorado Universitat Politècnica de Valencia. Riunet repositorio UPV</p> <p>-B.Molinuevo Salces 2010. Anaerobic digestion of livestock wastes:vegetable residues as co-substrate and digestate post-treatment. Tesis doctorado. Universidad de Valladolid. Repositorio Documentos UVA.</p>

Sustrato	Observaciones	Fuente
		-B.J.He, Y.Zhang, T.L.Funk, G.L.Riskowski and Y.Yin, Thermochemical conversion of swine manure: an alternative process for waste treatment and renewable energy production. Transactions of the ASME, 2000, vol. 43, no. 6, pp. 1827-1833
Purines vacunos	-	-Ervasti, S. et al., 2022. Effects of seasonal and local co-feedstocks on the performance of continuous anaerobic digestion of cattle slurry. Bioresource Technology Reports, 19 -Kovacik, D. et al., 2019. An assessment of anaerobic thermophilic co-digestion of dairy cattle manure and separated tomato greenhouse waste in lab-scale reactors. Acta tecnologica Agriculturae, w, 38-42 -Holtkamp, F., et al, 2023. Calcium cyanamide reduces methane and other trace gases during long-term storage of dairy cattle and fattening pig slurry. Waste Management, 161, 61-71
Estiércol vacuno	-	-Dong, L. et al., 2015. Effects of feedstock ratio and organic rate on the anaerobic mesophilic co-digestion of rice straw and cow manure. Bioresource Technology, 189, 319-326 -Haryanto, A. et al., 2018. Anaerobic co-digestion of cow dung and rice straw to produce biogas using semi-continuous flow digester: Effect of urea addition. IOP conf. Series: Earth and Environmental Science 147 -Van Horn, H.H., et al., 2008. Components of dairy manure management systems. J. Dairy Science 77 pp. 2008-2030 (1994).
Gallinaza	-	-Ruiz, B., 2015. Effect of limonene on anaerobic digestion of citrus waste and pretreatments for its improvement. Tesis doctorado Universitat Politècnica de València. Riunet repositorio UPV -Anton, F. et al., 2000. Poultry litter as a fuel for a fluidised bed incinerator. In: Biomass for energy and industry. Proc. 1 st World conference and exhibition, Sevilla, 5-9 June 2000 (Eds. S.Kyritsis et al.) -Miller, S.F. et al., 2009. The occurrence of inorganic elements in various biofuels and its effect on the formation of melt phases during combustion. Proceedings Paper < https://doi.org/10.1115/IJPGC2002-26177 >
Lodos Industria Alimentaria	Promedio lodos EDAR	-Mong, G.R., et al., 2021. Pyrolysis of waste activated sludge from food manufacturing industry: Thermal degradation, kinetics and thermodynamics analysis. Energy Vol. 235, 15 November 2021, 121264
Residuos orgánicos de alimentación de Industria Alimentaria - Genérico	Promedio Residuos vegetales, cárnicos, lácteos y pesqueros de Ind. Agroalimentaria	-Ouadi, M. et al., 2019. Food and Market Waste-A Pathway to Sustainable Fuels and Waste Valorization. Energy Fuels. 2019 Oct 17;33(10):9843-9850. doi: 10.1021/acs.energyfuels.9b01650. Epub 2019 Sep 11. PMID: 32952287; PMCID: PMC7493287.
Residuos vegetales Industria	-	-Szilágyi, A. et al., 2021. A comparative analysis of biogas production from tomato biowaste in mesophilic batch and continuous anaerobic digestion systems. PLoS ONE 16(3): e0248654. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248654

Sustrato	Observaciones	Fuente
Alimentaria - destrío		<p>-Callejón-Ferre, A.J. et al., 2011. Greenhouse crop residues: Energy potential and models for the prediction of their higher heating value. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> 15 (2011) 948-955.</p> <p>-Parawira, W. et al., 2004. Anaerobic batch digestion of solid potato waste alone and in combination with sugar beet leaves. <i>Renewable Energy</i>, 29, 1811-1823</p> <p>-Lobato, A. 2012. Estudio de la co-digestion anaerobia de residuos ganaderos con otros sustratos agroindustriales. Tesis doctorado, Universidad de Leon. Repositorio institucional de la Universidad de León, BULERIA.</p> <p>-Jacob, S. et al., 2016. Selective digestion of industrial potato wastes for efficient biomethanation: a sustainable solution for safe environmental disposal. <i>Int. J. Environ. Scie. Technol</i>, 13.</p> <p>-Ruiz, B., 2015. Effect of limonene on anaerobic digestion of citrus waste and pretreatments for its improvement. Tesis doctorado Universitat Politecnica de Valencia. Riunet repositorio UPV</p> <p>-Aguiar, L. et al., 2008. Influence of temperature and particle size on the fixed bed pyrolysis of orange peel residues. <i>J. Anal. Appl. Pyrolysis</i> 83 (2008)124-130.</p> <p>-Li, A.M. et al., 1999. Experimental studies on municipal solid waste pyrolysis in a laboratory-scale rotary kiln. <i>Energy</i> 24 (3) pp. 209-218 (1999).</p> <p>-Rosas, J.M. et al., 2010. On the preparation and characterization of chars and activated carbons from orange skin. <i>Fuel Proc. Techn.</i> 91-10 (2010) 1345-1354.</p>
Residuos vegetales Industria Alimentaria - transformación	-	<p>-Kovacik, D. et al., 2019. An assessment of anaerobic thermophilic co-digestion of dairy cattle manure and separated tomate greenhouse waste in lab-scale reactors. <i>Acta tecnologica Agriculturae</i>, w, 38-42</p> <p>-Ruiz, B., 2015. Effect of limonene on anaerobic digestion of citrus waste and pretreatments for its improvement. Tesis doctorado Universitat Politecnica de Valencia. Riunet repositorio UPV</p> <p>-Aguiar, L. et al., 2008. Influence of temperature and particle size on the fixed bed pyrolysis of orange peel residues. <i>J. Anal. Appl. Pyrolysis</i> 83 (2008)124-130.</p> <p>-Li, A.M. et al., 1999. Experimental studies on municipal solid waste pyrolysis in a laboratory-scale rotary kiln. <i>Energy</i> 24 (3) pp. 209-218 (1999).</p> <p>-Rosas, J.M. et al., 2010. On the preparation and characterization of chars and activated carbons from orange skin. <i>Fuel Proc. Techn.</i> 91-10 (2010) 1345-1354.</p> <p>-Albuquerque, et al., 2006. Composting of a solid olive- mill by product ("Alperujo") and the potential of the resulting compost for cultivating pepper under commercial conditions. <i>Waste Management</i>, 26, 620-626.</p> <p>-Rubio, J.A. et al., 2019. Mesophilic Anaerobic Co-digestion of Olive-Mill Waste With Cattle Manure: Effects of Mixture Ratio. <i>Front. Sustain. Food Syst.</i> 3:9. doi: 10.3389/fsufs.2019.0000</p>

