



**Estudio de vulnerabilidad de balsas de digestato y alperujo**

**PLANTA DE DIGESTIÓN  
ANAEROBIA DE RNP Y  
GENERACIÓN DE BIOGÁS  
EN ÉCIJA (SEVILLA)**



Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	<div></div>	02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 1/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 1/21	

Contenido

1. INTRODUCCIÓN ..... 1

2. OBJETO ..... 1

3. DESCRIPCION DE LAS BALSAS ..... 2

3. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DEL PROYECTO ANTE RIESGOS DE ACCIDENTES GRAVES O CATÁSTROFES..... 6


    3.1. RIESGOS ..... 6


        3.1.1. Riesgos naturales..... 6

        3.1.2. Riesgos tecnológicos ..... 14

    3.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ..... 14

4. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y PROTOCOLO DE ACTUACIÓN..... 18

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 2/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 2/21	

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene por objeto realizar el estudio de vulnerabilidad ambiental y de riesgos potenciales asociados a las balsas existentes en la futura planta de producción de biogás de Écija (Sevilla), promovida por AGR BIOGAS, SA, acorde a la Ley 21/2013, de Evaluación Ambiental, que requiere análisis específico de la vulnerabilidad de los proyectos frente a accidentes graves o catástrofes y de los efectos ambientales que se derivarían de esa vulnerabilidad.

Este análisis se elabora empleando un enfoque estructurado que permite valorar, de forma cuantitativa, los niveles de vulnerabilidad frente a los distintos riesgos de origen natural, tecnológico y antrópico que podrían comprometer la integridad de las balsas y generar efectos adversos sobre el medio ambiente, las personas y los bienes materiales.

Para ello, se identifican y clasifican los riesgos potenciales, se valora la probabilidad de ocurrencia y el nivel de afección sobre tres componentes básicos (seguridad de las personas, medio ambiente y medio socioeconómico), y se calcula el índice de vulnerabilidad (VU) asociado a cada escenario de riesgo. El resultado permite categorizar la vulnerabilidad como nula, baja, media, alta o muy alta, conforme a la escala definida en el estudio de referencia.

La información recogida en el presente documento constituye una herramienta de apoyo para la toma de decisiones en materia de diseño, explotación segura y gestión ambiental de la instalación, y forma parte de la documentación ambiental exigida para el cumplimiento de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental.


## 2. OBJETO


El objeto del presente estudio es analizar la vulnerabilidad de las instalaciones de almacenamiento de líquidos —en concreto, las balsas de digestato líquido y de alperujo— proyectadas en la planta de producción de biogás de Écija, frente a posibles eventos de origen natural, tecnológico o antrópico que puedan generar riesgos para las personas, el medio ambiente o el entorno socioeconómico.

Se persigue, específicamente:

- **Identificar y clasificar** los riesgos potenciales asociados a la fase de construcción y a la fase de explotación de las balsas.
- **Evaluar cuantitativamente** la vulnerabilidad de cada escenario de riesgo mediante la aplicación de la fórmula de análisis definida en el Estudio de Vulnerabilidad y Riesgos de referencia, basada en la combinación de la probabilidad de ocurrencia y los efectos sobre la seguridad de las personas, el medio ambiente y el medio socioeconómico.
- **Determinar la categoría de vulnerabilidad** asociada a cada evento (nula, baja, media, alta o muy alta), según los rangos establecidos.
- **Proponer un conjunto de medidas** preventivas, correctoras y de contingencia que minimicen los riesgos identificados, garanticen la integridad de las balsas y aseguren la protección efectiva de los recursos hídricos próximos.
- **Establecer un protocolo de seguimiento y control** que permita verificar de forma continua el cumplimiento de los objetivos ambientales del proyecto.

1/19

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 3/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 3/21	

3. DESCRIPCION DE LAS BALSAS

La instalación contará con dos balsas para el almacenamiento del alperujo previo a su alimentación al proceso, y de una balsa de digestato para el almacenamiento del mismos antes de su aplicación agrícola.

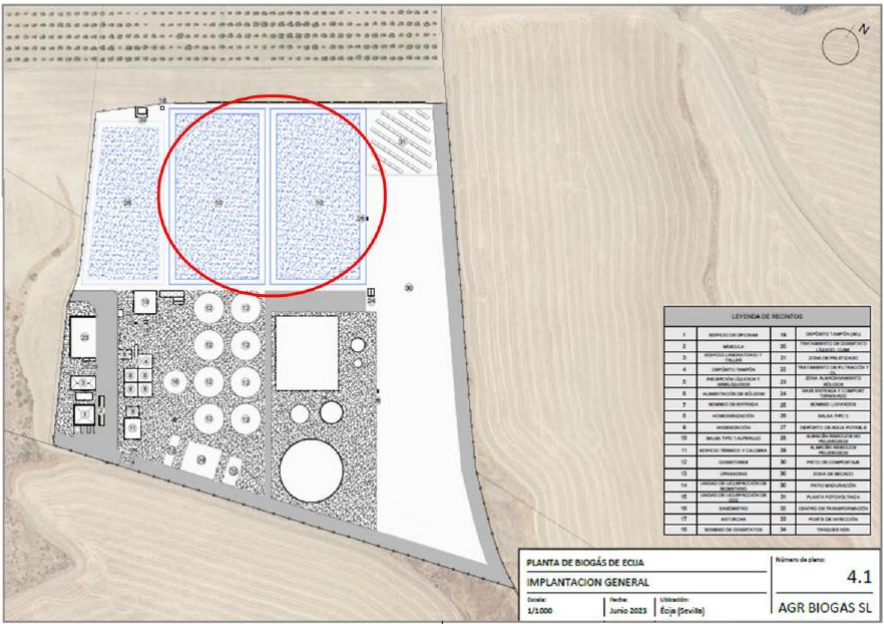
Hay que destacar que tanto el alperujo como el digestato no constituyen sustancias ni residuos peligros, y que son materiales que pueden emplearse para su aplicación agrícola de acuerdo a la legislación vigente.

A continuación, se lleva a cabo una breve descripción de las balsas proyectadas.

