INFORME GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

¨CONSTRUCCIÓN DE ALUMBRADO PUBLICO SOLAR FOTOVOLTAICA EN VÍAS DEL MUNICIPIO DE SAMACÁ, BOYACÁ¨

BPIN 2025158460001



SEPTIEMBRE 2025

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

Índice de Contenido

1. INTRODUCCIÓN 5
2. ARGUMENTACION 5
3. OBJETIVOS 6
4. ALCANCE 6
5. LOCALIZACIÓN 7
6. GEOLOGÍA 9
6.1. Formación Churuvita (KSCH) 9
6.2. Formación Conejo (KSCN) 9
6.3. Grupo Guadalupe 9
6.3.1. Formación Labor y Tierna (KG1) *10*
6.3.2. Formación Plaeners (KG2) *10*
6.4. Formación Guaduas (KTG) 10
6.4.2. Miembro 2 (KTG2) 10
6.5. Formación Cacho (TPC) 10
6.6. Formación Bogotá (TB) 10
6.7. Formación Regadera (TR) 11
6.7.1. Depósito Fluvio-Lacustre (QPL) *11*
6.7.2. Depósito Coluvio-Aluvial (QCA) *11*
6.8. Depósito Coluvial (QC) 11
6.9. Depósito Coluvio-Glacial (QCG) 11
7. GEOMORFOLOGÍA *12*
7.2. Montaña No Glaciárica 13
7.2.1. Estructural – Erosional 13
7.2.2. Denudacional 14
7.2.3. Deposicional 14
7.3. Altiplanicie 14
7.3.1. Denudacional 14
7.3.2. Deposicional 14
8. SUSCEPTIBILIDAD GEOLÓGICA *15*
9. SUSCEPTIBILIDAD GEOMORFOLÓGICA *17*
10. EROSIÓN *19*
10.1. Erosión baja 20
10.2. Erosión moderada 20

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

10.3. Erosión alta 20
11. SISMICIDAD 20
12. MOVIMIENTOS EN MASA 21
12.1. Amenaza Baja 22
12.2. Amenaza Media 23
12.3. Amenaza Alta 23
13. AMENAZA POR INUNDACIÓN 23
14. PENDIENTES 24
15. Conclusiones 25
16. Bibliografías 26

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

Índice de Tablas

TABLA 1. GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD INGENIERÍA GEOLÓGICA 16
TABLA 2. VALORES DE SUSCEPTIBILIDAD GEOLÓGICA 16
TABLA 3. GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD GEOMORFOLOGÍA 18
TABLA 4. VALORES DE SUSCEPTIBILIDAD GEOMORFOLÓGICA 18
TABLA 5. CLASIFICACIÓN DE PENDIENTES 25

Índice de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1. UBICACIÓN TRAMO DEL PROYECTO 8
ILUSTRACIÓN 2. MAPA GEOLÓGICO DEL MUNICIPIO DE SAMACÁ 12
ILUSTRACIÓN 3. MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL MUNICIPIO DE SAMACÁ 15
ILUSTRACIÓN 4. MAPA INGENIERÍA GEOLÓGICA MUNICIPIO DE SAMACÁ 17
ILUSTRACIÓN 5. MAPA SUSCEPTIBILIDAD GEOMORFOLÓGICA MUNICIPIO DE SAMACÁ 19
ILUSTRACIÓN 6. MAPA AMENAZA POR SISMICIDAD DEL MUNICIPIO DE SAMACÁ 21
ILUSTRACIÓN 7. MAPA AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA DEL MUNICIPIO DE SAMACÁ 22
ILUSTRACIÓN 8. MAPA AMENAZA POR INUNDACIÓN DEL MUNICIPIO DE SAMACÁ 24
ILUSTRACIÓN 9.PENDIENTE MUNICIPIO DE SAMACÁ 25

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al análisis de las características geológicas, geomorfológicas y zonificación de amenazas como insumo para la planificación de proyectos de desarrollo sostenible en la región en el marco del proyecto "Construcción de Alumbrado Público Solar Fotovoltaico en Vías del Municipio de Samacá, Boyacá". Este análisis busca aportar elementos clave para el desarrollo sostenible de la infraestructura vial, mediante la instalación de luminarias solares que empleen energía renovable y mejoren las condiciones de seguridad y eficiencia energética en el espacio público.