Sustrato	Observaciones	Fuente
		<p>-Santolaria, C. 2014. Diseño de un modelo semiempírico de codigestión anaerobia. Proyecto Final de Carrera, Universidad Zaragoza. ZAGUAN Repositorio institucional Universidad Zaragoza</p> <p>-Miranda, T. et al., 2010. Emissions from thermal degradation of pellets with different contents of olive waste and forest residues. <i>Fuel Processing Technology</i> 91 (2010) 1459-1463</p>
Residuos cárnicos Alimentaria	-	<p>-Borowski, S. et al., 2015. Co-digestion of pig slaughterhouse waste with sewage sludge. <i>Waste Management</i>, 40, 119-126</p> <p>-Ware, A. et al., 2016. What is the effect of mandatory pasteurization on the biogas transformation of solid slaughterhouse waste? <i>Waste Management</i>, 48, 503-512.</p> <p>-Sarrion, A. et al., 2023. Chicken meat and bone meal valorization by hydrothermal treatment and anaerobic digestion: Biofuel production and nutrient recovery. <i>Renewable Energy</i>, 204, 652-660</p> <p>-Gomez-Barea, A. et al., 2010. Devolatilization of wood and wastes in fluidized bed. <i>Fuel Processing Technology</i> 91 (2010) 1624-1633.</p> <p>-Kontock, M. et al., 2010. Thermal utilization of meat and bone meals. Performance analysis in terms of drying process, pyrolysis and kinetics of volatiles combustion. <i>Fuel</i>, 254</p> <p>-Tenci, N.A. et al., 2023. Anaerobic co-digestion of Euphorbia tirucalli with pig blood for volatile fatty acid production. <i>Bioresource Technology Reports</i>, 21</p> <p>-Nazifa, T.H. et al., 2021. Anaerobic Digestion of Blood from Slaughtered Livestock: A Review. <i>Energies</i> 2021, 14, 5666. https://doi.org/10.3390/en1418</p>
Residuos lácteos Industria Alimentaria	-	<p>-Fernandez, C. et al., 2014. Anaerobic co-digestion of sewage sludge with cheese whey under thermophilic and mesophilic conditions. <i>International Journal of energy Engineering</i> 4, 26-31.</p>
Residuos pesqueros Industria Alimentaria	-	<p>-Nalinga, Y. et al., 2022. Experimental investigation on biogas production from anaerobic co-digestion of water hyacinth and fish waste. <i>IJIRTS</i> 2016;4:1-8.</p> <p>-Ervasti, S. et al., 2022. Effects of seasonal and local co-feedstocks on the performance of continuous anaerobic digestion of cattle slurry. <i>Bioresource Technology Reports</i>, 19</p> <p>-OjikutuAbimbola, O. et al., 2014. Evaluation of biogas production from food waste. <i>The International Journal of Engineering and Science (IJES)</i> 2014;3:1-7.</p>
Glicerina Bruta	-	<p>-Bohon, D.M. et al., 2011. Glycerol combustion and emissions. <i>Proceeding of the combustion institute</i>, 33, 2717-2724</p> <p>-Lili, Y. et al., 2012. Recovery and utilization of crude glycerol a biodiesel byproduct. <i>Royal society of chemistry Adv</i>, 2012, 12, 27997</p>
Residuos de cultivos herbáceos	Pajas de cereal	<p>-Livingston, W.R., 1991. Straw ash characteristics, Babcock Energy Limited, DE92 519748, 23 p. (1991).</p> <p>-Miles, T. R. et al., 1995. Alkali deposits found in biomass power plants. A preliminary investigation of their extend and nature. <i>NREL/TP-433-8142</i>, 82 p. (1995).</p>

