



**PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA "LAS COLINAS" (DE
49,8 MW) Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN
ASOCIADA (COMUNIDAD DE MADRID)**



Estudio de impacto ambiental

Anexo VII. Estudio de riesgo de erosión

Diciembre, 2025

ALTACIA CONSULTORÍA
ESTRATÉGICA
MEDIOAMBIENTAL



ÍNDICE

1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.....	2
1.1. Objetivo del estudio.....	2
1.2. Alcance del estudio.....	2
2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	3
2.1. Ubicación geográfica.....	3
2.2. Topografía.....	4
2.3. Tipo de suelo.....	6
2.3.1. Caracterización edáfica.....	6
2.3.2. Hidrogeología y permeabilidad del suelo.....	8
2.4. Cobertura vegetal.....	9
2.5. Clima.....	11
2.5.1. Zona climática y precipitación media anual.....	11
2.5.2. Eventos extremos.....	11
3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	12
3.1. Modelo RUSLE.....	12
3.2. Cartografía del modelo RUSLE.....	14
4. MAPAS DE EROSIÓN DEL MITECO.....	15
4.1. Mapa de Estados Erosivos.....	15
4.2. Inventario Nacional de Erosión de Suelos.....	15
4.2.1. Erosión en Cauces.....	15
4.2.2. Erosión Eólica.....	16
4.2.3. Erosión Laminar por niveles.....	17
4.2.4. Erosión Potencial por niveles.....	20
4.2.5. Potencialidad de movimientos en masa.....	20
5. RESULTADOS.....	21
5.1.1. Mapa de Estados Erosivos.....	21
5.1.2. Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES).....	22
6. MEDIDAS DE DISEÑO, PREVENTIVAS Y CORRECTORAS.....	29
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30



1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

En cumplimiento de las "Directrices para la realización de estudios de impacto ambiental correspondientes a proyectos de plantas solares fotovoltaicas" y, en línea con la "Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO, 2022)", el presente estudio tiene como objetivo evaluar el riesgo de erosión del suelo derivado de la implantación de la planta solar fotovoltaica (PSFV) "Las Colinas", así como de su infraestructura de evacuación de media tensión hacia la subestación eléctrica (SET) "Las Colinas" 30/220 kV, situada en el término municipal de Navalcarnero (Comunidad de Madrid), y de la línea de evacuación (LASAT) que conecta con la subestación final de la energía generada (SET Villaviciosa 220 kV). Esta evaluación se enmarca en el contexto del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) a realizar de dichas instalaciones, teniendo como finalidad:

- **Identificar las zonas del proyecto con mayor susceptibilidad a procesos erosivos**, tanto durante la fase de construcción como en la etapa de funcionamiento de la instalación.
- **Estimar la pérdida potencial de suelo** derivada de la transformación del terreno, considerando factores como pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal y régimen de precipitaciones.
- **Determinar la compatibilidad del proyecto con la conservación del recurso edáfico**, en cumplimiento de la legislación ambiental vigente (*Ley 21/2013 de evaluación ambiental y Ley 42/2007 del patrimonio natural y biodiversidad*).
- **Proponer medidas preventivas** que minimicen el impacto sobre el suelo, especialmente en zonas con riesgo alto o muy alto de erosión, en caso de que se identifiquen tras el análisis de los resultados.
- **Establecer criterios técnicos para el diseño de caminos, zanjas, cimentaciones y zonas de implantación**, con el fin de evitar procesos de degradación irreversible del terreno.

El análisis se fundamenta en la cartografía oficial del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), lo que permite identificar los distintos tipos de erosión presentes en el ámbito de estudio y definir medidas preventivas, así como recomendaciones específicas para la correcta ejecución del proyecto.

1.2. ALCANCE DEL ESTUDIO

En lo que se refiere al alcance, el presente informe abarca dos niveles espaciales de análisis: el área de implantación y la zona de influencia directa.

El **área de implantación** se corresponde al **terreno directamente afectado por la construcción y operación de la PSFV "Las Colinas"** e incluye:

- La superficie ocupada por los paneles solares, estructuras de soporte y cimentaciones.
- Caminos de acceso internos, zanjas para cableado, estaciones de transformación y vallados perimetrales.



- Zonas de acopio temporal, instalaciones auxiliares y áreas de maniobra durante la fase de obras.

Este ámbito constituye el núcleo del estudio, ya que representa el espacio donde se produce la alteración directa del suelo, con posible pérdida de cobertura vegetal, compactación, modificación de la escorrentía superficial y exposición a procesos erosivos.

Por otro lado, la zona de influencia directa comprende el entorno inmediato que, sin ser ocupado físicamente por la infraestructura, puede verse afectado por impactos derivados de la implantación y se delimita en función de:

- Pendientes adyacentes susceptibles de recibir escorrentía o sedimentos.
- Conectividad hidrológica con cauces, vaguadas o zonas de acumulación de agua.
- Proximidad a suelos agrícolas, forestales o naturales con valor ecológico o productivo.
- Posibles afecciones por movimientos de tierra, alteración de drenajes o pérdida de suelo fértil.

La zona de influencia directa se define mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando modelos digitales del terreno, mapas de usos del suelo y cartografía oficial del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Esta delimitación permite anticipar impactos indirectos y establecer medidas preventivas más allá del área estrictamente ocupada por la PSFV "Las Colinas".

2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Con el objeto de realizar una evaluación adecuada del riesgo de erosión en el ámbito de implantación del Proyecto, y de manera previa al análisis, se realiza una caracterización del área de estudio, delimitada con un buffer de 2 km a partir de todos los elementos de la planta.

Esta caracterización incluye la descripción básica de su ubicación geográfica, las características topográficas, la descripción del tipo de suelo, el clima local y la vegetación presentes en el área.

2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La PSFV "Las Colinas" y su infraestructura de evacuación asociada se localizan en el término municipal de Navalcarnero, al suroeste de la Comunidad de Madrid. El área de implantación se sitúa entre las autovías R-5 (Radial 5) y A-5 (Autovía del Suroeste), en una zona de transición entre suelos agrícolas y espacios de matorral mediterráneo.

Las coordenadas geográficas aproximadas del centro del área de implantación se indican en la siguiente tabla:

Tabla 1. Coordenadas geográficas del centro geométrico de la PSFV "Las Colinas"

IMPLANTACIÓN	COORDENADAS (WGS84)
PSFV "Las Colinas"	40.272866718868116, -3.980404609543394

La **superficie ocupada** por la PSFV "Las Colinas" abarca aproximadamente **118,83 ha**, que corresponden a parcelas rústicas de uso agrícola y zonas de vegetación espontánea. Esta delimitación se ha realizado mediante cartografía oficial del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), modelos digitales del terreno y visitas presenciales a la zona.



2.2. TOPOGRAFÍA

La pendiente del terreno es un parámetro geomorfológico que describe la inclinación de la superficie del suelo respecto a la horizontal. Se expresa comúnmente en porcentaje (%) o en grados (°) y determina la velocidad de escorrentía superficial, la acumulación de agua y la susceptibilidad a fenómenos de erosión hídrica. Pendientes bajas facilitan la infiltración y la estabilidad del suelo, mientras que pendientes mayores aumentan el flujo superficial, el transporte de sedimentos y el riesgo de erosión.

El área de estudio, delimitada a partir de un búfer de 2 km de radio desde implantación, tiene una pendiente media aproximada del **1,72 %**, lo que supone una pendiente suave o ligeramente inclinada, manejable y que no implicaría complicaciones para la implantación de infraestructuras como las del presente estudio. Ésta pendiente supone un **riesgo de erosión de nivel bajo**.

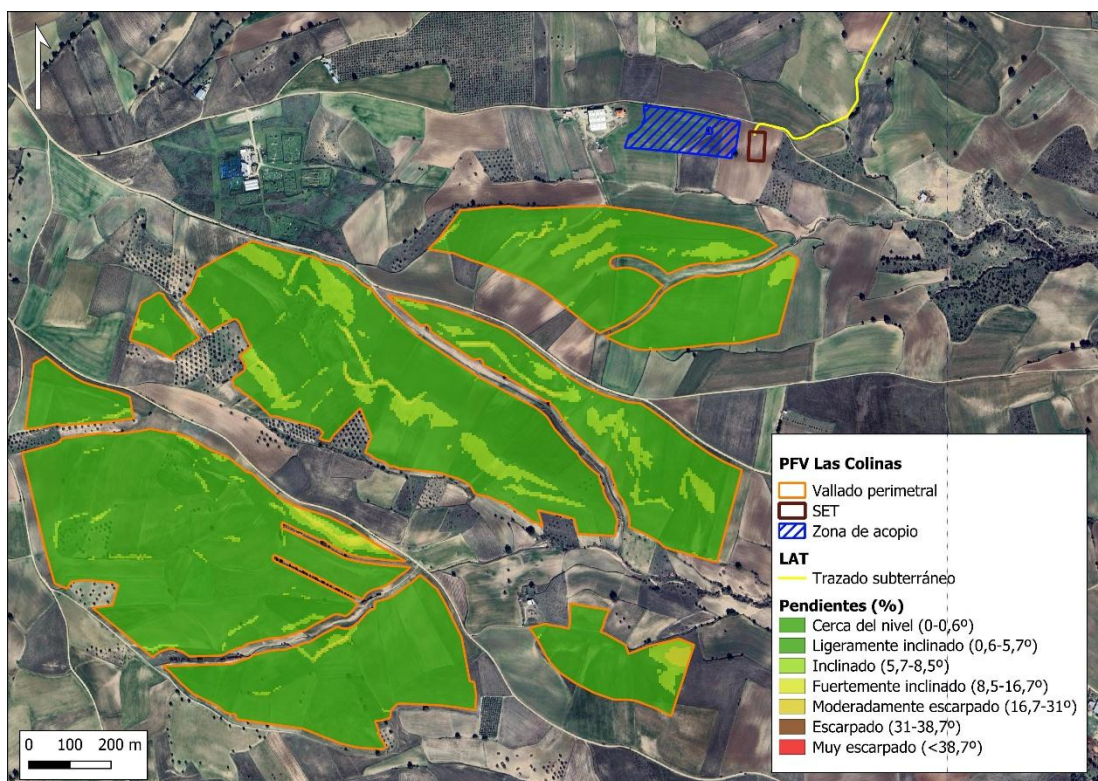


Figura 1. Pendientes correspondientes al área de implantación de la PSFV "Las Colinas" (Fuente: elaboración propia a partir de la información CNIG).

A continuación, se presenta la Figura 2, en la que se muestra el modelo digital de pendientes correspondiente al trazado de la línea de evacuación LASAT, desde la SET "Las Colinas" 30/220 kV hasta la SET Villaviciosa 220 kV. La imagen incluye un detalle ampliado del tramo aéreo de 3,5 km, permitiendo visualizar con mayor precisión las variaciones topográficas del terreno. Esta representación, elaborada a partir de datos del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), resulta clave para identificar zonas con mayor susceptibilidad a procesos erosivos y orientar la planificación de medidas preventivas en función de la pendiente del terreno.

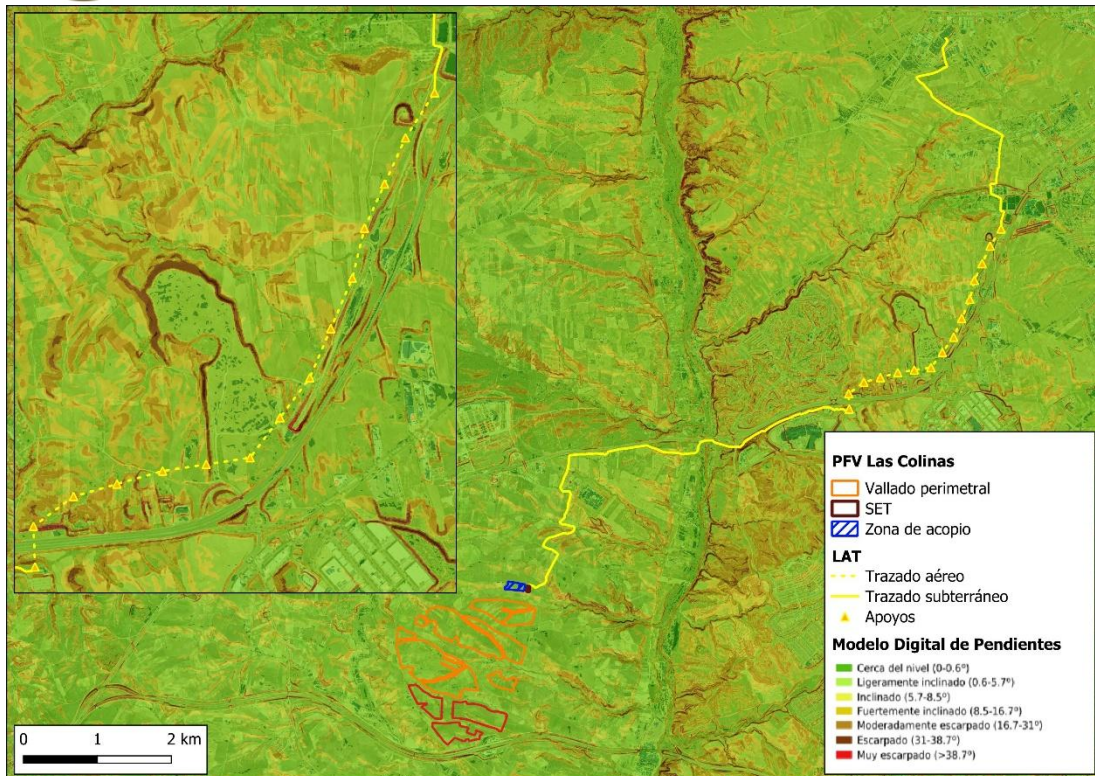


Figura 2. Pendientes correspondientes al trazado de la LASAT desde la SET "Las Colinas" 30/220 kV hasta la SET Villaviciosa 200 kV, con un zoom para el tramo aéreo de 3,5 km (Fuente: elaboración propia a partir de la información CNIG).