Considerando que el proyecto se desarrollará sobre vías rurales y urbanas que atraviesan diversas unidades geológicas y geomorfológicas, se realiza un análisis detallado del entorno físico, con el propósito de identificar y evaluar las condiciones del terreno donde se proyecta la instalación de estructuras de soporte para los sistemas fotovoltaicos.

El municipio de Samacá, con una extensión aproximada de 160 km² y un rango térmico que oscila entre los 12 °C y 16 °C, presenta una notable diversidad geológica y geomorfológica, producto de procesos tectónicos, sedimentarios y climáticos que han actuado a lo largo de distintas eras geológicas.

En este documento se desarrolla una caracterización integral del medio físico natural del municipio, a través de la identificación, clasificación y análisis espacial de formaciones geológicas, unidades geomorfológicas, tipos de pendiente, niveles de erosión y grados de susceptibilidad geológica. Estos elementos constituyen una base técnica esencial para la toma de decisiones en la planificación y diseño del sistema de alumbrado público solar fotovoltaico en las vías del municipio de Samacá

2. ARGUMENTACION

La comprensión de las condiciones geológicas, geomorfológicas y estructurales del terreno es un aspecto esencial en la planificación y ejecución de proyectos de ingeniería civil, en especial aquellos que requieren intervenciones lineales sobre corredores viales como es el caso del alumbrado público solar fotovoltaico. Estos proyectos, aunque de bajo impacto constructivo individual, implican la instalación de múltiples estructuras distribuidas territorialmente, cuya estabilidad depende en gran medida de las características físicas del suelo y del comportamiento del terreno frente a factores naturales y antrópicos.

Mediante el análisis de las unidades geológicas, ingenieriles, pendientes y zonas con potenciales amenazas como sismos, deslizamientos o inundaciones, permite establecer

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

criterios técnicos para la toma de decisiones informadas, tanto en la selección de localizaciones como en la adopción de soluciones de diseño adaptadas a las condiciones del terreno, con un enfoque técnico que prioriza la seguridad y la eficiencia del proyecto.

3. OBJETIVOS

El presente análisis tiene como objetivo principal examinar las condiciones geológicas, geomorfológicas y la susceptibilidad del terreno en el municipio de Samacá, con el fin de proporcionar insumos técnicos fundamentales para el diseño, ubicación e instalación del proyecto "Construcción de Alumbrado Público Solar Fotovoltaico en Vías del Municipio de Samacá, Boyacá". Este análisis busca garantizar la seguridad, estabilidad y sostenibilidad del sistema a implementar, constituyendo una línea base técnica que respalde las fases posteriores de diseño estructural, selección de tecnologías y planificación de obra.

Objetivos específicos:

1. Identificar las principales formaciones geológicas y unidades geomorfológicas presentes a lo largo del trazado vial previsto para la instalación del sistema de alumbrado público solar fotovoltaico.

2. Delimitar las zonas de amenaza geológica, incluyendo sismicidad y fenómenos de remoción en masa (FNRM), que puedan incidir en el desarrollo del proyecto.

3. Evaluar la estabilidad del terreno en función de las características geológicas y geomorfológicas identificadas, para orientar adecuadamente la ubicación de las estructuras de soporte.

