

Lista de Verificación de Análisis de Riesgos para Proyectos de Biogás

1. Lista de Verificación de Análisis de Riesgos para Proyectos de Biogás

La Lista de Verificación de Análisis de Riesgos para Proyectos de Biogás (así como la información complementaria que se incluye a continuación) proporciona las mejores prácticas para el diseño, la implementación y la evaluación de planes de proyectos de digestión anaeróbica (DA)/biogás. Esta lista de verificación tiene como objetivo ayudar a los desarrolladores de proyectos, organismos gubernamentales, instituciones financieras y otras partes interesadas a evaluar la viabilidad de un proyecto de DA/biogás propuesto y garantizar que el proyecto aborde los aspectos técnicos y financieros críticos.

Esta lista de verificación tiene como único fin proporcionar orientación y mejores prácticas. Su uso no garantiza el éxito del proyecto ni la asignación de fondos o recursos al proyecto. Para obtener más información sobre las mejores prácticas para el desarrollo y la operación de proyectos de DA o de biogás, consulte el [Manual de Desarrollo de Proyectos de Digestión Anaeróbica](#) y la [Guía del Operador](#) de la U.S. EPA.

LISTA DE VERIFICACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO	
Descripción General del Proyecto	
1. El plan contiene una descripción general del proyecto que incluya: • Descripción del residuo o residuos a digerir, • Fuente(s) de los desechos, • Potencial impacto ambiental y comunitario local (actual y futuro) • Tipo de digestor anaeróbico a construir, • Tasa esperada de producción de biogás, y • Plan para el uso de biogás?	☐ Si ☐ No
2. ¿El plan incluye información de contacto de las principales partes interesadas en el proyecto, incluyendo el propietario del sitio, el propietario del proyecto, el desarrollador del proyecto, el operador del proyecto, las comunidades locales y/o líderes comunitarios que puedan verse afectados, y el/los proveedor(es) de los residuos que se digerirán?	☐ Si ☐ No
3. ¿El plan incluye un plano del sitio y un diagrama de flujo del proceso?	☐ Si ☐ No
Suministro y Características de la Materia Prima	
4. ¿El plan describe adecuadamente la(s) fuente(s), el volumen y las características de las materias primas para el digestor anaeróbico?	☐ Si ☐ No
5. Si se obtendrán las materias primas de terceros, ¿el plan incluye evidencia de acuerdos de suministro a largo plazo (al menos durante el plazo de los préstamos solicitados)?	☐ Si ☐ No ☐ N/A
6. ¿El plan presenta los supuestos y cálculos que respaldan la tasa esperada de producción de biogás, como pies cúbicos por día, para los residuos o la combinación de	☐ Si ☐ No

residuos que se digerirán anaeróbicamente?	
7. ¿La concentración de sólidos totales (ST) indicada del afluente del digestor es consistente con el tipo de digestor anaeróbico propuesto?	☐ Si ☐ No
Potencial de Producción de Biogás	
8. ¿El plan presenta los cálculos de la tasa volumétrica esperada de producción de biogás para cada afluente procesado?	☐ Si ☐ No
9. ¿El plan demuestra que la tasa esperada de producción de biogás es consistente con el suministro previsto de materia prima y la tasa estimada de carga de sólidos volátiles (SV)?	☐ Si ☐ No
10. ¿Los valores utilizados para calcular la tasa volumétrica esperada de producción de biogás son iguales a las constantes revisadas por pares (arbitrados o peer-reviewed) para cada afluente procesado?	☐ Si ☐ No
11. Si los valores utilizados para calcular la tasa volumétrica de producción de biogás difieren de los valores referenciados en recursos revisados por pares, ¿el plan proporciona una metodología claramente documentada y análisis de laboratorio que demuestren que se necesitan valores diferentes para calcular la producción esperada del biogás?	☐ Si ☐ No ☐ N/A
Uso del Biogás	
12. ¿El plan describe el uso previsto del biogás producido por el digestor anaeróbico?	☐ Si ☐ No
13. ¿El plan utiliza supuestos estándares para estimar el biogás y el contenido de metano (y, por lo tanto, el contenido energético), o resultados analíticos de proyectos similares?	☐ Si ☐ No
Instalaciones y Equipos	
14. ¿El plan incluye un plano del sitio y los planos de ingeniería correspondientes?	☐ Si ☐ No
15. ¿El plan incluye un nivel adecuado de detalle en las descripciones de los componentes físicos del proyecto (por ejemplo, estructuras y equipos)?	☐ Si ☐ No
16. ¿La propuesta del proyecto incluye las calificaciones profesionales y la experiencia previa de los contratistas responsables del diseño, la construcción y la instalación de la infraestructura necesaria?	☐ Si ☐ No
17. ¿El plan incluye un cronograma razonable de construcción del proyecto?	☐ Si ☐ No
18. Si el proyecto propuesto será propiedad de un tercero y estará operado por él, ¿hay evidencia de que la ubicación física del proyecto es propiedad del propietario del proyecto o está arrendada por él?	☐ Si ☐ No
Estimación de los Costos del Proyecto	