La **orientación de las pendientes** es un factor topográfico fundamental en la caracterización del medio, pues condiciona la radiación solar recibida, el régimen térmico y la disponibilidad de humedad del suelo, influyendo en la cobertura vegetal y, con ello, en la susceptibilidad a la erosión. En general, las laderas soleadas presentan mayor sequedad y menor vegetación, lo que favorece la escorrentía y la pérdida de suelo, mientras que las orientaciones más húmedas tienden a mantener mayor cobertura y estabilidad. Su análisis, a partir de modelos digitales de elevación muestra una orientación predominante hacia el sur en el área de implantación, tal y como se representa en las siguiente figura:

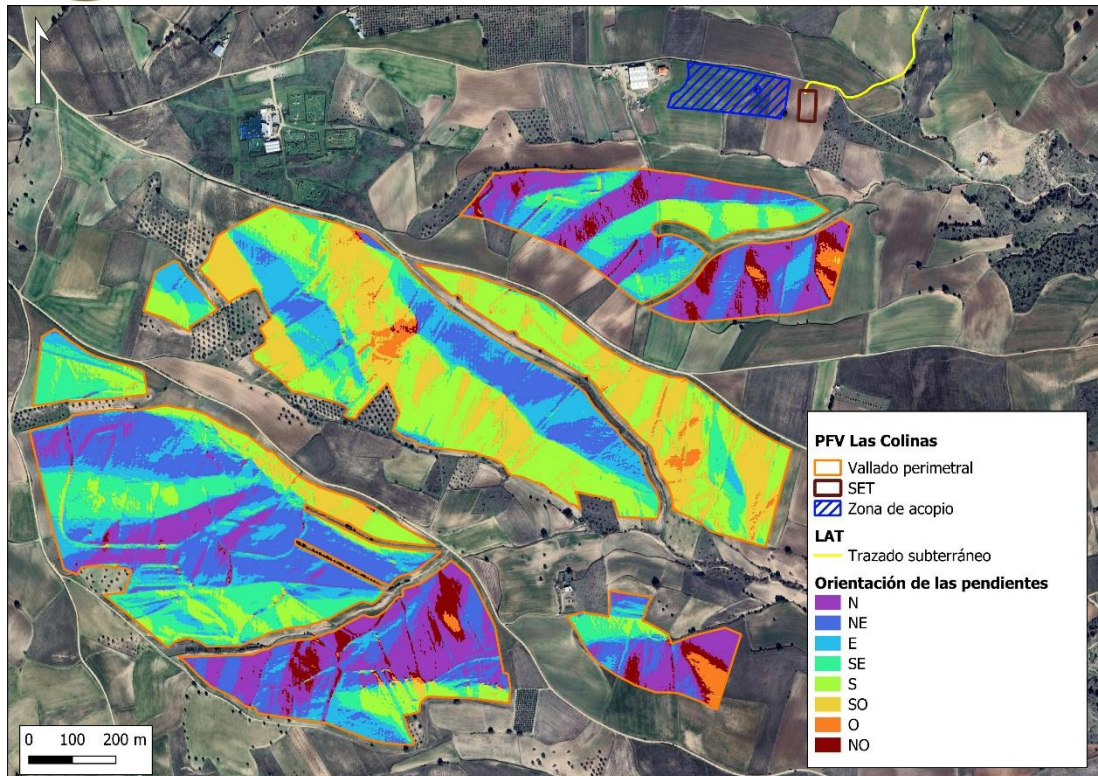


Figura 3. Orientación de las pendientes correspondientes al área de implantación de la PSFV "Las Colinas" (Fuente: elaboración propia a partir de la información CNIG).

2.3. TIPO DE SUELO

2.3.1. Caracterización edáfica

En el ámbito del proyecto, la caracterización edáfica según la FAO indica contrastes en la textura, infiltración y estructura del suelo, que condicionan el comportamiento hidrológico y mecánico del terreno. Se presentan cuatro diferentes tipos de suelo:

- **Luvisoles**, que presentan texturas relativamente finas con un horizonte árgico (Bt) rico en arcilla de alta actividad y capacidad de almacenamiento de humedad elevada, estructura más bien en bloques/agréganos estables en profundidad y tendencia a formar costra superficial en ambientes secos. Esto implica una alta retención de agua, menor conductividad hidráulica vertical y mayor propensión a la escorrentía superficial y a flujo lateral por encima de capas menos permeables. Abundan en espacios geográficos planos o ligeramente inclinados.

La PSFV se encuentran íntegramente instalada sobre este tipo de suelos.

Por otra parte, la LASAT discurre 9,65 km en total por esta clase de suelos.

- **Regosoles**, que se corresponden con suelos poco desarrollados, de granulometría variable, habitualmente más gruesa, con estructura débil y porosidad inestable: pueden mostrar alta infiltración puntual si predominan arenas, pero suelen tener baja capacidad hídrica útil y una elevada susceptibilidad a la compactación y la erosión.

Existe una zona pequeña de estas características al sur, en el límite del área de estudio de 2 km de la implantación de la PSFV "Las Colinas".



La LASAT discurre 629 m en total por esta clase de suelos.

- **Cambisoles**, suelos jóvenes que tienden a tener texturas y estructuras intermedias, con una retención de humedad moderada, pero igualmente vulnerables a la pérdida de suelo por erosión.

Existe un área de estas características al noroeste del área de estudio de 2 km de la implantación de la PSFV "Las Colinas", coincidente con el municipio de Navalcarnero.

La LASAT discurre 2,49 km en total por esta clase de suelos.

- **Fluvisoles**, suelos estratificados cuya textura varía lateral y en profundidad y están formados por capas arenosas alternando con limosas/arcillosas. Su infiltración es espacialmente heterogénea: donde se muestra con capas gruesas se da una percolación rápida y mayor flujo preferencial, mientras que si aparece en láminas finas generará mayor acumulación de agua.

Ningún elemento del proyecto se sitúa sobre este tipo de suelos, aunque existen áreas de estas características edáficas en el ámbito de estudio de 2 km, al este de la planta planta, coincidentes con la zona del Río Guadarrama.

La LASAT discurre 1,54 km en total por esta clase de suelos.

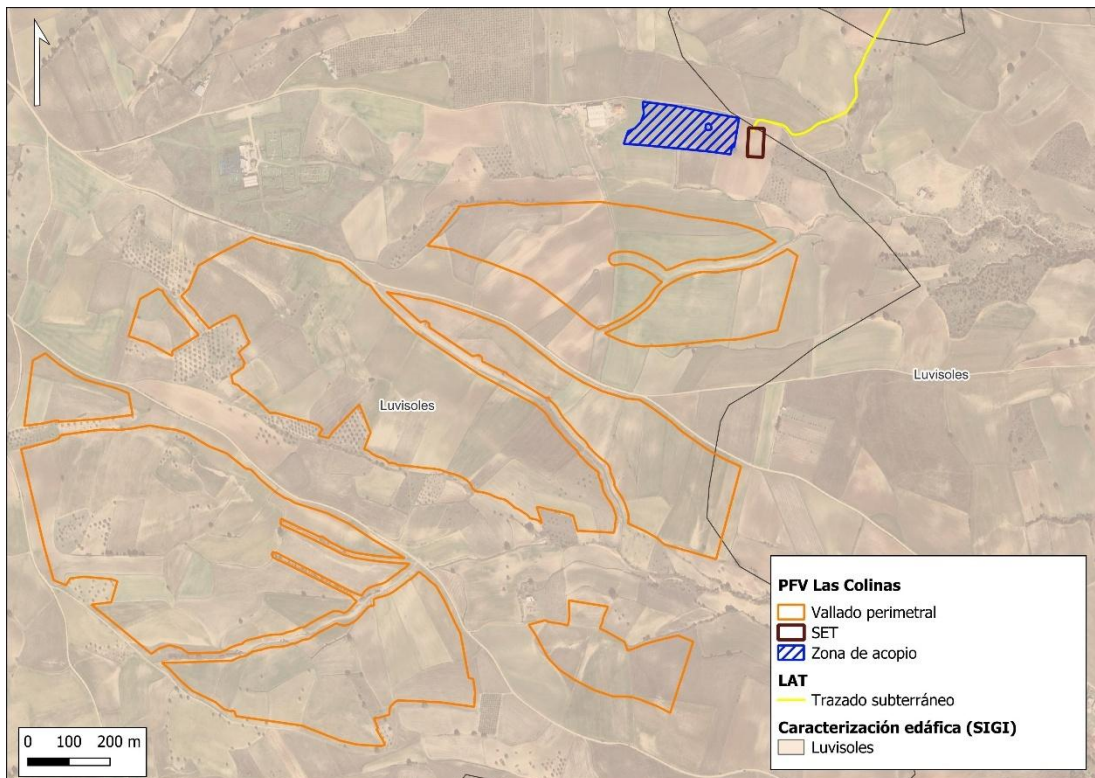


Figura 4. Tipo de suelo en el que se sitúa la implantación de la PSFV "Las Colinas" (Fuente: elaboración propia a partir de la información de la FAO).

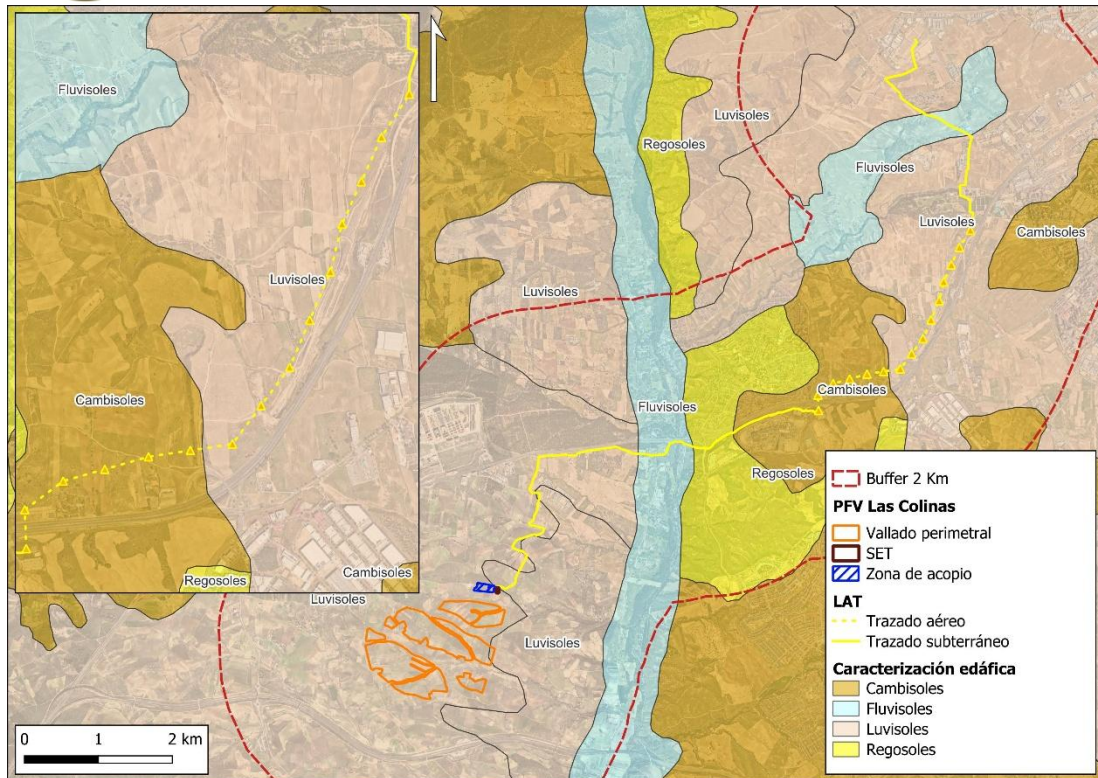


Figura 5. Tipos de suelo correspondientes al trazado de la LASAT desde la SET "Las Colinas" 30/220 kV hasta la SET Villaviciosa 200 kV, con un zoom para el tramo aéreo de 3,5 km (Fuente: elaboración propia a partir de la información CNIG).