4. ALCANCE

El análisis geológico y geotécnico del proyecto de instalación del sistema de alumbrado público solar fotovoltaico en los corredores viales del municipio de Samacá abarca tanto un enfoque regional como local. Se centra en la caracterización detallada del entorno geológico y geomorfológico de las zonas de influencia directa del proyecto, específicamente en los tramos viales donde se instalarán las luminarias solares. Este análisis incluye la identificación

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

de formaciones geológicas, unidades geomorfológicas y su comportamiento geomecánico, permitiendo determinar áreas con diferentes grados de estabilidad y susceptibilidad a procesos de inestabilidad del terreno.

Además, se evalúan los riesgos geológicos asociados, como movimientos en masa, erosión, inundaciones y actividad sísmica, con el fin de garantizar la seguridad y viabilidad del proyecto. El análisis proporciona información esencial para la toma de decisiones en el diseño y ejecución de las obras, asegurando que las intervenciones sean adecuadas al contexto geológico local y contribuyan al desarrollo sostenible del municipio.

5. LOCALIZACIÓN

El proyecto se ubica en la vereda El Valle y en el sector del Alto de la Cumbre, sobre tramos de la denominada Ruta 55, que conecta Tunja con Samacá. Los principales corredores viales involucrados son:

1. Vía secundaria: tramo de la Ruta 55 Tunja – Samacá.
2. Vía terciaria: vías rurales del sector El Valle.

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

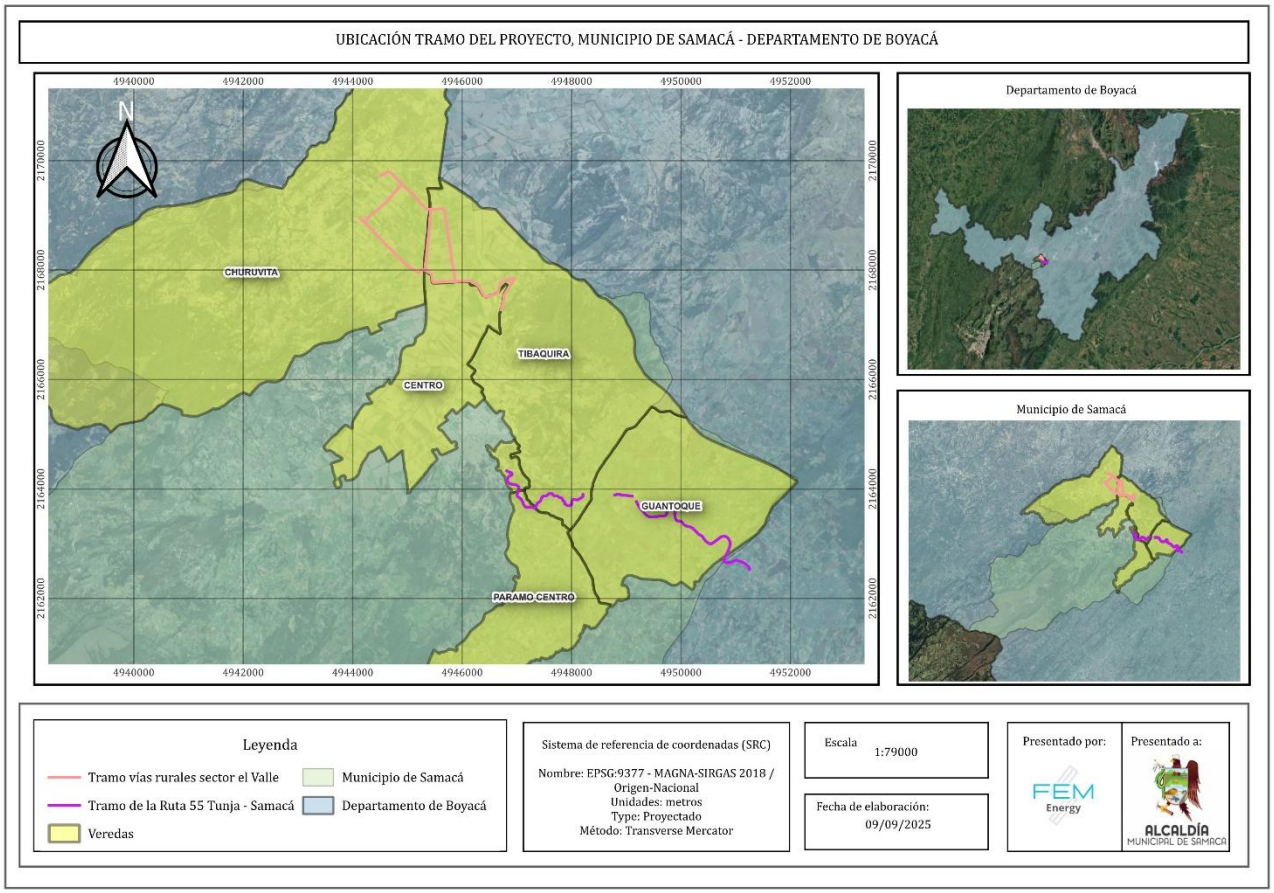


Ilustración 1. Ubicación tramo del proyecto

Samacá, ubicado en un ramal de la Cordillera Oriental, es un municipio del departamento de Boyacá que forma parte de la Provincia del Centro. Tiene una extensión aproximada de 160 km² y se localiza a 32 kilómetros de Tunja y a 159 kilómetros de Bogotá. Su clima presenta temperaturas que oscilan entre los 12 °C y 16 °C, con una precipitación media anual de 871 mm. Limita al oriente con los municipios de Cucaita, Tunja y Ventaquemada; al occidente con Ráquira; al norte con Sáchica, Sora y Cucaita; y al sur con Ventaquemada, Ráquira y Guachetá, este último perteneciente al departamento de Cundinamarca.
