



**Universidad
Europea CANARIAS**

Trabajo Fin de Máster

Gestión de residuos en obras de construcción de plantas
fotovoltaicas. Caso de estudio.

Autor/es

David Risco Arias

Director/es

Loic Revuelta Luis

Escuela de Arquitectura

Fecha

Septiembre 2025

Índice

| | |
|---|----|
| Glosario | 3 |
| Resumen | 4 |
| Abstract | 5 |
| 1. Introducción | 6 |
| 2. Antecedentes | 7 |
| 3. Marco teórico | 8 |
| 4. Hipótesis | 12 |
| 5. Objetivos | 12 |
| 6. Metodología | 13 |
| 6.1. Descripción del proyecto | 13 |
| 6.2. Enfoque del estudio | 15 |
| 7. Análisis y resultados | 17 |
| 7.1. Identificación y cuantificación de residuos generados | 17 |
| 7.2. Marco Normativo | 18 |
| 7.3. Documentación relativa a gestión de residuos | 20 |
| 7.4. Medidas de prevención y minimización de residuos en obra | 21 |
| 7.5. Separación de residuos en puntos limpios | 24 |
| 7.6. Propuestas de mejora | 25 |
| 8. Conclusiones | 27 |
| 9. Futuras líneas de trabajo | 28 |
| 10. Referencias | 29 |
| Anexos | 31 |
| Anexo I. Documento identificativo de residuos. | 31 |
| Anexo II. Pictograma de residuos peligrosos. | 32 |

Glosario

DI: Documento Identificativo.

kVA: Kilovatioamperio.

LER: Listado Europeo de Residuos.

MW: Megavatio.

NIMA: Número de Identificación Medioambiental.

RCD: Residuos de Construcción y Demolición.

Tn: Tonelada.

Wp: Watt Pico.

Resumen

Este trabajo fin de master surge de la necesidad de abordar los desafíos ambientales derivados del rápido crecimiento del sector fotovoltaico, donde una gestión inadecuada de los residuos puede generar impactos negativos significativos. Para su estudio se presenta una simulación de la gestión de residuos durante la fase de construcción de una planta fotovoltaica de 50 MW, denominada “RISMER 2025”, ubicada en Albacete. En el trabajo se fundamenta un exhaustivo marco teórico, destacando la Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados como eje central de una gestión eficiente. La metodología combina un enfoque cualitativo mediante revisión bibliográfica y cuantitativo, promediando datos de cinco estudios de gestión de residuos de proyectos similares para estimar la cantidad de residuos generados. Los resultados identifican y cuantifican los residuos típicos del proyecto, tanto peligrosos como no peligrosos y se propone un plan de gestión detallado que incluye medidas de prevención, protocolos de segregación en origen en puntos limpios y el destino final de cada residuo priorizando la reutilización, el reciclaje y la valorización. Se concluye que una gestión eficiente de residuos debe comenzar en la fase de planificación del proyecto y debe involucrar a todo el personal de obra.

Palabras clave: *Gestión de residuos, plantas fotovoltaicas, construcción, residuos de demolición y construcción, economía circular.*

Abstract

This master's final project arises from the need to address the environmental challenges arising from the rapid growth of the photovoltaic sector, where inadequate waste management can generate significant negative impacts. For its study, a simulation of waste management is presented during the construction phase of a 50 MW photovoltaic plant, called "RISMER 2025," located in Albacete. The work is based on a comprehensive theoretical framework, highlighting Law 7/2022 on waste and contaminated soil as the central axis of efficient management. The methodology combines a qualitative approach through a bibliographic review and a quantitative approach, averaging data from five waste management studies of similar projects to estimate the amount of waste generated. The results identify and quantify typical project waste, both hazardous and non-hazardous, and a detailed management plan is proposed that includes prevention measures, source segregation protocols at clean points, and the final destination of each waste, prioritizing reuse, recycling, and recovery. It is concluded that efficient waste management must begin in the project planning phase and involve all construction personnel.

Keywords: *Waste management, photovoltaic plants, construction, demolition and construction waste, circular economy.*

1. Introducción

Durante los últimos años, el sector de las energías renovables, principalmente la fotovoltaica, ha experimentado un notable aumento en España, con la construcción de parques de grandes dimensiones a lo largo de todo el territorio. Según datos de Red Eléctrica (2025), la energía renovable en 2024 supuso el 56,8% de la generación anual nacional y la solar fotovoltaica fue la tecnología con más potencia instalada en España.

Esta transición energética hacia fuentes de energía renovables ha supuesto un beneficio ambiental en cuanto a una menor dependencia de los combustibles fósiles con la consiguiente menor emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, aunque también se enfrenta a otros desafíos ambientales como la gestión del uso del suelo o la generación de residuos.

En la fase de construcción de parques fotovoltaicos se generan gran cantidad de residuos que necesitan ser gestionados de manera segura y eficiente para cumplir con la legislación vigente y con las buenas prácticas ambientales de las organizaciones. En muchas ocasiones no se produce una gestión correcta de los residuos por falta de organización, recursos económicos y humanos o falta de cultura ambiental de la empresa (Van Hoof et al. 2018).