2.3.2. Hidrogeología y permeabilidad del suelo

La cartografía disponible en el MITECO relativa a las masas de agua subterráneas correspondiente a los Planes Hidrológicos de Cuenca (PHC, 2022-2027) indica una única masa de agua subterránea en el área de estudio, la **ES030MSBT030-012 "Madrid: Aldea del Fresno – Guadarrama"**. Esta masa perteneciente a la Demarcación Hidrográfica del Tajo (ES030) se incluye en su totalidad dentro de los materiales detríticos miocenos que rellenan la fosa del Tajo. Asimismo, incluye depósitos cuaternarios de escasa entidad, asociados a algunos de los cauces que la cruzan (fundamentalmente los ríos Guadarrama y Perales, y sus afluentes).

Por otra parte, según el Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000 (IGME), el ámbito de estudio se sitúa sobre terrenos que se corresponden, casi en su totalidad, con **"I Ib. Formaciones detríticas y cuaternarias de permeabilidad media. Formaciones volcánicas de alta permeabilidad"** y, en menor medida, en el área coincidente con el Río Guadarrama, con **"IIa- Formaciones detríticas y cuaternarias de permeabilidad alta o muy alta, así como formaciones volcánicas de permeabilidad muy alta"**.



2.4. COBERTURA VEGETAL

En el ámbito de implantación del proyecto, la vegetación actual refleja un paisaje fuertemente modificado por usos agrícolas y antrópicos, que dista del estado teórico que muestran las series de vegetación potencial de Rivas-Martínez.

En la zona predomina la categoría de "**Combinación de cultivos con vegetación**", que ocupa más del 50 % del área de ambos elementos del proyecto. Este tipo de cobertura presenta suelos generalmente desnudos entre cultivos o con vegetación intercalada, lo que implica una protección limitada frente a la escorrentía y erosión superficial, especialmente durante lluvias intensas o en parcelas recientemente labradas. Otros usos relevantes incluyen cultivos herbáceos, olivar y combinaciones de cultivos leñosos, que aportan cierta cobertura, pero no suficiente para impedir procesos erosivos concentrados en lugares de mayor pendiente o en zanjas de escorrentía.

Tabla 2. Usos del suelo en el área de implantación de la PSFV Las Colinas. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del SIOSE (2014).

Uso del suelo	CODIIGE	Superficie (ha)	%
Viñedo	233	2,11	1,79
Combinación de cultivos leñosos	236	3,17	2,68
Combinación de cultivos	250	0,02	0,02
Combinación de cultivos con vegetación	260	102,58	86,81
Pastizal o herbazal	320	10,29	8,71
TOTAL		118,16	100

Tabla 3. Usos del suelo en la SET Las Colinas 30/220 kV. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del SIOSE (2014).

Uso del suelo	CODIIGE	Superficie (ha)	%
Combinación de cultivos con vegetación	260	0,27	100
TOTAL		0,27	100

Tabla 4. Usos del suelo en el trazado de la LASAT. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del SIOSE (2014).

Uso del suelo	CODIIGE	Longitud (km)	%
Ensanche	112	0,31	2,21
Zona verde urbana	114	0,17	1,23
Instalación agrícola y/o ganadera	121	0,39	2,71
Industrial	130	0,32	2,26
Servicio dotacional	140	0,81	5,68
Asentamiento agrícola y huerta	150	0,06	0,43
Red viaria o ferroviaria	161	0,31	2,19
Infraestructura de suministro	171	0,35	2,43
Infraestructura de residuos	172	0,51	3,57
Cultivo herbáceo	210	2,42	17,03
Combinación de cultivos con vegetación	260	4,33	30,51
Bosque de frondosas	311	0,22	1,52
Pastizal o herbazal	320	0,49	3,47
Matorral	330	2,18	15,38
Combinación de vegetación	340	1,29	9,06
Suelo desnudo	354	0,05	0,32
TOTAL		14,19	100

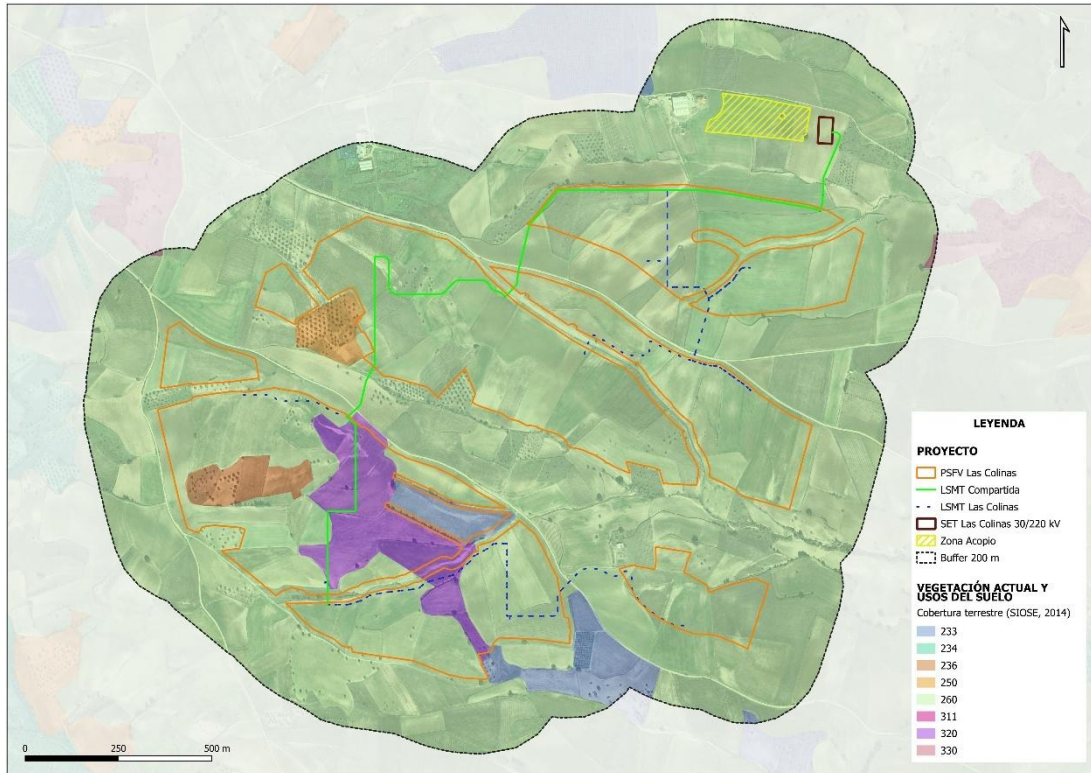


Figura 6. Usos del suelo en el ámbito de estudio de 200 m de la PSFV Las Colinas. Fuente: elaboración propia a partir del Sistema de Información y Ocupación del Suelo en España (SIOSE, 2014).

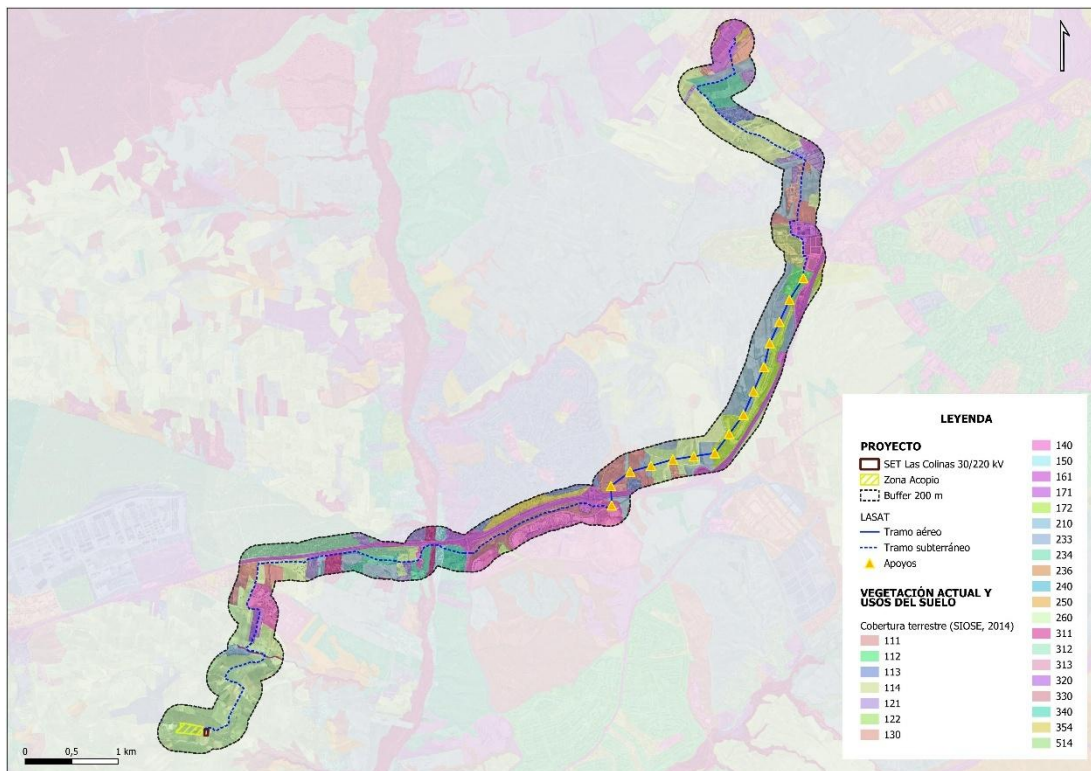


Figura 7. Usos del suelo en el ámbito de estudio de 200 m de la LASAT, la SET Las Colinas 30/200 kV y la zona de acopio. Fuente: elaboración propia a partir del Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE, 2014).



En este contexto, la implantación del proyecto podría generar ciertas alteraciones temporales en la cubierta vegetal, principalmente por la preparación del terreno y la excavación de zanjas para la línea subterránea en zonas no urbanas, lo que podría incrementar la vulnerabilidad del suelo a la erosión si no se aplican medidas preventivas adecuadas, como revegetación rápida, control de escorrentía y estabilización de taludes, integrando la flora existente en la estrategia de mitigación. Estas medidas quedan descritas a continuación, en el *Capítulo 6* del presente anexo y se incorporan de esta manera, el Estudio de Impacto Ambiental.

2.5. CLIMA

2.5.1. Zona climática y precipitación media anual.

La evaluación de la climatología del ámbito de estudio se realiza a partir de la información aportada por las estaciones meteorológicas que ofrecen datos de la Agencia Española de Meteorología (AEMET) más cercanas al ámbito, así como atendiendo a la clasificación climática desarrollada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en el Atlas Nacional de España (ANE).

Atendiendo a dicha clasificación climática, el ámbito de estudio se localiza en una zona de influencia de dos tipos de clima. Según la clasificación climática de Köppen-Geiger la implantación se ubica sobre una **zona de tipo Bsk** (clima de estepa frío), aunque dentro del ámbito de estudio, al noroeste, encontramos un **clima tipo Csa** (mediterráneo de verano cálido).

Con el fin de aportar datos climáticos de ambos tipos de climas, las estaciones de referencia para la evaluación climatológica del ámbito son aquellas más cercanas al mismo y localizadas en las dos zonas de influencia climática:

- *Villanueva de la Cañada* a 23,48 km.
- *Pozuelo de Alarcón* a 28,72 km.

En cuanto a la precipitación media anual, las estaciones mencionadas no ofrecen datos al respecto. La referencia oficial en la zona suroeste de Madrid son los observatorios principales Madrid-Cuatro Vientos y Madrid-Retiro. Según el climograma histórico de la Estación meteorológica de Cuatro Vientos, el dato acumulado de precipitación media anual para el periodo 1946–2010 es de **453,6 mm**.

