



Primera convocatoria de ayudas para instalaciones de generación eléctrica a partir de fuentes renovables en las Illes Balears, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU (Orden TED/448/2023)

GUÍA PARA LA JUSTIFICACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Índice

1	Motivación.....	3
2	Acreditación de la reducción de emisiones de GEI en las instalaciones de biogás	3
3	Descripción de la metodología de cálculo del Anexo VI de la Directiva (EU) 2018/2001	5
3.1	Cálculo de las emisiones de GEI del biogás antes de la conversión	5
3.2	Cálculo de las emisiones de GEI del biogás tras la conversión en electricidad y/o calor y frío	7
3.3	Cálculo de la reducción de emisiones de GEI del biogás.....	8
4	Ejemplos de cálculo	9
4.1	Datos generales	9
4.2	Ejemplo 1.....	9
4.2.1	Descripción general	9
4.2.2	Datos necesarios para el cálculo de la reducción de emisiones de GEI	10
4.2.3	Cálculo de la reducción de emisiones.....	10
4.3	Ejemplo 4.....	13
4.3.1	Descripción general	14
4.3.2	Datos necesarios para el cálculo de la reducción de emisiones de GEI obteniendo un valor por defecto para la codigestión	14
4.3.3	Cálculo de la reducción de emisiones.....	14
5	Determinación de las características de un sustrato compuesto de varias materias primas	16
6	Modelos de declaraciones responsables.....	19

1 Motivación

En la disposición quinta de la Resolución de 18 de mayo de 2023 del Consejo de Administración de E.P.E. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), M.P. por la que se establece la primera convocatoria de ayudas para instalaciones de generación eléctrica a partir de fuentes renovables en las Illes Balears, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, financiado por la Unión Europea-NextGenerationEU, establece que para ser subvencionables, las instalaciones de biogás deberán lograr una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de, al menos, un 80 %, a fin de que se alcance un “Coeficiente para el cálculo de la ayuda a los objetivos climáticos” del 100%, de acuerdo con lo establecido el Anexo VI del Reglamento (UE) 2021/241, de 12 de febrero de 2021 por el que se establece el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia.

Asimismo, de acuerdo con el apartado m) de la Disposición decimoquinta de la mencionada convocatoria, para las instalaciones de biogás se aportará:

“Una memoria firmada por un técnico competente donde, para las condiciones previstas para el conjunto del proyecto objeto de la solicitud, de acuerdo con la metodología del Anexo VI de la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, se justifique que la reducción de gases de efecto invernadero es igual o superior al 80 % en el caso de producir electricidad (se pondrá a disposición de los interesados una guía para la realización de esta memoria). Esta memoria no será necesaria en el caso de que el proyecto se ajuste en su totalidad, en cuanto a sistema de producción y opción tecnológica, a alguno de los valores por defecto señalados en la parte A del citado anexo superando el ahorro de emisiones indicado, en cuyo caso se presentará una declaración responsable (se pondrá a disposición de los interesados en la página web del IDAE).”

2 Acreditación de la reducción de emisiones de GEI en las instalaciones de biogás

En las instalaciones de biogás pueden darse los siguientes supuestos:

- a) En el caso de que **el proyecto se ajuste en su totalidad**, en cuanto a sistema de producción y opción tecnológica, a alguno de los valores por defecto señalados en la parte A del Anexo VI de la Directiva (UE) 2018/2001 y presente un valor por defecto de reducción de emisiones de GEI del 80% o superior en el caso de producir electricidad, según los establecidos en el citado Anexo, será suficiente con presentar **una declaración responsable de que se cumple con dicha reducción**, indicando la descripción del sustrato o sustratos y el valor o los valores por defecto (consultar modelos en el Anexo I de esta guía).

Atendiendo al Anexo VI de la Directiva (UE) 2018/2001, los casos que sí cumplen con este requisito se detallan a continuación:

Biogás para electricidad:

Estiércol húmedo, casos 1, 2 y 3¹, digestato en abierto y en cerrado².

Aclaración sobre el uso de los valores por defecto

La Comisión Europea ha aclarado que, aunque el sistema de producción de biogás relativo al estiércol en el Anexo VI es el correspondiente a “estiércol húmedo” (ya que ese es el tipo de sustrato considerado por el JRC en el cálculo de las emisiones), **los valores por defecto incluidos en el Anexo VI en el caso correspondiente a “estiércol húmedo” pueden ser aplicados a cualquier tipo de estiércol (cualquier tipo de deyección ganadera).**

Estos valores por defecto no se pueden aplicar si se realiza codigestión con un sustrato que no tenga valor por defecto. Si se trata de codigestión de materias primas que sí tienen valores por defecto en el Anexo VI puede determinarse un valor por defecto aplicable a la mezcla (ver ejemplo 4).