BALSAS DE ALMACENAMIENTO DE ALPERUJOS

A su entrada a la planta, los residuos no peligrosos líquidos procedentes dealmazaras (alperujo) será descargado y almacenado temporalmente hasta su tratamiento en la planta, en dos balsas de contención específicas para este tipo de residuos.

Estas balsas tendrán forma de pirámide truncada invertida. La capacidad conjunta de las balsas será de 37.883 m3. El alperujo una vez almacenado en las balsas es previsible que produzca una costra superficial.



El alperujo almacenado en las balsas es bombeado a los tanques de homogeneización para su tratamiento mediante digestión anaerobia junto con otros residuos que llegan a la instalación.

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 4/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 4/21	

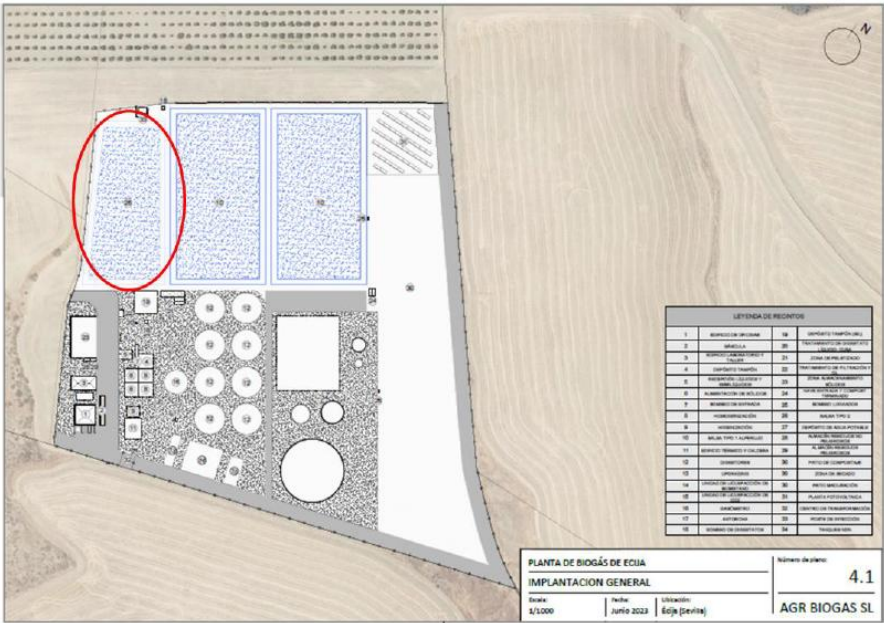
Nº Reg. Entrada: 202599909208544. Fecha/Hora: 16/07/2025 19:19:32  
Nº Reg. Entrada: 202599908397079. Fecha/Hora: 02/07/2025 16:00:23



BALSAS DE RETENCIÓN DE DIGESTATO LÍQUIDO

La planta de biometano contará con 1 balsas para el almacenamiento temporal de la fracción líquida del digestato. La balsa tendrá forma de pirámide truncada invertida y sus dimensiones serán de 65 m X 85 m en su base mayor y una altura media de 5 m. La capacidad unitaria de cada balsa será de 24.040 m3. Esta balsa estará cubierta para evitar la emisión de olores, mediante lámina PEAD de 1,5 mm.

El volumen de la balsa de almacenamiento temporal de la fracción líquida del digestato, permite un tiempo de residencia superior a un año.

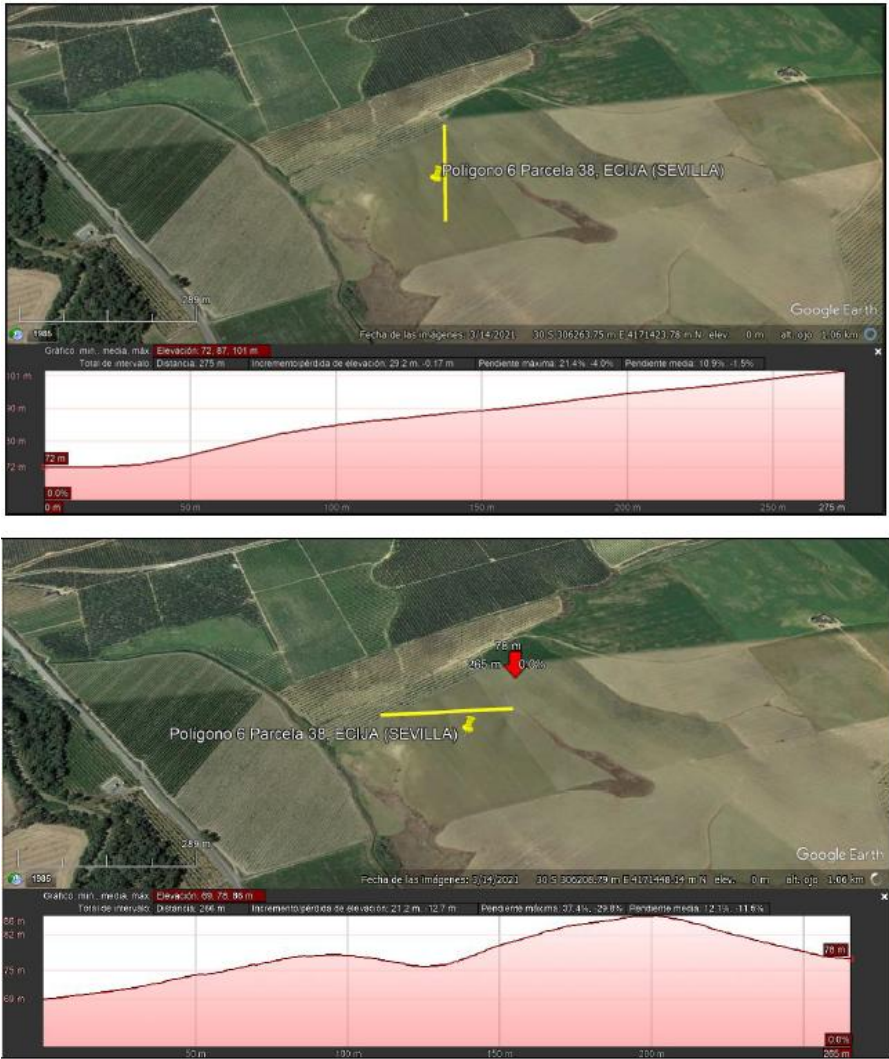


Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	<div></div>	02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 5/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 5/21	



Como puede observarse en los siguientes perfiles de elevación, el terreno sobre el que se asentarán las balsas tiene una pendiente media del 11% en dirección norte-sur y del 12% en dirección este-oeste.