Sustrato	Observaciones	Fuente
		<p>-Arthur, R. et al., 2022. Mesophilic and Thermophilic Anaerobic Digestion of Wheat Straw in a CSTR System with 'Synthetic Manure': Impact of Nickel and Tungsten on Methane Yields, Cell Count, and Microbiome. <i>Bioengineering</i> 2022, 9, 13. https://doi.org/10.3390/bioengineering9010013</p> <p>-Gummert, M. et al., 2020. Sustainable Rice Straw Management. Springer Open. ISBN 978-3-030-32372-1.</p> <p>-Haryanto, A. et al., 2018. Anaerobic co-digestion of cow dung and rice straw to produce biogas using semi-continuous flow digester: Effect of urea addition. <i>IOP conf. Series: Earth and Environmental Science</i> 147</p>
Cultivos Dedicados	Mezclas trébol, raygrass	<p>-Lehtomaki, A. 2006. Biogas production from Energy Crops and Crop Residues. <i>Jyvaskyla studies in biological and environmental science</i> 163. ISBN 951-39-2559-5</p> <p>-Ervasti, S. et al., 2022. Effects of seasonal and local co-feedstocks on the performance of continuous anaerobic digestion of cattle slurry. <i>Bioresource Technology Reports</i>, 19</p> <p>-D'Jesus, P. et al., 2006. Gasification of corn and clover grass in supercritical water. <i>Fuel</i> 85 (2006) 1032-1038</p> <p>-Bedoic, R. et al., 2019. Green Biomass to biogas- A study on anaerobic digestion of residue grass. <i>Journal of Cleaner Production</i>, 213</p>

Tabla 5. Listado de fuentes bibliográficas de la base de datos de sustratos para el parámetro PCI.

Sustrato	Observaciones	Fuente
Estiércol húmedo – genérico	Tal y como está definido en la DER II	JRC
Biorresiduos I - Genérica	Tal y como está definido en la DER II	JRC
Biorresiduos II	Fracción orgánica con separación en origen	-Berg, D.V.D., et al., 1994. Voorstudie naar de samenstelling en eigenschappen van Nederlands GFT-afval (in Dutch), Enschede, the Netherlands, BTG, BTG-report (1994). -Faaij, A. et al., 1997. Gasification of biomass wastes and residues for electricity production. Biomass and Bioenergy 12 (6) pp. 387-407 (1997).
Lodos EDAR Urbanas	-	-Font, R. et al., 2001. Analysis of the pyrolysis and combustion of different sewage sludges by TG. J. Anal. Appl. Pyrolysis 58-59 (2001) 927-941. -Silvestre, G. et al., 2015. Significance of anaerobic digestion as a source of clean energy in wastewater treatment plants. Energy Conversion and Management, 101, 255-262 -Kim, Y. et al., 2008. A technical and economic evaluation of the pyrolysis of sewage sludge for the production of bio-oil. Bioresour Technol 2008; 99:1409–16. -Doorn, J.V., et al., 1996. Combined combustion of biomass, municipal sewage sludge and coal in an atmospheric fluidized bed installation. Proc. 9 th European bioenergy conference, Vol 2 (Eds. P. Chartier et al.), pp. 1007-1012 (1996). -Daalen, W. V., 1997. Brandstoffen uit reststromen voor circulerend wervelbedvergassing (in Dutch), Haarlem, the Netherlands, NV Afvalzorg Noord-Holland, 36 p. (1997). -Hein, K.R.G., 1994. Combined combustion of biomass/sewage sludge and coals; Clean Coal Technology Programme 1992-1994, Stuttgart, IVD, ISBN 3-928123-16-5 (1994). -Bemtgen, J.M., et al., 1994. Co-gasification of coal/biomass and coal/waste mixtures; volume III final reports; EC research project APAS contract COAL-CT92-0001, Stuttgart, Clean Coal Technology Programme, ISBN 3-928123-15-7 (1994).
Purines porcinos	-	-BBDD Phyllis2. Database for the physico-chemical composition of (treated) lignocellulosic biomass, micro- and macroalgae, various feedstocks for biogas production and biochar < https://phyllis.nl/ > -Thygesen, O. et al., 2012. Manure-based energy generation and fertiliser production: Determination of calorific value and ash characteristics. Biosystems engineering 113.
Purines vacunos	-	-Sweeten, J.M. et al., 1986. Combustion of cattle feedlot manure for energy production. Energy in Agriculture 5 pp. 55-72 (1986). -Annamalai, K. et al., 1987. Experimental studies on combustion of cattle manure in a fluidized bed combustor. Journal of Energy Resources Technology 109 pp. 49-57 (1987) -Young, L. et al., 2003. High-temperature, air-blown gasification of dairy-farm wastes for energy production. Energy 28 (2003) 655-672

Sustrato	Observaciones	Fuente
Estiércol vacuno	-	-Sweeten, J.M. et al., 1986. Combustion of cattle feedlot manure for energy production. Energy in Agriculture 5 pp. 55-72 (1986). -Annamalai, K. et al., 1987. Experimental studies on combustion of cattle manure in a fluidized bed combustor. Journal of Energy Resources Technology 109 pp. 49-57 (1987) -Young, L. et al., 2003. High-temperature, air-blown gasification of dairy-farm wastes for energy production. Energy 28 (2003) 655-672
Gallinaza	-	-Anton, F. et al., 2000. Poultry litter as a fuel for a fluidised bed incinerator. In: Biomass for energy and industry. Proc. 1 st World conference and exhibition, Sevilla, 5-9 June 2000 (Eds. S.Kyritsis et al.) - Miller, S.F. et al., 2009. The occurrence of inorganic elements in various biofuels and its effect on the formation of melt phases during combustion. Proceedings Paper < https://doi.org/10.1115/IJPGC2002-26177 >
Lodos Industria Alimentaria	Promedio lodos EDAR	-
Residuos orgánicos de alimentación de Industria Alimentaria - Genérico	Promedio Residuos vegetales, cárnicos, lácteos y pesqueros de Ind. Agroalimentaria	-Ouadi, M. et al., 2019. Food and Market Waste-A Pathway to Sustainable Fuels and Waste Valorization. Energy Fuels. 2019 Oct 17;33(10):9843-9850. doi: 10.1021/acs.energyfuels.9b01650. Epub 2019 Sep 11. PMID: 32952287; PMCID: PMC7493287.
Residuos vegetales Industria Alimentaria - destrío	-	-Callejón-Ferre, A.J. et al., 2011. Greenhouse crop residues: Energy potential and models for the prediction of their higher heating value. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 948-955. -BBDD Phyllis2. Database for the physico-chemical composition of (treated) lignocellulosic biomass, micro- and macroalgae, various feedstocks for biogas production and biochar < https://phyllis.nl/ > -Açikalın, K., 2022. Evaluation of orange and potato peels as an energy source: a comprehensive study on their pyrolysis characteristics and kinetics. Biomass Conv. Bioref. 12, 501–514 (2022). https://doi.org/10.1007/s13399-021-01387-z -Daimary, N. et al., 2022. Potato peels as sustainable source for biochars, bio-oil and green heterogeneous catalyst for biodiesel production. Journal of Environmental Chemical Engineering, 10. -BBDD BEDCA. Base de Datos Española de Composición de Alimentos < https://www.bedca.net/ > -Li, A.M. et al., 1999. Experimental studies on municipal solid waste pyrolysis in a laboratory-scale rotary kiln. Energy 24 (3) pp. 209-218 (1999). -Aguiar, L. et al., 2008. Influence of temperature and particle size on the fixed bed pyrolysis of orange peel residues. J. Anal. Appl. Pyrolysis 83 (2008)124-130.
Residuos vegetales	-	-BBDD BEDCA. Base de Datos Española de Composición de Alimentos < https://www.bedca.net/ >