Además de la cabecera municipal, Samacá está conformado por las veredas Tibaquirá, Guantoque, Páramo Centro, Gacal, Quite, Pataguy, Salamanca, Chorrera, Loma Redonda, Ruchical y Churuvita, las cuales suelen agruparse en sectores vecinales como El Valle, El Venado, La Fábrica, El Abejón, El Llanito, La Cumbre, La Cabuya, Rincón Santo, El Cerrito y El Mamonal. Esta división territorial refleja una organización comunitaria basada en núcleos vecinales que facilitan la articulación social y la gestión local.

En cuanto a su hidrografía, el municipio cuenta con recursos hídricos relevantes como la

represa de Teatinos y los embalses Gachaneca I y II, ubicados a 3.350 m s. n. m. en el páramo del mismo nombre. Estas infraestructuras permiten el riego en temporada seca y ayudan a mitigar las inundaciones durante la época de lluvias. El principal afluente es el río Teatinos, que fluye de sur a norte y luego se dirige hacia el oriente, acompañado de quebradas y arroyos que abastecen a las comunidades locales. Otro río importante es el Gachaneque o Samacá, que forma la cascada conocida como “La Chorrera” o “Golpe del Agua”, con una caída de 65 metros de altura. El acceso al municipio se realiza mediante tres vías principales: el ramal desde la carretera nacional Bogotá–Sogamoso en Puente Boyacá; el que parte del sector El Desaguadero en la vía Tunja–Villa de Leyva–Chiquinquirá; y la denominada "Troncal del Carbón", que conecta Samacá con Guachetá.

6. GEOLOGÍA

El municipio de Samacá se localiza sobre un ramal de la Cordillera Oriental, en una zona donde afloran rocas sedimentarias de distintas edades y composiciones litológicas. En el área se reconocen unidades geológicas correspondientes al Cretácico, Terciario y Cuaternario, predominando las areniscas, arcillolitas, limolitas, lutitas (shales) y depósitos no consolidados de origen más reciente. Esta secuencia geológica hace parte del Sinclinal de Checua-Lenguazaque, una de las principales estructuras tectónicas regionales, asociada a los procesos orogénicos que han modelado la Cordillera Oriental. A continuación, se describen las principales formaciones geológicas presentes en la zona:

6.1. Formación Churuvita (KSCH)

Esta formación se caracteriza por la presencia de una arenisca basal cuarzosa de gran espesor, acompañada por una alternancia de arcillolitas, areniscas, shales grises y niveles calcáreos. Representa una secuencia sedimentaria de origen marino somero, común en el Cretácico Superior.