Este trabajo pretende simular cómo sería la gestión eficiente de residuos en la obra de construcción de un parque fotovoltaico, describiendo los residuos generados, la manera correcta de gestionarlos, la legislación vigente y las buenas prácticas ambientales a realizar para conseguir así un enfoque sostenible en el avance hacia la transición energética.

2. Antecedentes

La gestión de residuos se considera una parte integral de la gestión ambiental que engloba las acciones y estrategias para proteger el medio ambiente. De manera general, implica la planificación, implementación y control de actividades que buscan minimizar el impacto negativo de las actividades humanas en el entorno. Dentro de este amplio espectro, la gestión de residuos se enfoca específicamente en el manejo de residuos desde su generación hasta su disposición final, incluyendo la recogida, transporte, tratamiento, eliminación o reciclaje.

Uno de los errores fundamentales en gestión de residuos en obras de construcción de parques fotovoltaicos es la falta de planificación, ya que suele realizarse una vez ha comenzado la obra, lo que impide valorar un rango amplio de opciones de manejo (Guerin, 2017), como la búsqueda de gestores de residuos, la generación de la documentación necesaria o la logística de la gestión en obra.

Según la Ley de Residuos 7/2022, se establece una jerarquía de gestión de residuos que prioriza la prevención, seguida de la preparación para la reutilización, el reciclaje, la valorización y, finalmente, la eliminación como último recurso. Esta jerarquía es un marco clave para la gestión sostenible de residuos y la transición hacia una economía circular.

Por tanto, la gestión de residuos es esencial para la protección del medio ambiente ya que minimiza la contaminación, promueve la sostenibilidad y ayuda a mitigar el cambio climático, al conseguir reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la descomposición de residuos en vertederos y en procesos de incineración.

3. Marco teórico

Las dificultades que enfrenta la gestión de residuos se basan principalmente en su generación creciente año tras año, en la dificultad para su correcta clasificación y tratamiento y en los impactos ambientales negativos que esto conlleva. Según datos del Instituto Nacional de Estadística (2022), la economía española generó 110,1 millones de toneladas de residuos en 2022, de los cuales 3,5 millones correspondieron a residuos peligrosos y 106,6 millones a residuos no peligrosos.

La actividad que generó mayor cantidad de residuos fue la construcción, constituyendo un 32,9% de la generación total de residuos (Tabla 1).

| | Total | Tasa anual | No peligrosos | Tasa anual | Peligrosos | Tasa anual |
|---|-----------|------------|---------------|------------|------------|------------|
| Total | 110.104,2 | -5,4 | 106.650,3 | -5,3 | 3.453,9 | -6,9 |
| Construcción | 36.238,2 | -2,2 | 36.042,3 | -2,2 | 195,9 | -9,8 |
| Suministro de agua, saneamiento, gestión de residuos y descontaminación | 23.591,0 | -11,6 | 22.896,9 | -11,3 | 694,1 | -21,5 |
| Industria (Incluidas minería y producción de energía) | 14.773,9 | -14,4 | 13.502,5 | -15,8 | 1.271,5 | 4,8 |
| Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | 6.043,2 | -4,7 | 6.018,9 | -4,7 | 24,3 | -13,4 |
| Servicios | 5.801,4 | 7,1 | 4.648,7 | 11,0 | 1.152,7 | -6,3 |
| Hogares | 23.656,5 | 0,4 | 23.541,1 | 0,5 | 115,4 | -16,2 |

Tabla 1. Gestión de residuos por sectores año 2022. Fuente: INE.

Una gestión incorrecta de residuos puede tener consecuencias negativas tanto para las organizaciones como para el medio ambiente. En cuanto a las empresas, una mala gestión de residuos puede derivar en un aumento de costos por sanciones regulatorias, daños a la reputación y pérdida de confianza por parte de consumidores, interrupciones operativas en caso de accidentes ambientales o enfrentamiento de responsabilidades legales.

Por otra parte, la ineficiencia en la gestión de residuos puede ocasionar la contaminación del suelo y el agua. Los residuos peligrosos, si no se gestionan correctamente pueden filtrarse en el suelo y en las masas de agua afectando a los ecosistemas y a la salud humana.

Por todos estos motivos, una gestión de residuos eficiente en la fase de construcción de una planta fotovoltaica es crucial para minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad. Esto implica una correcta identificación, clasificación, almacenamiento y eliminación de los residuos generados durante la construcción, así como la adopción de medidas para minimizar la producción de residuos desde las fases previas.

La normativa que regula la gestión de residuos ha evolucionado junto a la conciencia creciente sobre la necesidad de proteger al medio ambiente y promover la economía circular. La Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular tiene como objetivo “reducir al mínimo los efectos negativos de la generación y gestión de residuos en la salud humana y el medio ambiente, teniendo en cuenta los principios de economía circular, para un uso eficiente de los recursos”.