Sustrato	Observaciones	Fuente
Industria Alimentaria - transformación		<p>-Li, A.M. et al., 1999. Experimental studies on municipal solid waste pyrolysis in a laboratory-scale rotary kiln. Energy 24 (3) pp. 209-218 (1999).</p> <p>-Aguilar, L. et al., 2008. Influence of temperature and particle size on the fixed bed pyrolysis of orange peel residues. J. Anal. Appl. Pyrolysis 83 (2008)124-130.</p> <p>-Tamelova, B. et al., 2018. Energy valorisation of citrus peel waste by torrefaction treatment. Agronomy Research, 16, 276-285</p> <p>-Anton, F. et al., 2000. Poultry litter as a fuel for a fluidised bed incinerator. In: Biomass for energy and industry. Proc. 1st World conference and exhibition, Sevilla, 5-9 June 2000 (Eds. S.Kyritsis et al.)</p> <p>-Miller, S.F. et al., 2009. The occurrence of inorganic elements in various biofuels and its effect on the formation of melt phases during combustion. Proceedings Paper <https://doi.org/10.1115/IJPGC2002-26177 ></p>
Residuos cárnicos Alimentaria	-	<p>-BBDD Danmarks Tekniske Universitet (DTU). FRIDAFOODDATA. <https://frida.fooddata.dk/?lang=en></p> <p>-Senneca, O., 2008. Characterization of meat and bone mill fro caol co-firing. Fuel 87 (2008) 3262-3270.</p> <p>-Gomez-Barea, A. et al., 2010. Devolatilization of wood and wastes in fluidized bed. Fuel Processing Technology 91 (2010) 1624-1633.</p> <p>-García-Pena, F. et al., 2002. MBM (meat and bone meal) co-gasification in IGCC technology. Proc. ASME Turbo expo 2002, paper GT-2002-30010.</p>
Residuos lácteos Industria Alimentaria	-	<p>-Petrovic, A. et al., 2023. Hydrothermal co-carbonization of sewage and whey Enhancement of product properties and potential application in agriculture. Fuel, 350</p> <p>-BBDD Danmarks Tekniske Universitet (DTU). FRIDAFOODDATA. <https://frida.fooddata.dk/?lang=en></p>
Residuos pesqueros Industria Alimentaria	-	<p>-BBDD Danmarks Tekniske Universitet (DTU). FRIDAFOODDATA. <https://frida.fooddata.dk/?lang=en></p> <p>-BBDD BEDCA. Base de Datos Española de Composición de Alimentos <https://www.bedca.net/></p>
Glicerina Bruta	-	<p>-Bohon, D.M. et al., 2011. Glycerol combustion and emissions. Proceeding of the combustion institute, 33, 2717-2724</p> <p>-Steinmetz, S.A. et al., 2013. Crude glycerol combustion Particulate, acrolein and other volatile organic emissions. Proceedings of the Combustion Institute, 34</p>
Residuos de cultivos herbáceos	Pajas de cereal	<p>-Livingston, W.R., 1991. Straw ash characteristics, Babcock Energy Limited, DE92 519748, 23 p. (1991).</p> <p>-Miles, T.R., et al., 1995. Alkali deposits found in biomass power plants. A preliminary investigation of their extend and nature. NREL/TP-433-8142, 82 p. (1995).</p>

Sustrato	Observaciones	Fuente
		<p>-Ghaly, A.E. et al., 1993. Agglomeration characteristics of alumina sand-straw ash mixtures at elevated temperatures. Biomass and Bioenergy 5 (6) pp. 467-480 (1993).</p> <p>-Illerup, J.B. et al., 1996. CO2 gasification of wheat straw, barley straw, willow and giganteus, Rosoe, Denmark, Risoe-R-873(EN), 32 p. (1996).</p> <p>-Miles, T. R. et al., 1995. Alkali deposits found in biomass power plants. A preliminary investigation of their extend and nature. NREL/TP-433-8142, 82 p. (1995).</p> <p>-Bakker, R.R. et al., 2002. Fluidized bed combustion of leached rice straw; Proc. 4th biomass conference of the Americas, p.1425-1431</p> <p>-Herkowiak, M. et al., Analysis of the possibility of obtaining thermal energy from combustion of selected cereal straw species. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2018, Vol. 63 (4)</p>
Cultivos Dedicados	Mezclas trébol, raygrass	<p>-D'Jesus, P. et al., 2006. Gasification of corn and clover grass in supercritical water. Fuel 85 (2006) 1032-1038.</p> <p>-Bedoic, R. et al., 2019. Green Biomass to biogas - A study on anaerobic digestion of residue grass. Journal of Cleaner Production, Vol. 213, 10 March 2019, pp. 700-709.</p>

Tabla 6. Datos de BMP de los sustratos seleccionados.

