



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

'smallBIOGAS'

Guía de uso del software e interpretación de resultados

BIOGAS³

Producción sostenible de biogas a pequeña escala a partir de residuos agro-alimentarios, para autoconsumo energético

Fecha:

Agosto 2014

Autores:

Consorcio BIOGAS³

DATOS DEL PROYECTO:

Programa	Intelligent Energy Europe (IEE) - ALTENER
Acción clave	Promoción y difusión de proyectos
Nº Contrato	IEE/13/477/SI2.675801
Fecha inicio / fin de proyecto	1 Marzo 2014 – 28 Febrero 2016

CONTACTO:

Coordinador	Begoña Ruiz (AINIA)
Teléfono	+34 961366090
E-mail	bruiz@ainia.es
Web	www.biogas3.eu

Tabla de contenidos

1. Uso de la interfaz.....	3
1.1. Pantallas de visualización de la interfaz.....	3
1.1.1. Pantalla 1: ¿Dónde?.....	3
1.1.2. Pantalla 2: Tipo de sustrato	4
1.1.3. Pantalla 3: Uso de biogás.....	5
1.1.4. Pantalla 4: Uso de digerido	7
1.1.5. Pantalla 5: Finanzas. Creación del informe	8
1.2. Avisos de la interfaz	9
2. Contenido del informe	9
2.1. Partes del informe.....	9
2.2. Resumen de sustratos	9

El contenido de este informe solo compromete a su autor y no refleja necesariamente la opinión de la Unión Europea. Ni la EACI ni la Comisión Europea son responsables de la utilización que se podrá dar a la información que figura en la misma.



1. Uso de la interfaz

La herramienta software smallBIOGAS requiere la selección o introducción de una serie de datos por parte del usuario. A continuación se detallan los datos requeridos en cada una de las cinco pantallas de visualización del aplicativo. La herramienta proporciona para cada país donde se estudia la posible localización de la planta de biogás, datos orientativos adaptados a la situación del país, los cuáles el usuario puede modificar si lo estima oportuno.

Esta guía de uso se complementa con información en la interfaz de la herramienta sobre los diferentes conceptos. Esta información puede visualizarse si el usuario sitúa el cursor sobre la palabra en cuestión.

El símbolo utilizado como separador decimal en los datos o resultados numéricos de la herramienta smallbiogas es la “coma”.

1.1. Pantallas de visualización de la interfaz

1.1.1. Pantalla 1: ¿Dónde?

Datos generales

El usuario tiene la posibilidad de identificar sus estudios (“Nombre del estudio”) y almacenarlos de forma organizada. Una vez finalizado el estudio, es posible visualizar todos los estudios realizados en “Mis estudios”.

Para ello, el usuario debe hacer clic sobre el estudio que quiera visualizar, y después hacer clic sobre “Ver informe”. Esto permite visualizar en formato pdf los estudios realizados.

También existe la posibilidad de visualizar los datos introducidos y modificar cualquier estudio previo a través del botón “Editar informe”. Esto permite visualizar de nuevo en el aplicativo los datos introducidos de informes previos almacenados.



Figura 1. Mis estudios

Datos generales. División administrativa

Posteriormente, el usuario debe seleccionar en la interfaz el país y la división administrativa donde se localizará la planta de biogás. La herramienta proporcionará la temperatura media anual de la cabecera de la división administrativa seleccionada, pero el usuario puede modificarla. Esta temperatura se utiliza para el cálculo de las necesidades de energía térmica para el proceso de producción de biogás, es decir, para calefacción de digestores.



Figura 2. Pantalla de visualización 1

1.1.2. Pantalla 2: Tipo de sustrato

Datos del sustrato

Se ofrece la posibilidad de seleccionar tipo y subtipo de sustrato, junto con sus principales características físico-químicas. El usuario debe introducir la "Cantidad de sustrato" de cada subtipo que desea utilizar en la planta de biogás, el coste de "Adquisición" del sustrato si lo hubiere, así como la "Distancia" a la cual se localiza el sustrato respecto a la planta de biogás.

Las características de los sustratos son editables, por lo que si el usuario conoce las características del sustrato en cuestión que desea utilizar puede modificar las características sobre cualquier subtipo que ofrece smallbiogas. La herramienta tomará las características del sustrato en cuestión modificadas por el usuario.

Lista de sustratos

El usuario deberá hacer clic sobre "Añadir sustrato", para ir incorporando materiales en la mezcla que se utilizará para la producción de biogás. Esto se verá reflejado en la "Lista de sustratos".

Para realizar cambios en cualquier sustrato añadido en la lista, el usuario debe hacer clic sobre el sustrato en la "Lista de sustratos", hacer clic sobre el icono "Lápiz", modificar lo que considere oportuno (propiedades, cantidades, etc.) y hacer clic sobre "Editar sustrato".

Por otra parte, para eliminar cualquier sustrato añadido en la lista, el usuario debe hacer clic sobre el sustrato en la “Lista de sustratos” y hacer clic sobre el icono “papelera”.

En el caso de que el usuario obtenga una mezcla con una relación C/N fuera del rango 20-30, la herramienta marca en rojo el cálculo de la relación C/N de la mezcla de sustratos incluidos por el usuario.