Todas las balsas se ejecutarán con una lámina de PEAD formadas por distintos paños electrosoldados entre ellos. La lámina de PEAD estará protegida por un geotextil que la separará y protegerá del terreno.

Cada balsa tendrá instalado en su base un sistema de recogida de lixiviados capaz de recoger las posibles filtraciones accidentales que se produjesen por la en caso de rotura de la lámina impermeable de la balsa, evitando la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas de la zona donde se ubique la balsa en cuestión. La red de recogida de lixiviados de cada balsa conducirá los lixiviados recogidos a un pozo registro o control (un pozo registro por cada balsa).

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 6/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 6/21	

Este pozo registro, junto con el sistema de detección de nivel en las balsas (detección de valores anómalos) servirá de indicador de fugas.


Las balsas estarán valladas en el perímetro de su corona para evitar la entrada de fauna a la mismas, además contarán con rampas y/o con tramos de orilla de pendiente suave para favorecer la salida de la fauna que puedan caer en ellas.


Para la correcta ejecución de los trabajos de construcción de las balsas será necesario lo siguiente:

- 1) Replanteo y comprobaciones de cotas.
- 2) Ejecución de pendientes.
- 3) Excavación en zanja para instalación de conducción de drenaje.
- 4) Colocación de geotextil en fondo y taludes de zanja.
- 5) Instalación de conducción de drenaje en fondo de zanja.
- 6) Relleno de zanja con gravilla 10-12 mm.
- 7) Ejecución de zanja perimetral para contrapeso y anclaje de láminas impermeabilizantes.
- 8) Ejecución de obra de fábrica de hormigón de entrada y rebose.
- 9) Instalación de lámina de geotextil 500 gr/m2
- 10) Instalación lámina impermeabilizante PEAD 2 mm.
- 11) Instalación de vallado perimetral.

Las especificaciones de cada una de estas fases vienen descritas a continuación.

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Lamina Impermeabilizante de PEAD de 2 mm de espesor.
2	Lámina Geotextil 500 gr/m2.
3	Tubo dren dn 110 mm.
4	Tubo dren dn 160 mm.
5	Tubo PVC dn 200 mm.
6	Hormigón HA-30 para estructuras.
7	Hormigón HM-20 para macizos de anclaje.
8	Gravilla 10-12 mm.
9	Malla.

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	<div></div>	02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 7/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 7/21	

### 3. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DEL PROYECTO ANTE RIESGOS DE ACCIDENTES GRAVES O CATÁSTROFES

Para llevar a cabo el análisis, se tendrá en cuenta el concepto de riesgo, como combinación de la probabilidad de que se desencadene un determinado fenómeno o suceso que, como consecuencia de su propia naturaleza o intensidad y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, puede producir efectos perjudiciales en las personas o pérdidas de bienes.

A continuación, se muestran los potenciales riesgos existentes.

#### 3.1. RIESGOS

##### 3.1.1. Riesgos naturales

##### Incendios forestales

###### 1. Contexto territorial

La planta de biogás de Écija se ubica en una zona agrícola del término municipal, caracterizada por explotaciones de **olivar intensivo y cultivos herbáceos**, sin presencia directa de masas forestales ni arbolado continuo. La vegetación circundante está compuesta principalmente por **maleza espontánea, herbáceas de secano, márgenes agrícolas y ribazos**, lo que sitúa el emplazamiento fuera de los ámbitos definidos como zona de interfaz urbano-forestal o área de influencia directa de incendios forestales.

No obstante, al tratarse de un área rural con **actividad agrícola estival, altas temperaturas** y presencia de vegetación seca en el periodo de máximo riesgo (junio-octubre), existe un riesgo estacional de incendios rurales que podría afectar de forma indirecta a las instalaciones si no se adoptan las medidas preventivas adecuadas.

###### 2. Riesgos específicos para las balsas


Aunque las balsas como tal no son fuentes de ignición ni contienen materiales combustibles, pueden verse afectadas de manera secundaria por incendios forestales o rurales. Los principales escenarios de riesgo serían:


- **Afectación térmica a estructuras perimetrales:** El avance de llamas a través de pastos o residuos agrícolas podría dañar componentes próximos (vallado, conducciones, sensores, cubiertas plásticas).
- **Riesgo por combustión de costras secas** en balsas abiertas (especialmente de alperujo) si la superficie está muy deshidratada.
- **Interrupción del acceso a la planta o pérdida de suministro eléctrico**, dificultando la operación del sistema de seguridad (SCADA, bombas de emergencia).

###### 3. Factores que reducen el riesgo

El diseño y ubicación de la planta incorporan características que **limitan significativamente la vulnerabilidad ante este tipo de riesgo**:

6/19

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 8/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 8/21	



- **Implantación sobre terreno mineral, sin continuidad vegetal superficial directa** hacia las balsas.
- **Cubierta flotante en la balsa de digestato**, que aísla el contenido y evita el contacto con el exterior.
- **Vallado perimetral** que dificulta la intrusión de materiales combustibles por arrastre eólico.
- Distancia a masas forestales y baja densidad de vegetación arbórea en el entorno inmediato.

#### 4. Medidas preventivas

Para asegurar un nivel de protección adecuado frente a incendios rurales o forestales, se proponen las siguientes **medidas específicas para las balsas**:

- **Franja cortafuegos perimetral** de al menos 10 metros, libre de vegetación y material combustible, alrededor de todo el recinto de balsa.
- **Desbroce periódico** de los márgenes y zonas exteriores de acceso, especialmente entre mayo y octubre.
- **Prohibición de trabajos en caliente** (soldadura, corte, etc.) en zonas no autorizadas durante los meses de riesgo alto.