Sustrato	BMP (NL de metano/kgSV*)	Fuente
Estiércol húmedo – genérico	215,2	<p>Herrero et al., 2019. Evaluation of the methane potential of different agricultural and food processing substrates for improved biogas production in rural areas. Renewable and Sustainable Energy Review. Vol 112, September 2019, PP.1-10</p> <p>Lallement, A.; Peyrelasse, C.; Lagnet, C.; Barakat, A.; Schraauwers, B.; Maunas, S.; Monlau, F. A Detailed Database of the Chemical Properties and Methane Potential of Biomasses Covering a Large Range of Common Agricultural Biogas Plant Feedstocks. Waste 2023, 1, 195-227. https://doi.org/10.3390/waste1010014</p> <p>Orlando, M.-Q.; Borja, V.-M. Pretreatment of Animal Manure Biomass to Improve Biogas Production: A Review Energies, 2020, 13, 3573. https://doi.org/10.3390/en13143573</p>
Biorresiduos I - Genérica	397,5	<p>Ponsá et al 2011. Anaerobic co-digestion of the organic fraction of municipal solid waste with several pure organic co-substrates. Biosystems Engineering, Vol 108, Issue 4, PP 352-360</p> <p>Alibardi et al., 2015. Composition variability of the roganic fraction of municipal solid waste and effects on hydrogen and methane production ptoentials. Waste Management 36 (2015), 147-155</p> <p>Browne et al., 2014. Assessing the variability in biomethane production from the organic fraction of municipal solid waste in batch and continuous operation. Applied Energy, 128, 307-314</p>
Biorresiduos II	472,3	<p>Zhang et al., 2013. Batch and semi-continuous anaerobic digestion of food waste in a dual solid-liquid system. Bioresource technology, 145, 10-16</p> <p>Koch et al., 2017. The role of inoculum’s origin on the methane yield of different substrates in biochemical methane potential (BMP) tests. Bioresource technology, 243, 457-463</p> <p>Browne et al., 2014. Assessing the variability in biomethane production from the organic fraction of municipal solid waste in batch and continuous operation. Applied Energy, 128, 307-314</p>

Lodos EDAR Urbanas	291,5	<p>Mottet et al, 2010. Estimating anaerobic biodegradability indicators for waste activated sludge. Chemical Engineering Journal 160 (2010) 488-496</p> <p>Koch et al., 2017. The role of inoculum's origin on the methane yield of different substrates in biochemical methane potential (BMP) tests. Bioresource technology, 243, 457-463</p> <p>Elbeshbishy et al., 2012. Biochemical methane potential (BMP) of food waste and primary sludge: influence of inoculum pre-incubation and inoculum source. Bioresource Technology, 110, 18-25</p>
Purines porcinos	227,7	<p>Moller et al 2004. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. Biomass and Bioenergy, 26, 485-495</p> <p>“Amon et al., 2006. Optimising methane yield from anaerobic digestion of manure: effects of dairy systems and of glycerine supplementation. International Congress Series, vol. 1293, pp. 217–220.”</p> <p>Molinuevo-Salces et al., 2013. Anaerobic co-digestion of livestock and vegetable processing waste. Fibre degradation and digestate stability. Waste Management 33 (2013) 1332-1338</p>
Purines vacunos	209,7	<p>Ervasti et al., 2022. Effects of seasonal and local co-feedstocks on the performance of continuous anaerobic digestion of cattle slurry. Bioresource Technology Reports Vol 19, September 2022, 101207</p> <p>Moller et al 2004. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. Biomass and Bioenergy, 26, 485-495</p> <p>Hashimoto et al., 1981. Ultimate methane yield from beef cattle manure: Effect of temperature, ration constituents, antibiotics and manure age. Agricultural Wastes Vol 3, Issue 4, October 1981, 241-256</p>
Estiércol vacuno	219,5	<p>Bulkowska et al. 2022. Enhancement of biogas production from cattle manure using glycerine phase as co-substrate in anaerobic digestion. Fuel Vol 317, 1 June 2022, 123456</p> <p>Ormaechea et al., 2018. Enhancement of biogas production from cattle manure pretreated and/or co-digested at pilot-plant scale. Characterization by SEM. Renewable Energy 126 (2018) 897-904</p> <p>Herrero et al., 2019. Evaluation of the methane potential of different agricultural and food processing substrates for improved biogas production in rural</p>