19. ¿El costo estimado del proyecto incluye un nivel de detalle adecuado?	☐ Si ☐ No
20. ¿El plan muestra medidas para controlar los costos de bienes y servicios (por ejemplo, mediante licitaciones competitivas a precio fijo)?	☐ Si ☐ No
Plan de Financiamiento	
21. ¿El plan de financiación del proyecto identifica claramente todas las instituciones que aportan subvenciones, garantías de préstamos o préstamos al proyecto propuesto y las estrategias para abordar las brechas de financiación identificadas?	☐ Si ☐ No
22. ¿El plan incluye detalles de la estrategia para obtener el capital necesario para la construcción del proyecto? Debe incluir las porciones del costo total de capital previstas en forma de préstamos convencionales, préstamos garantizados, subvenciones e inversiones privadas, así como el estado de los compromisos.	☐ Si ☐ No
Permisos	
23. ¿El plan identifica todos los permisos necesarios para su ejecución?	☐ Si ☐ No
24. ¿El plan establece (preferiblemente con evidencia) que el desarrollador del proyecto ha solicitado u obtenido los permisos necesarios?	☐ Si ☐ No
Operación, Mantenimiento y Monitoreo	
25. ¿El plan del proyecto incluye una descripción detallada de las tareas necesarias de operación y mantenimiento?	☐ Si ☐ No
26. ¿El plan identifica a la(s) persona(s) responsable(s) de la operación y el mantenimiento?	☐ Si ☐ No
27. ¿El plan presenta las calificaciones de la(s) persona(s) responsable(s) de la operación y el mantenimiento?	☐ Si ☐ No
28. ¿El plan proporciona un plan de seguridad detallado para la operación del proyecto?	☐ Si ☐ No
29. ¿El plan incluye el mantenimiento de un registro del rendimiento del proceso basado en el volumen del afluente y las características físicas de la producción de biogás?	☐ Si ☐ No
30. ¿El plan de operación y mantenimiento aborda el almacenamiento y la eliminación de los efluentes del digestor?	☐ Si ☐ No
31. ¿Se incluyen los preparativos necesarios para el transporte de los residuos para la gestión obtenidos de terceros y de los efluentes del digestor, si corresponde?	☐ Si ☐ No ☐ N/A
Evaluación de Viabilidad Financiera	
32. ¿El plan del proyecto propuesto enumera las fuentes de ingresos previstas, respaldadas por acuerdos contractuales o cartas de intención?	☐ Si ☐ No

33. ¿El plan del proyecto propuesto incluye una estimación detallada de los gastos anuales de operación y mantenimiento durante la vida útil estimada del proyecto?	☐ Si ☐ No
34. ¿La propuesta incluye un estado financiero <i>proforma</i> detallado que compare los ingresos y gastos anuales previstos durante la vida del proyecto?	☐ Si ☐ No
35. Si el biogás producido se utilizará in situ, ya sea directamente como combustible para calefacción o para generar electricidad, ¿se explica claramente la metodología para determinar los ingresos resultantes?	☐ Si ☐ No ☐ N/A
36. Si el biogás procesado o la electricidad generada a partir de biogás se venderá a un tercero, ¿el plan proporciona copias de acuerdos contractuales o cartas de intención?	☐ Si ☐ No ☐ N/A
37. ¿Se incluyen los ingresos por la venta de créditos de combustibles bajos en carbono, certificados de energía renovable y otros atributos ecológicos en las fuentes de ingresos previstas? De ser así, ¿existe constancia de acuerdos de compraventa?	☐ Si ☐ No ☐ N/A

2. Información de Apoyo para el Análisis de Riesgos y la Revisión Técnica de Proyectos de Biogás

La información Complementaria de esta sección describe los detalles de la lista de verificación para la preparación y evaluación de planes de diseño e implementación de proyectos de digestores anaeróbicos (DA)/biogás. Los proyectos deben abordar cada uno de los temas enumerados a continuación al evaluar la viabilidad técnica y financiera del proyecto propuesto.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Descripción General del Proyecto

1. ¿El plan contiene una descripción general del proyecto que incluya:

- Descripción del residuo o residuos a digerir,
- Fuente(s) de los desechos,
- Potencial impacto ambiental y comunitario local (actual y futuro)
- Tipo de digestor anaeróbico a construir,
- Tasa esperada de producción de biogás, y
- Plan para el uso de biogás?

El plan del proyecto debe demostrar el propósito y el alcance del proyecto. En concreto, debe indicar, en términos generales, qué propone el plan y cómo se desarrollará y gestionará. El plan también debe incluir un cuadro resumen del rendimiento esperado del proyecto, que incluya lo siguiente:

- Fuente(s) de materia(s) prima(s) a digerir anaeróticamente,
- Impactos ambientales y comunitarios potenciales (tanto positivos como negativos),
- Tasa de producción esperada de biogás crudo para materias primas específicas,
- Ingresos derivados de la producción de biogás, y
- Costo del proyecto

2. ¿El plan incluye información de contacto de los participantes clave del proyecto, incluyendo el propietario del sitio, el propietario del proyecto, el desarrollador del proyecto, el operador del proyecto, las comunidades locales y/o líderes comunitarios que puedan verse afectados, y el/los proveedor(es) de los residuos que se digerirán?

La descripción general del proyecto debe incluir la siguiente información:

- Ubicación del sitio del proyecto,
- Nombre del propietario del sitio con información de contacto,
- Nombre del propietario del proyecto con información de contacto si es diferente del propietario del sitio,
- Nombre del desarrollador del proyecto con información de contacto si es diferente del propietario del sitio o del proyecto,
- Nombre del operador del proyecto con información de contacto si es diferente del

- propietario del sitio o del proyecto,
- Nombre de la empresa de ingeniería responsable del diseño del proyecto con información de contacto, y
 - Nombre del/de los proveedor(es) de los residuos a digerir con información de contacto.

3. ¿El plan incluye un plano del sitio y un diagrama de flujo del proceso?

La descripción general del proyecto debe incluir un plano del sitio y un diagrama de flujo del proceso que incluya los componentes del sistema de digestión, así como los flujos y cargas de materias primas, biogás, digestato y otros materiales que entran y salen de las instalaciones.