El riesgo por incendio forestal o rural en las balsas de la planta de biogás de Écija puede considerarse **bajo**, debido a la naturaleza no combustible de las estructuras, la ausencia de vegetación continua en el entorno inmediato y el diseño físico del sistema de almacenamiento. No obstante, se considera necesario mantener medidas específicas de prevención y vigilancia durante la época de riesgo alto, para asegurar la resiliencia de la instalación ante incendios externos.

#### Riesgo de inundaciones

##### 1. Localización del emplazamiento y peligrosidad externa

La planta de biogás de Écija se proyecta en una zona agrícola del término municipal, fuera del núcleo urbano y alejada de cauces principales. Según la cartografía del **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)** y los planos de zonificación hidrológica del **Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir**, el emplazamiento:


- **No se encuentra en zona inundable para periodos de retorno de 100 ni de 500 años.**
- Carece de cursos fluviales naturales activos en las inmediaciones.
- Presenta una **topografía suave** y pendiente general descendente hacia zonas agrícolas colindantes.


Por tanto, desde el punto de vista del riesgo hidrológico externo, el emplazamiento se considera en una **zona de baja peligrosidad por inundación fluvial o torrencial**.

##### 2. Riesgos internos de tipo hidráulico o funcional

Más allá del peligro externo, existen riesgos internos que podrían originar situaciones análogas a una inundación dentro del recinto de las balsas, especialmente si coinciden con condiciones de tormenta intensa, fallo de sistemas o errores operativos:

7/19

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 9/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 9/21	

- **Entrada de agua de escorrentía superficial** procedente de taludes o caminos mal canalizados, que podría desbordar las balsas o erosionar sus taludes.
- **Rebose por sobrellenado**, ya sea por exceso de aportes líquidos, fallo en el control de nivel o combinación con lluvias intensas sin drenaje suficiente.
- **Fallo del sistema de drenaje perimetral**, provocando acumulación de agua en zonas críticas o inundación de la base de las balsas.
- **Colapso localizado por subsidencia o pérdida de compactación**, que genere bolsas de agua o infiltraciones incontroladas.

3. Elementos del diseño que mitigan el riesgo

El diseño de las balsas y su integración en la planta incluyen medidas que reducen notablemente la vulnerabilidad frente a estos eventos:

- **Excavación sobreelevada respecto al entorno inmediato** y coronaciones sobredimensionadas para evitar reboses.
- **Margen libre (freeboard)  $\geq 0,5$  m** en las balsas, lo que permite amortiguar aportes inesperados por lluvia.
- **Sistema de recogida de lixiviados y drenaje inferior conectado a pozo de control**, lo que evita acumulaciones prolongadas.
- **Zanja de anclaje perimetral y taludes estables**, con pendientes suaves y buena resistencia al escurrimiento superficial.

4. Medidas preventivas

Para mantener el riesgo en niveles bajos, se recomiendan las siguientes acciones preventivas adicionales:


- **Limpieza periódica del sistema de drenaje superficial**, evitando obturaciones en canales, rejillas o colectores.
- **Inspección visual tras eventos de lluvia intensa**, con comprobación del estado de taludes, coronación y registros.
- **Revisión del SCADA y de las alarmas de nivel** en balsas tras episodios de tormenta o durante la temporada de lluvias.
- **Mantenimiento de los márgenes exteriores sin vegetación densa ni obstáculos**, que puedan frenar o redirigir el flujo de escorrentía.
- **Verificación anual del dimensionamiento hidráulico**, especialmente si hay cambios en la topografía o entorno del proyecto.


Riesgo por sismicidad

1. Contexto sísmico del emplazamiento

La planta de biogás de Écija se ubica en el sector central de la provincia de Sevilla, dentro de la **Depresión del Guadalquivir**, una zona considerada de **peligrosidad sísmica baja a moderada**, según la clasificación del **Instituto Geográfico Nacional (IGN)** y la **Norma de Construcción Sismorresistente Española (NCSE-02)**.

- La **aceleración sísmica básica (ag)** prevista para Écija se encuentra en el rango de **0,04 g a 0,06 g**, lo que implica exigencias estructurales moderadas.

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 10/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 10/21	

Nº Reg. Entrada: 202599909208544. Fecha/Hora: 16/07/2025 19:19:32  
Nº Reg. Entrada: 202599908397079. Fecha/Hora: 02/07/2025 16:00:23

- No se registran antecedentes de terremotos destructivos recientes en la zona, aunque se han producido eventos de magnitud media (M4–M5) históricamente en la provincia.
- El entorno geológico está compuesto por materiales miocenos (margas y arcillas), que presentan buena capacidad de amortiguación sísmica.

## 2. Elementos sensibles al riesgo sísmico

Las balsas proyectadas en la planta presentan características estructurales que las hacen **poco vulnerables en términos relativos** a acciones sísmicas:

- Se trata de estructuras **excavadas en tierra**, sin elementos verticales rígidos ni muros de contención de fábrica.
- La geometría troncopiramidal invertida, con taludes suaves y fondo apoyado directamente sobre el terreno, proporciona **una base estable con baja sensibilidad a vibraciones horizontales**.
- El contenido (digestato líquido y alperujo) tiene alta densidad y viscosidad, lo que minimiza el riesgo de oleaje interno o resonancia.
- La **lámina impermeabilizante de PEAD de 2 mm** es flexible, continua, y está protegida por geotextil, lo que le permite adaptarse a pequeñas deformaciones sin rotura inmediata.

## 3. Mecanismos de afección sísmica posibles

Aunque el diseño es favorable, pueden identificarse ciertos **riesgos puntuales** que deben contemplarse:

- **Asentamientos diferenciales** o subsidencia si el terreno base no está correctamente compactado o si existen lentes blandas o arcillas expansivas.
- **Fallo por desplazamiento en taludes** si se produce licuefacción local o pérdida de cohesión durante un sismo.
- **Tensión en tuberías y válvulas** conectadas a las balsas, si no están diseñadas para absorber movimiento horizontal.
- **Rotura localizada de la lámina de PEAD** en zonas de cambio de plano o puntos de soldadura


## 4. Medidas preventivas


El proyecto incorpora medidas adecuadas que permiten mantener el riesgo bajo control:

- **Compactación controlada del terreno base y rellenos perimetrales.**
- **Diseño flexible de las conducciones y válvulas**, con juntas elásticas o compensadores de dilatación que absorban movimientos.
- **Anclaje perimetral de la lámina en zanja profunda**, que evita desplazamientos por empuje o vibración.
- **Inspección post-sismo** en caso de evento sísmico perceptible ( $\geq$  grado III EMS), incluyendo revisión visual de estructura, taludes, pozo control, anclajes lamina PEAD.