El usuario puede modificar manualmente la relación C/N de una mezcla equilibrando las proporciones de los distintos sustratos (aumentando la proporción de sustratos con alto C/N si es demasiado bajo o aumentando la proporción de sustratos con bajo C/N si es demasiado alta la relación C/N de la mezcla).

También puede “hacer clic” sobre “Ver Propuesta C/N”, para visualizar las cantidades de mezcla que proporciona la herramienta como alternativa. Se recomienda introducir más de 3 sustratos para poder visualizar mezclas alternativas que tengan una relación C/N dentro del rango 20-30.

Si el usuario no consigue obtener una mezcla dentro del rango 20-30, se recomienda que contacte con alguno de los centros expertos involucrados en el proyecto BIOGAS3.

Figura 3. Pantalla de visualización 2

1.1.3. Pantalla 3: Uso de biogás

Tecnología de digestión

El usuario puede elegir entre digestión por vía húmeda o vía seca. La herramienta realiza el balance de materia del digestor de forma diferente según se seleccione una vía u otra. Por vía húmeda, generalmente se desarrolla el proceso de la digestión anaerobia con una concentración en sólidos totales en el digestor inferior al caso de vía seca. Por ello, la herramienta dispone de valores internos que fijan los sólidos totales en la mezcla de entrada al digestor tanto para el primer caso como para el segundo. En particular, en digestión por vía húmeda, se ha fijado en la herramienta que en caso de ser superior al 14% los sólidos totales de la mezcla de entrada al digestor, aparecerán en el informe “Necesidades de agua de dilución”. Asimismo, en digestión por vía seca, en caso de ser inferior al 20% de sólidos totales en la mezcla de entrada al

digerido, aparecerán unas “Necesidades de materia seca para concentrar”. Las cantidades del digerido en términos de masa (toneladas materia fresca) se modificarán acorde con esto en cada caso.

Nuevo escenario

Posteriormente, el usuario puede introducir el escenario de uso de biogás que le interese analizar. Es posible seleccionar entre uso del biogás en caldera, motor de cogeneración, inyección en red de gas natural o uso como combustible en vehículos. Para los dos primeros usos es posible elegir a su vez, entre “Venta” o “Autoconsumo” de la energía producida.

En caso de autoconsumo, es necesario cuantificar las necesidades. No obstante, es importante señalar que si el usuario requiere comparar escenarios de uso con distintas necesidades energéticas para autoconsumo y/o el número de horas de demanda energética no son iguales para energía térmica y eléctrica, se requiere la creación de un nuevo estudio. El usuario puede utilizar estudios previos, introducir un nuevo “Nombre” (pantalla de visualización 1) y modificar las necesidades energéticas de autoconsumo.

Necesidades

Se proporciona al usuario la posibilidad de elegir entre distintos rangos de necesidades de energía, a partir de estos rangos, la herramienta toma el valor promedio del rango para los cálculos. Es posible modificar este valor (necesidades anuales) por parte del usuario si se conoce este dato exacto para el estudio en particular. Respecto a estas necesidades o demanda de energía totales anuales, cabe la posibilidad de especificar número de meses del año y número de horas por día en que se produce.

También es posible modificar el número de meses en que existe la producción de biogás. Por defecto se proporciona 12 meses, considerándose un funcionamiento de la planta en continuo durante todo el año.

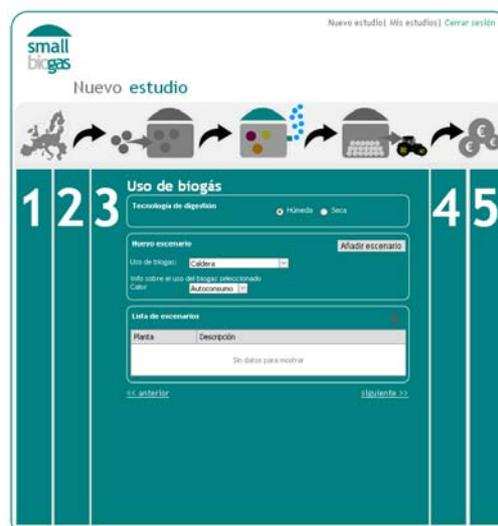


Figura 4. Pantalla de visualización 3

1.1.4. Pantalla 4: Uso de digerido

Cantidad de digerido

A partir de los sustratos introducidos, la herramienta calcula la cantidad de digerido producida (toneladas de materia fresca producidas anualmente) y el contenido en nitrógeno en el mismo.

Aprovechamiento del digerido

Seguidamente, el usuario puede elegir entre dos escenarios de uso del digerido:

- Venta
- Autoconsumo

Si se selecciona “Venta”, la herramienta considera los ingresos por venta de digerido, según el precio de la pantalla de visualización 5 (“Precio de venta del digerido”). En este escenario no se tiene en cuenta el coste de transporte a campo del digerido. Para el cálculo del número de hectáreas requeridas para aplicación del digerido, no se permite al usuario seleccionar si la aplicación se realiza en zona vulnerable o no vulnerable. La herramienta toma por defecto el supuesto de uso en zona vulnerable, siendo la limitación 170 kg N/ha y año (máxima cantidad de nitrógeno a aportar anualmente en parcelas agrícolas situadas en zonas clasificadas como vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias).