6.2. Formación Conejo (KSCN)

Unidad compuesta predominantemente por shales de color oscuro con intercalaciones arenosas y arcillolitas grises y amarillentas. También se observan nódulos calcáreos en distintos niveles. Su origen es sedimentario, con una posible influencia marina en ambientes de baja energía.

6.3. Grupo Guadalupe

El Grupo Guadalupe incluye varias formaciones, entre las cuales se destacan:

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

6.3.1. Formación Labor y Tierna (KG1)

Se caracteriza por presentar areniscas de color blanco amarillento en su parte superior, con intercalaciones de shales. Es una formación clástica de grano medio a fino.

6.3.2. Formación Plaeners (KG2)

Compuesta por capas delgadas de liditas, porcelanitas, cherts y arcillolitas, con intercalaciones esporádicas de areniscas. Dentro de esta unidad se encuentran hasta tres mantos de roca fosfórica, con espesores que pueden alcanzar un metro.

6.4. Formación Guaduas (KTG)

Esta formación está subdividida en cinco miembros diferenciados por sus características litológicas:

6.4.1. Miembro 1 (KTG1)

Arcillolitas laminares de color gris pardo, con presencia de lentes limolíticos a arenosos y láminas de materia orgánica dispuestas paralelamente a la estratificación.

6.4.2. Miembro 2 (KTG2)

Conocido como "Arenisca La Guía", compuesto por lodolitas y arenitas de grano fino, con intercalaciones de limolitas. Incluye entre 11 y 17 mantos de carbón de buena calidad.

6.4.3. Miembro 3 (KTG3)

Conformado por lodolitas y limolitas lodosas de color gris pardo, con láminas arcillolíticas lenticulares ricas en materia orgánica y presencia de lentes areníticos. Contiene de cinco a seis mantos de carbón.

6.4.4. Miembro 4 (KTG4)

Arenisca lajosa, arenitas limosas de color pardo-verdoso y limolitas grises.

6.4.5. Miembro 5 (KTG5):

Alternancia de arcillolitas varicoloreadas, limolitas lodosas y niveles de areniscas líticas.

6.5. Formación Cacho (TPC)

Esta formación está compuesta por conglomerados finos y areniscas con cuarzo lechoso de tonalidades rosadas y amarillentas, en una matriz arenosa.

6.6. Formación Bogotá (TB)

Conformada por arcillolitas varicoloreadas, que incluyen tonalidades amarillentas,

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

blancuzcas, rojizas y violáceas. También presenta intercalaciones de limolitas y areniscas limosas.

6.7. Formación Regadera (TR)

Constituida por conglomerados y areniscas conglomeráticas cuarzosas, generalmente de alta dureza y buen grado de cementación

6.7.1. Depósito Fluvio-Lacustre (QPL)

Depósitos recientes de origen cuaternario, compuestos por una mezcla heterogénea de sedimentos coluvio-aluviales, aluviales y materiales orgánicos, propios de zonas de transición entre ambientes fluviales y lacustres.

6.7.2. Depósito Coluvio-Aluvial (QCA)

Formado por cantos de arenisca de tamaño variable, generalmente redondeados a subredondeados, dentro de una matriz limo-arenosa y areno-arcillosa. Son típicos de zonas de pie de ladera.

6.8. Depósito Coluvial (QC)

Constituido por bloques y guijos angulares inmersos en una matriz arcillo-arenosa. Son materiales generados por procesos de remoción en masa en zonas de ladera.