El riesgo por sismicidad en las balsas de la planta de biogás de Écija puede considerarse **bajo**, debido a la peligrosidad sísmica moderada de la zona, a la tipología constructiva de las balsas y a las medidas de diseño aplicadas. La naturaleza flexible y semi-enterrada de estas estructuras, junto con la baja aceleración prevista, permiten mantener un alto nivel de seguridad estructural,

9/19

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 11/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 11/21	

siempre que se garantice un control geotécnico adecuado del terreno de apoyo y de las conexiones funcionales.

## Riesgo por erosividad

### 1. Contexto edafológico y morfológico

El emplazamiento de la planta de biogás de Écija se sitúa en una zona de **campiña ondulada**, con **pendientes suaves (<5 %)**, suelos de origen mioceno formados por **margas y arcillas**, y un uso del suelo predominantemente agrícola.

Desde el punto de vista de la erosión hídrica y superficial, las condiciones naturales del emplazamiento presentan:

- **Moderada susceptibilidad a procesos de erosión laminar**, especialmente en superficies desnudas o recién excavadas.
- Posibilidad de **formación de regueros** (rilling) en taludes expuestos.
- Baja propensión a fenómenos de deslizamiento generalizado, debido a la compactación del sustrato y la baja pendiente media.

### 2. Mecanismos de riesgo erosivo

Durante la fase de explotación, las balsas pueden verse afectadas por distintos mecanismos erosivos, especialmente si no se aplican medidas correctoras o si el mantenimiento es deficiente. Los principales escenarios de riesgo incluyen:


- **Erosión en taludes exteriores** por acción de la lluvia o escorrentía no canalizada, con desprendimiento progresivo de finos.
- **Desgaste de la coronación** por tránsito de maquinaria ligera, viento o escorrentía superficial.
- **Arrastre de partículas hacia el interior de las balsas** si los márgenes no están estabilizados o si fallan los sistemas de drenaje.
- **Desestabilización local del anclaje de la lámina** en la zanja perimetral si esta queda parcialmente desprotegida o colmatada.


### 3. Factores mitigadores del diseño

El proyecto contempla elementos constructivos que **reducen sustancialmente el riesgo de erosión estructural**, entre los que destacan:

- **Excavación directa sobre terreno natural**, sin rellenos artificiales extensos.
- **Taludes interiores suaves**, con pendientes controladas que disminuyen la energía del agua escurrida.
- **Zanja perimetral de anclaje de la lámina**, que actúa como barrera física ante arrastres.
- **Protección mediante geotextil** entre la lámina y el suelo base, que limita la fricción y el punzonado.
- **Sistema de drenaje periférico**, que recoge escorrentía y evita su concentración en puntos críticos.

10/19

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 12/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 12/21	

#### 4. Medidas preventivas

Aunque el riesgo es bajo en condiciones normales, se recomienda:

- **Establecer un programa de inspección estacional**, especialmente tras lluvias fuertes, para detectar signos de erosión incipiente.
- **Evitar el tránsito de maquinaria pesada** en la coronación de las balsas salvo en operaciones programadas y controladas.
- **Retirar de forma periódica los sedimentos acumulados** en los sistemas de drenaje para evitar obstrucciones y sobrecargas.
- **Asegurar la correcta compactación del perímetro y fondo durante la construcción**, minimizando la infiltración preferencial y la disgregación superficial.

El riesgo de erosividad en las balsas de la planta de biogás de Écija puede considerarse **bajo**, gracias a la topografía suave, la naturaleza compacta de los suelos y las medidas constructivas aplicadas. No obstante, el mantenimiento preventivo del sistema de drenaje y la estabilización de taludes son fundamentales para evitar procesos erosivos localizados que, a medio plazo, podrían afectar la estabilidad estructural o la integridad de la impermeabilización.

#### Riesgo por expansividad de arcillas

##### 1. Contexto geotécnico del emplazamiento

El proyecto de planta de biogás de Écija se localiza en un área geológicamente dominada por formaciones arcillosas y margosas del Mioceno, características de la campiña sevillana. Estas arcillas, especialmente si son de tipo esmectítico, presentan un comportamiento plástico expansivo, es decir, aumentan su volumen cuando se hidratan y se retraen cuando se secan.


En consecuencia, el terreno del emplazamiento presenta una moderada susceptibilidad a fenómenos de expansión/retracción, que puede influir en la estabilidad de estructuras superficiales como las balsas excavadas.


##### 2. Mecanismo del riesgo

Las arcillas expansivas pueden generar riesgos indirectos sobre la integridad de las balsas, especialmente si no se controlan las condiciones de humedad o si no se ha ejecutado una preparación adecuada del terreno. Los principales efectos potenciales incluyen:

- **Levantamiento (heave)** o deformación del fondo de la balsa por hinchamiento de la arcilla al hidratarse.
- **Fisuración o deformación del terreno de apoyo**, que puede comprometer el sellado de la lámina impermeable de PEAD.
- **Deslizamientos locales en taludes**, especialmente en los primeros metros, al combinarse la expansión con pérdida de cohesión.
- **Pérdida de contacto uniforme entre la lámina y el soporte**, aumentando el riesgo de punzonamiento o desgaste diferencial.
- **Daños en tuberías o válvulas de conexión**, si hay desplazamientos diferenciales del terreno en sus puntos de apoyo.