Los residuos de construcción y demolición (RCD) son las sustancias u objetos generados en actividades de construcción. Pueden ser muy variados, desde materiales inertes como hormigón y ladrillo, hasta materiales peligrosos como tierras contaminadas, o materiales no peligrosos como madera, metales, plásticos y vidrio. Conforme a la Ley 7/2022 es obligatorio clasificar los RCD en sus diferentes fracciones. La separación se debe llevar a cabo por el poseedor de los residuos, preferiblemente dentro de la obra en la que se produzcan con

el objetivo de evitar mezclas indeseadas. El poseedor es el encargado de sufragar los costes de gestión y de entregar al productor la documentación acreditativa.

El Real Decreto 105/2008 regula la producción y gestión de los RCD y tiene por objetivo “fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de la construcción”.

Entre las obligaciones del Real Decreto se debe incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos. Además, el productor de residuos debe disponer de la documentación que acredite que los RCD producidos en obra han sido gestionados o entregados a una instalación de valorización para su tratamiento.

En el estudio de gestión de residuos se incluye la descripción del proyecto, la identificación y estimación de la cantidad de residuos, las medidas de prevención, valorización y/o eliminación, la gestión de residuos peligrosos y las acciones formativas a desarrollar, entre otras.

Para la identificación de residuos, según la Orden MAM/304/2002, se debe utilizar el código LER asociado a cada residuo. LER, o Lista Europea de Residuos, es un sistema de clasificación armonizado utilizado en Europa para identificar y catalogar residuos.

El registro de los residuos se debe realizar conforme a lo establecido en la Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados, donde se indica que los productores o gestores de residuos dispondrán de un archivo físico o telemático que recoja por orden cronológico la cantidad, naturaleza, origen, destino y método de tratamiento de los residuos. Esta información debe archivarse durante al menos cinco años.

Por otra parte, los residuos peligrosos, debido a su naturaleza tienen un tratamiento especial. Son aquellos desechos que, debido a sus características intrínsecas pueden causar daño a la salud humana o al medio ambiente si no se manejan adecuadamente. Según la Ley 7/2022, el productor o gestor de residuos peligrosos está obligado a disponer de una zona habilitada e identificada para el almacenamiento de estos residuos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad. Además, los residuos peligrosos deberán estar protegidos de la intemperie con sistemas de retención de vertidos y derrames. La duración máxima de almacenamiento será de seis meses.

En resumen, una gestión eficiente de residuos en obras de construcción de plantas fotovoltaicas debe tener en cuenta una buena planificación y el cumplimiento de la legislación vigente.

4. Hipótesis

La hipótesis en la que se basa el presente trabajo fin de master es que una gestión de residuos eficiente en la fase de construcción de un parque fotovoltaico simulado resultará en un aumento en las tasas de reciclaje, un menor impacto ambiental sobre la zona de ejecución y una mejora en la gestión ambiental de la organización.

5. Objetivos

El objetivo general de este TFM es definir un caso de estudio de una planta fotovoltaica evaluando la generación de residuos durante su construcción y proponiendo un plan de gestión basado en las mejores prácticas, normativa vigente y principios de economía circular.

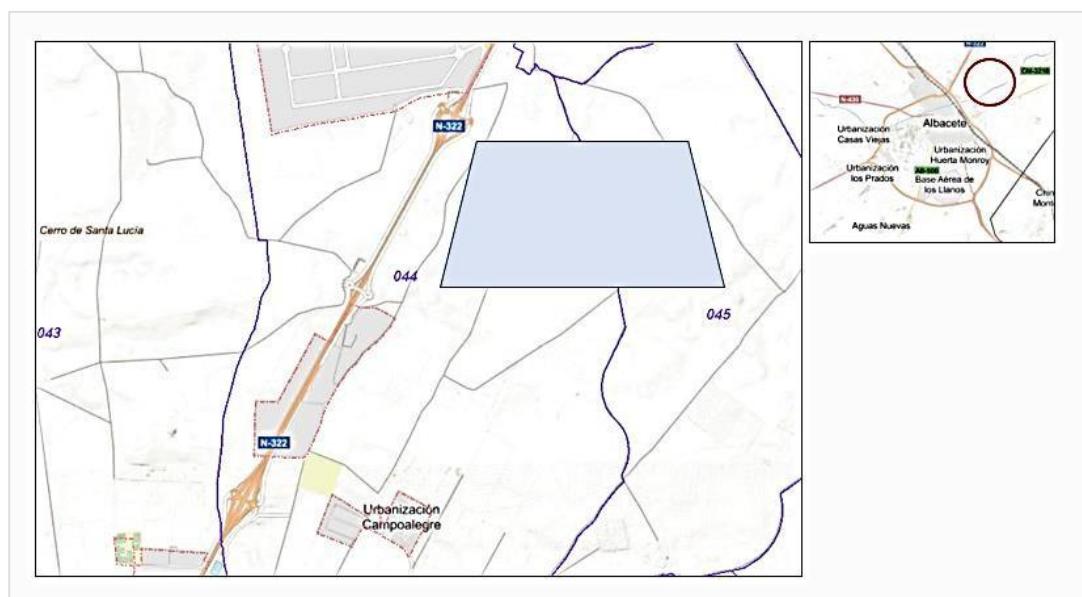
Para alcanzar el objetivo general de este trabajo se desarrollarán los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar el proyecto fotovoltaico idealizado con dimensiones (potencia, extensión, tecnologías empleadas) y fases de construcción (movimiento de tierras, cimentación, montaje de estructuras y paneles, instalación eléctrica).
- Enumerar el marco normativo aplicable en España.
- Identificar y cuantificar los residuos generados en cada fase con tipología y volúmenes estimados.
- Detallar medidas para el caso de estudio que incluyan estrategias de prevención (ej. diseño modular o compra selectiva de materiales), protocolos para segregación, almacenamiento temporal y transporte, así como vías de valorización (reutilización, reciclaje) y eliminación responsable.