2.5.2. Eventos extremos

El ámbito de estudio carece, en general, de un histórico relevante de eventos extremos y catástrofes de origen climático, aunque caben destacar dos eventos producidos en los últimos años:

- La **DANA de septiembre de 2023**, que provocó lluvias torrenciales, anegamientos en zonas urbanas y la destrucción de varios puentes en la carretera M-507 por la crecida del río Alberche, lo que obligó a instalar un puente provisional antes de su reconstrucción definitiva. A estos daños se sumaron inundaciones en garajes y viviendas de los municipios cercanos al área de estudio.
- Otro hito destacable fue **el temporal Filomena**, dado en enero de 2021, con nevadas históricas que paralizaron parcialmente la movilidad y generaron daños por el peso de la nieve, además de exigir un despliegue masivo de Protección Civil.



3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

3.1. MODELO RUSLE

El **RUSLE** (*Revised Universal Soil Loss Equation*) es la versión revisada y actualizada de la **USLE** (*Universal Soil Loss Equation*), un modelo empírico diseñado para estimar la pérdida media anual de suelo por erosión hídrica.

El modelo USLE se desarrolló en Estados Unidos durante la década de 1960 como una herramienta práctica para estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica. Fue creado por Walter H. Wischmeier y Dwight D. Smith, investigadores del *United States Department of Agriculture (USDA)*, y su primera versión se publicó en 1965, con una revisión significativa en 1978. Este modelo permitió predecir pérdidas de suelo de manera objetiva y orientó la implementación de prácticas de conservación agrícola y manejo sostenible del territorio, convirtiéndose en un referente internacional en el estudio de la erosión del suelo.

Con el avance de la investigación y la disponibilidad de nuevos datos a fines de los años 80 y principios de los 90, se hizo necesaria la actualización de la USLE. Así surgió el RUSLE, desarrollado por el *USDA Agricultural Research Service (ARS)* bajo la dirección de Kenneth G. Renard y un equipo de colaboradores. Publicado oficialmente en 1992, el RUSLE incorporó mejoras significativas en la estimación de factores como la cobertura vegetal, la erosividad de la lluvia, la pendiente del terreno y el manejo del suelo, ofreciendo resultados más precisos y confiables para estudios a nivel regional y nacional.

Posteriormente, se desarrolló el **RUSLE2**, una versión informatizada y más avanzada que permite una mayor precisión en los cálculos y facilita su aplicación en la planificación de medidas de conservación y restauración ambiental. Hoy en día, el RUSLE y sus versiones posteriores constituyen el **estándar internacional para la estimación de pérdidas de suelo**, siendo ampliamente utilizados por la comunidad científica y las instituciones dedicadas a la gestión de recursos naturales.

El modelo RUSLE es actualmente la mejor tecnología disponible para estimar las pérdidas anuales promedio de suelo. Su aplicación resulta fundamental para inventariar y cartografiar la erosión, y se utiliza como base en planes de restauración ambiental y conservación del suelo. La metodología que lo sustenta es científicamente sólida gracias a la amplia base de datos recopilada a lo largo de más de 50 años de experiencia en el estudio de la erosión. Por ello, es un modelo reconocido y aplicado internacionalmente dentro de la comunidad científica y en la gestión de recursos naturales, lo que garantiza resultados fiables para la planificación, conservación y manejo del territorio a escala regional.



Su ecuación básica es:

$$A=R \times K \times LS \times C \times P;$$

Donde:

- **A: Pérdida de suelo** (toneladas de suelo perdidas por hectárea y año).
- **R: Factor de erosividad de la lluvia** (depende de la intensidad y frecuencia de las precipitaciones).
- **K: Factor de erodabilidad del suelo** (depende de la textura, estructura, materia orgánica y permeabilidad. Para suelos franco-arenosos, se estima entre 0.25 y 0.35).
- **LS: Factor topográfico** (combina la longitud y pendiente de las laderas. En zonas con pendientes suaves, de entre el 2–6%, y laderas de 50–150 m, el valor oscila entre 0.5 y 1.5).
- **C: Factor de cobertura vegetal** (representa la protección del suelo frente a la erosión. En zonas sin vegetación puede alcanzar valores de 1. En zonas revegetadas, baja a 0.01–0.1).
- **P: Factor de prácticas de conservación** (refleja el efecto de medidas como terrazas, drenajes o cubiertas vegetales. Sin medidas, $P = 1$; con buenas prácticas, puede reducirse a 0.5 o menos).

El resultado que ofrece es la evaluación de las pérdidas de suelo en toneladas por hectárea y año.

Tabla 5. Categorías de pérdida de suelo en toneladas/ha/año del Modelo RUSLE (Fuente: elaboración propia)

PÉRDIDAS DE SUELO	INTERPRETACIÓN
0 (t/ha y año)	Zonas no susceptibles al proceso erosivo, como puedan ser espacios urbanos, carreteras, embalses, etc.
0 a 5 (t/ha y año)	Zonas con niveles de erosión muy bajos y pérdidas de suelo tolerables. No hay erosión neta.
5 a 10 (t/ha y año)	Zonas con niveles de erosión bajos y pérdidas de suelo que pueden ser tolerables. Probablemente no hay erosión neta.
10 a 25 (t/ha y año)	Zonas con procesos erosivos leves. Existe erosión, aunque no es apreciable a simple vista.
25 a 50 (t/ha y año)	Zonas con procesos erosivos moderados. Existe erosión, aunque puede no ser apreciable a simple vista.
50 a 100 (t/ha y año)	Zonas con procesos erosivos graves. Existe erosión y es apreciable a simple vista.
100 a 200 (t/ha y año)	Zonas con procesos erosivos muy graves. Existe erosión y es manifiesta a simple vista.
Más de 200 (t/ha y año)	Zonas con procesos erosivos extremos. Existe erosión y es evidente a simple vista.

El **resultado de pérdida de suelo** que se obtiene con el modelo **RUSLE** es un valor fundamental porque permite conocer, en términos cuantitativos, la magnitud de la erosión en una zona determinada. Expresado en toneladas por hectárea y año, este indicador facilita



identificar cuáles áreas presentan un bajo riesgo y cuáles, por el contrario, sufren procesos erosivos graves o extremos que ponen en peligro la estabilidad del suelo y la sostenibilidad del territorio.

3.2. CARTOGRAFÍA DEL MODELO RUSLE

Con el objetivo de contar con información homogénea, actualizada y accesible, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) pone a disposición pública diferentes productos cartográficos que permiten caracterizar la erosión del suelo en España en distintas escalas y periodos temporales. Estos mapas muestran tanto el **estado erosivo de las cuencas hidrográficas** como la **evolución de los procesos en el tiempo**, facilitando su análisis y la definición de medidas de conservación.

Entre los principales recursos destacan:

- **Mapa de Estados Erosivos (1987-2001):** primera síntesis nacional sobre la erosión hídrica laminar, que clasifica el territorio en siete niveles de pérdidas de suelo.
- **Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES) (2002-2019) unificado en 2022):** ofrece información detallada a escala provincial y permite un seguimiento continuo de la erosión en España. Dentro de este inventario se incluyen distintos mapas temáticos, como:
 - Erosión en cauces
 - Erosión eólica
 - Erosión laminar por niveles
 - Erosión potencial por niveles
 - Potencialidad de movimientos en masa

El Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES) utiliza el modelo RUSLE para evaluar la **erosión laminar y potencial**.

En consecuencia, en este estudio se empleará la cartografía disponible en el MITECO como base de referencia.



4. MAPAS DE EROSIÓN DEL MITECO

Tal y como se ha dicho anteriormente, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) pone a disposición pública diversos productos cartográficos que permiten caracterizar la erosión del suelo en España en distintas escalas y periodos temporales.

De este modo, los mapas de erosión proporcionan una base sólida para la toma de decisiones en materia de conservación de suelos, ordenación hidrológico-forestal y lucha contra la desertificación, así como para la investigación y el conocimiento del medio natural.

4.1. MAPA DE ESTADOS EROSIVOS

El **Mapa de Estados Erosivos** representa la situación actual de la pérdida de suelo por erosión hídrica laminar en las cuencas hidrográficas, independientemente de procesos previos. El estudio sintetiza el grado de erosión mediante una clasificación en **siete niveles de pérdida de suelo (t/ha/año)**, establecida a partir de datos de parcelas de muestreo y considerando factores como el tipo de cultivo, la pendiente, la litofacies-erosionabilidad y la agresividad de la lluvia.

4.2. INVENTARIO NACIONAL DE EROSIÓN DE SUELOS

El **Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES)** es un sistema de información geográfica unificado sobre procesos erosivos para toda España que permite detectar, cuantificar y cartografiar los principales procesos erosivos, analizar su evolución en el tiempo, delimitar áreas prioritarias de actuación frente a la erosión y apoyar la coordinación de políticas de conservación del suelo a nivel autonómico, estatal y europeo.

4.2.1. Erosión en Cauces

El **Mapa de Erosión en Cauces** cuantifica y analiza la evolución de los procesos erosivos en la red de drenaje, con el objetivo de delimitar áreas prioritarias de actuación y valorar medidas de gestión. Elaborado a escala provincial entre 2002 y 2019, se apoya en datos del Inventario Forestal Nacional (IFN) y del Mapa Forestal de España (MFE50). Su metodología consiste en una clasificación cualitativa de las unidades hidrológicas según su susceptibilidad a fenómenos torrenciales, combinando factores como pendiente, litología, pluviometría y erosión para obtener un índice final de riesgo.

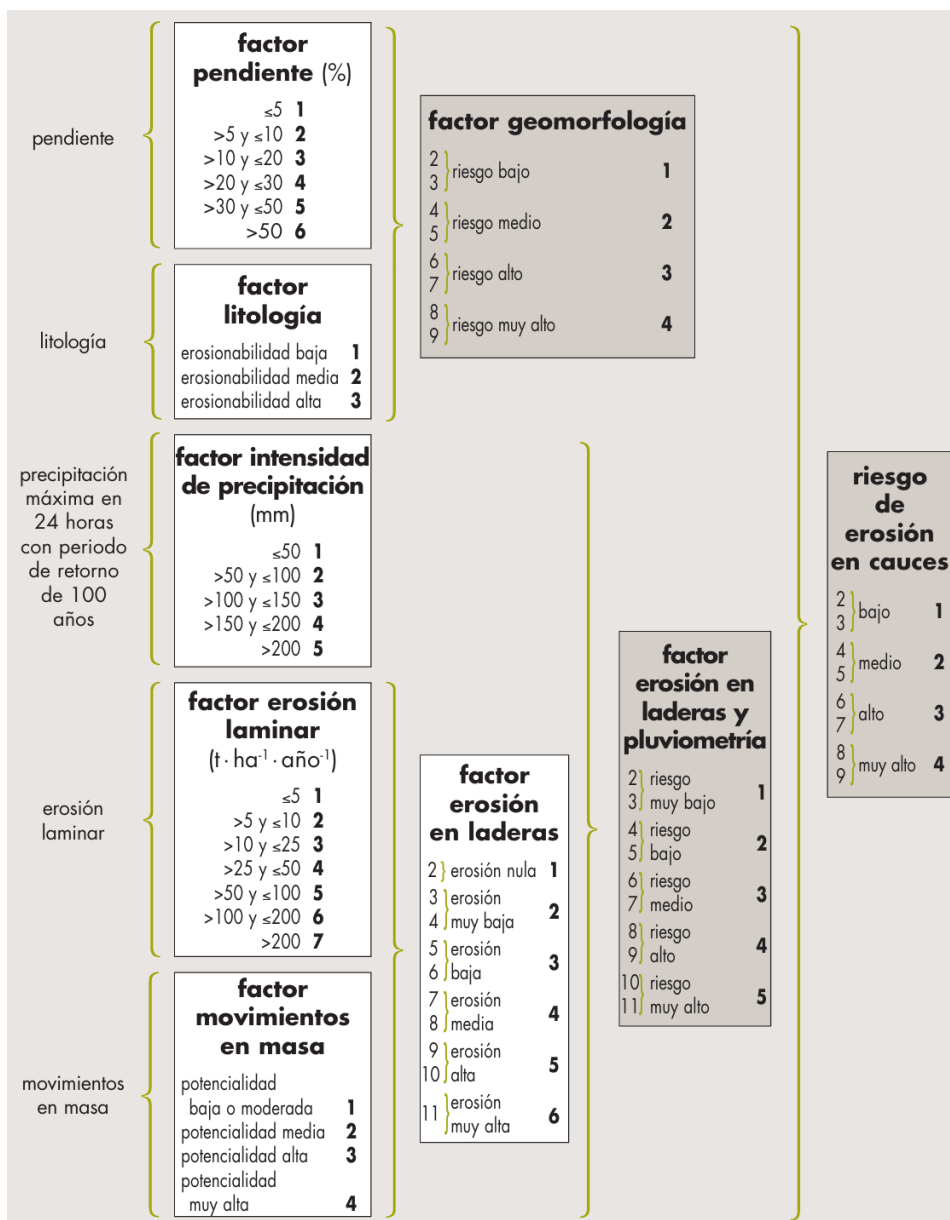


Figura 8. Mapa conceptual del cálculo del riesgo de erosión en cauces. Fuente: Resumen Nacional del INES 2022.