11/19

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 13/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 13/21	



### 3. Elementos del diseño que reducen el riesgo

El diseño de las balsas en el proyecto incorpora medidas que contribuyen a **mitigar los efectos de la expansividad del terreno**, tales como:

- **Excavación directa sobre terreno natural**, sin rellenos estructurales adicionales que pudieran amplificar la inestabilidad.
- **Colocación de geotextil bajo la lámina de PEAD**, que actúa como capa de reparto de tensiones y protección mecánica
- **Capa de gravilla** que actúa como capa de amortiguación ante posibles deformaciones de terreno.
- **Diseño de taludes con pendiente suave (1:2)** que favorece la estabilidad incluso en condiciones de reblandecimiento.
- **Impermeabilización continua y sistema de drenaje inferior**, que evita la saturación permanente del suelo subyacente.

### 4. Medidas preventivas

A pesar de las medidas previstas, el riesgo residual requiere atención mediante las siguientes actuaciones preventivas:

- **Compactación uniforme del fondo y taludes**, para reducir porosidad y evitar movimientos diferenciales.
- **Inspección periódica de las uniones**, especialmente tras lluvias prolongadas o en años con ciclos secos/húmedos intensos.

El riesgo por expansividad de las arcillas en las balsas de la planta de biogás de Écija puede considerarse **bajo a moderado**, condicionado por la naturaleza arcillosa del sustrato y la variabilidad estacional de humedad. Aunque el diseño estructural de las balsas ofrece una buena resistencia frente a este fenómeno, el control geotécnico durante la fase de construcción y la inspección periódica en explotación son fundamentales para evitar deformaciones que puedan comprometer la estanqueidad y estabilidad a medio-largo plazo.

### Riesgo meteorológico


#### 1. Contexto climático del emplazamiento


La planta de biogás se sitúa en Écija, en el valle medio del Guadalquivir, una zona con **clima mediterráneo continentalizado**, caracterizado por:

- **Veranos muy calurosos**, con temperaturas máximas que frecuentemente superan los 40 °C.
- **Inviernos suaves**, con mínimas que rara vez bajan de 0 °C.
- **Precipitaciones irregulares**, concentradas en otoño e invierno, con posibilidad de eventos torrenciales localizados (gota fría).
- **Frecuencia de vientos moderados a intensos**, sobre todo en primavera y verano, de componente suroeste y este.
- Eventos puntuales de **granizo o tormentas eléctricas**.

Estas condiciones implican una exposición significativa a fenómenos meteorológicos extremos, que deben contemplarse en el diseño y operación de las balsas.

12/19

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 14/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 14/21	

## 2. Principales riesgos meteorológicos identificados

A continuación, se resumen los principales riesgos meteorológicos que pueden afectar a la seguridad funcional de las balsas:

Fenómeno	Efecto potencial sobre las balsas
Lluvias intensas	Rebose por acumulación rápida de agua si el freeboard no es suficiente. Erosión de taludes y coronación.
Altas temperaturas y olas de calor	Deshidratación de costras flotantes. Evaporación acelerada.
Viento fuerte y rachas puntuales	Tensión o levantamiento de la lámina si no está bien anclada. Daño en cubiertas flotantes. Oleaje superficial.
Granizo o tormentas	Deterioro físico de la lámina o equipos. Acumulación de escorrentía con sedimentos.
Heladas o enfriamiento brusco	Riesgo muy bajo. Solo podrían afectar válvulas o tuberías superficiales sin protección.

## 3. Elementos de diseño que mitigan el riesgo

El diseño del sistema de balsas incorpora varias características que permiten **reducir notablemente la vulnerabilidad ante eventos meteorológicos**:

- **Distancia entre la lámina superficial y el nivel máximo de la estructura (freeboard) mínima de 0,5 m**, que proporciona amortiguación ante lluvias intensas.
- **Lámina de PEAD de 2 mm**, resistente a UV, agentes atmosféricos y cambios térmicos.
- **Sistema de drenaje superficial y fondo**, que evita acumulaciones prolongadas.
- **Cubierta flotante en la balsa de digestato**, que reduce emisiones, protege contra evaporación y mejora el control térmico.
- **Vallado y perímetro sobreelevado**, que actúan como protección frente a materiales arrastrados por viento o escorrentía.


## 4. Recomendaciones operativas adicionales


Para complementar el diseño, se recomienda implementar las siguientes **medidas preventivas**:

- **Limpieza periódica del sistema de drenaje** antes y después del periodo de lluvias (otoño–invierno).
- **Seguimiento meteorológico local**: pluviómetro, anemómetro, termómetro.
- **Inspección visual tras eventos extremos** para detectar daños en taludes, costras o lámina.
- **Protección contra viento en zonas expuestas**, con barreras vegetales o cortavientos si fuera necesario.

El riesgo meteorológico para las balsas de la planta de biogás de Écija puede considerarse **moderado**, condicionado principalmente por lluvias intensas, temperaturas extremas y vientos fuertes. Las medidas de diseño y construcción adoptadas mitigan eficazmente los efectos más comunes. No obstante, es esencial mantener una vigilancia meteorológica y actuación rápida post-eventos extremos, especialmente en los meses de otoño (lluvias) y verano (calor extremo), para asegurar la estabilidad funcional y ambiental del sistema.

13/19

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	[Redacted Signature]	02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKiXOM2mtw3	PÁG. 15/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 15/21	

### 3.1.2. Riesgos tecnológicos

#### Riesgo nuclear y/o radiológico

##### Evaluación:

No existen instalaciones nucleares en un radio significativo en torno a Écija, ni se prevén actividades que impliquen el uso de materiales nucleares en la planta de biogás.

**Conclusión: Riesgo nulo.** No se identifica ninguna vía de exposición o impacto asociado a actividades nucleares ni radiológicas.

#### Riesgo de fuga por rotura de balsas

##### Evaluación:

Aunque las sustancias almacenadas no son peligrosas, de acuerdo a la legislación vigente, y pueden ser aplicadas como enmienda en agricultura, podrían causar afección ambiental.

- **Aguas subterráneas**, si se produce una fuga en la lámina.
- **Suelo agrícola**, en caso de rebose o derrame accidental.

##### Medidas preventivas:

- Lámina de PEAD de 2 mm y geotextil protector.
- Sistema de drenaje y detección de fugas con pozo de control.
- Alarmas de nivel y SCADA.