6. Metodología

6.1. Descripción del proyecto

- Nombre o razón social del promotor:
- RISMER S.L.
- CIF: B02320343
- Ctra Casas Ibañez 3,5. Edificio E, Piso 1
- Urbanización Piña Verde, 02155, Albacete.
- Emplazamiento de las instalaciones:
- Ubicado en las parcelas 44 y 45 en el término municipal de Albacete (Castilla La Mancha). Coordenadas: 39.006579, -1.875182.



El objeto de este apartado es describir las instalaciones correspondientes a la Planta Solar Fotovoltaica “RISMER 2025”, de 50 MW de potencia instalada (Imagen 1). Se compartirá línea de evacuación con el Huerto Solar Romica, próximo a la zona.

La instalación está compuesta de 128.000 módulos de 390 Wp, con montaje sobre sistema de seguimiento solar horizontal y un eje y 12 inversores de 3.510 kVA. El sistema se compone de 1523 seguidores constituidos por 84 módulos por seguidor.

La instalación se subdivide en 4 campos solares cada uno con una potencia de 12.5 MW. Cada campo solar tiene distribuida una estructura soporte de seguidor a un eje para los paneles fotovoltaicos. Estos paneles se conectan a una caja suma que agrupa la energía eléctrica generada. Esta caja suma se conecta con la parte continua de los inversores.

A su vez, existen 4 centros de transformación, uno por cada campo solar. Estos centros de inversión – transformación contienen dos inversores fotovoltaicos, con dos transformadores para elevar la tensión, celdas de alta tensión para conectar con la subestación de evacuación y servicios auxiliares del campo solar.

En la fase de construcción y montaje se producirán los siguientes trabajos:

- Movimientos de tierras (excavaciones, desbroces de vegetación y construcción de caminos).
- Apertura y acondicionamiento de accesos interiores.
- Instalaciones auxiliares y centros de transformación.
- Tránsito de maquinaria y transporte de materiales y equipos.
- Realización de zanjas de baja y media tensión.
- Hincado de los soportes de la estructura de las mesas.
- Montaje de los módulos fotovoltaicos.
- Conexionado eléctrico.

6.2. Enfoque del estudio

El presente estudio se sustenta en un enfoque mixto, integrando técnicas de análisis cualitativo y cuantitativo para abordar de manera comprensiva el objeto de investigación.

Enfoque Cualitativo: Revisión sistemática de literatura. Para el desarrollo del trabajo se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura con el objetivo de recopilar, sintetizar y analizar el conocimiento existente en torno a la gestión de residuos y la aplicación de principios de economía circular en el sector fotovoltaico. La búsqueda se realizó en Google y Google académico utilizando como términos clave: “gestión de residuos”, “obras de construcción de parques fotovoltaicos”, “reciclaje de residuos de construcción y demolición” y “economía circular en parques fotovoltaicos”. Este proceso permitió identificar tendencias, marcos normativos, mejores prácticas documentadas y lagunas en el conocimiento, sentando las bases teóricas y contextuales para la investigación.

Enfoque Cuantitativo: Análisis metodológico de datos secundarios. En la vertiente cuantitativa, el estudio se orientó hacia la cuantificación y caracterización de los residuos generados durante la fase de construcción de parques fotovoltaicos. Dada la escasez de datos primarios públicos y la heterogeneidad en los reportes, se optó por un método de agregación y promediado de datos secundarios. Para ello, se seleccionaron de forma crítica cinco estudios de caso independientes y disponibles públicamente, realizados por consultoras y empresas especializadas en el sector entre 2018 y 2023: Geolisol (2022), Himin (2021), Iber (2023), Idea Energía (2018) y V3J (2023). Estos documentos fueron analizados de manera individual para extraer los datos cuantitativos sobre generación de residuos por tipo y por megavatio instalado.

Posteriormente, se calculó una media aritmética para cada categoría de residuo, obteniendo así un valor de referencia agregado que mitiga las variaciones específicas de cada proyecto.