- b) En el caso de que **el proyecto no se ajuste en su totalidad**, en cuanto a sistema de producción y opción tecnológica, a ninguno de los valores por defecto señalados en la parte A del Anexo VI de la Directiva (UE) 2018/2001 **o bien no presente un valor por defecto** de reducción de emisiones de GEI del 80% o superior en el caso de producir electricidad, se aportará **una memoria firmada por un técnico competente**. En dicha memoria se deberá justificar, para las condiciones previstas para el conjunto del proyecto objeto de la solicitud, de acuerdo con la metodología del Anexo VI, que la reducción de gases de efecto invernadero es igual o superior al 80 % en el caso de producir electricidad.

A continuación, se explica brevemente esa metodología y se presentan varios ejemplos de cálculo de la reducción de emisiones de GEI.

¹ 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. Este caso es el de algunas instalaciones en las que el motor de cogeneración no se encuentra in situ y el biogás se vende (sin enriquecerlo para convertirlo en biometano).

² El almacenamiento en abierto del digestato comporta emisiones adicionales de CH₄ y N₂O. La magnitud de esas emisiones varía según las condiciones ambientales, los tipos de sustrato y la eficiencia de la digestión.

El almacenamiento en cerrado significa que el digestato resultante del proceso de digestión se almacena en un tanque hermético y se da por supuesto que el biogás adicional liberado durante el almacenamiento se recupera para la producción adicional de electricidad o biometano. No hay emisiones de GEI incluidas en ese proceso.

3 Descripción de la metodología de cálculo del Anexo VI de la Directiva (EU) 2018/2001

En el Anexo VI, al igual que en el resto de la directiva se utiliza la denominación “combustibles de biomasa” para los combustibles gaseosos o sólidos producidos a partir de biomasa. Es decir, el biogás y el biometano entran en el ámbito de los combustibles de biomasa. En la descripción de la metodología que se incluye aquí se ha transcrito lo establecido en la directiva y, por ello, aparece la expresión genérica “combustibles de biomasa” en la que, como se ha indicado, se incluyen tanto el biogás como el biometano.

3.1 Cálculo de las emisiones de GEI del biogás antes de la conversión

De acuerdo con lo indicado en el punto 1.a) de la parte B del Anexo VI, las emisiones de GEI procedentes de la producción y el uso de combustibles de biomasa antes de su conversión en electricidad, calefacción y refrigeración, se calcularán con la fórmula siguiente:

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr}$$

siendo:

E = las emisiones totales procedentes de la producción del combustible antes de la conversión energética.

e_{ec} = las emisiones procedentes de la extracción o del cultivo de las materias primas.

e_l = las emisiones anualizadas procedentes de las modificaciones en las reservas de carbono causadas por el cambio en el uso de la tierra.

e_p = las emisiones procedentes de la transformación.

e_{td} = las emisiones procedentes del transporte y la distribución.

e_u = las emisiones procedentes del combustible durante su consumo.

e_{sca} = la reducción de emisiones derivada de la acumulación de carbono en el suelo mediante una mejora de la gestión agrícola.

e_{ccs} = la reducción de emisiones derivada de la captura y almacenamiento geológico del CO₂.

e_{ccr} = la reducción de emisiones derivada de la captura y sustitución del CO₂.

No se tendrán en cuenta las emisiones procedentes de la fabricación de maquinaria y equipos.

Todos estos términos se calcularán de acuerdo con lo establecido para cada uno de ellos en el apartado B del Anexo VI.

El cálculo de las emisiones antes de la conversión, E , se realizará utilizando factores de emisión obtenidos a partir de las fuentes utilizadas por la Comisión Europea para el desarrollo de la metodología del Anexo VI, como el documento *Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions* del Joint Research Centre (JRC), el archivo Excel *Biogas_and_solid_biomass_database_jrc_red-recast_v1a* que acompaña a dicho documento, las fuentes citadas en ambos y los documentos del proyecto Biograce, o bien otras fuentes robustas como los informes más recientes de entidades relevantes a estos efectos tales como el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) o la Agencia Internacional de la Energía (AIE), los informes del Joint Research Centre (JRC), documentos científicos sometidos a revisión por pares procedentes de

publicaciones relevantes (con factor de impacto superior a 3: $IF >3$), o fuentes equivalentes debidamente referenciadas.

De acuerdo con el punto 5 del Anexo VI, las emisiones procedentes de la extracción, recolección o cultivo de las materias primas, e_{ec} , incluirán las emisiones procedentes del proceso de extracción, recolección o cultivo propiamente dicho; de la recogida, el secado y el almacenamiento de las materias primas; de los residuos y pérdidas, y de la producción de sustancias químicas o productos utilizados en la extracción o el cultivo. Las estimaciones de las emisiones procedentes del cultivo y cosecha de biomasa forestal podrán elaborarse a partir de medias de tales emisiones calculadas para zonas geográficas a nivel nacional, como alternativa a la utilización de valores reales.