4.2.2. Erosión Eólica

El **Mapa de Erosión Eólica** permite localizar, cuantificar y analizar la evolución de los procesos erosivos causados por el viento, con el fin de delimitar áreas prioritarias de actuación y definir medidas de gestión. Elaborado a escala provincial entre 2002 y 2019, se apoya en información del Inventario Forestal Nacional (IFN) y del Mapa Forestal de España (MFE50).

Su metodología se centra en la identificación de áreas de deflación (zonas con pendiente inferior al 10% y superficie mínima de 2.500 ha), en las que se analizan los factores viento, vegetación y suelo, incluyendo el estudio de la caliza activa para valorar la susceptibilidad del terreno, obteniendo finalmente una clasificación del riesgo de erosión eólica en el territorio.

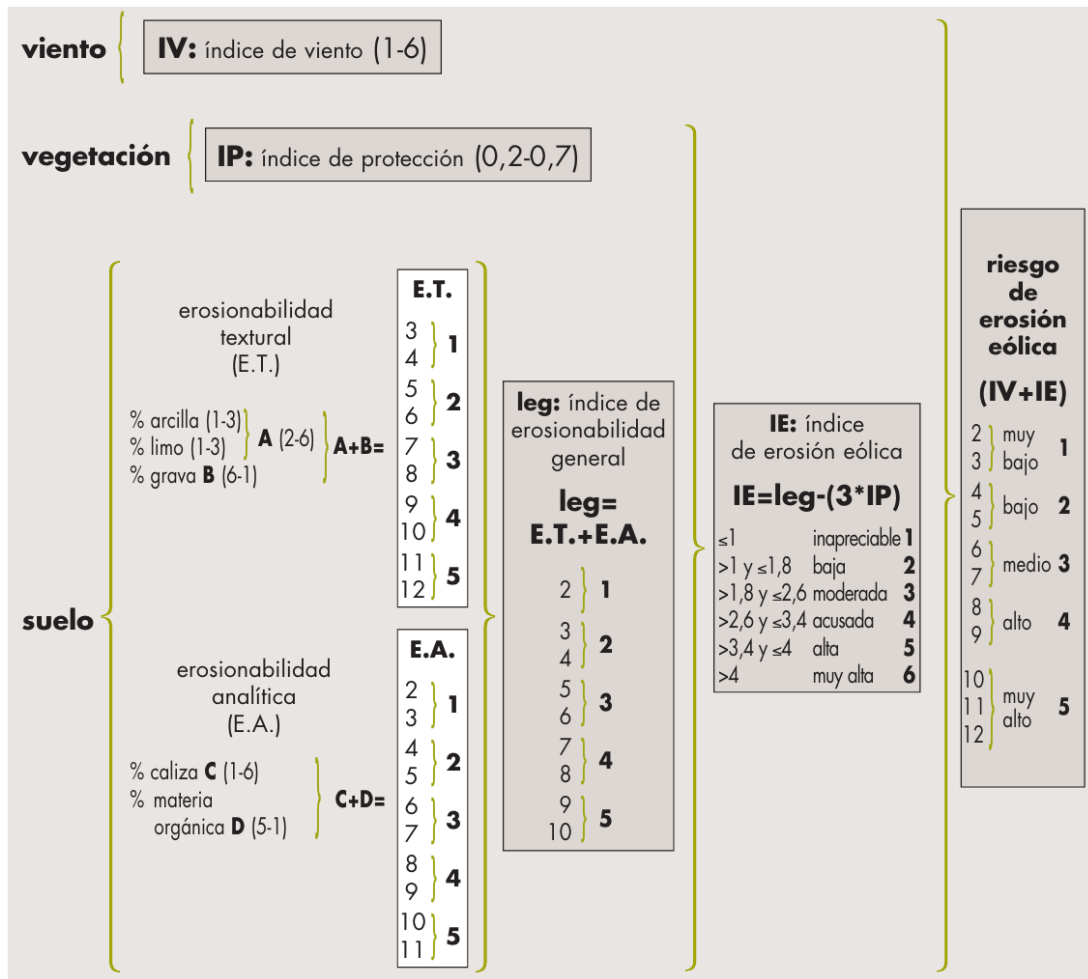


Figura 9. Mapa conceptual del cálculo del riesgo de erosión eólica. Fuente: Resumen Nacional del INES 2022.

4.2.3. Erosión Laminar por niveles

El **Mapa de Erosión Laminar y en Regueros** permite la visualización y análisis de la evolución de los fenómenos erosivos, con el objetivo de delimitar con precisión las áreas prioritarias de actuación y definir y valorar las medidas a implementar en los planes y programas establecidos por la normativa vigente.

La erosión hídrica superficial, ya sea laminar o en regueros, es de especial interés debido a su impacto en la degradación de los sistemas naturales, la pérdida de productividad del suelo y la alteración de los procesos hidrológicos. La erosión acelerada causada por actividades humanas, como la roturación de terrenos en pendiente y prácticas agropecuarias inadecuadas, es la principal responsable de la pérdida significativa de suelo.

El principal objetivo del inventario fue elaborar una cartografía de las pérdidas de suelo por erosión hídrica superficial mediante el modelo RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), que permite calcular de manera objetiva las pérdidas de suelo considerando los distintos factores involucrados. El territorio se clasifica según niveles cualitativos de pérdida de suelo, permitiendo un análisis tanto cuantitativo como cualitativo.



El inventario se realizó entre 2002 y 2019, utilizando información provincial y datos actualizados del Inventario Forestal Nacional (IFN) y el Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50). La cartografía se desarrolló a partir de un diseño de campo que integró variables temáticas básicas como clima, fisiografía, litología y vegetación. El muestreo se realizó mediante un muestreo aleatorio sistemático con refuerzo dirigido, con una densidad media de una parcela cada 2.500 ha, para clasificar el territorio en estratos homogéneos y asignar parcelas representativas a cada estrato.

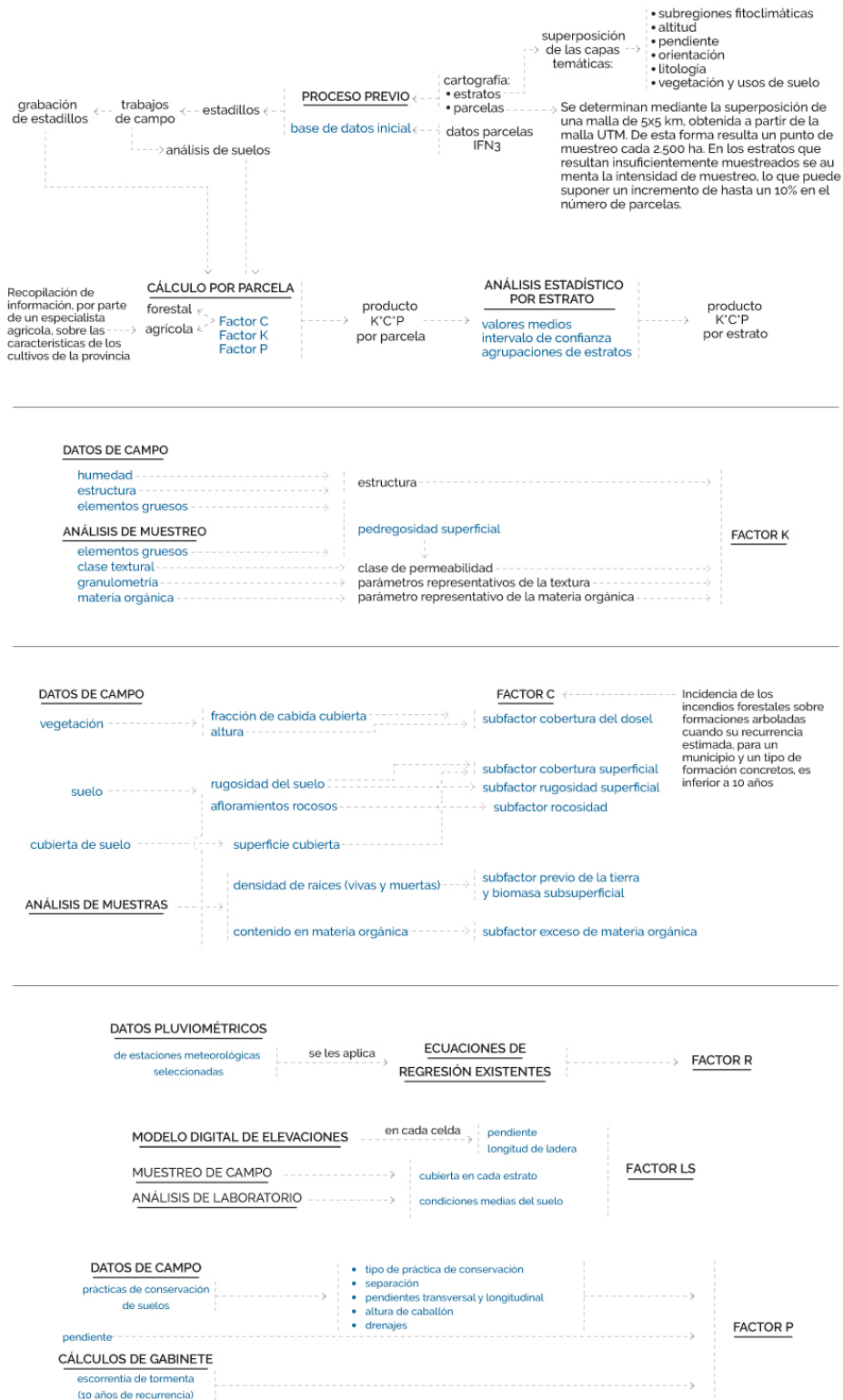


Figura 10. Mapa conceptual del cálculo de los niveles de pérdida de suelo por erosión laminar. Fuente: Resumen Nacional del INES 2022.



4.2.4. Erosión Potencial por niveles

El **Mapa de Erosión Potencial** permite la visualización y análisis de la evolución de los fenómenos erosivos, con el objetivo de delimitar con precisión las áreas prioritarias de actuación y definir y valorar las medidas a implementar en los planes y programas establecidos por normativa.

Se entiende por **erosión potencial** aquella que ocurriría considerando únicamente las condiciones naturales de clima, geología y relieve, sin tener en cuenta la cobertura vegetal ni sus modificaciones por la acción humana. Esto permite aproximarse al escenario que se produciría si desapareciera la vegetación en una zona determinada, aunque los efectos deben matizarse según la capacidad de recuperación de la cubierta vegetal, determinada principalmente por factores climáticos como sequía o frío.

El objetivo del inventario fue **clasificar el territorio según su potencialidad de presentar erosión laminar o en regueros**. Para ello, se emplearon tres factores del modelo **RUSLE**: índice de erosión pluvial (R), erosionabilidad del suelo (K) y topografía (LS). Los resultados, expresados en pérdidas potenciales de suelo ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$), se agrupan en niveles erosivos de forma análoga a la estimación de pérdidas actuales.

El inventario se realizó entre 2002 y 2019, utilizando información provincial actualizada del Inventario Forestal Nacional (IFN) y del Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50). Esta información permitió estructurar la cartografía por provincias y facilitar la planificación de actuaciones en función del riesgo potencial de erosión hídrica superficial.

4.2.5. Potencialidad de movimientos en masa

El **Mapa de Potencialidad de Movimientos en Masa** permite localizar, cuantificar y analizar la evolución de los fenómenos erosivos, con el objetivo de delimitar áreas prioritarias de actuación y definir medidas a implementar dentro de los planes y programas establecidos por normativa.

Los **movimientos en masa** son mecanismos de erosión, transporte y deposición que se producen por la inestabilidad gravitacional del terreno. Para elaborar la cartografía de potencialidad, se cruzaron capas correspondientes a los factores que influyen en su ocurrencia, asignando valores ponderados según su favorabilidad: **litofacies (50 %)**, **pendiente (30 %)** y **pluviometría (20 %)**. Los resultados se agrupan en rangos que permiten establecer los **niveles o grados de potencialidad**.