Si se selecciona “Autoconsumo”, la herramienta permite introducir la distancia que se estima recorrerían los camiones de transporte de digerido desde la planta de biogás hasta las parcelas agrícolas (“Transporte a parcelas agrícolas”). En este escenario se tiene en cuenta el coste de transporte a campo y el ahorro en fertilizantes por sustitución de los mismos con digerido. Este ahorro se cuantifica en la pantalla 5 (“Precio de venta de digerido”). Es importante destacar que la herramienta no tiene en cuenta por defecto el coste de aplicación del digerido, una vez se ha transportado hasta la parcela agrícola. Si se quiere tener en cuenta este coste en el estudio de viabilidad, puede incluirse en “Otros gastos” (pantalla de visualización 5).

De forma adicional, si se prevé coste asociado al transporte de digerido pero no ahorro por autoconsumo en parcelas propias (solo supone coste de transporte la gestión del digerido y no existe ahorro en fertilizantes), se recomienda, tras la selección de autoconsumo (pantalla de visualización 4) e introducción de la distancia de “Transporte a parcelas agrícolas” (pantalla de visualización 4), introducir en “precio de venta de digerido” un valor 0 euros (pantalla de visualización 5).

Vulnerabilidad

Dentro de “Autoconsumo” del digerido, se permite al usuario seleccionar entre aplicación en zona vulnerable (“Vulnerabilidad”: Sí) y zona no vulnerable (“Vulnerabilidad”: No). Esta clasificación proviene de la legislación europea relativa a la contaminación de nitratos procedentes de fuentes agrarias (91/676/CEE) e implementada en los países miembros.

Si el usuario selecciona “Sí”, la herramienta considera como valor máximo de aplicación de nitrógeno para el cálculo de hectáreas requeridas para aprovechamiento del nitrógeno del digerido el valor de 170 kgN/ha y año, así como el nitrógeno total contenido en el digerido.

Si el usuario selecciona “No”, la herramienta considera como valor máximo de aplicación de nitrógeno para el cálculo de hectáreas requeridas, la demanda en nitrógeno del “Cultivo” (kgN/ha y año) que seleccione el usuario, así como el nitrógeno total contenido en el digerido. Es posible modificar estas necesidades anuales en nitrógeno del cultivo por parte del usuario.

En ambos casos, cabe destacar que este cálculo de “Superficie de cultivo requerida para aplicación de digerido” no sustituye a un balance de nutrientes completo. Únicamente permite obtener un orden de magnitud sobre la superficie de cultivo requerida para aprovechar el nitrógeno total del digerido obtenido y cubrir así la demanda anual en nitrógeno del cultivo en cuestión elegido por el usuario.



Figura 5. Pantalla de visualización 4

1.1.5. Pantalla 5: Finanzas. Creación del informe

Ingresos

Se incluyen precios, modificables por el usuario, que se prevé se podrán aplicar a la venta de los diferentes productos de la planta de biogás.

Adicionalmente es posible incluir en “Otros ingresos” cualquier otro ingreso derivado de la producción de biogás (gestión de residuos, venta de bonos de carbono, etc.).

Gastos

El usuario puede aumentar o reducir los gastos, si considera que otros se ajustan mejor a su situación específica. Todos los valores son modificables por el usuario. Se han incluido como gastos modificables en la interfaz los siguientes:

- “Gastos de operación y mantenimiento”. Se estima como un porcentaje de los ingresos obtenidos a partir de los productos obtenidos (venta de calor, electricidad o biometano) o por ahorro de energía (autoconsumo).
- “Coste de la mano de obra” o coste de personal requerido en la planta de biogás. Se ha introducido un coste promedio para los países europeos incluidos en el proyecto.
- “Intensidad de la mano de obra”. Dedicación horaria del personal por tonelada de materia fresca procesada por la planta de biogás y día. Se ha introducido un valor promedio para pequeñas plantas de biogás con digestión por vía húmeda y con alto grado de automatización.
- “Coste unitario de manejo”. Permite cuantificar el coste asociado a la carga y descarga de sustratos en la planta de biogás.
- “Otros gastos”

Si los sustratos que se utilizan para la producción se localizan a una determinada distancia de la planta de biogás, la herramienta tiene en cuenta los costes de transporte en función del valor introducido en “Distancia (km)” (pantalla de visualización 2), siempre que este valor sea distinto de cero.

Estructura de financiación

El usuario tiene la posibilidad de introducir la “Parte de la inversión” (expresada como porcentaje) que se le subvenciona a fondo perdido, préstamo y fondos propios. Si se introduce subvención, la herramienta considera que se cubre la parte restante hasta el 100% de la inversión mediante fondos propios y préstamo.

En relación con la inversión, se incluyen los siguientes conceptos cuando se inicia un nuevo estudio: “Otras inversiones” y “Coste unitario de almacenamiento”. Este último es el coste del almacenamiento del biogás por unidad de volumen de gasómetro requerido, supone la inversión en sistema para almacenar biogás mientras no existe demanda energética por parte de la empresa agro-alimentaria. Esta inversión en equipamiento se aplicará siempre que se haya seleccionado “Autoconsumo” en pantalla de visualización 2. Posteriormente, una vez el usuario cree el informe, se incluirá dentro de la partida “Planta de biogás”.

La “Vida útil” del proyecto es posible fijarla hasta en 20 años.