7. Análisis y resultados

7.1. Identificación y cuantificación de residuos generados

A continuación, en la Tabla 2, se detallan los diferentes residuos que se generarán en obra y su volumen estimado (Tn):

| CÓDIGO LER | RESIDUOS | CANTIDAD ESTIMADA (Tn) |
|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| RESIDUOS NO PELIGROSOS | | |
| 17 05 04 | Tierras y piedras | 72,1 |
| 20 02 01 | Residuos biodegradables | 158,3 |
| 17 01 01 | Hormigón | 595,1 |
| 17 04 05 | Hierro y acero | 297,7 |
| 17 02 03 | Plástico | 273,0 |
| 15 01 03 | Madera | 427,7 |
| 15 01 01 | Papel y cartón | 156,7 |
| 17 04 11 | Cables distintos de 17 04 10 | 0,4 |
| 17 04 02 | Aluminio | 0,3 |
| RESIDUOS PELIGROSOS | | |
| 15 01 10* | Envases contaminados | 0,2 |
| 20 01 27* | Pinturas con sustancias peligrosas | 0,3 |
| 15 01 11* | Aerosoles vacíos | 0,1 |
| 15 02 02* | Absorbentes y trapos contaminados | 0,1 |
| 17 05 03* | Tierras y piedras contaminadas | 0,5 |
| 20 01 35* | Restos de paneles solares | 0,3 |
| 20 03 04* | Lodos procedentes de baños químicos | 6,6 |

Tabla 2. Cantidad estimada de residuos generados en fase de construcción (Tn).

7.2. Marco Normativo

El marco normativo español en materia de residuos y suelos contaminados es extenso y complejo, conformado por leyes, reales decretos y planes que transponen y desarrollan la legislación europea. Su evolución refleja el avance hacia los principios de la economía circular, buscando minimizar la generación de residuos, maximizar su aprovechamiento como recursos y gestionar los producidos de la forma más segura para el medio ambiente.

La siguiente relación recoge las normas fundamentales que, desde el ámbito estatal, regulan esta materia:

- **Normativa Básica y Marco Principal**
 - Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, que deroga la Ley anterior 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. Introduce objetivos más ambiciosos en reducción de residuos, impulsa la prevención, establece nuevos impuestos y refuerza la responsabilidad ampliada del productor.
 - Ley 11/97 de 24 de abril de envases y residuos de envases. Norma específica que regula la gestión de los envases y sus residuos durante todo su ciclo de vida.
- **Modificaciones Legislativas**
 - Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. Su objetivo fue adaptar la normativa española a nuevas directivas europeas y corregir o precisar aspectos técnicos y procedimentales.

- **Normativa de Desarrollo y Reglamentos Específicos**

- Real Decreto 833/1998, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos Tóxicos y Peligrosos. Ley ya derogada, pero sigue siendo la norma de referencia para la caracterización y gestión de los residuos peligrosos en España.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, que lo modifica, el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Establece la obligación de redactar un plan de gestión de residuos para las obras y fomenta su preparación para la reutilización, reciclado y otras formas de valorización.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986. Su objetivo fue actualizar y mejorar la normativa sobre gestión de residuos peligrosos.
- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, que deroga el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos
- Real Decreto 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado
- Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
- Real Decreto 208/2022, de 22 de marzo, sobre las garantías financieras en materia de residuos.

- **Planificación Estratégica**

- Resolución de 16 de noviembre de 2015, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 6 de noviembre de 2015, por el que se aprueba el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022. Aunque ya derogado, sirvió como guía para las comunidades autónomas en el desarrollo de sus planes autonómicos.

7.3. Documentación relativa a gestión de residuos

A continuación, se detallan los documentos necesarios para cumplir con la normativa vigente en cuanto a gestión de residuos:

- Alta como pequeño productor de gestor de residuos. Se obtiene un número de identificación ambiental (NIMA) para la localización del origen de los residuos.
- Contrato con gestor de residuos y acreditación de que dispone de permisos para gestión y transporte de residuos.
- Documento identificativo de residuo (DI) (Anexo I) de cada salida de residuos de obra.
- Notificación previa de traslado de residuos peligrosos. Antes de la retirada de este tipo de residuos.

7.4. Medidas de prevención y minimización de residuos en obra

Las alternativas de gestión de residuos se ajustarán a la siguiente jerarquía:

- Minimización del uso de recursos necesarios. Se debe prever la cantidad de materiales a utilizar en obra. Un exceso de materiales, además de un mayor coste, supone la generación de mayor volumen de residuos.
- Planificación de entrega de materiales. De esta manera llegarán a obra cuando sean necesarios y se evitará su deterioro.
- Almacenamiento correcto de materiales. Según indicaciones del fabricante para evitar que se degraden los embalajes y se dispersen los residuos.
- Minimización de la producción de residuos de cada proceso. Se debe saber que cuando se originan residuos, se producen costes indirectos como almacenamiento, carga, transporte, etc. y otros indirectos como los materiales que ocuparían el lugar de los residuos que podrían haberse reciclado en la propia obra.
- Reutilización de materiales. Se deben reutilizar todos los materiales posibles en obra antes de dedicarlos a una actividad externa.
- Reciclaje de materiales. También es prioritario dentro de la obra como primera alternativa.
- Valorización energética. Únicamente fuera de la obra y en plantas de tratamiento autorizadas.
- Vertederos. Última opción.
- Los residuos sobrantes se entregarán a un gestor autorizado para que reciban el tratamiento adecuado.

