

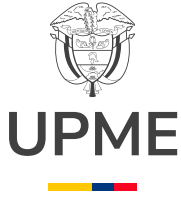


**Pacto Educativo para la Planeación Energética  
en Colombia y la Transición Energética Justa**

## **Resumen Ejecutivo**

**Mapa de Criticidades / Restricciones  
Socioambientales para el  
Sistema Interconectado Nacional**





© UPME  
Av. Calle 26 # 69 D-91 Torre 1 - Piso 9  
Bogotá - Colombia  
Tel.: +57 6012220601  
upme.gov.co

EDWIN PALMA EGEA  
Ministro de Minas y Energía

INDIRA PORTOCARRERO OSPINA  
Directora General UPME

JOSHUA CALEM GALVIS FAYAD  
Coordinador Grupo de Enfoque Territorial UPME

Universidad de Antioquia – Grupo de Investigación:

<b>John Fernando Escobar</b>	Líder del proyecto – PhD Ingeniería, MSc. Medio Ambiente y Desarrollo, Esp. Seguridad Ambiental Minero Energética, Ing. Petróleos
<b>Juan Carlos Valdés Quintero</b>	Experto en modelación espacial – Ing. Metalúrgico, MSc. Geoinformática, PhD Ingeniería
<b>Julián Darío Giraldo</b>	Experto Geomática – Ing. de Sistemas, MSc. Geoinformática, Esp. SIG
<b>Julio Arias</b>	Experto en informática – Ing. de Sistemas, MSc. Geoinformática, Esp. Ingeniería de Software
<b>Oscar Estevan Cossio</b>	Profesional en Ingeniería – Ing. Sanitario, gestión de geoinformación
<b>Yésica Gómez Jaramillo</b>	Profesional en Ingeniería Ambiental – estudiante Maestría en Ingeniería Ambiental
<b>María Fernanda Quiróz Jaramillo</b>	Profesional de Apoyo – Contadora Pública, Esp. Gerencia Financiera
<b>Lorena Díaz Rendón</b>	Auxiliar de Ingeniería – estudiante de Ingeniería Civil
<b>Luisa Plata Jiménez</b>	Auxiliar de Ingeniería – estudiante de Ingeniería Ambiental

Resumen Elaborado por :

ATTILA LENTI  
Asesor a la Dirección General UPME

Comunicaciones UPME:

KAREN MORENO PLATA  
Asesora de la Dirección General

Diseño y Diagramación:

RAFAELA FORERO RODRÍGUEZ  
DIEGO PEÑARANDA JUYÓ

Este resumen ejecutivo forma parte de los resultados del Convenio ASCON23-663 · CV25170200, en el marco del Pacto Educativo para la Planeación Energética en Colombia y la Transición Energética Justa.

Fecha de elaboración del estudio original: diciembre de 2023  
Fecha de elaboración del resumen ejecutivo: marzo de 2026

# Mapa de criticidades/restricciones socioambientales para el Sistema Interconectado Nacional<sup>1</sup>

---

(diciembre de 2023)

## Contexto del estudio

Esta investigación nace bajo el convenio del “Pacto Educativo para la Planeación Energética en Colombia y la Transición Energética Justa”. Su objetivo principal es crear una herramienta (un mapa) que identifique las zonas del país donde es más difícil o restrictivo construir infraestructura eléctrica, como cables y torres de energía. El estudio busca equilibrar la necesidad técnica de expandir la red eléctrica nacional (SIN) con la protección del medio ambiente y el respeto a las comunidades locales, ayudando a tomar decisiones en situaciones donde estos intereses suelen chocar.

## Enfoque y metodología

Los investigadores utilizaron un método matemático llamado **Proceso Analítico Jerárquico (AHP)**, que sirve para organizar el pensamiento y resolver problemas con muchos criterios diferentes. Los pasos principales fueron:

- **Consulta a 14 expertos:** Especialistas en geología, derecho energético y ciencias sociales calificaron qué tan importante es una variable frente a otra usando una escala del 1 al 9.
- **Definición de “Impedancia”:** Se usó este concepto para medir la “resistencia” o dificultad que ofrece el territorio a ser intervenido.
- **Cinco variables clave (calificadas de 1 a 10):** Coberturas de tierra, Infraestructura, Densidad de generación, Áreas protegidas y Criticidad social.
- **Tecnología:** Se usaron sistemas de información geográfica (ArcGIS Pro) para realizar más de 53 millones de operaciones matemáticas y encontrar rutas de “mínimo costo” socioambiental.

## Principales hallazgos

- **Prioridades de los expertos:** El factor que más pesa al decidir una ruta es la Criticidad Social (31%), seguido muy de cerca por las Áreas Protegidas (29%). Esto significa que lo social y lo ambiental son hoy las mayores restricciones para expandir la energía.
- **El algoritmo supera la realidad:** Al probar el sistema en una ruta real (San Carlos – Sabanalarga), el algoritmo encontró una opción con un valor de conflicto (3251) menor al de la línea que existe actualmente (3263).

---

<sup>1</sup> [https://docs.upme.gov.co/Documents/Enfoque-territorial/Resultados\\_convenios/1\\_Mapa\\_conflictividad\\_social\\_ambiental\\_UDEA\\_v2.pdf](https://docs.upme.gov.co/Documents/Enfoque-territorial/Resultados_convenios/1_Mapa_conflictividad_social_ambiental_UDEA_v2.pdf)

- **Rutas más eficientes:** El estudio demostró que es posible encontrar alternativas que no solo son eficientes técnicamente, sino que respetan mejor el territorio.

## Retos y cuellos de botella

- **Información que caduca:** Los datos usados (2018–2022) son una “fotografía” de ese momento; como el territorio cambia rápido, los mapas necesitan actualización constante.
- **Gran capacidad técnica:** Procesar estos mapas a gran escala requiere computadoras muy potentes y sistemas de almacenamiento robustos.
- **Subjetividad:** Las decisiones no son “verdades absolutas”, sino que dependen de la percepción de los expertos consultados en ese instante.
- **Cambios de escala:** Si se quiere usar el mapa para un pueblo pequeño en lugar de todo el país, los pesos de importancia deben volver a calcularse.

## Oportunidades estratégicas

- **Planeación transparente:** Este método permite que el proceso de elegir rutas pase de ser una “decisión mental” a un proceso público, explícito y auditable.
- **Automatización:** La Universidad entregó códigos de programación (Python) y herramientas listas para que el gobierno (UPME) pueda repetir estos análisis fácilmente en el futuro.
- **Prevención de conflictos:** Al identificar zonas de alta resistencia social antes de empezar un proyecto, se pueden evitar pleitos legales y retrasos costosos.

## Recomendaciones clave

- **Actualización dinámica:** Revisar constantemente las zonas más sensibles, como territorios indígenas y áreas protegidas.
- **Cruzar más datos:** Se recomienda incluir información de la Unidad de Restitución de Tierras (URT) sobre fincas que están en pleitos legales.
- **Ajustar según el proyecto:** Correr el modelo matemático cada vez que se cambie la escala de análisis para no perder precisión.
- **Uso de herramientas piloto:** Adoptar los diagramas de flujo y aplicaciones entregadas para que la planeación de la energía nacional sea siempre basada en datos reales y actualizados.