Figura 6. Pantalla de visualización 5

1.2. Avisos de la interfaz

Si el usuario introduce una mezcla con una relación C/N fuera del rango 20-30 (pantalla de visualización 2), la herramienta marca en color rojo el valor de la relación C/N (-) que el usuario tiene en la mezcla introducida (sustrato o sustratos añadidos) y que va a aprovecharse para la producción de biogás (ver apartado "Lista de sustratos" donde se indica cómo modificar hasta valores dentro de rango aconsejado).

Si el usuario no introduce ninguna "cantidad de sustrato" (pantalla 2) y/o no selecciona ningún "Nuevo escenario" (pantalla de visualización 3), la herramienta muestra el siguiente aviso: "No se puede crear el informe sin escenarios o sustratos". El aplicativo no genera ningún informe.

2. Contenido del informe

A continuación se detallan las partes y términos del informe creado tras la introducción de datos por parte del usuario. La herramienta incluirá en color “rosa” los datos introducidos por el usuario, y en color “verde”, los resultados obtenidos.

El informe incluye dos documentos pdf. El primero con el informe en sí y el segundo con un resumen de los sustratos introducidos por el usuario.

2.1. Partes del informe

El informe en sí (primer documento pdf) incluye las partes descritas a continuación:

Datos generales

En función de los datos aportados en el registro de usuario, la herramienta personaliza los datos iniciales descriptivos del informe, incluyendo el nombre de la empresa agro-alimentaria introducido en el “Formulario de Registro” de la herramienta. Además, el informe incorpora la fecha de realización del estudio en cuestión.

Datos de localización

Datos relativos a la ubicación de la planta de biogás (división administrativa, temperatura media anual) y porcentajes de residuos o sustratos localizados a una distancia inferior y/o superior a 10 km respecto la planta de biogás.

Datos del proceso de producción de biogás

Datos relativos al proceso de producción: cantidades de materiales de entrada, necesidades de agua de dilución (en algunos casos, previa selección como tecnología de digestión, vía húmeda) o de materia seca para concentrar (en algunos casos, previa selección como tecnología de digestión, vía seca), cantidad de digerido producido y tasa de recirculación de digerido (en digestión por vía húmeda).

Datos básicos orientativos sobre el volumen de digestores, el tiempo de retención hidráulica y la energía térmica requerida para calefacción de digestores.

Datos de producción de biogás y metano anual.

Adicionalmente, en relación con posibles problemas en el proceso de producción de biogás, la herramienta incluye los siguientes tipos de avisos:

- Aviso por una posible excesiva recirculación. Sólo para el caso de la tecnología de digestión por vía húmeda. Este aviso de excesiva recirculación se activa (se indica “Sí” en el informe) cuando la tasa de recirculación supera el 30%.

- Aviso por posible riesgo de inhibición por amonio. El aviso de riesgo de inhibición por amonio se activa (se indica "Sí" en el informe) cuando el contenido en nitrógeno amoniacal (N-NH_4^+) del material de entrada al digestor supera el umbral de 3 kgN/t.
- Aviso C/N fuera de rango. El aviso de C/N fuera de rango se activa (se indica "Sí" en el informe) cuando la relación C/N del material de entrada al digestor está fuera del rango 20-30 fijado. El aviso indica si la relación C/N es excesiva o demasiado baja. El umbral aceptable de C/N se fija habitualmente entre 20 y 30.

Uso del biogás

Datos descriptivos introducidos por el usuario sobre el escenario seleccionado, tales como caldera, cogeneración, biometano para inyección en red de gas natural, biometano para uso en vehículos. Además, se incluyen datos asociados al uso de los productos obtenidos (venta o autoconsumo en la propia empresa agro-alimentaria) y las necesidades energéticas en caso de autoconsumo.

Datos del sistema de aprovechamiento del biogás (para cada uso en cuestión)

Caldera

- Energía térmica valorizable en caldera: se obtiene a partir del metano producido, teniendo en cuenta el poder calorífico inferior o PCI del metano ($9,95 \text{ kWh/Nm}^3$) y un rendimiento de la caldera del 85%.
- Potencia térmica instalada en caldera: se obtiene a partir de la energía térmica valorizable en caldera, teniendo en cuenta un tiempo de funcionamiento de la caldera de 8000 horas/año y un coeficiente de punta fijado en 1,05.
- Energía térmica no valorizada en caldera: energía térmica no aprovechada una vez se han cubierto las necesidades de calefacción de digestores y las necesidades para autoconsumo fijadas por el usuario. Si el escenario seleccionado es "venta", se supone que se valoriza totalmente y no existe energía térmica no valorizada.
- Inversión en sistema de caldera: se obtiene a partir de una función que tiene en cuenta la potencia de la caldera (ver apartado "Proyecto de inversión").
- Ingreso o ahorro por sustitución de combustible no renovable (gas natural). En caso de "venta", el usuario ha introducido un "Precio de venta de la energía térmica" y se calcula el ingreso a partir de este dato junto con la cantidad de calor disponible para venta una vez satisfechas las necesidades de calefacción de digestores. En caso de "autoconsumo", el ahorro se calcula según las necesidades de energía térmica de la industria agro-alimentaria fijadas por el usuario y el "ahorro por sustitución" (ver apartado "Proyecto de inversión. Ingresos"). Este ahorro se calcula una vez han sido satisfechas las necesidades de calefacción de digestores.