6.9. Depósito Coluvio-Glacial (QCG)

Se presentan como grandes bloques angulosos, inmersos en una matriz compuesta por arcillas arenosas y arenas arcillosas. Corresponden a depósitos de origen periglaciar o glacial tardío.

Se presenta a continuación el mapa pertinente a la geología del departamento de Samacá

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

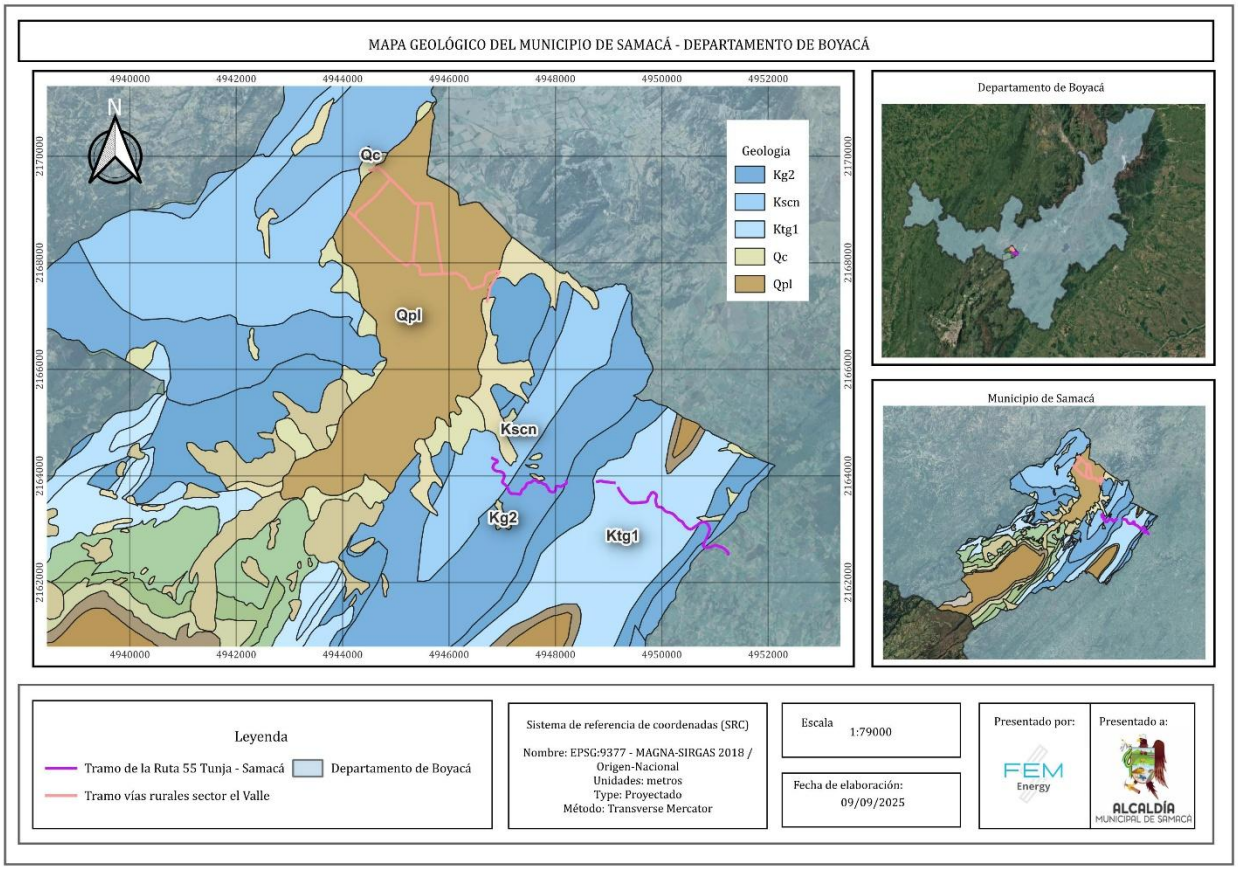


Ilustración 2. Mapa Geológico del municipio de Samacá

7. GEOMORFOLOGÍA

El municipio de Sámaca presenta una variedad de paisajes geomorfológicos que reflejan su evolución geológica y climática, así como la influencia de procesos estructurales, glaciares y fluviales. Según la clasificación tomada del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), se reconocen tres grandes unidades geomorfológicas: montaña glaciárica, montaña no glaciárica y altiplanicie, cada una con geoformas específicas y procesos dominantes característicos.

7.1. Montaña Glaciárica

Esta unidad está asociada a procesos ocurridos durante episodios glaciares del Cuaternario, y se subdivide en las siguientes geoformas:

7.1.1. Estructural

Geoforma de origen estructural, caracterizada por la presencia de pendientes y escarpes glaciáricos. Los procesos geomorfológicos dominantes son los cepillados glaciarios, que corresponden al modelado del relieve por la acción de masas de hielo en movimiento.

7.1.2. Estructural – Denudacional

Corresponde a un relieve de origen mixto estructural y denudacional, donde se encuentran depósitos fluvioglaciáricos y coluvioglaciáricos. Los procesos dominantes son la acumulación de sedimentos, escurrimientos difusos y solifluxión (movimiento lento de suelos saturados en agua).

7.1.3. Denudacional – Deposicional

Geoforma conformada principalmente por morrenas glaciarias, que son depósitos de material transportado y acumulado por los glaciares. El proceso predominante en esta unidad es la acumulación, acompañado por escurrimientos difusos.

7.1.4. Deposicional