Suministro y Características de Materia Prima

4. ¿El plan describe adecuadamente la(s) fuente(s), el volumen y las características de las materias primas para el digestor anaeróbico?

La capacidad diseñada de un digestor debe aprovecharse al máximo con un suministro constante de materias primas adecuadas y apropiadas. Por lo tanto, el plan debe incluir un informe de disponibilidad de recursos de materias primas, con la siguiente información sobre el suministro de cada materia prima.

- Origen y tipo de materia prima,
- Volumen diario por digerir, y
- Características físicas y químicas, incluyendo sólidos totales y volátiles, demanda bioquímica de oxígeno o concentraciones de demanda química de oxígeno y pH.

El plan debe describir todas las prácticas para garantizar que las materias primas no contengan compuestos tóxicos que puedan interferir con la microbiología del proceso de DA, así como todas las medidas que se adoptarán para garantizar que no haya objetos extraños, como piedras y ramas que puedan dañar las bombas y mezcladores, en el afluente del digestor.

En el caso de proyectos que utilicen estiércol de ganado como materia prima, el plan también debe incluir la siguiente información:

- Especies de ganado (p. ej., ganado lechero, búfalo, cerdo).
- Número promedio de cabezas (población en pie) por clase de edad (p. ej., vacas lactantes, vacas secas, búfalos, novillos).
- Tipo de material de cama utilizado (p. ej., paja, aserrín, arena).
- Método de recolección de estiércol (p. ej., manual, raspado o descarga).

Incluya los siguientes elementos técnicos en su plan:

- Si se utiliza arena como material de cama, el plan debe incluir la remoción de arena antes de la digestión para evitar su acumulación y reducir continuamente el tiempo de retención hidráulica (TRH) del digestor.
- El plan debe describir los procesos para la remoción del estiércol de las superficies pavimentadas. Para una máxima eficacia, el estiércol deberá ser raspado de las superficies pavimentadas, ya que el estiércol recolectado en superficies sin pavimentar

contiene tierra, lo que reduce la eficiencia del digestor debido a la sedimentación y acumulación de partículas de tierra en el digestor, lo que reduce el TRH.

- El plan debe describir la frecuencia de recolección del estiércol, que debe ser al menos diaria para evitar una descomposición incontrolada considerable y la pérdida del potencial de producción de biogás. El plan debe explicar cómo se almacenarán las materias primas y durante cuánto tiempo antes de añadirlas al digestor.

5. Si se obtendrán las materias primas de terceros, ¿el plan incluye evidencia de acuerdos de suministro a largo plazo (al menos durante el plazo de los préstamos solicitados)?

Si el proyecto utilizará materias primas obtenidas de terceros, el plan debe incluir:

- Evidencia de los acuerdos de suministro de materias primas que especifiquen la cantidad que se suministrará al proyecto y la duración del acuerdo;
- La duración del acuerdo, que idealmente debería ser igual a la vida útil prevista del proyecto; y
- El método de transporte de las materias primas desde ubicaciones externas.

6. ¿El plan presenta los supuestos y cálculos que respaldan la tasa esperada de producción de biogás, como pies cúbicos por día, para los residuos o la combinación de residuos que se digerirán anaeróbicamente?

El plan debe incluir información que respalde la producción prevista de biogás, como la estimación del volumen de materia prima disponible para la digestión diaria. En el caso de proyectos que utilicen estiércol como materia prima, esta estimación puede basarse en mediciones directas o en la especie de ganado y el número promedio de cabezas por edad. Esta estimación debe basarse en estimaciones publicadas sobre las tasas de excreción de estiércol, como las publicadas en publicaciones de investigación revisadas por pares o en una fuente nacional de datos de ingeniería, como la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (2005).

Una estimación precisa del volumen diario de afluente del digestor es fundamental para determinar el volumen necesario para alcanzar el TRH deseado, que se calcula de la siguiente manera:

$$\text{TRH} = \text{Volumen de operación del digestor (m}^3\text{)} / \text{Volumen diario de afluente del digestor (m}^3\text{)}$$

El TRH adecuado depende del tipo de digestor utilizado, como se explica en la información complementaria de la pregunta 7.

- Cuando el estiércol se recolecta o se recolectará mediante lavado, el volumen diario previsto de afluente del digestor debe basarse en la medición in situ.
- Cuando el estiércol se diluye o se diluirá añadiendo otros residuos, como aguas residuales del centro de ordeño, el volumen de agua de dilución también debe determinarse mediante medición in situ e indicarse el volumen diario total previsto de afluente del digestor.

7. ¿La concentración de sólidos totales (ST) indicada del afluente del digestor es consistente con el tipo de digestor anaeróbico propuesto?

El plan debe incluir una estimación de la concentración de ST en el afluente del digestor, basándose en los valores obtenidos de la literatura o del análisis de muestras. Esta estimación de ST debe considerar el efecto de la dilución, si corresponde. La concentración de ST del afluente del digestor es importante para confirmar que se utiliza el tipo correcto de digestor en el sitio. Consulte la tabla a continuación para conocer los rangos aceptables de ST y el TRH típico para los diferentes tipos de digestores.