Cogeneración

- Producción de electricidad en cogeneración: se obtiene a partir del metano producido, teniendo en cuenta el poder calorífico inferior del metano (9,95 kWh/Nm³) y un rendimiento eléctrico en cogeneración de pequeña escala del 35%.
- Potencia eléctrica instalada en sistema de cogeneración: se obtiene a partir de la producción de electricidad en cogeneración, teniendo en cuenta un tiempo de funcionamiento del sistema de 8000 horas/año y un coeficiente de punta fijado en 1,05.
- Producción de energía térmica en cogeneración: se obtiene a partir del metano producido, teniendo en cuenta el poder calorífico inferior del metano (9,95 kWh/Nm³) y un rendimiento térmico en cogeneración de pequeña escala del 50%.
- Energía térmica no valorizada en sistema de cogeneración: energía térmica no aprovechada una vez se han cubierto las necesidades de calefacción de digestores y las necesidades para autoconsumo fijadas por el usuario. Si el escenario seleccionado es venta, se supone que se valoriza totalmente y no existe energía térmica no valorizada.
- Coeficiente de valorización térmica del sistema de cogeneración: se obtiene realizando el cociente entre la energía térmica producida (descontando calor requerido en proceso) y la energía primaria que entra en la unidad de cogeneración. Esta energía primaria que entra en la unidad de cogeneración tiene en cuenta el poder calorífico inferior del metano, la producción bruta de metano anual y un porcentaje de disponibilidad de uso de la unidad de cogeneración del 91%.
- Coeficiente de eficiencia energética del sistema de cogeneración: es un indicador de la eficiencia energética bruta global y se calcula realizando el cociente entre energía obtenida en unidad de cogeneración (una vez satisfechas necesidad de proceso) y la energía contenida en el metano procedente del biogás (a partir de la producción bruta anual de metano y el poder calorífico inferior del metano).
- Inversión en sistema de cogeneración: se obtiene a partir de una función que tiene en cuenta la potencia del sistema (ver apartado "Proyecto de inversión").
- Ingreso o ahorro por sustitución de combustible no renovable (gas natural). En caso de "venta", el usuario ha introducido un "Precio de venta de la energía eléctrica o térmica" y este ingreso se calcula a partir de este dato junto con la cantidad de calor y electricidad vendidos. En caso de "autoconsumo", el ahorro se calcula según las necesidades de energía eléctrica o térmica de la industria agro-alimentaria fijadas por el usuario y el "ahorro por sustitución" (ver apartado "Proyecto de inversión. Ingresos"). Este ingreso o ahorro se calcula una vez han sido satisfechas las necesidades de calefacción de digestores.

Almacenamiento energético

Para escenarios de uso del biogás en "Caldera" o "Motor de cogeneración", en el caso de que el usuario haya seleccionado "Autoconsumo", se proporciona el volumen del gasómetro para almacenar el biogás y el porcentaje de energía eléctrica o térmica autoconsumida respecto a la

energía eléctrica o térmica producida. En la energía térmica autoconsumida se ha incluido la energía térmica consumida para calefacción de digestores, además de la energía térmica autoconsumida por la empresa agro-alimentaria.

Las abreviaturas que aparecen se detallan a continuación:

Ne=Necesidades de energía eléctrica

Pe=Producción de energía eléctrica a partir del biogás

Nt=Necesidades de energía térmica

Pt=Producción de energía térmica a partir del biogás

En este apartado aparecerá alguno de los siguientes comentarios relativos al volumen requerido para almacenar el biogás en caso de selección de escenario "autoconsumo":

- Volumen de almacenamiento es al menos el 25% de la producción diaria de biogás. El 100% de la energía disponible a partir del biogás es aprovechada y la demanda horaria energética de autoconsumo queda satisfecha al 100%.
- Volumen de almacenamiento calculado para cubrir horas en las que no se aprovecha biogás. Existe biogás no aprovechado en autoconsumo por la empresa agro-alimentaria ($Pe > Ne$ y/o $Pt > Nt$) y que podría ser destinado a la venta a terceros.
- Si no es posible satisfacer a partir de la energía del biogás las necesidades de energía eléctrica o las de energía térmica fijadas por el usuario ($Ne > Pe$ y/o $Nt > Pt$), bajo las condiciones del estudio en cuestión, la herramienta no puede calcular el volumen de gasómetro y aparece como comentario "--". Esto indica al usuario que no es posible satisfacer las necesidades de autoconsumo fijadas por el usuario y por ello no se proporciona volumen de gasómetro.

Biometano inyección en red de gas natural o uso en vehículos

- Energía térmica en el biogás obtenido: es la energía térmica del biometano, se calcula a partir del poder calorífico superior del metano y la cantidad anual de metano producida.
- Pérdidas de energía en el proceso de purificación: se calcula como un porcentaje de consumo del biogás producido y de la disponibilidad del equipo de aprovechamiento del biometano. Este consumo se produce en el proceso de purificación.
- Energía térmica de salida del purificador: energía térmica una vez descontadas las pérdidas en el proceso de purificación.
- Caudal de biometano de salida del purificador: calculado según la disponibilidad del equipo (8000 horas/año).
- Capacidad instalada del purificador: se obtiene a partir del caudal de biometano y del coeficiente de punta de la instalación (1,05).