Incluye geoformas como turberas y hoyas glaciáricas, formadas por la acumulación de sedimentos y materia orgánica en depresiones del terreno. El proceso dominante es la acumulación.

7.2. Montaña No Glaciárica

Unidad correspondiente a áreas montañosas que no fueron influenciadas directamente por glaciaciones. Se subdivide en:

7.2.1. Estructural – Erosional

Predominan geoformas como pendientes estructurales afectadas por procesos de erosión laminar y en surcos, así como ocasionales reptaciones. Los escarpes presentan eventos de desprendimiento, y las vertientes cóncavo-convexas muestran influencia estructural con procesos activos de escurrimientos concentrados, deslizamientos y formación de cárcavas. En general, las laderas están sujetas a erosión laminar, escurrimientos difusos y desarrollo de cárcavas.

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

7.2.2. Denudacional

Conformada por vertientes cóncavas y cóncavo-convexas, en las que predominan procesos de escurrimiento concentrado, deslizamientos, cárcavas y socavamiento lateral, relacionados con la pérdida progresiva de material superficial por acción de la lluvia y la gravedad.

7.2.3. Deposicional

Incluye depósitos coluviales y aluvio-coluviales con procesos como escurrimientos difusos, reptación, solifluxión, acumulación y flujos torrenciales. También se presentan aluviones recientes, asociados a procesos de socavación lateral y acumulación en zonas bajas o cercanas a drenajes activos.

7.3. Altiplanicie

Esta unidad corresponde a áreas de relieve relativamente plano a ondulado, con geoformas asociadas a procesos de denudación y sedimentación.

7.3.1. Denudacional

Se identifican colinas afectadas por escurrimientos difusos, erosión laminar, cárcavas y surcos. Asimismo, las vertientes disectadas presentan procesos activos de escurrimientos concentrados, deslizamientos y erosión en cárcavas.

7.3.2. Deposicional

La geoforma predominante corresponde a depósitos fluviolacustres, en los que actúan procesos de erosión pluvial, especialmente en zonas donde el drenaje superficial no ha sido completamente encauzado.