Tal como se recoge en el punto 18, se considerará que los residuos y desechos, incluidas las copas de árboles y ramas, la paja, las cortezas, peladuras y cáscaras de frutos secos, así como los desechos de la transformación, incluidos la glicerina en crudo (no refinada) y el bagazo, son materiales sin emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida hasta su recogida, independientemente de si son transformados en productos intermedios antes de su transformación en producto final. Por tanto, para todas estas materias primas, el término e_{ec} es cero.

Según se establece en el punto 11, las emisiones procedentes de la transformación, e_p , incluirán las emisiones procedentes de la transformación propiamente dicha, de los residuos y pérdidas, y de la producción de sustancias químicas o productos utilizados en transformación con inclusión de las emisiones de CO_2 correspondientes al contenido de carbono de los insumos fósiles, se produzca o no la combustión de estas durante el proceso.

Para calcular el consumo de electricidad no producida en la instalación de producción de combustibles de biomasa sólidos o gaseosos, se considerará que la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la producción y distribución de esa electricidad es igual a la intensidad media de las emisiones procedentes de la producción y distribución de electricidad en una región determinada. Como excepción a esta regla, los productores podrán utilizar un valor medio para la electricidad producida en una determinada instalación de producción de electricidad, si dicha instalación no está conectada a la red eléctrica. Las emisiones procedentes de la transformación incluirán las emisiones procedentes del secado de productos y materiales intermedios, cuando proceda.

Las emisiones procedentes del transporte y la distribución, e_{td} , tal como se señala en el punto 12, incluirán las emisiones procedentes del transporte de materias primas y semiacabadas y del almacenamiento y la distribución de materias acabadas. Las emisiones procedentes del transporte y la distribución que deben tenerse en cuenta para el cálculo de e_{ec} no estarán cubiertas por el término e_{td} .

De acuerdo con el punto 13, las emisiones de CO_2 procedentes del combustible durante su consumo, e_u , se considerarán nulas para los combustibles de biomasa. Las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 (CH_4 y N_2O) procedentes del combustible durante su consumo se incluirán en el factor e_u .

En el cálculo de las emisiones, E , tal como se señala en el artículo 31.1.d) de la directiva, se pueden utilizar los valores por defecto desagregados del Anexo VI, parte C, para algunos factores, si existen para las cadenas de producción consideradas, y valores reales calculados de conformidad con el método establecido en el Anexo VI, parte B, para todos los demás factores.

Estas **emisiones de GEI procedentes de combustibles de biomasa, E** , se expresan en **gramos equivalentes de CO_2 por MJ de combustible de biomasa (biogás/biometano), $g CO_{2eq}/MJ$** .

3.2 Cálculo de las emisiones de GEI del biogás tras la conversión en electricidad y/o calor y frío

De acuerdo con lo indicado en el punto 1.d) de la parte B del Anexo VI, en el caso de la utilización del biogás para la producción de electricidad, las emisiones de GEI tras la conversión energética en la electricidad producida, se calculará con la fórmula siguiente:

i) En el caso de las instalaciones energéticas que produzcan solamente electricidad:

$$EC_{el} = \frac{E}{\eta_{el}}$$

donde

EC_{el} = las emisiones totales de gases de efecto invernadero del producto energético final.

E = las emisiones totales de gases de efecto invernadero del combustible antes de la conversión final.

η_{el} = la eficiencia eléctrica, definida como la electricidad producida anualmente dividida por la aportación anual de combustible, sobre la base de su contenido energético.

ii) En el caso de electricidad o energía mecánica procedentes de instalaciones energéticas que produzcan calor útil junto con electricidad y/o energía mecánica:

$$EC_{el} = \frac{E}{\eta_{el}} \times \left(\frac{C_{el} \times \eta_{el}}{C_{el} \times \eta_{el} + C_h \times \eta_h} \right)$$

siendo:

EC_{el} = las emisiones totales de gases de efecto invernadero del producto energético final.

E = las emisiones totales de gases de efecto invernadero del combustible antes de la conversión final.

η_{el} = la eficiencia eléctrica, definida como la electricidad producida anualmente dividida por la aportación anual de energía, sobre la base de su contenido energético.

η_h = la eficiencia térmica, definida como la producción anual de calor útil dividida por la aportación anual de energía, sobre la base de su contenido energético.

C_{el} = la fracción de exergía en la electricidad y/o la energía mecánica, fijada en el 100 % ($C_{el} = 1$).

C_h = la eficiencia de Carnot (fracción de exergía en el calor útil).

La eficiencia de Carnot C_h , para el calor útil a diferentes temperaturas, se define como:

$$C_h = \frac{T_h - T_0}{T_h}$$

siendo:

T_h = la temperatura, medida en temperatura absoluta (kelvin), del calor útil en el punto de entrega.

T_0 = la temperatura del ambiente, fijada a 273,15 kelvin (igual a 0 °C).

Si el calor excedentario se exporta para la calefacción de edificios a una temperatura inferior a 150 °C (423,15 kelvin), C_h puede definirse de forma alternativa del modo siguiente:

C_h = Eficiencia de Carnot en calor a 150 °C (423,15 kelvin), que es 0,3546.