- Poder calorífico superior del biometano producido: a partir de la energía térmica de salida del purificador y teniendo en cuenta el autoconsumo del proceso. En particular, tiene en cuenta como autoconsumo en el proceso de inyección-compresión un valor del 2% sobre la energía térmica de salida del purificador.
- Cantidad anual neta de biometano producido: se calcula a partir del poder calorífico superior o PCS del biometano producido y el poder calorífico superior del metano por unidad de volumen (11,06 kWh/Nm³CH₄).
- Caudal de biometano producido: se obtiene a partir del poder calorífico superior del biometano producido, el poder calorífico superior del metano por unidad de volumen (11,06 kWh/Nm³CH₄) y el tiempo de disponibilidad (8000 h).
- Inversión en sistema de biometano: se obtiene a partir de una función que tiene en cuenta el caudal de biometano que produce el purificador (ver apartado "Proyecto de inversión").
- Ingreso por venta del biometano: este ingreso se calcula a partir del "Precio de venta del biometano" introducido por el usuario y del poder calorífico superior del biometano producido.

Análisis de viabilidad económica

Proyecto de inversión

Incluye los datos relativos a inversión inicial en el proyecto de planta de biogás, así como ingresos y gastos asociados al proyecto de inversión.

Inversión. La inversión inicial incluye la "Planta de biogás" (equipamiento sin tener en cuenta el sistema de valorización del biogás), el "Sistemas de valorización del biogás" (caldera, motor de cogeneración o biometano) y "Otros" (Otras inversiones que el usuario haya introducido en la pantalla de visualización 5).

Tanto la inversión en la "Planta de biogás", como la inversión en el "Sistema de valorización" han sido calculadas a partir de funciones. La función utilizada en ambos casos es del tipo potencial: $y = a \cdot x^b$

Esta función toma como "x", las toneladas de materia fresca procesadas anualmente en el caso del cálculo de la inversión en "Planta de biogás", y la potencia instalada (térmica, eléctrica o el caudal de biometano que produce el purificador) en el caso de la inversión del "Sistema de valorización del biogás".

A partir de estas funciones, la herramienta proporciona como resultados orientativos de la inversión ("Planta de biogás", "Sistemas de valorización del biogás"). Estos últimos valores, al ser editables una vez se ha creado el informe, es posible modificarlos por parte del usuario si lo considera oportuno (hacer clic sobre "Editar inversión", pantalla de visualización 5). La herramienta ha tenido en cuenta costes promedio asociados a plantas de biogás de pequeña escala, con tecnología de digestión por vía húmeda, en los diferentes países incluidos en el proyecto BIOGAS3 en 2014.

En caso de autoconsumo, el concepto planta de biogás incluye la inversión en equipamiento para almacenamiento del biogás (gasómetro, etc.). Este equipamiento permite almacenar biogás para cubrir desfases entre demanda energética en industria agroalimentaria y producción de biogás. El usuario puede modificar en la "pantalla de visualización 5" el coste unitario del almacenamiento del biogás (€/m³ de gasómetro para almacenamiento de biogás). Para que esta inversión en almacenamiento de biogás se incluya dentro de la partida "Planta de biogás", tiene que ser posible el cálculo del volumen del gasómetro para almacenamiento de biogás. Si esto no es posible, en el apartado "Almacenamiento energético" aparecerá en "Comentarios" la indicación "--" (ver apartado "Almacenamiento energético").

Ingresos. Además de los datos introducidos por el usuario, se incluyen los siguientes resultados relativos a ingresos anuales:

- "Venta de energía": se calcula, en función del escenario de uso seleccionado, a partir de la "Energía térmica valorizable en caldera", "Producción de energía térmica en cogeneración", "Producción de electricidad en cogeneración" o "Poder calorífico superior del biometano producido" (producción de biometano). Se aplica en función del escenario, el "Precio de venta de la energía eléctrica", "Precio de venta de la energía térmica" o "Precio de venta del biometano".
- "Ahorro de energía": ingresos derivados de la energía autoconsumida. Se han tenido en cuenta para el cálculo del ahorro los precios de compra de la electricidad o gas natural para producción de calor, con el fin de calcular los ahorros según el escenario. Estos precios de compra están particularizados para los países incluidos en el proyecto. A continuación se incluye una tabla donde se resumen los precios considerados. Antes de calcular los ingresos por ahorro de energía se han descontado las necesidades de energía térmica para el proceso (energía consumida en calefacción de digestores).

Tabla 1. Ahorro de energía

País	Precio de compra de la electricidad (c€/kWh)	Ahorro por sustitución gas natural para calefacción (€/MWh PCI)
España	15	59
Francia	11,5	59
Italia	18,5	80
Alemania	15	63
Polonia	11,1	60
Irlanda	14	67
Suecia	7,5	55

- "Gestión de residuos": se calculan si el usuario ha introducido un valor con signo negativo para algún sustrato, dentro del concepto "Adquisición" (pantalla de visualización 2). En este caso, la herramienta considera que utilizar el sustrato en cuestión supone un ingreso por gestión de residuos para la planta de biogás.
- "Venta o ahorro de digerido": se calcula a partir del "Precio de venta de digerido" introducido por el usuario y la cantidad total de nitrógeno obtenida en el digerido.