**Conclusión: Riesgo bajo a moderado**, dependiendo del mantenimiento y vigilancia. Controlable con las medidas previstas y seguimiento periódico.

### 3.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

#### Objeto y alcance


El presente análisis aplica íntegramente la metodología de riesgos y cálculo de vulnerabilidad («VU = PO × (2 SP + MA + MS)», con la escala 0-10 y los rangos Nula / Baja / Media / Alta / Muy alta).


Se evalúan las tres balsas proyectadas en la planta de biogás:

Balsa	Uso principal	Volumen útil (m³) <sup>1</sup>	Superficie lámina (ha) <sup>1</sup>	Recubrimiento
B1	Almacenamiento de alperujo líquido	18.941,5	0,49	PEAD 2 mm + geotextil 500 g/m² + gravilla 10-12 mm (sin cubierta)
B2	Almacenamiento de alperujo líquido	18.941,5	0,49	PEAD 2 mm + geotextil 500 g/m² + gravilla 10 – 12 mm (sin cubierta)
B3	Almacenamiento de digestato líquido	24.040,0	0,59	PEAD 2 mm + geotextil 500 g/m² + gravilla 10 – 12 mm + cubierta flotante flexible

La valoración se realiza para **fase de construcción y fase de explotación**.

14/19

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 16/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 16/21	

### Metodología adoptada

La fórmula utilizada para calcular la **vulnerabilidad (VU)** en el estudio es:

$$VU = PO \times (2 \times SP + MA + MS)$$

A continuación, se explica detalladamente el significado de cada uno de los componentes:

### VU – Vulnerabilidad

Es el **valor final del nivel de vulnerabilidad** asociado a un determinado escenario de riesgo. No mide la probabilidad ni el impacto en sí, sino el **resultado combinado entre ambos**, teniendo en cuenta a qué afecta y con qué intensidad.

Este valor permite **clasificar el riesgo potencial de una infraestructura** en rangos cualitativos:

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

### P.O – Probabilidad de Ocurrencia

Se refiere a la **posibilidad de que el evento adverso tenga lugar**, en función del tipo de instalación, condiciones operativas, antecedentes y controles existentes.

Cuanto más probable sea el evento (por ejemplo, una fuga, una rotura, un rebose), **mayor será el peso de este factor en la fórmula**.

### S.P – Seguridad de las Personas

Evalúa el **impacto potencial que tendría el evento sobre la integridad física de trabajadores, operarios o población próxima**. Se valora en función de la gravedad de los daños posibles (heridas, intoxicaciones, muertes, evacuaciones).

El hecho de que este valor se multiplique por 2 en la fórmula indica que la **seguridad humana se considera prioritaria** frente a los demás factores.

### M.A – Medio Ambiente


Valora la **afectación sobre el entorno natural**, especialmente sobre el suelo, el agua (superficial o subterránea), el aire y la biodiversidad.


Ejemplos: contaminación de acuíferos por fuga, vertido de digestato en un arroyo, emisiones de gases tóxicos, etc.

### M.S – Medio Socioeconómico

Se refiere al impacto indirecto o directo sobre el entorno humano no físico, incluyendo:

15/19

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 17/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 17/21	

- Infraestructuras cercanas
- Actividades agrícolas, ganaderas o industriales
- Bienes materiales o económicos
- Pérdida de imagen o conflictos sociales

Aunque suele tener menos peso que los factores anteriores, es relevante cuando se afecta a comunidades o actividades económicas locales.

Este enfoque permite:


- **Cuantificar de forma simple** un fenómeno complejo, asignando valores a factores distintos.
- **Comparar escenarios entre sí** para priorizar intervenciones.
- Respetar el principio de **jerarquía del daño**: proteger a las personas primero, al medio después, y al entorno económico, por último.


En resumen, la fórmula  $VU = PO \times (2 SP + MA + MS)$  permite **valorar y clasificar la vulnerabilidad de una instalación** frente a eventos dañinos, considerando de forma ponderada la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias sobre personas, medio ambiente y entorno socioeconómico.

Identificación de riesgos relevantes para balsas

En base al análisis cualitativo de riesgos elaborado anteriormente, se resume el proceso de identificación de riesgos relevantes para las balsas en la siguiente tabla:

Grupo	Riesgo específico	Descripción resumida
Naturales	Inundación por lluvias intensas	Rebose de las balsas o entrada de escorrentía superficial no controlada durante episodios de lluvia extrema.
	Sismicidad	Movimiento sísmico que puede causar asentamientos, fisuras en el terreno o deformaciones estructurales.
	Erosión superficial	Desgaste de taludes o coronación por lluvia, viento o escorrentía mal canalizada.
	Expansividad de arcillas	Hinchamiento del terreno bajo las balsas por variaciones de humedad, con riesgo de deformación o abombamiento.
	Incendio forestal o rural	Afección térmica indirecta desde vegetación o rastrojos próximos que puede comprometer las instalaciones.
	Viento fuerte o rachas extremas	Levantamiento de lámina mal anclada, fatiga en cubiertas o salpicaduras internas.
	Ola de calor prolongada	Evaporación excesiva, desecación de costras y aumento de emisiones de gases desde balsas abiertas.
Tecnológicos	Granizo o heladas puntuales	Daños mecánicos sobre lámina, sensores o válvulas expuestas; muy poco frecuentes en la zona.
	Rotura o perforación de la lámina de PEAD	Fuga por defecto de instalación o deterioro de la impermeabilización.
	Fallo en tuberías o válvulas	Derrame de digestato o alperujo por rotura o desconexión en impulsión o descarga.
	Sobrellenado o rebose	Aporte excesivo por fallo de control, lluvia acumulada o error de operación.
	Vertido de reactivos durante carga/descarga	Fuga de sustancias químicas auxiliares (limpieza, aditivos) en zonas próximas a las balsas.