A efectos de ese cálculo, se entenderá por:

- i) «cogeneración»: la generación simultánea de energía térmica y eléctrica y/o mecánica en un solo proceso.
- ii) «calor útil»: el calor generado para satisfacer una demanda económicamente justificable de calor a efectos de calefacción o refrigeración.
- iii) «demanda económicamente justificable»: la demanda que no supera las necesidades de calor o refrigeración y que, en otro caso, sería satisfecha en condiciones de mercado.

Estas **emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la calefacción o la electricidad**, producida a partir de combustibles de biomasa, **EC**, se expresan en **gramos equivalentes de CO₂ por MJ del producto energético final (calor o electricidad)**, g CO_{2eq}/MJ.

Cuando la calefacción y la refrigeración se cogeneren con electricidad, las emisiones se repartirán entre el calor y la electricidad (según lo expuesto en este apartado), con independencia de que el calor se use realmente para calefacción o para refrigeración.

3.3 Cálculo de la reducción de emisiones de GEI del biogás

De acuerdo con lo indicado en el punto 3 de la parte B del Anexo VI, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero procedente de combustibles de biomasa se calculará como sigue:

- a) reducción de emisiones de gases de efecto invernadero procedente de la **electricidad** generada a partir de combustibles de biomasa:

$$REDUCCIÓN = \frac{EC_{F(el)} - EC_{B(el)}}{EC_{F(el)}}$$

siendo:

$EC_{B(el)}$ = las emisiones totales procedentes de la electricidad.

$EC_{F(e)}$ = las emisiones totales del combustible fósil de referencia para la electricidad.

Según se indica en el punto 19 del Anexo VI, los valores del combustible fósil de referencia son los siguientes:

- Para los combustibles de biomasa utilizados en la producción de electricidad el valor del combustible fósil de referencia $EC_{F(e)}$ será 183 g CO_{2eq}/MJ de electricidad o 212 g CO_{2eq}/MJ de electricidad para las regiones ultraperiféricas.

4 Ejemplos de cálculo

Se muestran cuatro ejemplos con el fin de ilustrar el procedimiento de cálculo en distintas situaciones.

Estos ejemplos no constituyen una fuente de datos para los operadores económicos que deban realizar los cálculos de emisiones. Las fuentes que deben utilizarse para los datos y factores de emisión son las indicadas en el apartado 3.1 de este documento.

4.1 Datos generales

En los ejemplos que se muestran a continuación se utilizan los siguientes datos generales:

- Densidad del CH_4 : 0,717 kg/ m^3 .
- Contenido energético del CH_4 : 50 MJ/kg = 35,85 MJ/ m^3 .
- Densidad del CO_2 : 1,977 kg/ m^3 .
- Equivalencia en CO_2 del CH_4 : 25 g CO_{2eq}/g CH_4 .
- Equivalencia en CO_2 del N_2O : 298 g CO_{2eq}/g N_2O .

4.2 Ejemplo 1

Este ejemplo corresponde a un sistema de producción de biogás para electricidad para el que el valor por defecto de la reducción de emisiones de GEI establecido en el Anexo VI de la Directiva (UE) 2018/2001 es menor del 80%.

Se considera una instalación de producción de electricidad mediante un equipo de cogeneración que utiliza biogás producido a partir de biorresiduos. La electricidad y el calor necesarios para el proceso se obtienen del propio motor de cogeneración. El digerido resultante del proceso se almacena en un almacenamiento cerrado.

El sistema de producción del Anexo VI en el que se enmarca esta instalación es el siguiente: Biorresiduos, caso 1, digestato en cerrado. El valor por defecto de la reducción de emisiones de GEI de esta cadena para producción de electricidad es 78%.

4.2.1 Descripción general

Los biorresiduos son transportados a la planta y procesados en el digestor. El digerido resultante se almacena en un almacenamiento cerrado y el biogás generado allí es captado e incorporado junto con el procedente del digestor. El biogás total producido se introduce en el equipo de cogeneración, del que se obtienen la

electricidad y el calor necesarios para el proceso. El resto de la electricidad generada constituye el producto energético final considerado.

4.2.2 Datos necesarios para el cálculo de la reducción de emisiones de GEI

Datos correspondientes al suministro de materias primas

- Cantidad anual de biorresiduos: 25.534 t.
- Distancia media ponderada de transporte de los biorresiduos: 15 km.
- Factor de emisión del transporte en camiones diésel de 40 t (estándar Euro de los vehículos no conocido): 80,65 gCO_{2eq}/t.km (fuente: JRC³).