A continuación, en la Tabla 3 se detalla el tratamiento que recibirá cada uno de los residuos generados en obra:

| CÓDIGO LER | RESIDUOS | CANTIDAD ESTIMADA (Tn) |
|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| RESIDUOS NO PELIGROSOS | | |
| 17 05 04 | Tierras y piedras | Reutilización en obra |
| 20 02 01 | Residuos biodegradables | Reciclaje o recuperación (compost) |
| 17 01 01 | Hormigón | Valorización |
| 17 04 05 | Hierro y acero | Valorización |
| 17 02 03 | Plástico | Valorización |
| 15 01 03 | Madera | Valorización |
| 15 01 01 | Papel y cartón | Valorización |
| 17 04 11 | Cables distintos de 17 04 10 | Valorización |
| 17 04 02 | Aluminio | Valorización |
| RESIDUOS PELIGROSOS | | |
| 15 01 10* | Envases contaminados | Eliminación |
| 20 01 27* | Pinturas con sustancias peligrosas | Eliminación |
| 15 01 11* | Aerosoles vacíos | Eliminación |
| 15 02 02* | Absorbentes y trapos contaminados | Eliminación |
| 17 05 03* | Tierras y piedras contaminadas | Eliminación |
| 20 01 35* | Restos de paneles solares | Eliminación |
| 20 03 04* | Lodos procedentes de baños químicos | Eliminación |

Tabla 3. Tratamiento de los residuos generados en fase de construcción.

- **Tierras:** Se planificarán adecuadamente los movimientos de tierra para evitar excedentes. Se vigilará que los anchos y profundidades excavadas en zanjas sean las reflejadas en los planos del proyecto para ajustar la reutilización de las tierras y se minimizarán los residuos generados.

- **Madera:** Los palets serán devueltos al suministrador correspondiente para asegurar su reutilización. Las maderas utilizadas se segregarán y clasificarán para su reutilización. Los fragmentos de madera sobrantes no se quemarán en la obra, sino que se triturarán para ser reutilizados como aglomerado o serrín. Como última opción se destinarán a valorización energética en plantas autorizadas.
- **Metales:** Los sobrantes de hincas, vallado, etc. se segregarán para su valorización por un gestor autorizado.
- **Plástico y cartón (embalaje):** Como primera opción se intentará la recogida por parte del proveedor y, si no es posible, se entregará a un gestor para su reutilización o reciclaje. El embalaje no se retirará de los módulos hasta su utilización y se depositará en contenedores al momento.
- **Cables y aluminio:** Se ajustará al máximo la medición de los cables para evitar generar demasiados despuntes y sobrantes de cable.
- **Residuos peligrosos:** El uso de la maquinaria puede ocasionar derrames de residuos peligrosos. También, la pintura en los hierros de hincado y los aerosoles utilizados por topografía se consideran residuos peligrosos que requieren una manipulación y gestión especialmente cuidadosa. Los residuos peligrosos, así como sus envases y embalajes se deben separar y almacenar en recintos separados, cubiertos, ventilados y con especificaciones claras. Se debe planificar la zona donde ubicarlos, debidamente separados. La zona además debe estar señalizada adecuadamente (Anexo II).

7.5. Separación de residuos en puntos limpios

Las operaciones previstas para llevar a cabo en fase de construcción serán las de separar y separar adecuadamente los residuos generados.

La clasificación en origen de los residuos es el factor que más influye en su destino final. Un contenedor con residuos mezclados tiene menos opciones de valorización que uno con residuos segregados.

Para una correcta segregación se debe disponer de contenedores específicos para plástico, cartón, madera, metal y residuos orgánicos cuya recogida se realizará mediante gestores autorizados. Todos los contenedores deben estar etiquetados e incluir el código LER respectivo. Los residuos sólidos urbanos, producto de la actividad diaria de la obra, se depositarán en contenedores diferenciados por colores (azul para papel y cartón, amarillo para plástico y verde para residuos orgánicos).

Además, es importante tener en cuenta el espacio disponible para realizar la separación selectiva de los residuos, la posibilidad de reutilización y reciclaje, la proximidad de valorización de residuos y la distancia a depósitos controlados.

Los puntos limpios son zonas de almacenamiento temporal de residuos. Se diseñan de acuerdo con un almacenamiento seguro y separado de los residuos. En nuestro caso concreto se diseñarán 4 puntos limpios, uno por subcampo, donde se organizará el servicio de recogida con periodicidad suficiente. Se señalizarán en número y distancia suficientes para facilitar su uso y facilitar el transporte hacia ellos.

También, se localizará una zona de lavado de las canaletas de las hormigoneras que estará totalmente impermeabilizada, donde se recogerán las aguas procedentes del lavado.

En cuanto a los residuos peligrosos, se creará una estructura con techo que evite la radiación solar y el agua. Tendrá cerramiento perimetral, acceso restringido y buena ventilación. Cada residuo separado estará en contenedores totalmente cerrados y se localizarán en depósitos de retención para evitar accidentes.

Por último, pero no menos importante, el personal de obra deberá tener la formación adecuada para separar selectivamente los residuos generados durante la fase de construcción, separando los mismos mediante los códigos LER, identificando los residuos peligrosos y los que pueden ser reutilizados en obra o devueltos al proveedor.