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 18/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 18/21	



Evaluación cuantitativa de la vulnerabilidad

Fase de construcción

Grupo	Riesgo específico	P.O	S.P	M.A	M.S	VU	Nivel
Naturales	Inundación por lluvias intensas	4	2	5	2	44	Baja
	Sismicidad	2	3	4	2	26	Baja
	Erosión superficial	4	2	5	2	44	Baja
	Expansividad de arcillas	3	2	6	2	42	Baja
	Incendio forestal o rural	2	2	3	2	22	Baja
	Viento fuerte o rachas extremas	3	1	3	2	23	Baja
	Ola de calor prolongada	2	1	3	2	18	Baja
Tecnológicos	Granizo o heladas puntuales	2	1	2	1	12	Baja
	Rotura de lámina por maquinaria	5	3	6	2	70	Baja
	Fallo en tuberías o válvulas (montaje)	3	3	6	2	42	Baja
	Sobrellenado accidental (llenado inicial)	3	2	5	2	33	Baja
	Vertido de reactivos durante la obra	2	2	6	2	32	Baja
	Incendio por trabajos en caliente	3	3	4	3	39	Baja
	Contacto eléctrico en tareas de instalación	3	3	2	1	33	Baja

Todos los riesgos identificados durante la fase de construcción **presentan un nivel de vulnerabilidad bajo**, sin requerir medidas extraordinarias más allá de las especificadas en los protocolos de seguridad en obra, supervisión técnica y control ambiental establecidos por el proyecto.


Fase de explotación


Grupo	Riesgo específico	P.O	S.P	M.A	M.S	VU	Nivel
Naturales	Inundación por lluvias intensas	4	3	6	3	60	Baja
	Sismicidad	2	4	6	3	34	Baja
	Erosión superficial	3	2	5	2	33	Baja
	Expansividad de arcillas	3	3	6	2	51	Baja
	Incendio forestal o rural	2	3	4	3	32	Baja
	Viento fuerte o rachas extremas	3	2	3	2	27	Baja
	Ola de calor prolongada	3	1	4	2	24	Baja
Tecnológicos	Granizo o heladas puntuales	2	1	2	1	12	Baja
	Rotura de lámina de PEAD	5	3	7	3	80	Baja
	Fallo en tuberías o válvulas	3	3	6	2	42	Baja
	Sobrellenado operativo	4	2	6	2	48	Baja
	Vertido de reactivos	3	3	6	3	45	Baja

Todos los escenarios de riesgo en fase de explotación presentan vulnerabilidad **baja**, resultado del diseño técnico adecuado, los sistemas de control previstos y la baja peligrosidad inherente del entorno.

Escala de clasificación aplicada:

VU (valor)	Nivel de vulnerabilidad
0	Nula
1 – 113	Baja
114 – 227	Media
228 – 341	Alta

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 19/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 19/21	

342 – 400 Muy alta

**Resultado global:** Todos los eventos analizados se clasifican con vulnerabilidad **BAJA** ( $VU \leq 113$ ). No se detectan escenarios de vulnerabilidad media ni alta.

4. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y PROTOCOLO DE ACTUACIÓN

A continuación, se presenta un programa de seguimiento y protocolo de actuación específico para las balsas de la planta de biogás de Écija. Este plan tiene como finalidad garantizar la detección temprana de anomalías, la correcta respuesta ante incidencias y la mejora continua de la seguridad operativa y ambiental.

Objetivos


- Detectar de forma anticipada cualquier alteración estructural, hidráulica o funcional de las balsas.
- Monitorizar parámetros críticos relacionados con el riesgo de fugas, reboses, emisiones o inestabilidad.
- Establecer procedimientos de respuesta rápida y eficaz ante incidentes.
- Asegurar la trazabilidad de las actuaciones y la mejora continua de la gestión del riesgo.


Programa de seguimiento

Parámetro o elemento a controlar	Ubicación	Método	Frecuencia
Nivel de líquido en balsa	Todas las balsas	Sonda nivel (SCADA)	Continuo
Flujo en sistema de drenaje inferior	Tubería de control de fugas	Caudalímetro / visual	Continuo
Nivel de agua en pozo de control	Pozo-registro piezométrico	Sonda de nivel conductiva	Diario
Calidad del agua en pozo de control	Pozo-registro	In situ (pH, CE)	Semanal
Agua subterránea (aguas abajo)	Piezómetros aguas abajo	Análítica completa	Trimestral
Estado de la lámina y anclajes	Interior de balsas y coronación	Inspección visual	Mensual
Taludes	Exterior de las balsas	Revisión visual	Mensual
Sistema eléctrico (protecciones)	Cuadros de bombas y sensores	Verificación funcional	Semestral

Protocolo actuación

Riesgo	Medidas correctoras
Fuga por rotura de lámina	- Parada de alimentación inmediata - Bombeo del contenido a otras balsas hasta nivel seguro - Detección zona rotura - Reparación lámina
Sobrellenado o rebose	- Activación de válvula de derivación automática a balsa de reserva o cisterna - Corte automático de impulsión - Bombeo del contenido a otras balsas hasta nivel seguro - Registro en SCADA
Fallo en tuberías	- Corte manual o remoto de válvula de seguridad - Sustitución del tramo afectado


Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR		02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 20/21	


Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 20/21	

Riesgo	Medidas correctoras
	- Limpieza de zona impactada y análisis post-incidente
Erosión crítica en talud	- Relleno y compactación inmediata - Refuerzo con malla o escollera - Bombeo del contenido a otras balsas hasta nivel seguro
Expansividad detectada (abombamiento)	- Reducción de nivel líquido hasta zona segura - Inspección geotécnica
Incendio o calor externo	- Aplicación de espuma ignífuga - Aviso a emergencias (112) y CHG si hay derrame
Inundación localizada	- Drenaje por bombeo a balsa de emergencia o camión cuba - Limpieza de drenajes - Informe técnico e inspección de daños estructurales

Nº Reg. Entrada: 202599909208544. Fecha/Hora: 16/07/2025 19:19:32

Nº Reg. Entrada: 202599908397079. Fecha/Hora: 02/07/2025 16:00:23

Puede verificar la integridad de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	<div></div>	02/07/2025	
VERIFICACIÓN	sSXicmsN1W8HmrcbZyljOKtXOM2mtw3	PÁG. 21/21	

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <a href="https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/">https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/</a> indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	LORENZO CHACON LADRON DE GUEVARA	16/07/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVESQ9N3YY79S28XP7HM7Z8LES69	PÁG. 21/21	