Datos correspondientes a la planta de producción de biogás y al equipo de cogeneración para producción de electricidad

- Contenido energético del biogás producido: 21 MJ/m³.
- Biogás producido total (digestor + almacenamiento): 4.118.723,85 m³ = 88.593.750 MJ.
- Eficiencia eléctrica del equipo de cogeneración: 36%.
- Electricidad total producida: 31.893.750 MJ = 8.859.375 kWh.
- Electricidad consumida en el proceso: 984.375 kWh.
- Electricidad neta generada: 7.875.000 kWh = 28.350.000 MJ.
- Eficiencia eléctrica neta de la conversión (electricidad producida anualmente dividida por la aportación anual de combustible, sobre la base de su contenido energético), η_{el} : 32%.
- Factor de emisión de CH₄ en cogeneración: 0,017 MJ CH₄/MJ biogás (fuente: JRC⁴).
- Factor de emisión de N₂O en cogeneración: 0,00141 g N₂O/MJ biogás (fuente: JRC⁵).

4.2.3 Cálculo de la reducción de emisiones

Consideraciones generales

Teniendo en cuenta que la producción se realiza a partir de residuos, las emisiones hasta su recogida son cero. Por tanto, el término e_{ec} es cero.

La electricidad y el calor necesarios para el proceso son suministrados por el equipo de cogeneración, cuyas emisiones se contabilizan en el término e_u . El digerido se almacena en un almacenamiento cerrado y el biogás generado es captado e incorporado junto con el procedente del digestor, por lo que no hay emisiones asociadas al almacenamiento del digerido. Al no haber otras operaciones que conlleven emisiones relacionadas con el proceso, en este caso el término e_p es cero.

³ Factor de emisión para camiones de 40 t (carga máxima, 27 t; peso del tanque, 1 t) obtenido a partir de los valores recogidos en el archivo Excel *Biogas_and_solid_biomass_database_jrc_red-recast_v1a* que acompaña al documento *Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions* del JRC para los consumos y emisiones promedio de camiones de más de 32 t (considerando todos los estándares Euro).

⁴ Tabla 39, página 53, del documento *Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions* del JRC.

⁵ Tabla 39, página 53, del documento *Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions* del JRC.

Además, no son aplicables las emisiones debido a un cambio en el uso de la tierra ni las reducciones de emisiones derivadas de la acumulación de carbono en el suelo mediante una mejora de la gestión agrícola, de la captura y almacenamiento geológico del CO₂ y de la captura y sustitución del CO₂. Por tanto, los términos e_l , e_{sca} , e_{ccs} y e_{ccr} también son cero.

Los únicos términos de la fórmula de cálculo de E requeridos para esta planta son e_{td} y e_u .

Como se ha indicado anteriormente, este ejemplo corresponde a una de las cadenas de producción para las que hay valores por defecto desagregados en el Anexo VI. Por ello, con el fin de ilustrar las distintas vías posibles para obtener los valores de las emisiones, se muestran dos opciones en relación con la determinación de los términos e_{td} y e_u .

- Opción 1: Utilización del valor por defecto desagregado incluido en el Anexo VI.
- Opción 2: Cálculo de un valor real.

Cálculo de e_{td}

a) Obtención de e_{td} con la opción 1 (valor por defecto desagregado)

En el caso de utilizar el valor por defecto desagregado para el transporte, este ejemplo corresponde al siguiente sistema de producción del Anexo VI: Biorresiduos, caso 1, digestato en cerrado. En la parte C de dicho anexo se indica el siguiente valor por defecto de las emisiones debidas al transporte y la distribución, e_{td} :

$$e_{td} = 0,5 \text{ g } CO_{2eq}/MJ$$

b) Obtención de e_{td} con la opción 2 (valor real calculado)

Si se calcula el valor real, el término e_{td} se obtiene a partir de los datos de suministro de biorresiduos:

$$e_{td} = \frac{25.534 \times 15 \times 80,65}{88.593.750} = 0,35 \text{ g } CO_{2eq}/MJ$$

Cálculo de e_u

a) Obtención de e_u con la opción 1 (valor por defecto desagregado)

En el caso de utilizar el valor por defecto desagregado para la utilización, este ejemplo corresponde al siguiente sistema de producción del Anexo VI: Biorresiduos, caso 1, digestato en cerrado. En la parte C de dicho anexo se indica el siguiente valor por defecto de las emisiones debidas al transporte y la distribución, e_u :

$$e_u = 12,5 \text{ g } CO_{2eq}/MJ$$

b) Obtención de e_u con la opción 2 (valor real calculado)

Si se calcula el valor real, el término e_u se obtiene a partir de los factores de emisión de CH_4 y N_2O en la cogeneración:

$$e_u = \frac{0,017 \times 1.000 \times 25}{50} + (0,00141 \times 298) = 8,92 \text{ g } CO_{2eq}/MJ$$

Cálculo de las emisiones totales antes de la conversión en electricidad (E)

Se muestran a continuación las distintas opciones de combinación de valores reales y por defecto:

- Valor e_{td} real y valor e_u por defecto.
- Valor e_{td} por defecto y valor e_u real.
- Valor e_{td} real y valor e_u real.