Gastos. Además de los datos introducidos por el usuario, se incluyen los siguientes resultados relativos a gastos anuales:

- “Operación y mantenimiento”: asociados a la operación y mantenimiento de la planta de biogás. Se calculan como un porcentaje de los ingresos por venta o ahorro de energía.
- “Personal”: asociados al personal que opera la planta de biogás.
- “Transporte y manejo de residuos”: asociados a la carga y descarga de sustratos, así como al transporte de residuos o sustratos hasta la planta de biogás, en el caso de que el usuario haya introducido para algún sustrato un valor en el concepto “Distancia” (pantalla de visualización 2). El “Coste unitario de manejo” (coste de carga/descarga de sustratos) es modificable por el usuario. Respecto al coste unitario de transporte, la herramienta considera para cada país un determinado valor y un coste variable en función de la distancia. A continuación se muestra un resumen sobre los costes de transporte considerados.

Tabla 2. Coste de transporte

País	Coste base de transporte (€/km·t)	Distancia desde planta de biogás hasta parcelas agrícolas			
		1 a 5 km (€/km·t)	6 a 10 km (€/km·t)	11 a 20 km (€/km·t)	Más de 20 km (€/km·t)
España	2,00	0,20	0,20	0,20	0,20
Francia	1,95	0,29	0,29	0,29	0,29
Italia	3,90	0,21	0,36	0,33	0,33
Alemania	1,50	0,15	0,13	0,11	0,09
Polonia	0,60	0,6	0,15	0,15	0,15
Irlanda	1,76	0,11	0,11	0,11	0,11
Suecia	2,27	0,17	0,17	0,17	0,17

- “Coste de residuos”: coste del sustrato en sí, aparecen en el caso de que el usuario haya introducido para algún sustrato un valor con signo positivo en el concepto “Adquisición” (pantalla de visualización 2).
- “Transporte del digerido”: costes asociados al transporte de digerido. La herramienta considera costes unitarios similares al transporte de sustratos.
- “Otros gastos”: aparecerán si el usuario ha introducido algún valor en esta partida (pantalla de visualización 5).
- “Días trabajados por año”: la herramienta proporciona las jornadas de trabajo por año en la planta de biogás.

Estudio financiero del proyecto de inversión

Incluye los datos referentes a la financiación de la inversión así como diversos indicadores financieros.

Financiación. En función de los porcentajes introducidos por el usuario y el tipo de interés del préstamo, se calcula a cuánto asciende la subvención, los fondos propios y el préstamo que hacen posible financiar la inversión. El usuario puede ver expresado en la misma base, qué porcentaje de la inversión corresponde a subvenciones, fondos propios y préstamo.

Indicadores económicos:

- Beneficio bruto de explotación o beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA): se corresponde con la diferencia entre ingresos y gastos anuales, es decir, el flujo de caja.
- Valor actual neto (VAN): valor de los flujos de caja esperados a lo largo de la vida del proyecto ("n" años) y actualizados al momento de inicio del proyecto. Se ha utilizado como tasa de actualización el "Coeficiente de descuento" (t). Un valor con signo positivo del VAN, implica que el proyecto genera valor.

$$VAN = -Inversión + \sum_{t=1}^n \frac{FlujosCaja}{(1+t)^n}$$

- Índice de enriquecimiento (VAN/Inversión inicial) o *Profitability Index* (PI): se calcula como la relación entre el VAN y la inversión inicial (fondos propios más préstamo). Si este valor es mayor de cero, será indicativo de rentabilidad de la inversión para toda la vida del proyecto.
- Tasa interna de retorno (TIR): es la tasa de descuento con la que el VAN es igual a cero. Se utiliza para decidir sobre la aceptación o no de un proyecto de inversión.
- Período de retorno o *Payback period*: es el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial. Se calcula como la relación entre el desembolso inicial (fondos propios más préstamo) y el EBITDA. Cuando el EBITDA tiene un valor con signo negativo o el tiempo de recuperación es mayor que la vida del proyecto, no existe valor de "periodo de retorno" y se avisa al usuario indicando ">15 años" u otro valor utilizado como vida útil del proyecto de inversión. En este último caso no se recuperaría la inversión antes de que la vida útil del proyecto llegue a su fin.

$$PR = \frac{(FFPP + D)}{EBITDA}$$

Siendo:

FFPP = fondos propios

D = deuda o préstamo

EBITDA = Beneficio bruto de explotación o beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones

- Coeficiente de descuento (t) o *Weighted Average Cost of Capital* (WACC): es la tasa de descuento que se utiliza en la herramienta para actualizar los flujos de caja esperados del proyecto de inversión durante la vida útil del proyecto. Este coeficiente es un promedio ponderado entre un coste (el coste de la deuda o préstamo) y una rentabilidad

exigida (K_e). Este coeficiente se utiliza para el cálculo del VAN y TIR. A continuación se incluye la fórmula para el cálculo del coeficiente de descuento. En este cálculo se excluye la subvención.

$$WACC = K_e \cdot \frac{FFPP}{FFPP + D} + K_d \cdot (1 - T) \cdot \frac{D}{FFPP + D}$$

Siendo:

K_e = tipo de retorno sobre fondos propios

K_d = tasa de interés de la deuda o préstamo

T = tasa de impuestos a las ganancias. Se incluyen los impuestos ya que tienen un beneficio fiscal. Como los intereses de la deuda son deducibles del impuesto de sociedades, se debe multiplicar " K_d " por uno menos la tasa impositiva para tener en cuenta el ahorro fiscal que ello conlleva

FFPP = fondos propios

D = deuda o préstamo

En relación con el cálculo del "Coeficiente de descuento", el usuario puede modificar el "Tipo de interés del préstamo", la "Parte o porcentaje de fondos propios de la inversión" y la "Parte o porcentaje de préstamo". Sin embargo, el usuario no puede modificar los siguientes datos que influyen en el cálculo del "Coeficiente de descuento" y que han sido fijados para simplificar el uso de la herramienta:

Tipo de retorno sobre fondos propios (K_e): 12 %

Tasa impositiva (T): 30%

- Coeficiente de recuperación de capital o *Capital Recovery Factor (CRF)*: es el coeficiente de descuento actualizado a la vida útil del proyecto (siendo " n " los años de vida útil de la inversión). A continuación se incluye la fórmula para su cálculo.

$$K_a = \frac{t \cdot (1 + t)^n}{(1 + t)^n - 1}$$

Análisis de viabilidad medioambiental

Se incluyen los siguientes parámetros:

- Energía primaria obtenida a partir de la valorización del biogás: es la energía renovable a partir del biogás valorizado en forma de calor, electricidad o biometano, según escenario seleccionado. No se incluye en esta energía primaria, la energía utilizada para calefacción de digestores.
- Ahorro de emisiones de CO_2 : se calcula a partir de la energía primaria obtenida y un factor de ahorro de emisiones un factor de 278 gCO_2/kWh .

- Ahorro en fertilizantes de síntesis: el valor incluido es el contenido en nitrógeno total anual en el digerido producido. Se considera que este es el ahorro potencial en nitrógeno total que podría reemplazar nitrógeno procedente de fuentes no renovables.
- Aprovechamiento del digerido en zona "Vulnerable" o "No vulnerable" a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias. En función de la selección realizada por el usuario, aparecerá una indicación u otra en el informe.
- Superficie de cultivo requerida para aplicación de digerido: hectáreas de parcelas agrícolas requeridas para aprovechar el nitrógeno del digerido, obtenido tras la producción de biogás, en la fertilización de cultivos (cereales, maíz, etc.).

Visión general.

Incluye gráficos para cada escenario sobre la "Inversión" total del proyecto, el "Periodo de retorno de la inversión", el "Ahorro de emisiones de CO₂-eq" y la "Energía autoconsumida (necesidades de energía/producción a partir de biogás)". Esta última, en el caso de que el usuario haya seleccionado como escenario "autoconsumo" de la energía producida a partir del biogás. Los diferentes escenarios de uso del biogás (caldera, cogeneración, etc.) están indicados en el eje de ordenadas como "Uso".

Si el "Periodo de retorno" es superior a la vida útil del proyecto, el gráfico proporcionado aparecerá vacío. Por otra parte, el gráfico "Energía Autoconsumida" aparecerá vacío si no se realiza autoconsumo de la energía producida en ningún escenario seleccionado por el usuario.

Para diferenciar los porcentajes de energía autoconsumidos bien sea eléctrica o térmica, en el gráfico correspondiente a "Energía autoconsumida" aparecen las siguientes abreviaturas:

e=energía eléctrica

t=energía térmica

2.2. Resumen de sustratos

El resumen de sustratos introducidos por el usuario en el estudio en cuestión y la composición de la mezcla final introducida en el digestor conforma el segundo documento pdf que acompaña cada estudio.

En particular, las propiedades y datos incluidos para cada sustrato son las siguientes:

- Cantidad (t/año): toneladas de materia fresca del sustrato introducidas en el digestor.
- Coste (€/año): coste del sustrato en sí por unidad de masa (toneladas materia fresca). Un valor con signo negativo indica que adquirir el material supone un ingreso para la planta de biogás.
- Distancia (km): distancia entre dónde se localiza el sustrato y la planta de biogás.
- MS (%): porcentaje de materia seca respecto a la materia fresca del sustrato.
- MO/MS (%): porcentaje de materia orgánica respecto a la materia seca del sustrato.
- MOD/MO (%): porcentaje de materia orgánica que se degrada en la producción de biogás respecto a la materia orgánica inicial del sustrato.
- CH_4/MO ($\text{m}^3\text{CH}_4/\text{t}_{\text{MO}}$): potencial de producción de metano del sustrato por unidad de masa (toneladas de materia orgánica) del sustrato.
- CH_4 (%): porcentaje de metano en el biogás producido a partir del sustrato.
- N (kgN/t): contenido en nitrógeno total del sustrato por unidad de masa (toneladas de materia fresca).
- Relación C/N (-): relación carbono-nitrógeno del sustrato.
- N-NH_4^+ (kgN/t): contenido en nitrógeno amoniacal del sustrato por unidad de masa (toneladas de materia fresca).

El cálculo de la relación C/N total en la mezcla se obtiene a partir de la cantidad total de materia orgánica procesada y se realiza una estimación del carbono contenido en la mezcla. Posteriormente, con este dato de carbono de la mezcla y el contenido total de nitrógeno de la mezcla, se obtiene el ratio C/N.