7.6. Propuestas de mejora

A continuación, se exponen una serie de puntos que podrían contribuir a conseguir una gestión de residuos más eficiente:

- Enumerar un conjunto de buenas prácticas para una buena gestión en obra, que el personal deberá cumplir durante la ejecución de los trabajos.
- Planificar la obra teniendo en cuenta la cantidad de residuos que se van a generar.
- Fomentar en el personal de obra el interés por reducir el uso de recursos utilizados y los volúmenes de residuos generados. Fomentar la participación activa aportando sugerencias para mejorar los procesos.

- Controlar el movimiento de los materiales para que no queden restos diseminados.
La generación de residuos se produce de forma dispersa y deben transportarse hasta los puntos limpios. Este recorrido debe planificarse para que se produzcan las menores pérdidas posibles.
- Desembalar los residuos cerca de los puntos limpios siempre que sea posible.

8. Conclusiones

La gestión de residuos en la construcción de plantas fotovoltaicas constituye un elemento crítico para la sostenibilidad ambiental y la eficiencia económica del proyecto. En este proyecto simulado de 150 MW se desarrolla en fases sucesivas y está sujeto a un estricto marco normativo. La identificación y cuantificación de residuos varía sustancialmente entre fases y las medidas de gestión deben integrarse desde la fase de diseño, priorizando la prevención. Es esencial establecer protocolos de segregación en origen, con contenedores específicos para metales, plásticos, cartón, madera y residuos peligrosos. El almacenamiento temporal debe realizarse en áreas delimitadas y señalizadas. Los residuos, en función de su naturaleza se destinarán al tratamiento correspondiente (valorización, reciclaje, eliminación).

La aplicación sistemática de estas estrategias permitirá optimizar los recursos, maximizar las tasas de recuperación y garantizar el cumplimiento legal, reforzando el compromiso ambiental del sector fotovoltaico.

9. Futuras líneas de trabajo

El desarrollo tecnológico se erige como un pilar estratégico para optimizar la gestión de residuos, tanto en términos de eficiencia económica como de efectividad ambiental. La incorporación de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial (IA), la automatización robótica y el internet de las cosas (IoT), permite transformar los procesos tradicionales en sistemas inteligentes e interconectados. Por ejemplo, la IA aplicada a sistemas de visión artificial puede identificar y clasificar residuos en tiempo real, incrementando la precisión de la segregación y reduciendo la contaminación cruzada en flujos de materiales. Paralelamente, la automatización de plantas de tratamiento mediante robots de selección no solo eleva la productividad, sino que también minimiza la exposición de los trabajadores a los residuos peligrosos.

Por otro lado, el IoT facilita la monitorización en tiempo real de contenedores y equipos mediante sensores que registran datos de llenado, ubicación y condiciones ambientales. Esta información, integrada en plataformas de gestión, optimiza rutas de recogida, reduce consumos energéticos y previene incidentes ambientales. Estas innovaciones contribuyen directamente a aumentar las tasas de recuperación de materiales, abaratando los costos operativos al reducir el volumen de residuos destinados a eliminación y disminuyendo simultáneamente la huella ecológica de las operaciones. Así, el uso de tecnologías en la gestión de residuos se puede consolidar como un factor clave para transitar hacia modelos de economía circular altamente eficientes y sostenibles.

10. Referencias

Geolisol (2022). Estudio de gestión de residuos planta fotovoltaica San Agustín.

[https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2022-](https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2022-11/Estudio%20Gesti%C3%B3n%20de%20Residuos.pdf)

[11/Estudio%20Gesti%C3%B3n%20de%20Residuos.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2022-11/Estudio%20Gesti%C3%B3n%20de%20Residuos.pdf)

Guerin, T. F. (2017). Evaluating expected and comparing with observed risks on a large-scale solar photovoltaic construction project: A case for reducing the regulatory burden.

Renewable and Sustainable Energy Reviews, 74, 333-348.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117302459>

Himin. (2021). Proyecto para la instalación fotovoltaica con conexión a la Red Eléctrica con una potencia de 31.740 kWp. Anejo 3. Estudio de gestión de residuos.

https://cindi.gva.es/documents/161328209/174144838/ProyectoPlanta_Anejo_Gesti%C3%B3nResiduos.pdf/36186f84-2a4e-4024-bee5-37061d408d1f

Iber. (2023). Adenda al Estudio de Impacto Ambiental del Parque Fotovoltaico “Salinetas II” de 25,3 MWp y SET Salinetas II.

https://cindi.gva.es/auto/energia/InformacionPublica/Alicante/ATALFE_2020_161_2/20230608%20EIA_Salinetas%20II.pdf

Idea Energía. (2018). Proyecto de ejecución Planta Fotovoltaica La Vega I. Término Municipal de Teba (Málaga). Anexo 6. Estudio de Gestión de residuos.

<https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2020-10/Anexo%206.%20Estudio%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Residuos%20La%20Vega%20I.pdf>

Instituto Nacional de Estadística. (2022). Cuentas medioambientales: Cuenta de los residuos.