		areas. Renewable and Sustainable Energy Review. Vol 112, September 2019, PP.1-10
Gallinaza	209,4	<p>Francesco Fantozzi, Cinzia Buratti, Biogas production from different substrates in an experimental Continuously Stirred Tank Reactor anaerobic digester, Bioresource Technology, Volume 100, Issue 23, 2009, Pages 5783-5789, ISSN 0960-8524, https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.06.013.</p> <p>Koch et al., 2017. The role of inoculum's origin on the methane yield of different substrates in biochemical methane potential (BMP) tests. Bioresource technology, 243, 457-463</p> <p>Molinuevo-Salces et al., 2013. Anaerobic co-digestion of livestock and vegetable processing waste. Fibre degradation and digestate stability. Waste Management 33 (2013) 1332-1338</p>
Lodos Industria Alimentaria	183,7	Loureiro F.G., Eusebio A., Marques I.P., 2021, Energy Recovery from Food Industry Sludge through Anaerobic Digestion, Chemical Engineering Transactions, 87, 481-486.
Residuos orgánicos de alimentación de Industria Alimentaria - Genérico	379,8	<p>Herrero et al., 2019. Evaluation of the methane potential of different agricultural and food processing substrates for improved biogas production in rural areas. Renewable and Sustainable Energy Review. Vol 112, September 2019, PP.1-10</p> <p>Browne et al., 2014. Assessing the variability in biomethane production from the organic fraction of municipal solid waste in batch and continuous operation. Applied Energy, 128, 307-314</p>
Residuos vegetales Industria Alimentaria - destrío	231,7	<p>Par et al., 2021. Biomethanation of agricultural residues: Potential, limitations and possible solutions. Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol. 135, January 2021, 110217</p> <p>Ervasti et al., 2022. Effects of seasonal and local co-feedstocks on the performance of continuous anaerobic digestion of cattle slurry. Bioresource Technology Reports Vol 19, September 2022, 101207</p> <p>V.Nallathambi Gunaseelan, Biochemical methane potential of fruits and vegetable solid waste feedstocks, Biomass and Bioenergy, Volume 26, Issue 4, 2004, Pages 389-399, ISSN 0961-9534, https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.08.006.</p>
Residuos vegetales Industria	367,8	V.Nallathambi Gunaseelan, Biochemical methane potential of fruits and vegetable solid waste feedstocks, Biomass and Bioenergy, Volume 26, Issue 4, 2004,

Alimentaria - transformación		<p>Pages 389-399, ISSN 0961-9534, https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.08.006.</p> <p>Herrero et al., 2019. Evaluation of the methane potential of different agricultural and food processing substrates for improved biogas production in rural areas. Renewable and Sustainable Energy Review. Vol 112, September 2019, PP.1-10</p>
Residuos cárnicos Alimentaria	650	<p>Salminen et al., 2022. Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste - a review. Bioresource Technology 83 (2002) 13-26</p>
Residuos lácteos Industria Alimentaria	472,8	<p>Herrero et al., 2019. Evaluation of the methane potential of different agricultural and food processing substrates for improved biogas production in rural areas. Renewable and Sustainable Energy Review. Vol 112, September 2019, PP.1-10</p> <p>Browne et al., 2014. Assessing the variability in biomethane production from the organic fraction of municipal solid waste in batch and continuous operation. Applied Energy, 128, 307-314</p> <p>Dinuccio et al., 2010. Evaluation of biogas productivity of some Italian agro-industrial biomasses. Bioresource Technology 101 (2010) 3780-3783</p>
Residuos pesqueros Industria Alimentaria	578,7	<p>Ervasti et al., 2022. Effects of seasonal and local co-feedstocks on the performance of continuous anaerobic digestion of cattle slurry. Bioresource Technology Reports Vol 19, September 2022, 101207</p> <p>Herrero et al., 2019. Evaluation of the methane potential of different agricultural and food processing substrates for improved biogas production in rural areas. Renewable and Sustainable Energy Review. Vol 112, September 2019, PP.1-10</p>
Glicerina Bruta	432,3	<p>“Amon et al., 2006. Optimising methane yield from anaerobic digestion of manure: effects of dairy systems and of glycerine supplementation. International Congress Series, vol. 1293, pp. 217–220.”</p> <p>Siles et al., 2009. Anaerobic digestion of glycerol derived from biodiesel manufacturing. Bioresource Technology 100 (2009) 5609-5615</p> <p>Herrero et al., 2019. Evaluation of the methane potential of different agricultural and food processing substrates for improved biogas production in rural areas. Renewable and Sustainable Energy Review. Vol 112, September 2019, PP.1-10</p>

Residuos de cultivos herbáceos	268,6	<p>Lehtomäki et al., 2008. Screening boreal energy crops and crop residues for methane biofuel production. <i>Biomass Bioenergy</i> 32 (2008), 541-550</p> <p>“Pavintoh et al., 2020. R.J. Patinvoh, M. Lundin, M.J. Taherzadeh, I. Sárvári Horváth Dry anaerobic Co-digestion of citrus wastes with keratin and lignocellulosic wastes: batch And continuous processes <i>Waste and Biomass Valorization</i>, 11 (2020), pp. 423-434,”</p> <p>Dinuccio et al., 2010. Evaluation of biogas productivity of some Italian agro-industrial biomasses. <i>Bioresource Technology</i> 101 (2010) 3780-3783</p> <p>Petersson, A., et al., 2007. Potential bioethanol and biogas production using lignocellulosic biomass from winter rye, oil seed rape and faba bean. <i>Biomass Bioenergy</i>, 31 (11-12) 2007, pp. 812-819</p>
Cultivos Dedicados	284,5	<p>Herrmann, Ch.el al., 2016. Biogas crops grown in energy crop rotations: Linking chemical composition and methane production characteristics. <i>Bioresource Technology</i> 206 (2016) 23-35</p> <p>Amon, Th., et al., 2007. Methane production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations. <i>Bioresource Technology</i> 98, 17, 3204-3212</p> <p>Lallement et al., 2023. A Detailed Database of the Chemical Properties and Methane Potential of Biomasses Covering a Large Range of Common Agricultural Biogas Plant Feedstocks. <i>Waste</i> 2023, 1 (1), 195-227. https://doi.org/10.3390/waste1010014</p>

Tabla 7. Consumo de electricidad de las tecnologías de pretratamiento mecánico de los sustratos.