a) Valor e_{td} real y valor e_u por defecto

El valor de E se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$E = e_{td} + e_u = 0,35 + 12,5 = 12,85 \text{ g } CO_{2eq}/MJ$$

b) Valor e_{td} por defecto y valor e_u real

El valor de E se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$E = e_{td} + e_u = 0,5 + 8,92 = 9,42 \text{ g } CO_{2eq}/MJ$$

c) Valor e_{td} real y valor e_u real

El valor de E se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$E = e_{td} + e_u = 0,35 + 8,92 = 9,27 \text{ g } CO_{2eq}/MJ$$

Cálculo de la reducción de emisiones

Seguidamente se presentan los cálculos de las emisiones tras la conversión en electricidad (EC_{el}) y de la reducción de emisiones para los tres casos considerados en el cálculo de E.

a) Valor e_{td} real y valor e_u por defecto

El valor de EC_{el} se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$EC_{el} = \frac{E}{\eta_{el}} = \frac{12,85}{32\%} = 40,16 \text{ g } CO_{2eq}/MJ \text{ de electricidad}$$

La reducción de emisiones se obtiene como se indica a continuación:

$$REDUCCIÓN = \frac{ECF_{el} - EC_{el}}{ECF_{el}} = \frac{183 - 40,16}{183} = 78,05\%$$

b) Valor e_{td} por defecto y valor e_u real

El valor de EC_{el} se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$EC_{el} = \frac{E}{\eta_{el}} = \frac{9,42}{32\%} = 29,44 \text{ g } CO_{2eq}/MJ \text{ de electricidad}$$

La reducción de emisiones se obtiene como se indica a continuación:

$$REDUCCIÓN = \frac{ECF_{el} - EC_{el}}{ECF_{el}} = \frac{183 - 29,44}{183} = 83,91\%$$

c) Valor e_{td} real y valor e_u real

El valor de EC_{el} se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$EC_{el} = \frac{E}{\eta_{el}} = \frac{9,27}{32\%} = 28,97 \text{ g } CO_{2eq}/MJ \text{ de electricidad}$$

La reducción de emisiones se obtiene como se indica a continuación:

$$REDUCCIÓN = \frac{ECF_{el} - EC_{el}}{ECF_{el}} = \frac{183 - 28,97}{183} = 84,17\%$$

4.3 Ejemplo 4

En este ejemplo se muestra cómo calcular la reducción de emisiones en el caso de realizar codigestión de sustratos para los que individualmente existan valores por defecto en el Anexo VI de la Directiva 2018/2001 obteniendo a partir de ellos un valor por defecto antes de la conversión para la codigestión.

Se considera una instalación de producción de electricidad mediante un equipo de cogeneración que utiliza biogás producido a partir de biorresiduos y estiércol húmedo (purines vacunos). La electricidad y el calor necesarios para el proceso se obtienen del propio motor de cogeneración. El digerido resultante del proceso se almacena en un almacenamiento abierto.

En el Anexo VI hay valores por defecto para ambos sustratos (biorresiduos y estiércol húmedo) y para ese sistema de producción (caso 1, digestato en abierto).

Para los sistemas de producción por separado, en el caso de los biorresiduos, el valor por defecto de reducción de emisiones que se indica en la parte A del Anexo VI es el 26% mientras que para el estiércol es el 94%

4.3.1 Descripción general

Los biorresiduos y el estiércol son transportados a la planta y procesados en el digestor. El digerido resultante se almacena en un almacenamiento abierto. El biogás producido se introduce en el equipo de cogeneración, del que se obtienen la electricidad y el calor necesarios para el proceso. El resto de la electricidad generada constituye el producto energético final considerado.

4.3.2 Datos necesarios para el cálculo de la reducción de emisiones de GEI obteniendo un valor por defecto para la codigestión

Datos correspondientes a los biorresiduos

- Cantidad anual de biorresiduos, I_b : 8.746 t.
- Humedad media anual de los biorresiduos, AM_b : 0,81.
- Humedad estándar de los biorresiduos (punto b) de la parte B del Anexo VI), SM_b : 0,76.
- Rendimiento energético de los biorresiduos (punto b) de la parte B del Anexo VI), P_b : 3,41 MJ biogás/kg biorresiduos.
- Emisiones por defecto de los biorresiduos (parte D del Anexo VI), E_b : 44 g CO_{2eq}/MJ.

Datos correspondientes al estiércol

- Cantidad anual de estiércol, I_e : 123.256 t.
- Humedad media anual del estiércol, AM_e : 0,84.
- Humedad estándar del estiércol (punto b) de la parte B del Anexo VI), SM_e : 0,90.
- Rendimiento energético del estiércol (punto b) de la parte B del Anexo VI), P_e : 0,5 MJ biogás/kg estiércol.
- Emisiones por defecto del estiércol (parte D del Anexo VI), E_e : 3 g CO_{2eq}/MJ.

Datos correspondientes al equipo de cogeneración

- Eficiencia eléctrica neta de la conversión (electricidad producida anualmente dividida por la aportación anual de combustible, sobre la base de su contenido energético), η_{el} : 32%.