Parámetros de funcionamiento de los distintos tipos de digestores		
Tipo de Sistema de DA	Rango Aceptable de ST	TRH Típico
Digestor de flujo pistón	10-14%	15-20 días
Digestor de mezcla completa	3-10%	15-20 días
Laguna cubierta	0.5-3%	35-60 días
Manto de lodos anaeróbicos de flujo ascendente	Menos de 3%	5 días o menos
Reactor de manta inducida	6-12%	5 días o menos
Digestor de película fija/medios adheridos/filtros anaeróbicos	1-5%	5 días o menos
Sistemas de DA de fermentación de alta cantidad de sólidos/secos tipo "lotes"	Más de 18%	20-30 días
Reactores anaeróbicos secuenciales por lotes	2.5-8%	5 días o menos

Potencial de Producción de Biogás

8. ¿El plan presenta los cálculos de la tasa volumétrica esperada de producción de biogás para cada afluente procesado?

Posiblemente el componente más importante de un plan de proyecto de biogás sea la estimación de la tasa volumétrica esperada de producción de biogás. Esta cantidad es función de:

- La concentración de sólidos volátiles (SV) en el afluente del digestor,
- La tasa de carga volumétrica, y
- La tasa esperada de producción de biogás en función de los sólidos volátiles añadidos (SVA).

Idealmente, el plan debería presentar los siguientes cálculos para demostrar la validez de la tasa esperada de producción de biogás:

$$\text{Masa de ST del Afluente (kg/día)} = \text{Volumen del afluente (m}^3\text{/día)} \times \text{Densidad del afluente (kg/m}^3\text{)} \times \text{Fracción de ST (decimal)}$$

$$\begin{aligned} \text{Masa de SV del Afluente (kg/día)} &= \text{Masa de ST del afluente (kg/día)} \times \\ &\quad \text{SV como fracción de los ST (decimal)} \\ \text{Tasa de Producción de Biogás (m}^3\text{/día)} &= \text{Masa de SV añadidos (kg/día)} \times \\ &\quad \text{Tasa de producción de biogás (m}^3\text{/kg SV} \\ &\quad \text{añadidos)} \end{aligned}$$

9. ¿El plan demuestra que la tasa esperada de producción de biogás es consistente con el suministro previsto de materia prima y la tasa estimada de carga de sólidos volátiles (SV)?

Consulte la información complementaria en la pregunta 8.

10. ¿Los valores utilizados para calcular la tasa volumétrica esperada de producción de biogás son iguales a las constantes revisadas por pares (arbitrados o peer-reviewed) para cada afluente procesado?

El plan debe documentar claramente todos los supuestos e insumos utilizados en los cálculos del potencial de producción de biogás. Las expectativas razonables de producción de biogás por unidad de sólidos volátiles añadidos se indican en la tabla a continuación para las materias primas comunes.

Tasas de Producción de Biogás para Materias Primas Comunes Seleccionadas		
Especies	Tasa de Producción de Biogás, m ³ /kg VSA	Fuente
Estiércol de vacas lecheras lactantes	0.09	Chen and Hashimoto 1980
Estiércol de cerdos de engorde	0.12	Chen and Hashimoto 1980
Residuos de cultivos	0.4 – 0.8	Ward et al. 2008, IEA Bioenergy 2010, Weiland 2010
Residuos sólidos urbanos	0.2 – 0.8	Ward et al. 2008

La densidad del afluente también dependerá del tipo de materia prima utilizada. Como se mencionó en la pregunta 7, los valores aceptables de ST dependerán del tipo de digestor. La concentración de SV de la materia prima debe determinarse mediante análisis de muestras o a partir de valores publicados en publicaciones de investigación revisadas por pares.

11. Si los valores utilizados para calcular la tasa volumétrica de producción de biogás difieren de los valores referenciados en recursos revisados por pares, ¿el plan proporciona una metodología claramente documentada y análisis de laboratorio que demuestren que se necesitan valores diferentes para calcular la producción esperada del biogás?

Si las suposiciones utilizadas en los cálculos del potencial de producción de biogás no son compatibles con las suposiciones estándar, el plan debe incluir los resultados del análisis de laboratorio de la materia prima que se utilizará en el digestor que respalde el uso de suposiciones

alternativas.

Uso del Biogás

12. ¿El plan describe el uso previsto del biogás producido por el digestor anaeróbico?

El plan debe describir cómo se utilizará el biogás producido. Las opciones incluyen:

- Combustión directa en una caldera u horno para generar calor de proceso,
- Combustible para motor-generador para generar electricidad,
- Combustible para vehículos de motor tras su procesamiento para eliminar el dióxido de carbono, el sulfuro de hidrógeno y otras impurezas, o
- Inyección en un gasoducto, como gas natural renovable.

13. ¿El plan utiliza supuestos estándares para estimar el biogás y el contenido de metano (y, por lo tanto, el contenido energético), o resultados analíticos de proyectos similares?

El contenido energético del biogás puede ayudar a determinar la cantidad de energía que puede generar un proyecto de DA. El cálculo del contenido energético del biogás crudo debe basarse en el poder calorífico inferior (PCI) de la fracción de metano del biogás crudo, que representa su contenido de humedad. El PCI del metano es de aproximadamente 39800 kilojulios por m³ (37700 BTU por m³). Para estimar el PCI del biogás producido, multiplique el porcentaje estimado de metano en el biogás por el PCI del metano:

$$\text{PCI de biogás seco} = \text{PCI de metano} \times \text{Porcentaje de metano en el biogás}$$

El biogás generalmente contiene entre un 50 % y un 60 % de metano. Suponiendo un 55 % de metano, el PCI del biogás seco es de aproximadamente 21900 kilojulios por m³ (20700 BTU por m³). Sin embargo, teniendo en cuenta que la humedad del biogás reduce el contenido energético hasta en un 10 %. Por lo tanto, para estimar el PCI del biogás húmedo, multiplique el PCI del biogás seco por 0.9.

$$\text{PCI del biogás húmedo} = \text{PCI del biogás seco} \times 0.9$$

El PCI del biogás húmedo con un contenido de metano del 55 % es de aproximadamente 20000 kilojulios por m³ (19000 BTU por m³).