Tecnología	Consumo eléctrico (kwh/t procesada)	Referencia
Triturador cuchillas	9,4	Garuti, M., Sinisgalli, E., Soldano, M., Feroso, F., Jimenez, A., Carnevale, M., Gallucci, F., 2022. Mechanical pretreatments of different agri-based feedstock in full-scale biogas plants under real operational conditions. <i>Biomass and Bioenergy</i> 158 (2022) 106352.
Triturador martillos	5,5	Frey, J., Grüssing, F., Nägele, H.J., Oechsner, H., 2013. Cutting the Electric Power Consumption of Biogas Plants: The Impact of New Technologies. <i>Landtechnik</i> 68 (1), 2013.
Extrusor	14,9	Hjorth, M., Gränitz, K., Adamsen, A. P.S., Møller, H. B., 2011. Extrusion as a pretreatment to increase biogas production. <i>Bioresource Technology</i> 102 (2011) 4989-4994.

Tabla 8. Intensidad de emisiones de las fuentes de electricidad

Fuente de electricidad	Intensidad de emisiones gCO ₂ /kWh	Fuente
<i>Red eléctrica española</i>	273	El mix de la red eléctrica española publicado por la CNMC en el Acuerdo sobre etiquetaje de la electricidad relativo a la energía producida en el año 2022 en fecha 3 de mayo de 2023
<i>Fotovoltaica "in situ"</i>	30,5	Moomaw W, Burgherr P, Heath G, Lenzen M, Nyboer A, Verbruggen A, Annex II: methodology in IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation. In: Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Seyboth K, Matschoss P, Kadner S, Zwickel T, Eickemeier P, Hansen G, Schlömer S, von Stechow C, editors, vol. 2013, no. 47; 2011.

Tabla 9. Intensidad de emisiones de las fuentes de energía térmica

Fuente de energía	Intensidad de emisiones gCO ₂ /MJ	Fuente
Caldera (biogás auxiliar)	0,363384	JRC- Tabla 37, página 50 del documento Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions del JRC.

Tabla 10. Consumo de combustible y factores de emisión para camiones de 40 t

Tecnología del vehículo	Consumo de combustible (g Diesel/km)		Emisiones de N ₂ O [g N ₂ O / km]	Emisiones de metano [mg CH ₄ /km]
	Camión lleno	Camión vacío		
Convencional	297	297	0,029	0,090
Euro 1	251	251	0,012	0,089
Euro 2	251	251	0,012	0,071
Euro 3	251	251	0,007	0,069

Euro 4	251	251	0,018	0,005
Euro 5	251	251	0,053	0,005
Euro 6	251	251	0,049	0,000

Tabla 11. Rendimiento de conversión energética del biogás en cogeneración y caldera

Tecnología	Rendimiento eléctrico (%)	Rendimiento térmico (%)
Cogeneración	35	36
Caldera	-	90

Tabla 12. Factores de emisión de CH₄ y N₂O de la combustión de biogás

Factor de emisión	Valor	Unidad	Fuente
Factor de emisión de CH ₄ en cogeneración	0,017	MJ CH ₄ /MJ biogás	Tabla 39, página 53, del documento <i>Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions</i> del JRC
Factor de emisión de N ₂ O en cogeneración	0,00141	g N ₂ O/MJ biogás	
Factor de emisión de CH ₄ en caldera de biogás:	0,0028	g CH ₄ /MJ calor	Tabla 37, página 50, del documento <i>Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions</i> del JRC.
Factor de emisión de N ₂ O en caldera de biogás	0,00112	g N ₂ O/MJ calor	

Tabla 13. Valores de Potencial residual de metano en el digerido para los sustratos "Estiércol" y "Biorresiduos"

Digerido procedente de	Potencial residual de metano en el digerido (L CH ₄ /Kg SV digerido)	Fuente
Estiércol húmedo	35	JRC-Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions (pag. 57)
Biorresiduos (DER II)	44	JRC-Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions (pag. 63)

Tabla 14. Consumos energéticos y pureza del biometano correspondientes a las tecnologías de depuración del biogás.

Tecnología limpieza biogás	Consumo eléctrico (kWh/MJ CH ₄)	Consumo térmico (kWh/MJ CH ₄)	Pureza del biometano (%)
Absorción por cambio de presión (Pressure swing adsorption -PSA)	0,0077	-	93%
Depuración por agua a presión (Water scrubbing - physical absorption with water)	0,0164	-	94%
Depuración física orgánica (Absorption with organic solvent)	0,0115	-	>96%
Depuración química (Amine scrubbing)	0,0063	0,0164	98%
Separación por membranas	0,0080	-	94%
Genérica DER II	0,0081	-	-

Tabla 15. Fuentes bibliográficas utilizadas para determinar los consumos energéticos y la pureza del biometano correspondientes a las tecnologías de depuración del biogás.