En las zonas con mayor potencialidad, se identificó también la tipología predominante de los posibles movimientos, generándose la cartografía correspondiente. El inventario se realizó entre 2002 y 2019, utilizando información provincial del Inventario Forestal Nacional (IFN) y del Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50), garantizando la integración de los datos más recientes para una planificación eficaz de la prevención y mitigación de los riesgos asociados a los movimientos en masa.

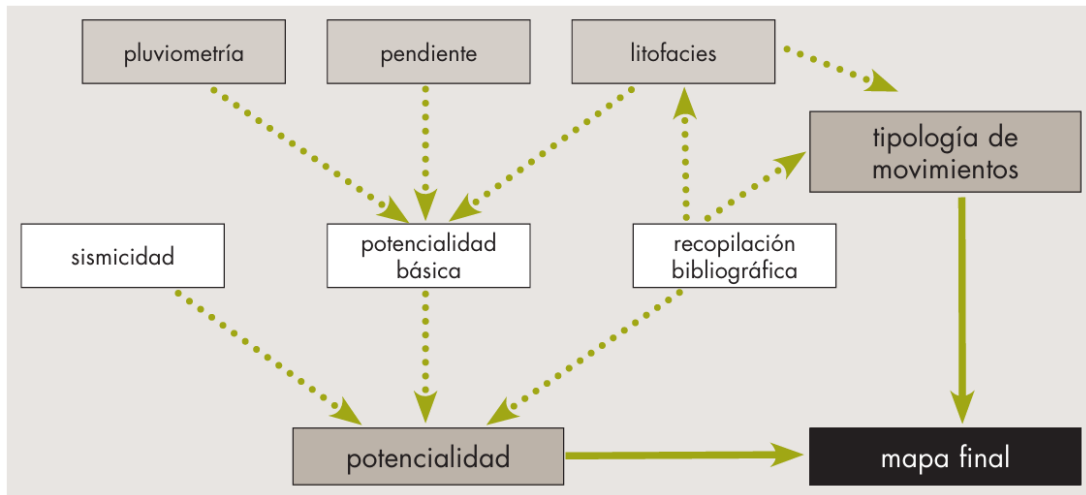


Figura 11. Mapa conceptual del cálculo de los niveles de potencialidad del territorio para que sucedan movimientos en masa. Fuente: Resumen Nacional del INES 2022.

5. RESULTADOS

5.1.1. Mapa de Estados Erosivos

En el ámbito de implantación de la PSFV "Las Colinas", el **Mapa de Estados Erosivos** sitúa la totalidad de la superficie en un área caracterizada por **niveles erosivos leves**, con valores estimados entre **12 y 25 t/ha/año**. Estos valores reflejan una dinámica erosiva moderada, propia de terrenos con cierta susceptibilidad a la pérdida de suelo, pero sin llegar a constituir un riesgo elevado para la estabilidad general del área.

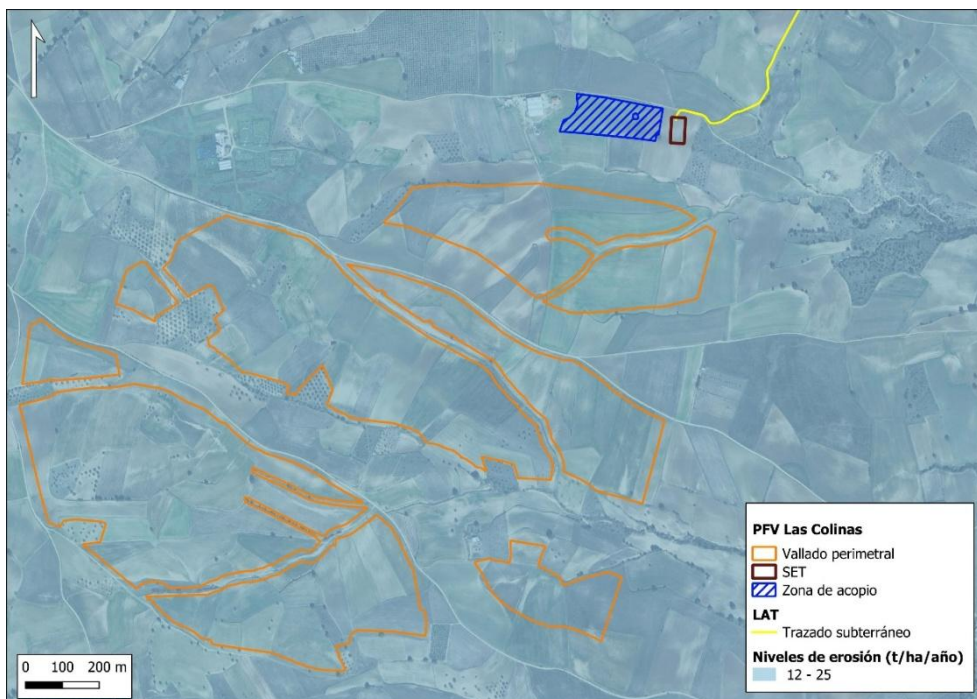


Figura 12. Niveles de erosión en el área de implantación de la PSFV "Las Colinas" según el Mapa de Estados Erosivos (MER). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.



Por su parte, la **línea de evacuación asociada** discurre mayoritariamente por zonas con valores similares (12–25 t/ha/año), salvo un tramo de aproximadamente **120 metros** que atraviesa una zona con **erosión muy baja** (0–5 t/ha/año) y dos sectores puntuales con **riesgo medio** (25–50 t/ha/año), localizados hacia la mitad y el final de su trazado.

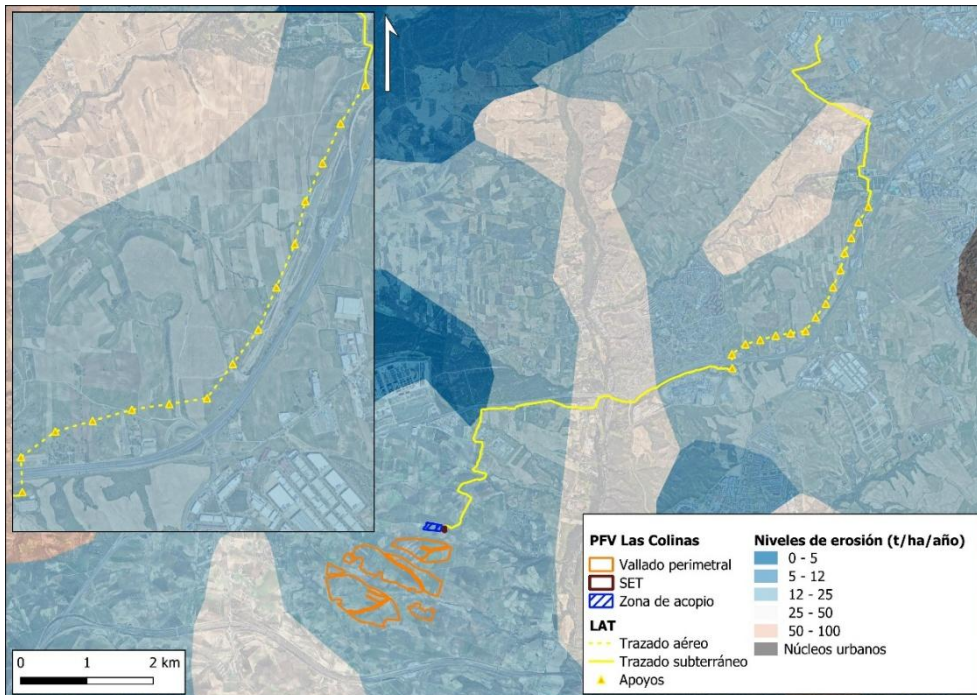


Figura 13. Niveles de erosión en el área de implantación de la LASAT según el Mapa de Estados Erosivos (MER). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.

5.1.2. Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES)

El análisis detallado de la cartografía del Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES) permite caracterizar con mayor precisión los procesos erosivos presentes en el ámbito de estudio:

- **Erosión en cauces:** el riesgo se mantiene constante y de nivel **medio** en toda el área de implantación, lo que indica una susceptibilidad moderada a la pérdida de suelo en zonas de drenaje natural.

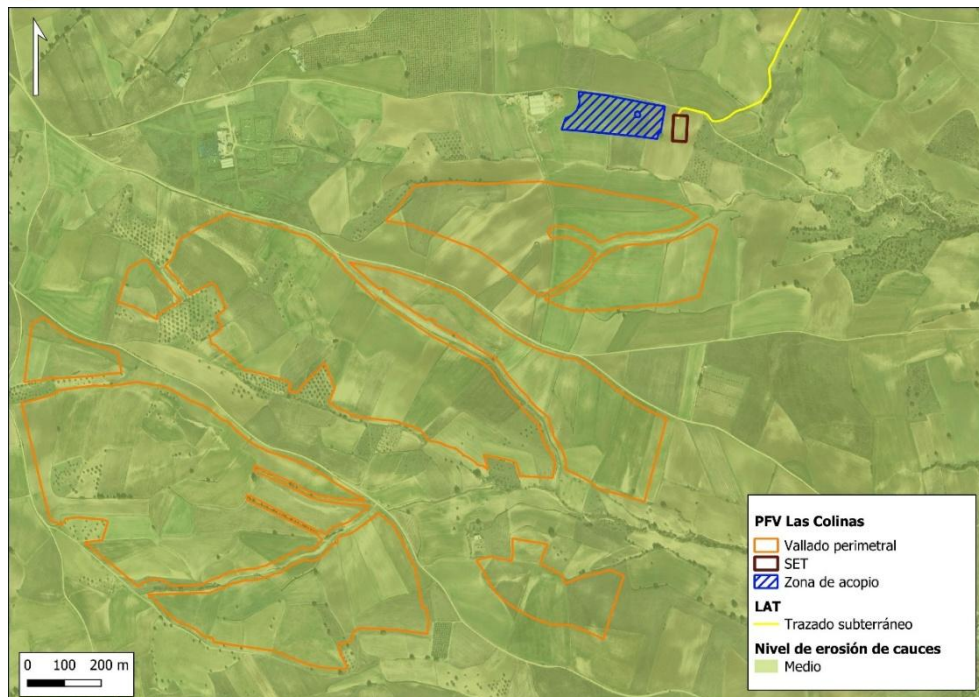


Figura 14. Niveles de erosión en cauces para el área de implantación de la PSFV "Las Colinas" según el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.

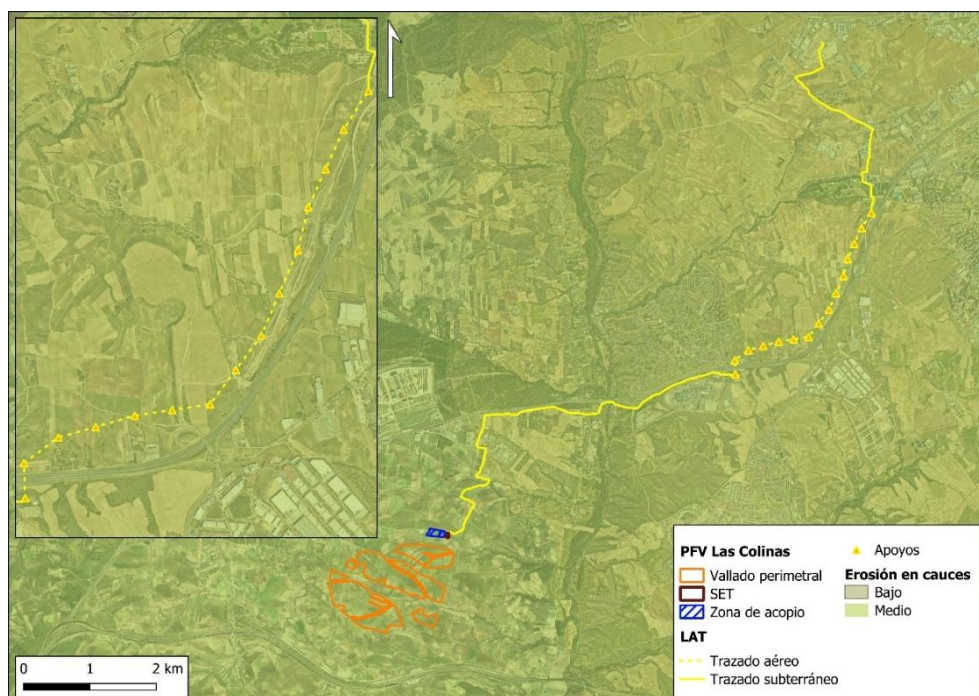


Figura 15. Niveles de erosión en cauces para el área de implantación de la LASAT según el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.