Si el plan utiliza otros supuestos para el contenido energético del biogás, estos deben documentarse claramente, incluyendo el contenido previsto de metano y humedad del biogás.

Instalaciones y Equipos

14. ¿El plan incluye un plano del sitio y los planos de ingeniería correspondientes?

Una descripción detallada de las obras del sitio debe incluir todas las estructuras, como el digestor, los sistemas de pretratamiento y manejo de la materia prima y los equipos que se instalarán. Esta descripción consiste en un plano del sitio, con los planos de ingeniería correspondientes, que muestra la ubicación del proyecto en relación con las estructuras existentes.

Un proyecto de biogás tendrá los siguientes componentes clave:

- Pozo de recepción de la materia prima para recolectar y almacenar temporalmente el afluente del digestor,
- Sistema de pretratamiento/preparación y manejo de lodos,
- Un digestor anaeróbico o una laguna cubierta,
- Una instalación de almacenamiento del efluente del digestor, y
- Caldera, grupo electrógeno o planta de procesamiento de gas

El tipo de digestor utilizado depende de la concentración de ST en el afluente, como se mencionó anteriormente en la pregunta 7.

Normalmente, un pozo de recepción contendrá un agitador y una bomba para transferir la materia prima acumulada al digestor. Tenga en cuenta que el pozo de recepción no debe proporcionar más de tres días de almacenamiento. Los tiempos de retención superiores a tres días reducen significativamente el potencial de producción de biogás de las materias primas retenidas, especialmente en climas cálidos.

15. ¿El plan contiene descripciones detalladas de los proyectos propuestos o de los componentes físicos existentes (por ejemplo, estructuras y equipos)?

El plano del sitio debe incluir:

- Los materiales que se utilizarán para construir el digestor,
- Las dimensiones del digestor, y
- Los valores estimados para el volumen diario de afluente del digestor y el TRH

Estos valores son necesarios para calcular el volumen operativo requerido del digestor.

El plan también debe incluir una lista de todos los equipos mecánicos y eléctricos que se adquirirán para el proyecto. La información proporcionada por esta lista debe incluir el nombre del fabricante, el modelo, las especificaciones técnicas y los términos y condiciones de la garantía. El plan también debe incluir una descripción del plan para abordar el mal funcionamiento del equipo, incluyendo mantener un inventario adecuado de repuestos.

El plan también debe demostrar que los proyectos que utilizan grupos electrógenos o equipos de procesamiento de biogás tienen una capacidad adecuada, pero no excesiva, en función de la tasa prevista de producción de biogás.

16. ¿La propuesta del proyecto incluye las calificaciones profesionales y la experiencia previa de los contratistas responsables del diseño, la construcción y la instalación de la infraestructura necesaria?

El plan debe incluir una lista de los contratistas responsables de la preparación del sitio, el diseño, la construcción y la instalación de los equipos. Se valoran los títulos en ingeniería agrícola, ambiental o afines, junto con experiencia en la gestión de residuos ganaderos y biológicos. Incluya pruebas de que las personas o empresas asociadas al proyecto cuentan con licencias profesionales, como una licencia de ingeniería profesional. Es deseable contar con experiencia

previa en el desarrollo de proyectos de biogás ya completados.

17. ¿El plan incluye un cronograma razonable de construcción del proyecto?

Un cronograma de construcción de un proyecto enumera los hitos clave que abarcan las fechas previstas de finalización para:

- Preparación del sitio,
- Construcción del digestor y cualquier estructura relacionada,
- Instalación de equipos, y
- Inicio del proyecto.

Un cronograma de construcción de un proyecto también incluye las fechas previstas de entrega de los equipos clave. Los cronogramas de construcción de un proyecto suelen representar el mejor escenario posible, pero pueden ser demasiado ambiciosos. Pueden producirse retrasos en la construcción debido a las fluctuaciones del clima, los plazos de entrega, los tiempos de envío y la disponibilidad del personal durante la ejecución del plan del proyecto. El cronograma de construcción del proyecto debe contemplar estos posibles retrasos en la medida de lo posible.

18. Si el proyecto propuesto será propiedad de un tercero y estará operado por él, ¿hay evidencia de que la ubicación física del proyecto es propiedad del propietario del proyecto o está arrendada por él?

Si el proyecto será propiedad de un tercero y estará operado por él, el plan debe incluir:

- Evidencia de propiedad o arrendamiento del terreno del proyecto por parte del propietario del proyecto y, si el terreno está arrendado, la duración del contrato.
- La duración del contrato, que idealmente debería ser igual a la vida útil prevista del proyecto.

Estimación de los Costos del Proyecto

19. ¿Los costos estimados del proyecto incluye un nivel de detalle adecuado?