<https://www.ine.es/dyngs/Prensa/es/CR2022.htm>

Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. (2011). Boletín Oficial del Estado, núm. 181.

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-13046>

Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

(2022). Boletín Oficial del Estado, núm. 85.

<https://www.boe.es/eli/es/l/2022/04/08/7>

Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. (2002). Boletín Oficial del Estado, núm. 43.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-3285>

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. (2008). Boletín Oficial del Estado, núm. 38.

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2008-2486>

Red Eléctrica. (2025). *Informe del Sistema Eléctrico 2024*.

<https://www.ree.es/es/publicaciones>

Van Hoof, B., Monroy, N., & Saer, A. (2018). *Producción más limpia: paradigma de gestión ambiental*. Universidad de los Andes.

https://books.google.es/books/about/Produc%C3%B3n_m%C3%A1s_limpia.html?id=Hd30DwAAQBAJ&redir_esc=y

V3J. (2023). Estudio de gestión de residuos de una planta solar fotovoltaica “Amorós” de 891 kWp/800 kWn conectada a la red de distribución de energía eléctrica.

https://cindi.gva.es/auto/energia/InformacionPublica/Alicante/ATALFE_2023_21_03/20231103%20Estudio%20Gestion%20de%20Residuos%20PSFV%20Amoros.pdf

Escuela de Arquitectura. Universidad Europea de Canarias.

Anexos

Anexo I. Documento identificativo de residuos.



DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS SIN NOTIFICACIÓN PREVIA

(Artículo 6.1 y Anexo III del R.D. 553/2020, de 2 de Junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado. B.O.E. nº 171 del 19/07/2020)

| | | | |
|---|-----------------------------|---------------------------------------|--|
| Documento de Identificación nº ¹ | | | |
| Fecha inicio de traslado ² | | | |
| INFORMACIÓN RELATIVA AL OPERADOR DEL TRASLADO | | | |
| NIF | Razón social/Nombre | | |
| NIMA ³ | Nº inscripción ⁴ | Tipo Operador Traslado ⁴ | |
| Dirección | C.P. | | |
| Municipio | Provincia | | |
| Teléfono | Correo electrónico | | |
| Firma operador de traslado | | | |
| INFORMACIÓN RELATIVA AL ORIGEN DEL TRASLADO | | | |
| Información del centro productor o poseedor de residuos o de la instalación origen del traslado: | | | |
| NIF ⁵ | Razón social/Nombre | | |
| NIMA ³ | Nº inscripción ⁶ | Tipo centro Productor ⁶ | |
| Dirección ⁷ | C.P. | | |
| Municipio | Provincia | | |
| Teléfono | Correo electrónico | | |
| Información de la empresa autorizada para realizar operaciones de tratamiento de residuos, incluido el almacenamiento, en caso de que el origen del traslado sea una instalación de tratamiento de residuos | | | |
| NIF | Razón social/Nombre | | |
| NIMA | Nº inscripción | | |
| Dirección | C.P. | | |
| Municipio | Provincia | | |
| Teléfono | Correo electrónico | | |
| INFORMACIÓN RELATIVA AL DESTINO DEL TRASLADO | | | |
| Información de la instalación de destino ¹⁵ | | | |
| NIF | Razón social/Nombre | | |
| NIMA | Nº inscripción | Tipo centro gestor ⁸ | |
| Dirección | C.P. | | |
| Municipio | Provincia | | |
| Teléfono | Correo electrónico | | |

Anexo II. Pictograma de residuos peligrosos.

| PICTOGRAFIA | CARACTERISTICA | PICTOGRAFIA | CARACTERISTICA |
|----------------|--|---|--|
| | GHS01 HPI EXPLOSIVO | | GHS02 HP2 COMBURENTE |
| | GHS02 HPI INFLAMABLE | Pictograma cés al establecido en la normativa autonómica para residuos sanitarios infecciosos | HPI9 INFECCIOSO |
| | GHS05 HPI IRITANTE Skin corrosion/irritat. Cat. 1A y 1B, y SC Serious eye damage HPI8 CORROSIVO | | GHS08 HPS TOXICIDAD ESPECIFICA STOT SE 1 y 2 STOT RE 1,2 Asp Tox 1 |
| | GHS07 HPI IRITANTE Skin Irritation Cat 2 y 3 Eye Irritation Cat. 2 HPI9 TOXICIDAD AGUDA Acute Tox 4.0mf, derm., Inhalation HPI9 TOXICIDAD ESPECIFICA STOT SE 3 HPI8 CORROSIVO (Skin corrosion/irritat. Cat. 1) | | GHS06 HPI6 TOXICIDAD AGUDA (Acute Tox 1,2,3 Oral, Dermal, Inhalation) |
| | GHS09 HPI4 ECOTOXICO | Sin pictograma | HF12 Liberación de un gas de tensión aguda |
| Sin pictograma | HF25 Residuo que pone en peligro una o más de las características de antigenotoxicidad entre mencionadas que el residuo original | | GHS04 El símbolo de la bombona de gas se utiliza para gases comprimidos y licuados y no está ligado a ninguna propiedad de peligrosidad |