4.3.3 Cálculo de la reducción de emisiones

Cálculo de los factores de ponderación de los sustratos

Los factores de ponderación de los sustratos se obtienen, según se indica en el punto b) de la parte B del Anexo VI, con la fórmula que se muestra a continuación:

$$W_n = \frac{I_n}{\sum_1^n I_n} \times \left(\frac{1 - AM_n}{1 - SM_n} \right)$$

Por tanto, el factor de ponderación de los biorresiduos es el siguiente:

$$W_b = \frac{I_b}{I_b + I_e} \times \left(\frac{1 - AM_b}{1 - SM_b} \right) = \frac{8.746}{8.746 + 123.256} \times \left(\frac{1 - 0,84}{1 - 0,90} \right) = 0,0525$$

De forma análoga, el factor de ponderación del estiércol es el siguiente:

$$W_e = \frac{I_e}{I_b + I_e} \times \left(\frac{1 - AM_e}{1 - SM_e} \right) = \frac{123.256}{8.746 + 123.256} \times \left(\frac{1 - 0,81}{1 - 0,76} \right) = 1,494$$

Cálculo de las partes correspondientes a las distintas materias primas en el contenido energético

Estos valores se obtienen, según se indica en el punto b) de la parte B del Anexo VI, con la fórmula que se muestra a continuación:

$$S_n = \frac{P_n \times W_n}{\sum_1^n P_n \times W_n}$$

Por tanto, la parte correspondiente a los biorresiduos en el contenido energético es la siguiente:

$$S_b = \frac{P_b \times W_b}{(P_b \times W_b) + (P_e \times W_e)} = \frac{3,41 \times 0,0525}{(3,41 \times 0,0525) + (0,5 \times 1,494)} = 0,19$$

De forma análoga, la parte correspondiente al estiércol en el contenido energético es la siguiente:

$$S_e = \frac{P_e \times W_e}{(P_b \times W_b) + (P_e \times W_e)} = \frac{0,5 \times 1,494}{(3,41 \times 0,0525) + (0,5 \times 1,494)} = 0,81$$

Cálculo de las emisiones por defecto para la codigestión antes de la conversión

De acuerdo con lo indicado en el punto b) de la parte B del Anexo VI, el valor por defecto de las emisiones para el biogás procedente de la codigestión antes de la conversión a electricidad se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$E = \sum_1^n S_n \times E_n = (S_b \times E_b) + (S_e \times E_e) = (0,19 \times 44) + (0,81 \times 3) = 10,92 \text{ g } CO_{2eq}/MJ$$

Cálculo de la reducción de emisiones

El valor de EC_{el} se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$EC_{el} = \frac{E}{\eta_{el}} = \frac{10,92}{32\%} = 34,13 \text{ g } CO_{2eq}/MJ \text{ de electricidad}$$

La reducción de emisiones se obtiene como se indica a continuación:

$$REDUCCIÓN = \frac{ECF_{el} - EC_{el}}{ECF_{el}} = \frac{183 - 34,13}{183} = 81,35\%$$

5 Determinación de las características de un sustrato compuesto de varias materias primas

Para llevar a cabo el cálculo de las emisiones del proceso, y particularmente las relativas al almacenamiento en abierto del digerido, es preciso conocer determinadas características del sustrato utilizado.

Dichas propiedades pueden obtenerse mediante los análisis adecuados o, en caso de no disponer de mediciones analíticas específicas, a partir de datos procedentes de fuentes bibliográficas.

Dada la gran cantidad de combinaciones posibles de materias primas, habitualmente resultará difícil encontrar datos en la bibliografía que se refieran a la combinación utilizada en una determinada instalación de producción de biogás. En cambio, sí existe documentación accesible sobre las características individuales de cada una de dichas materias primas. Por ello, en general resultará más factible la determinación de las características de la mezcla de varias materias primas a partir de las propiedades individuales de las mismas.

Así, en el caso de codigestión de varias materias primas, se puede obtener una estimación que se considera suficientemente aproximada de las características del sustrato resultante de su mezcla necesarias para el cálculo de las emisiones del proceso realizando una media ponderada de las características correspondientes a cada materia prima.

A continuación se muestra un ejemplo de un caso de este tipo.

Materias primas empleadas en la codigestión

- Paja de cereal.
- Estiércol húmedo (purines vacunos).

Biogás producido con la mezcla

- Biogás producido total: 6.445.396,48 m³.
- Contenido en CH₄ del biogás producido: 51,97%.

Características de la paja de cereal

- Cantidad: 5.000 t.
- Sólidos totales (kg seco/kg total): 86%.
- Sólidos volátiles (kg SV/kg total): 76,50%.
- Contenido en carbono sobre SV (kg C/kg SV): 52,81%.
- Potencial residual de metano en el digerido: 100 l CH₄/kg SV digerido.
- Contenido en nitrógeno sobre base seca (kg N/kg ST): 0,50%.