La necesidad de una estimación precisa del costo del proyecto es crucial para determinar su viabilidad financiera, garantizando que los costos anualizados no superen los ingresos proyectados (que se explican con más detalle en la información complementaria de la pregunta 32). Si se requieren fondos adicionales para completar el proyecto, este podría experimentar retrasos en la finalización de la construcción, la instalación de los equipos y el inicio de la producción de biogás. Los elementos que componen una estimación de costos aceptable incluyen:

Costos de Capital

- Adquisición de terrenos (si corresponde)
- Costos de predesarrollo (p. ej., permisos, licencias, preparación de propuestas)
- Obras civiles (preparación del sitio)
- Construcción del pozo de recepción de materia prima
- Construcción del digestor

- Construcción del edificio de control
- Construcción de la estructura de almacenamiento de efluentes del digestor (si se requiere)
- Tuberías y trabajos eléctricos
- Equipos, incluyendo:
 - Bombas
 - Equipos de procesamiento de biogás
 - Equipos de purificación de biogás (si corresponde)
 - Equipos de generación y de interconexión de transmisión de electricidad (si corresponde)
 - Equipos de gas natural renovable, como compresores, dispensadores y cilindros (si corresponde)
- Permisos
- Honorarios de ingeniería y gestión de proyectos
- Provisión para contingencias

Costos de Servicios, Operación y Mantenimiento

- Pretratamiento y manejo de la materia prima
- Costos anuales de compra de materia prima (si corresponde)
- Costos de efluentes del digestor (incluidos los costos de gestión, transporte y eliminación)
- Costos anuales de mano de obra y monitoreo

20. ¿El plan muestra medidas para controlar los costos de bienes y servicios (por ejemplo, mediante licitaciones competitivas a precio fijo)?

La estimación del costo del proyecto debe desarrollarse utilizando medidas para controlar los costos de bienes y servicios, como licitaciones competitivas a precio fijo para todos los bienes y servicios incluidos en el plan del proyecto. Se debe incluir en el plan evidencia de la solicitud y recepción de múltiples ofertas para cada uno de los bienes y servicios que se utilizarán para desarrollar el proyecto. El plan debe explicar cualquier situación en la que se haya rechazado una oferta con el costo más bajo. En los casos en que los desarrolladores del proyecto tengan la intención de completar las actividades de construcción por sí mismos, en lugar de recurrir a contratistas externos, el plan debe incluir una estimación del costo involucrado. Estos factores deben demostrar a los posibles inversionistas que los planificadores han realizado la debida diligencia para encontrar proveedores que ofrezcan el mejor valor al plan del proyecto.

Plan de Financiamiento

21. ¿El plan de financiación del proyecto identifica claramente todas las instituciones que aportan subvenciones, garantías de préstamos o préstamos al proyecto propuesto y las estrategias para abordar las brechas de financiación identificadas?

Los proyectos de biogás suelen financiarse mediante una combinación de subvenciones y

préstamos. Por lo tanto, un plan de proyecto aceptable debe incluir información detallada que explique cómo se cubrirá el coste total estimado del proyecto con las subvenciones o la financiación previstas.

22. ¿El plan incluye detalles de la estrategia para obtener el capital necesario para la construcción del proyecto? Debe incluir las porciones del costo total de capital previstas en forma de préstamos convencionales, préstamos garantizados, subvenciones e inversiones privadas, así como el estado de los compromisos.

Cuando se trate de capital prestado de una fuente comercial, se debe incluir en el plan una copia de la carta de compromiso del prestamista que especifique los términos y condiciones del préstamo. Si se prevé financiación por parte del propietario del proyecto, también se debe incluir en el plan una declaración de patrimonio neto que demuestre la capacidad para aportar la suma especificada. Los bancos y las entidades crediticias necesitan documentación que acredite la financiación adecuada para la ejecución del plan de proyecto, a fin de garantizar que los fondos no se asignen a proyectos que nunca se iniciarán por falta de financiación.

Permisos

23. ¿El plan identifica todos los permisos necesarios para su ejecución?

Los requisitos de permisos para proyectos de biogás pueden ser muy variables. El plan debe incluir una lista de los permisos necesarios e indicar que se han obtenido o al menos solicitado todos. La falta de los permisos necesarios de las autoridades nacionales y locales podría provocar retrasos en la construcción y la caducidad de las licitaciones a precio fijo. Una posible consecuencia es un aumento innecesario del coste del proyecto.

24. ¿El plan establece (preferiblemente con evidencia) que el desarrollador del proyecto ha solicitado u obtenido los permisos necesarios?

Demostrar que se han presentado las solicitudes para los permisos necesarios ofrece una garantía adicional de que el plan del proyecto está en marcha. Consulte la información complementaria en la pregunta 23.

Operación, Mantenimiento y Monitoreo

25. ¿El plan del proyecto propuesto incluye una discusión detallada de las tareas necesarias de operación y mantenimiento del proyecto?

El éxito de un proyecto de biogás depende del funcionamiento ininterrumpido de todos los componentes del sistema. Las paradas imprevistas del digestor se traducen en pérdida de ingresos y mayores gastos operativos. Si bien la operación puede automatizarse en gran medida, lograr este objetivo requiere una inspección rutinaria del sistema y un programa de mantenimiento programado. Por lo tanto, un plan de proyecto aceptable debe incluir un plan detallado de operación y mantenimiento (O&M) que identifique a la persona o personas responsables y

presente sus cualificaciones basadas en su formación y experiencia.

26. ¿El plan identifica a la(s) persona(s) responsable(s) de la operación y el mantenimiento?

Ver información complementaria en la pregunta 25.

27. ¿El plan presenta las cualificaciones de la(s) persona(s) responsable(s) de la operación y el mantenimiento?

Si la persona o personas responsables de O&M carecen de las competencias requeridas (pregunta 16), se debe presentar un plan de capacitación en esta sección. Véase la información complementaria en la pregunta 25.

28. ¿El plan proporciona un plan de seguridad detallado para la operación del proyecto?