Tecnología limpieza biogás	Fuentes
Absorción por cambio de presión (Pressure swing adsorption - PSA)	<p>Persson M, Jönsson O, Wellinger A. Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection. In: Braun R, Holm-Nielsen JB, Seadi TA, Baxter D, Jormanainen M, Rintala J, et al., editors. Task 37: Energy from biogas and Landfill Gas. Paris, France. Available at: http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Biogas_upgrading_to_vehicle_fuel_standards_and_grid_connection_IEA.pdf; 2006.</p> <p>Håkansson A. Preventing microbial growth on pall-rings when upgrading biogas using absorption with water wash. Malmö, Sweden. Available at: http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/SGC166.pdf; 2006.</p> <p>Ali G, Abbas S. Exploring CO2 sources and sinks nexus through integrated approach; insight from Pakistan. J Environ Inform 2013;22(2):112–22.</p>
Depuración por agua a presión (Water scrubbing - physical absorption with water)	<p>Wien, T. U. (2012). Biogas to biomethane technology review. IEE project BioMethane Regions, Deliverable. Reference: Task, 3(1).</p> <p>Persson M, Jönsson O, Wellinger A. Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection. In: Braun R, Holm-Nielsen JB, Seadi TA, Baxter D, Jormanainen M, Rintala J, et al., editors. Task 37: Energy from biogas and Landfill Gas. Paris, France. Available at: http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Biogas_upgrading_to_vehicle_fuel_standards_and_grid_connection_IEA.pdf; 2006.</p> <p>Bauer F, Persson T, Hulteberg C, Tamm D. Biogas upgrading—technology overview, comparison and perspectives for the future. Biofuels Bioprod Biorefining 2013;7(5):499–511.</p>
Depuración física orgánica (Absorption with organic solvent)	<p>DBFZ-2017. Technical principles and methodology for calculating GHG balances of Biomethane (Tabla</p>
Depuración química (Amine scrubbing)	<p>Persson M, Jönsson O, Wellinger A. Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection. In: Braun R, Holm-Nielsen JB, Seadi TA, Baxter D, Jormanainen M, Rintala J, et al., editors. Task 37: Energy from biogas and Landfill Gas. Paris, France. Available at: http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Biogas_upgrading_to_vehicle_fuel_standards_and_grid_connection_IEA.pdf; 2006.</p> <p>Lau C, Tsolakis A, Wyszynski M. Biogas upgrade to syn-gas (H₂-CO) via dry and oxidative reforming. Int J Hydrog Energy 2011;36(1):397–404.</p> <p>Bauer F, Persson T, Hulteberg C, Tamm D. Biogas upgrading—technology overview, comparison and perspectives for the future. Biofuels Bioprod Biorefining 2013;7(5):499–511.</p>

<p>Separación por membranas</p>	<p>Bauer F, Persson T, Hulteberg C, Tamm D. Biogas upgrading–technology overview, comparison and perspectives for the future. <i>Biofuels Bioprod Biorefining</i> 2013;7(5):499–511.</p> <p>Olumide Wesley Awe, Yaqian Zhao, Ange Nzihou, Doan Pham Minh, Nathalie Lyczko. A Review of Biogas Utilisation, Purification and Upgrading Technologies: Review. <i>Waste and Biomass Valorization</i>, 2017, 8 (2), p.267-283. <10.1007/s12649-016-9826-4>. <hal-01619254></p>
<p>Enriquecimiento criogénico</p>	<p>Ali G, Abbas S. Exploring CO2 sources and sinks nexus through integrated approach; insight from Pakistan. <i>J Environ Inform</i> 2013;22(2):112–22.</p> <p>Muhammad Usman Khan, Jonathan Tian En Lee, Muhammad Aamir Bashir, Pavani Dulanja Dissanayake, Yong Sik Ok, Yen Wah Tong, Mohammad Ali Shariati, Sarah Wu, Birgitte Kiaer Ahring, Current status of biogas upgrading for direct biomethane use: A review, <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>, Volume 149, 2021, 111343, ISSN 1364-0321, https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111343.</p> <p>Yousef AM, El-Maghlany WM, Eldrainy YA, Attia A. Low-Temperature Distillation Process for CO2/CH4 separation: a study for avoiding CO2 freeze-out. <i>J Heat Tran</i> 2018;140:1–14. https://doi.org/10.1115/1.4038193</p>

Tabla 16. Valores teóricos de porcentaje de pérdidas de biometano (sobre el biometano producido) de las tecnologías consideradas.

Tecnología	Emisiones de metano MJ/MJ de biogás	Fuente bibliográfica
Adsorción por cambio de presión (PSA):	0.0237	Viktoria Wechselberger, Torsten Reinelt, Johan Yngvesson, Deborah Scharfy, Charlotte Scheutz, Marion Huber-Humer, Marlies Hrad, Methane losses from different biogas plant technologies, Waste Management, Volume 157, 2023, Pages 110-120, ISSN 0956-053X, https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.12.012 .
Depuración por agua a presión (PWS)	0.0151	
Membranas	0.0158	
Depuración química (Amine scrubing)	0.0006	
Depuración física orgánica (OPS):	0.04	Andrés Carranza-Abaid, Ricardo R. Wanderley, Hanna K. Knuutila, Jana Poplsteinova Jakobsen, Analysis and selection of optimal solvent-based technologies for biogas upgrading, Fuel, Volume 303, 2021, 121327, ISSN 0016-2361, https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121327 .
Enriquecimiento criogénico	0.0065	Ahmed M. Yousef, Wael M. El-Maghlany, Yehia A. Eldrainy, Abdelhamid Attia, Upgrading biogas to biomethane and liquid CO ₂ : A novel cryogenic process, Fuel, Volume 251, 2019, Pages 611-628, ISSN 0016-2361, https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.03.127 .
Genérica (DER II)	0,03	DIRECTIVA (UE) 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

Tabla 17. Consumos energéticos por tipo de compresión.

Tipo de compresión	Condiciones	Consumo energético (kWh/MJ metano)	Fuentes
Inyección a red	Estación de compresión del gaseoducto (>60 bares)	0,0046	Valores extraídos del informe de DBFZ Technical principles and methodology for calculating GHG balances of biomethane (PAG.31 Tabla 17) construidos a partir de la base de datos DBFZ database y the Ecoinvent database 2 (Swiss centre for life cycle inventories: Ecoinvent v2.1 for Umberto 5.5, 2009).
	Transporte del biometano hasta el gaseoducto*	$6,7 \cdot 10^{-5}$	
BGNC para gaseoducto virtual		0,0061	informe del JRC JEC Well-to-Tank report v5 y su archivo Excel JEC_WTTv5_ Appendix 2_ Conversion factors, fuel properties and list of detailed input data publicados en 2020
BGNL para gaseoducto virtual		0,0069	informe del JRC JEC Well-to-Tank report v5 (pag. 144, tabla 40) publicado en 2020