Características del estiércol húmedo

- Cantidad: 157.920 t.
- Sólidos totales (kg seco/kg total): 10%.
- Sólidos volátiles (kg SV/kg total): 7%.
- Contenido en carbono sobre SV (kg C/kg SV): 49%.
- Potencial residual de metano en el digerido: 35 l CH₄/kg SV digerido.
- Contenido en nitrógeno sobre base seca (kg N/kg ST): 3,60%.

Determinación de las características del sustrato resultante de la mezcla

Seguidamente se muestran los cálculos necesarios para determinar las características del sustrato resultante de la mezcla.

- Sólidos totales (kg seco/kg total):

$$ST = \frac{(5.000 \times 86\%) + (157.920 \times 10\%)}{(5.000 + 157.920)} = 12,33\%$$

- Sólidos volátiles (kg SV/kg total):

$$SV = \frac{(5.000 \times 76,50\%) + (157.920 \times 7\%)}{(5.000 + 157.920)} = 9,13\%$$

- Contenido en carbono sobre SV (kg C/kg SV):

$$C = \frac{(5.000 \times 76,50\% \times 52,81\%) + (157.920 \times 7\% \times 49\%)}{(5.000 + 157.920) \times 9,13\%} = 49,98\%$$

- Potencial residual de metano en el digerido (l CH₄/kg SV digerido):

Para obtener este valor es preciso conocer la reducción de C (=reducción de SV) correspondiente al sustrato formado por la mezcla y también las correspondientes a cada una de las materias primas individuales. El cálculo de la reducción de C se realiza de la forma indicada en el Ejemplo 3, partiendo de los valores de contenido en CH₄ del biogás producido, contenido en carbono del sustrato sobre SV y rendimiento de biogás del sustrato. En este caso, por tanto, son necesarios los siguientes datos:

- Contenido en CH₄ del biogás producido a partir de paja: 54%.
- Contenido en carbono de la paja sobre SV (kg C/kg SV): 52,81%.
- Rendimiento de biogás de la paja: 547 l biogás/kg SV.
- Contenido en CH₄ del biogás producido a partir de estiércol: 51%.
- Contenido en carbono del estiércol sobre SV (kg C/kg SV): 49%.
- Rendimiento de biogás del estiércol: 393,80 l biogás/kg SV.
- Contenido en CH₄ del biogás producido a partir de la mezcla: 51,97%.
- Contenido en carbono de la mezcla sobre SV (kg C/kg SV): 49,98%.
- Rendimiento de biogás de la mezcla: 433,18 l biogás/kg SV.

Como se ha indicado, a partir de estos datos y siguiendo el procedimiento descrito en el Ejemplo 3 se calculan las reducciones de C correspondientes a la paja, el estiércol y la mezcla:

- Reducción de C (=reducción de SV) de la paja: 55,77%.
- Reducción de C (=reducción de SV) del estiércol: 43,27%
- Reducción de C (=reducción de SV) de la mezcla: 46,67%.

El potencial residual de metano en el digerido de la mezcla se obtiene de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$PRM = \frac{(5.000 \times 76,50\% \times 100) \times (100\% - 55,77\%) + (157.920 \times 7\% \times 35) \times (100\% - 43,27\%)}{9,13\% \times (100\% - 46,67\%)}$$
$$= 48,98 \text{ l } CH_4 / \text{kg SV}$$

- Contenido en nitrógeno sobre base seca (kg N/kg ST):

$$N = \frac{(5.000 \times 86\% \times 0,50\%) + (157.920 \times 10\% \times 3,60\%)}{(5.000 + 157.920) \times 12,33\%} = 2,94\%$$

6 Modelos de declaraciones responsables

DECLARACIÓN RESPONSABLE RELATIVA AL CUMPLIMIENTO DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE AL MENOS UN 80% EN LA INSTALACIÓN (BIOGÁS PARA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD)

Don/Doña.....
....., de Nacionalidad:
con N.I.F./N.I.E./:....., en su calidad de, con domicilio a efectos de comunicaciones en:.....
Localidad:....., CP:....., Provincia:.....
Teléfono....., Fax:....., correo electrónico: en su propio nombre y en representación de, con NIF número domiciliada en:....., Nº:.....
Localidad:CP: Provincia:....., Teléfono: Fax: correo electrónico:

La representación se ostenta en virtud del documento/acto: (indicar el documento o acto por el que se otorga la facultad de representación)

DECLARA

1. Que se van a utilizar en la instalación sustratos que tienen un valor por defecto de reducción de emisiones de GEI del 80 % o superior según los indicados para producción de electricidad establecidos en el anexo VI de la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, teniendo en cuenta el sistema de producción y resto de condiciones que determinan dicho valor por defecto.
2. Que dichos sustratos y sus correspondientes valores por defecto son los siguientes:

Sistema de producción de biogás (según Anexo VI de la Directiva (UE) 2018/2001)		Opción tecnológica (según Anexo VI de la Directiva (UE) 2018/2001)	Valor por defecto de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (según Anexo VI de la Directiva (UE) 2018/2001)
Denominación	Caso (1, 2 o 3)		

En a ... de de

(Firma del solicitante o de representante de la entidad)