El plan debe proporcionar una guía detallada para la operación segura del digestor, incluyendo:

- Mantener una zona de contención libre de humo y llamas abiertas alrededor del proyecto, con la señalización adecuada, debido a la naturaleza inflamable y potencialmente explosiva del biogás.
- Establecer disposiciones para los procedimientos de entrada a espacios confinados, ya que el biogás puede causar asfixia y la presencia de sulfuro de hidrógeno en él es extremadamente tóxica.
- Un plan de operación y mantenimiento debe incluir un programa de inspección diaria para:
 - Garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de utilización y/o procesamiento de biogás, e;
 - Identificar daños físicos a estructuras y equipos que podrían ser la fuente de una liberación de biogás a la atmósfera.

29. ¿El plan incluye el mantenimiento de un registro del rendimiento del proceso basado en el volumen del afluente y las características físicas de la producción de biogás?

Monitorear el rendimiento de los procesos de digestión anaeróbica es fundamental para el éxito a largo plazo de los proyectos. Las fallas en los procesos se traducen directamente en la pérdida de ingresos derivados del biogás y la posibilidad de invalidar los acuerdos contractuales. Tanto la tasa de producción de biogás como el contenido de metano deben registrarse y revisarse diariamente. Ambos valores son indicadores importantes de la estabilidad de la actividad microbiana responsable de la producción de biogás.

Si el biogás producido se va a utilizar in situ, la reducción de la humedad y el sulfuro de hidrógeno son requisitos mínimos para reducir el potencial de corrosión asociado con equipos de combustión como calderas o generadores eléctricos. Por lo tanto, el plan debe incluir el monitoreo del rendimiento de los procesos empleados.

Para la conversión de biogás a gas natural renovable, es necesario un procesamiento adicional

para eliminar el dióxido de carbono y otras impurezas, junto con la compresión. Por lo tanto, será necesario contar con un sistema para monitorear los equipos de conversión adicionales a fin de garantizar el cumplimiento de las especificaciones requeridas.

30. ¿El plan de operación y mantenimiento aborda el almacenamiento y la eliminación de los efluentes del digestor?

El plan debe incluir un plan para la disposición del efluente del digestor (digestato). El plan debe basarse en prácticas generalmente aceptadas de gestión de nutrientes primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) de las plantas. Si el proyecto incurre en costos de disposición del efluente del digestor, esto representa un costo operativo en la evaluación de la viabilidad financiera del proyecto.

31. ¿Se incluyen los preparativos necesarios para el transporte de los residuos para la digestión obtenidos de terceros y de los efluentes del digestor, si corresponde?

Si los residuos para la digestión son suministrados por terceros o el efluente del digestor no se almacena ni se elimina in situ, las disposiciones para el transporte deben establecerse en el plan de operación y mantenimiento. Esto incluye disposiciones sobre la frecuencia y los métodos de transporte.

Evaluación de Viabilidad Financiera

32. ¿El plan del proyecto propuesto enumera las fuentes de ingresos previstas, respaldadas por acuerdos contractuales o cartas de intención?

Es fundamental que el desarrollador del proyecto pueda demostrar que los ingresos anuales generados por el proyecto son al menos iguales, y preferiblemente superiores, a los costos durante su vida útil prevista. Para ello, el plan debe incluir un estado de ingresos y gastos *proforma* que identifique y cuantifique las fuentes de ingresos y gastos previstas anualmente durante la vida útil prevista del proyecto, normalmente 20 años.

El estado de ingresos y gastos *proforma* debe incluir:

- Una contabilidad detallada de los gastos previstos, incluyendo los costos de operación, mantenimiento y monitoreo.
- El costo de la energía para la operación del proyecto, basado en la carga parásita, debe contabilizarse como un gasto del proyecto.
- Muchos componentes de un proyecto de biogás, como bombas, agitadores, intercambiadores de calor, tapas flexibles de digestores, grupos electrógenos y componentes de procesamiento de biogás, tendrán una vida útil esperada menor que la vida útil esperada del proyecto. El estado *proforma* debe incluir los gastos de reemplazo de estos equipos.
- Costos de seguro para la planta y el equipo.
- Si el proyecto está parcialmente financiado por el propietario, la rentabilidad del capital

con una tasa de interés razonable debe considerarse un gasto del proyecto.

33. ¿El plan del proyecto propuesto incluye una estimación detallada de los gastos anuales de operación y mantenimiento durante la vida útil estimada del proyecto?

Consulte la información complementaria en la pregunta 32

34. ¿La propuesta incluye un estado financiero *proforma* detallado que compare los ingresos y gastos anuales previstos durante la vida del proyecto?

Consulte la información complementaria en la pregunta 32.

35. Si el biogás producido se utilizará in situ, ya sea directamente como combustible para calefacción o para generar electricidad, ¿se explica claramente la metodología para determinar los ingresos resultantes?

Si el biogás o la electricidad producidos se utilizarán in situ, el plan debe incluir la cantidad proyectada de biogás que se utilizará como combustible para calderas, hornos o vehículos, y/o la electricidad que se utilizará para edificios o equipos, así como los ingresos previstos.

El potencial de generación de electricidad puede estimarse utilizando la eficiencia térmica proporcionada por el fabricante del motor o generador. El plan también debe incluir documentación que acredite una demanda histórica suficiente para el consumo de energía comparable a la producción energética prevista del proyecto de biogás.

Para proyectos en instalaciones nuevas o existentes que se prevé un gran aumento en la demanda energética, el plan debe incluir:

- Documentación de la demanda energética prevista; y
- Una explicación de los supuestos utilizados para estimar la demanda energética.

Por ejemplo, una planta lechera podría planificar la incorporación de una nueva unidad de refrigeración que se alimentará con la energía producida por el sistema de biogás. En este ejemplo, el plan debe incluir una estimación de la demanda energética del sistema de refrigeración basada en especificaciones del fabricante, así como la demanda energética de otros sistemas de la instalación.