- **Erosión eólica:** se identifica un riesgo **bajo** en casi toda la superficie, con una pequeña zona en el polígono noreste donde el nivel es **muy bajo**, lo que confirma la escasa incidencia de este proceso en el área.

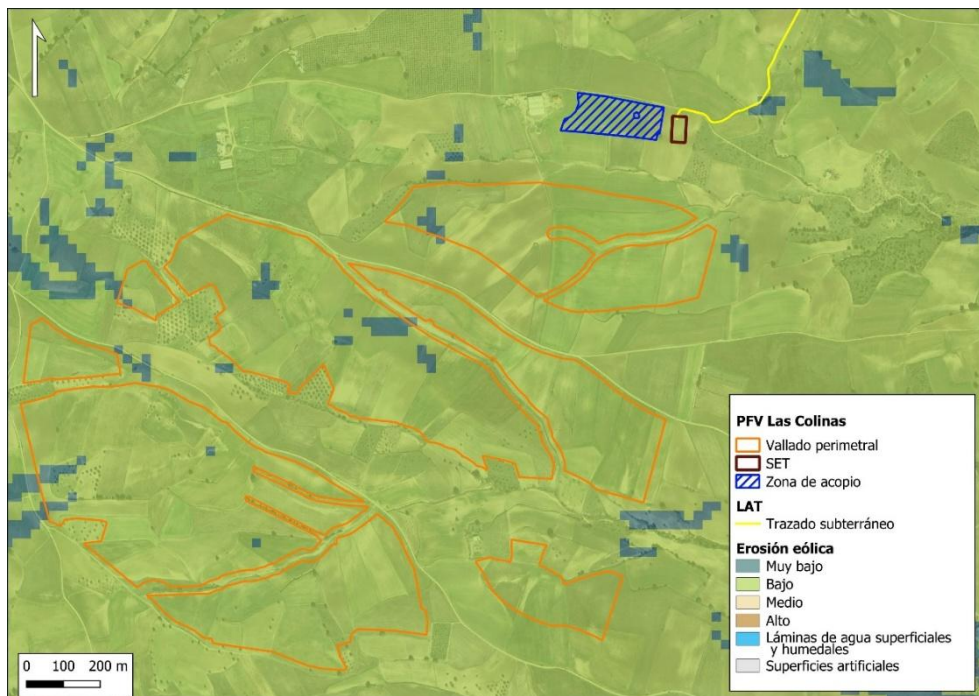


Figura 16. Niveles de erosión eólica para el área de implantación de la PSFV "Las Colinas" según el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.

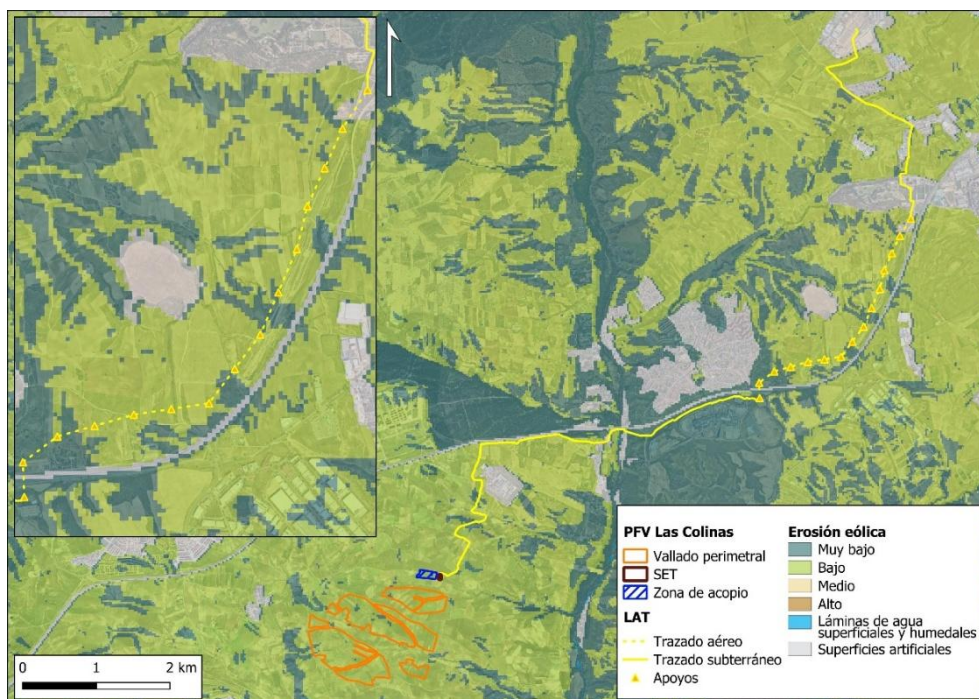


Figura 17. Niveles de erosión eólica para el área de implantación de la LASAT según el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.



- **Erosión laminar por niveles:** la distribución de los valores de erosión potencial es similar a la distribución de los valores de erosión laminar, pero proporcionalmente más altos. Encontramos valores mayores principalmente en el centro de la implantación, identificando valores menores en el resto del área de implantación.

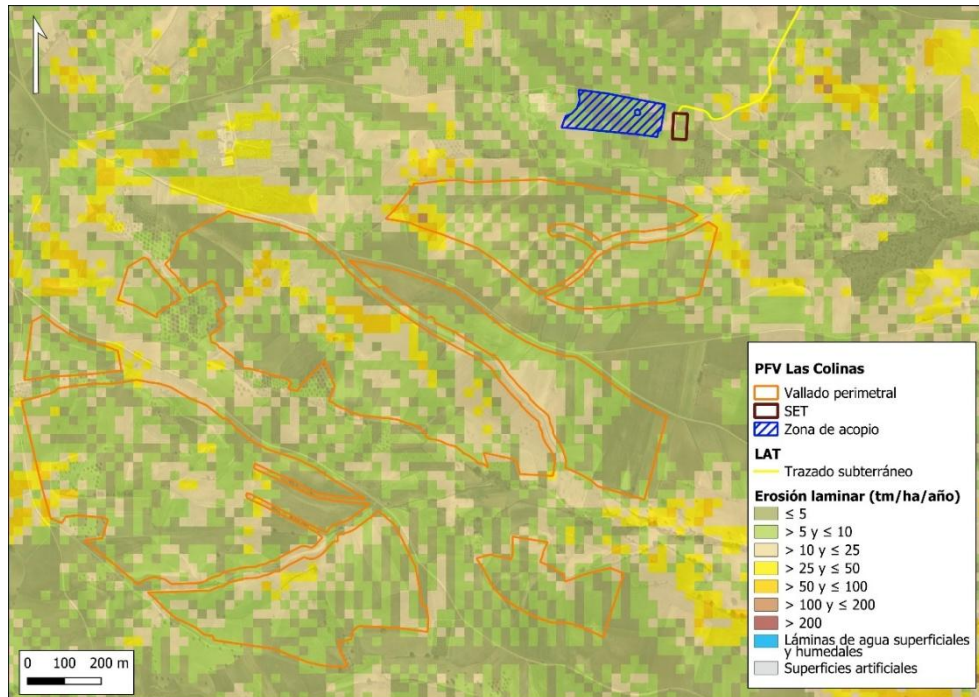


Figura 18. Niveles de erosión laminar por niveles para el área de implantación de la PSFV "Las Colinas" según el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.



En términos generales, el trazado de la línea discurre por áreas con baja susceptibilidad a la erosión laminar, predominando valores inferiores a 5 toneladas por hectárea y año (t/ha/año) de pérdida de suelo.

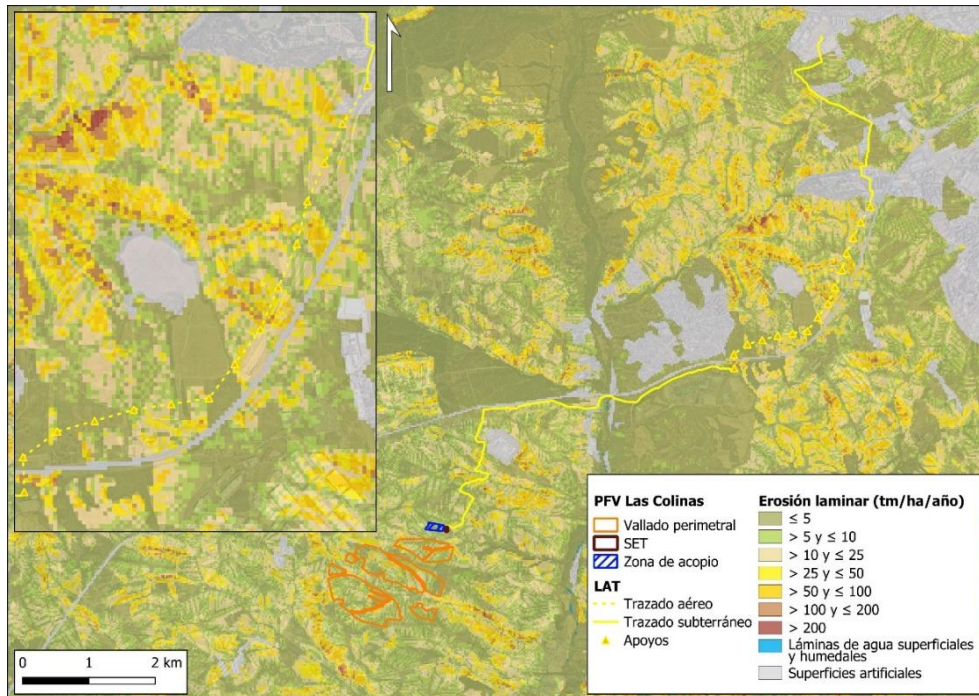


Figura 19. Niveles de erosión laminar por niveles para el área de implantación de la LASAT según el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.

- **Erosión potencial por niveles:** los niveles de pérdida de suelo potencial en el ámbito de la implantación varían comprendidos en los diferentes polígonos de implantación son variables. En la parte central del polígono ubicado en el centro de la implantación de la PSFV "Las Colinas" encontramos puntualmente y en una superficie pequeña los valores más altos de erosión potencial, de un rango entre 100 y 200 t/ha/año e incluso superando estos valores. El resto de la implantación, aunque también variable tiene valores menores de entre 5 a 25 t/ha/año de suelo en su mayoría.

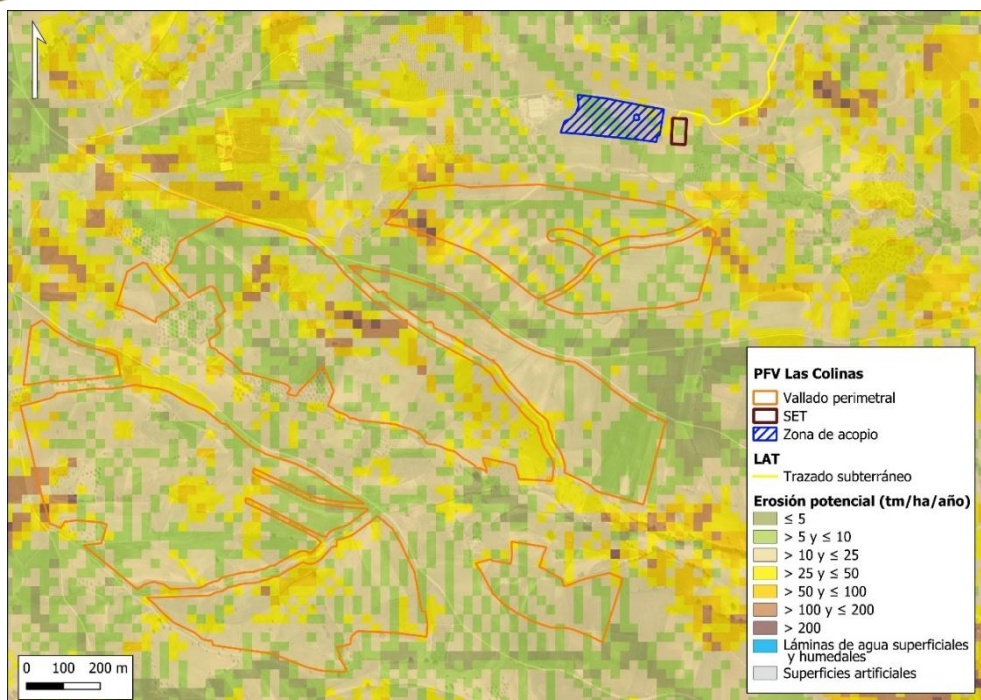


Figura 20. Niveles de erosión potencial por niveles para el área de implantación de la PSFV "Las Colinas" según el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.