La documentación de la demanda energética histórica o prevista debe tener en cuenta la variación estacional de la demanda, si corresponde. El propósito de esta documentación es garantizar que el proyecto no produzca una cantidad considerablemente mayor de energía de la que se puede utilizar en el sitio.

36. Si el biogás procesado o la electricidad generada a partir de biogás se venderá a un tercero, ¿el plan proporciona copias de acuerdos contractuales o cartas de intención?

Si el proyecto venderá biogás procesado o electricidad a un tercero, el plan debe incluir copias de los acuerdos contractuales o cartas de intención que abarquen la venta del biogás. Por ejemplo, los proyectos que utilizan biogás para generar electricidad deben incluir un Acuerdo de Compra de

Energía (PPA, por su sigla en inglés). Se requiere documentación de acuerdos similares de compra de biogás para respaldar la validez de todas las fuentes de ingresos previstas.

37. ¿Se incluyen los ingresos por la venta de créditos de combustibles bajos en carbono, certificados de energía renovable y otros atributos ecológicos en las fuentes de ingresos previstas? De ser así, ¿existe constancia de acuerdos de compraventa?

Para proyectos que solicitan ingresos provenientes de créditos de emisiones de carbono, Certificados de Electricidad Renovable u otras fuentes, el plan debe incluir el contrato o carta de intención para la compra de los créditos o certificados. Para proyectos que solicitan ingresos provenientes de créditos de emisiones de carbono, el plan también debe incluir los cálculos de las reducciones de emisiones de carbono por las cuales solicitarán el crédito.

Impacto Comunitario

38. ¿Has socializado el plan con las principales partes interesadas?

El plan del proyecto debe incluir una estrategia de participación que garantice que la comunidad local comprenda con precisión el proyecto y cómo les afecta. La participación debe comenzar en las primeras etapas del proceso y proporcionar información clara y concisa sobre el proyecto, incluyendo los posibles beneficios y riesgos. Los promotores del proyecto deben identificar a las partes interesadas clave, como residentes, grupos comunitarios, funcionarios del gobierno local y defensores del medio ambiente, y desarrollar un plan para la participación de cada grupo. Es importante brindar oportunidades para la participación pública en el proceso de desarrollo del proyecto; esto puede incluir talleres comunitarios, mesas redondas y períodos de consulta pública.

39. ¿Entiendes los impactos ambientales locales del proyecto?

El plan del proyecto debe evaluar cómo el proyecto podría impactar el medio ambiente local e incluir métodos para mitigar cualquier impacto ambiental negativo identificado. Los promotores del proyecto deben realizar una evaluación integral del impacto ambiental que incluya una evaluación exhaustiva de los posibles impactos en la calidad del aire, la calidad del agua y la calidad del suelo. Algunos ejemplos de áreas de análisis para proyectos de biogás podrían incluir contaminantes atmosféricos tóxicos y peligrosos, contaminación de aguas subterráneas y superficiales, tráfico de camiones y olores. Los promotores de proyectos deben consultar con expertos técnicos según sea necesario y recopilar las opiniones de las partes interesadas para garantizar que se identifiquen todos los posibles impactos, tanto positivos como negativos. Ciertas normativas federales, estatales o locales pueden exigir evaluaciones de impacto ambiental; dichos requisitos deben identificarse en las primeras etapas del proceso de desarrollo para garantizar la finalización exitosa y puntual del proyecto.

Resumen

Esta lista de verificación y la información complementaria deben ser utilizadas para revisar los

planes o propuestas de proyecto y determinar si existe suficiente información para determinar su viabilidad técnica y financiera. La lista de verificación proporciona a los desarrolladores de proyectos un resumen de la información necesaria para preparar planes o propuestas más completos para su financiamiento y también está diseñada para ayudar a las agencias gubernamentales e instituciones financieras a realizar una revisión sistemática de las propuestas.

Los revisores deben prestar especial atención a cuatro preguntas fundamentales para determinar la viabilidad de un proyecto:

- ¿El plan demuestra la capacidad de obtener un suministro suficiente y constante de materias primas para el proyecto?
- ¿Las personas responsables de la construcción, operación y mantenimiento cuentan con las habilidades, la formación o la experiencia necesarias con los sistemas de DA?
- ¿El plan demuestra la capacidad del proyecto para producir cantidades suficientes de biogás?
- ¿El plan demuestra la viabilidad financiera del proyecto, incluyendo contratos firmados o cartas de intención vinculantes que cubran la venta de biogás, electricidad u otros productos del proyecto?

Los desarrolladores de los proyectos deben proporcionar suficiente información en sus planes para responder estas cuatro preguntas fundamentales.

Abreviaturas y Acrónimos

DA	digestor anaeróbico
O&M	operación y mantenimiento
PCI	poder calorífico inferior
ST	sólidos totales
SV	sólidos volátiles
TRH	tiempo de retención hidráulica

Referencias

- American Society of Agricultural Engineers. 2005. Manure Production and Characteristics. ASAE D384.2 MAR2005. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Chen, Y.R. and A.G. Hashimoto. 1980. Substrate Utilization Kinetic Model for Biological Treatment Process. *Biotechnology and Bioengineering*, 22: 2081-2095.
- IEA Bioenergy. 2010. Biogas from Energy Crop Digestion. Paris, France.
<https://www.ieabioenergy.com/publications/biogas-from-energy-crop-digestion/>
- Ward, A.J., P.J. Hobbs, P.J. Holliman, D.L. Jones. 2008. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresource Technology*, 99: 7928-7940.
- Weiland, P. 2010. Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85: 849-860.