Por otra parte, la línea discurre por valores menores, exceptuando la parte central de la línea aérea, que por su ocupación efectiva de superficie se muestra menos relevante a la hora de evaluar la erosión potencial del suelo.

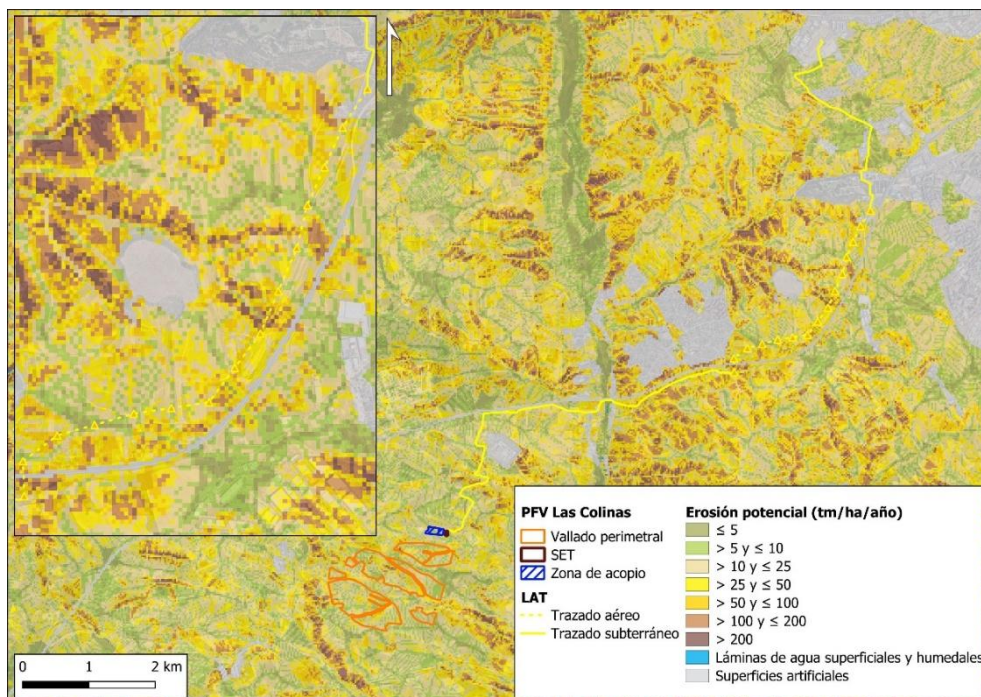


Figura 21. Niveles de erosión potencial por niveles para el área de implantación de la LASAT según el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.



- **Potencialidad de movimientos en masa:** no se identifican valores medios o altos en el área de implantación de la PSFV "Las Colinas" y la LASAT desde la SET "Las Colinas" 30/220 kV hasta la SET Villaviciosa 220 kV. Se observa un nivel bajo o moderado uniforme presente en toda la zona de implantación.

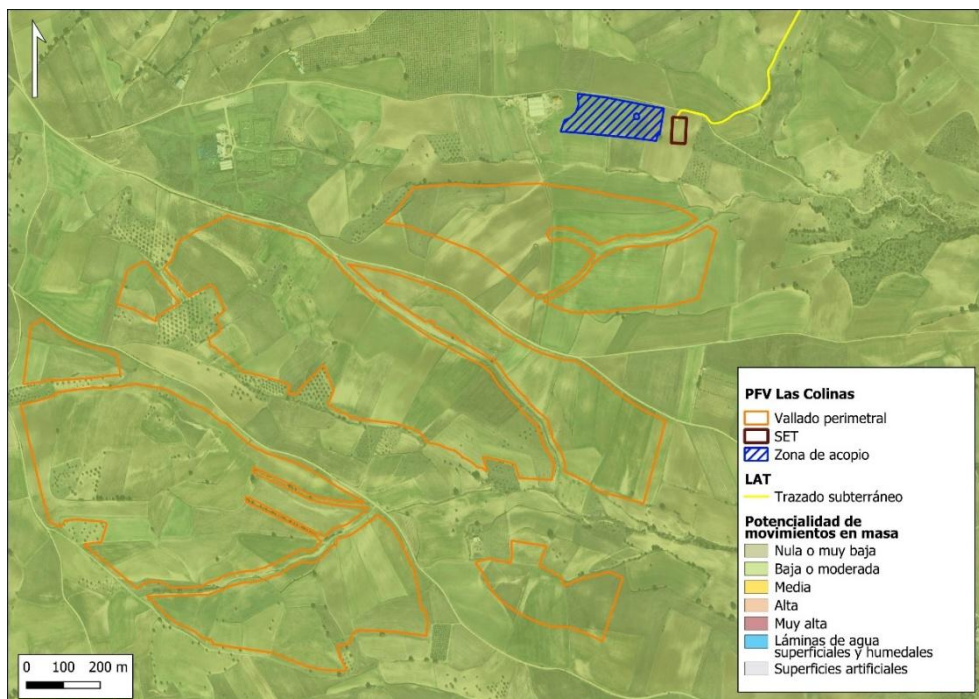


Figura 22. Potencialidad de movimientos en masa para el área de implantación de la PSFV "Las Colinas" según el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.

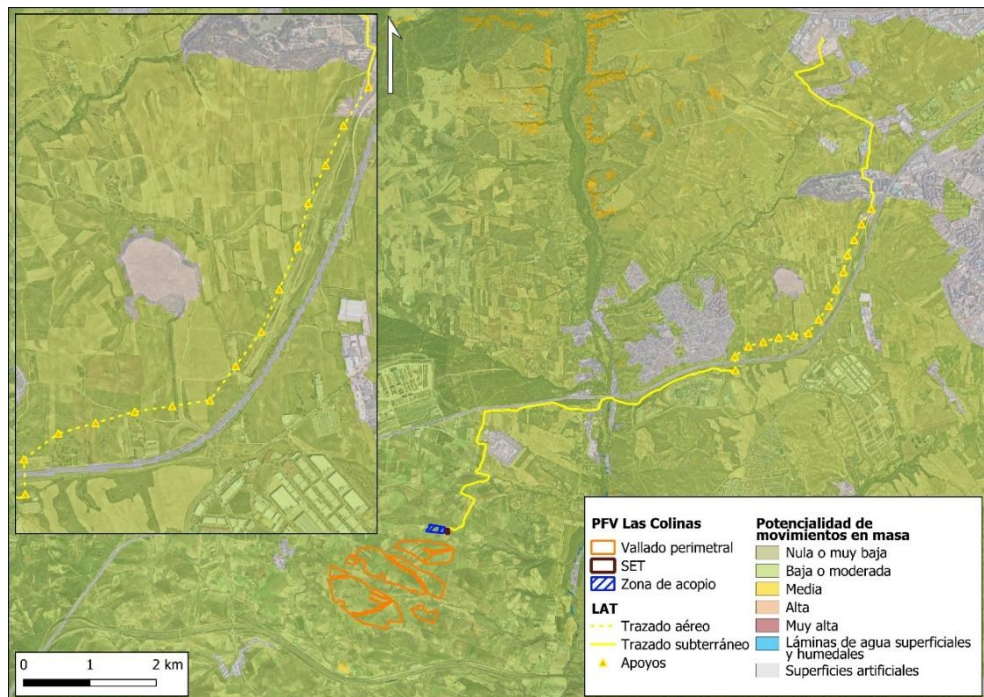


Figura 23. Potencialidad de movimientos en masa para el área de implantación de la LASAT según el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES). Fuente: elaboración propia a partir de la información del MITECO.

6. MEDIDAS DE DISEÑO, PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

En el contexto de la implantación del proyecto, donde se ha identificado un riesgo leve-medio de erosión, es esencial implementar un conjunto integral de medidas preventivas que mitiguen los potenciales procesos erosivos descritos. Por ello, se proponen las siguientes medidas:

- 1. Revegetación con especies autóctonas:** la siembra de plantas adaptadas al clima y suelo local, como gramíneas y leguminosas, contribuye a estabilizar el suelo, reducir la escorrentía superficial y fomentar la biodiversidad. Se recomienda, en la medida de lo posible, evitar herbicidas y el uso de prácticas sostenibles para su implementación y mantenimiento en el medio que faciliten el establecimiento rápido de la cobertura vegetal.
- 2. Zanjas de infiltración y control de escorrentía:** la implementación de zanjas permite captar y canalizar el agua de lluvia, facilitando su infiltración en el terreno y disminuyendo el riesgo de erosión. Estas estructuras deben diseñarse considerando la topografía del terreno y la capacidad de infiltración del suelo.
- 3. Diseño de caminos y accesos con drenaje controlado:** los caminos internos y accesos a la PSFV "Las Colinas" deben construirse con pendientes suaves y sistemas de drenaje adecuados, como cunetas, canales o sumideros, para evitar la concentración de aguas pluviales que puedan generar erosión.

En este caso, las pendientes suaves existentes en el área de implantación facilitan dicho diseño.

- 4. Restauración tras la obra según el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA):** Tras la finalización de las obras, se llevará a cabo la restauración del terreno siguiendo



el PVA, incluyendo revegetación de áreas afectadas, control de especies invasoras y monitorización del éxito de las medidas implementadas.

5. **Terrazas o escalonamiento del terreno:** en caso necesario, en tramos con pendientes más prolongadas, la construcción de pequeñas terrazas o escalones ayuda a reducir la velocidad de escorrentía y aumentar la infiltración.
6. **Geotextiles y mantas de protección:** la colocación de mallas biodegradables o geotextiles sobre taludes recién excavados estabiliza el suelo hasta que se establece la vegetación, evitando arrastre de sedimentos durante lluvias intensas.
7. **Control de taludes:** mantener pendientes seguras y compactación parcial de capas superficiales, combinado con vegetación de cobertura rápida, ayuda a reducir desprendimientos y arrastre de suelo.
8. **Control de tráfico y maquinaria:** limitar el tránsito de vehículos a caminos establecidos evita compactación excesiva y erosión por tránsito irregular durante construcción y mantenimiento.
9. **Monitoreo y mantenimiento continuo:** establecer inspecciones periódicas tras lluvias intensas, como las que se han podido dar puntualmente en estos últimos años, descritas en el Capítulo 2. Estas inspecciones permiten detectar erosión incipiente, ajustar drenajes y reparar zanjas o barreras antes de que se produzcan daños significativos.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis realizado sobre los riesgos de erosión en el ámbito de implantación de la PSFV "Las Colinas" y la LASAT desde la SET "Las Colinas" 30/220 kV hasta la SET Villaviciosa 220 kV, se extraen las siguientes conclusiones:

- El **Mapa de Estados Erosivos** sitúa la totalidad de la implantación en un área de **niveles erosivos leves** (12–25 t/ha/año), lo que indica una afección moderada y controlable.
- El **Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES)** confirma que:
 - El riesgo de **erosión en cauces** es **medio** en toda el área de implantación.
 - La **erosión eólica** es **baja** en casi toda la superficie, con una pequeña zona de nivel muy bajo en el noreste.
 - La **erosión laminar** alcanza valores más altos (25–100 t/ha/año) en el centro del polígono noreste y parte del noroeste, mientras que en el resto se mantienen **valores bajos** (0–25 t/ha/año).
 - La **erosión potencial** sigue el mismo patrón que la laminar, pero con valores proporcionalmente más elevados.
 - La **potencialidad de movimientos en masa** es baja o moderada en toda la implantación, sin identificarse riesgos medios o altos.

En conjunto, el área presenta un **riesgo leve-medio de erosión**, concentrado en zonas puntuales, pero sin afecciones críticas que comprometan la viabilidad del proyecto.

Las **recomendaciones principales** para garantizar la estabilidad del terreno y minimizar los procesos erosivos son:



- Favorecer la **revegetación con especies autóctonas** para estabilizar el suelo y reducir la escorrentía.
- Implementar **zanjas de infiltración, terrazas y drenajes controlados** en caminos y accesos, adaptados a la topografía.
- Aplicar medidas de **protección temporal** como geotextiles, mantas y barreras de retención en taludes y cauces.
- Limitar el tránsito de maquinaria a caminos establecidos y realizar un **monitoreo continuo** tras episodios de lluvia intensa, ajustando las medidas preventivas según sea necesario.
- Ejecutar la **restauración ambiental** tras la obra siguiendo el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), asegurando la recuperación de las áreas afectadas y el control de especies invasoras.



ALTACIA CONSULTORÍA
ESTRATÉGICA
MEDIOAMBIENTAL

C/ Padre Damián 40, 2ºA 28036 Madrid 917 647 489 www.altacia.com