A continuación, se presenta el mapa correspondiente:

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

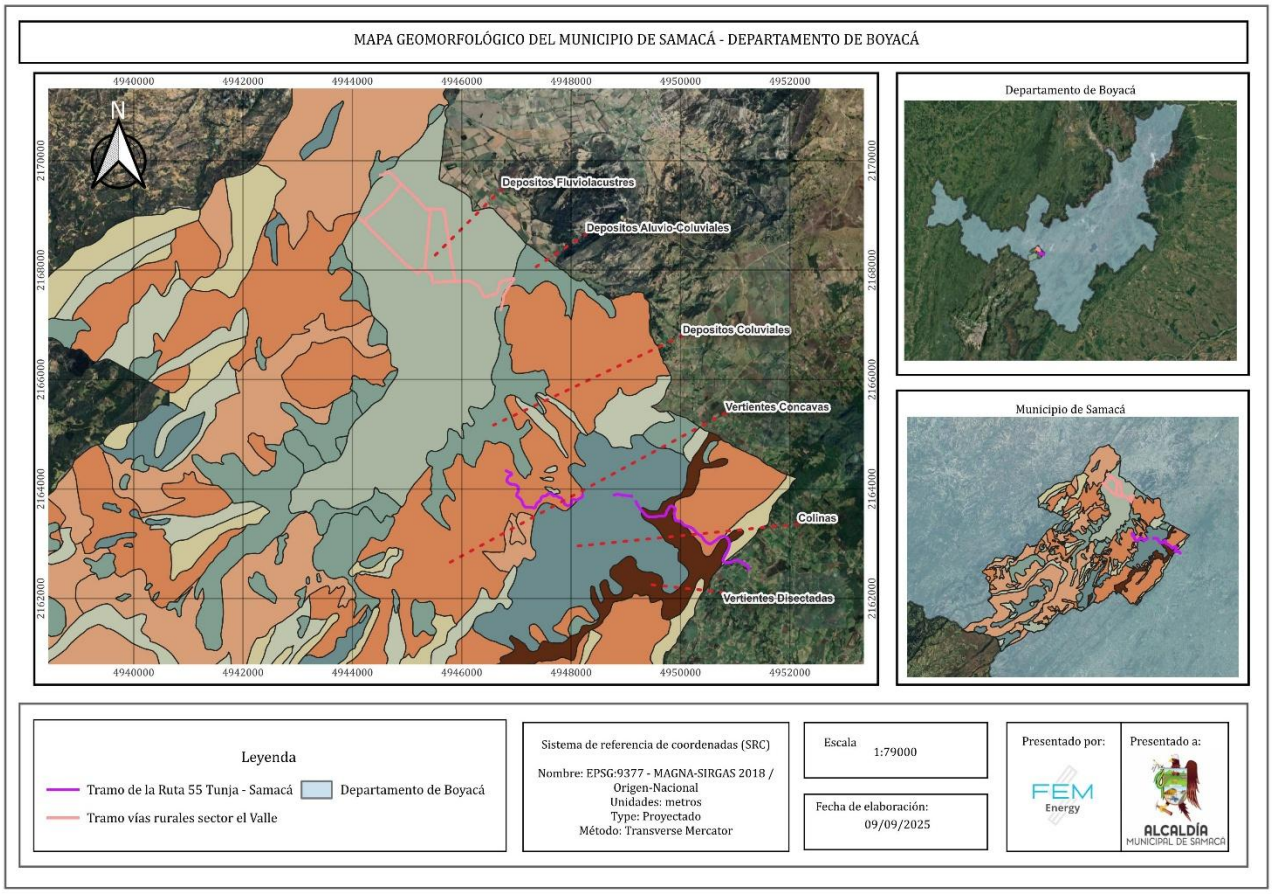


Ilustración 3. Mapa Geomorfológico del municipio de Samacá

8. SUSCEPTIBILIDAD GEOLÓGICA

Con la finalidad interpretar y clasificar los materiales geológicos superficiales desde el punto de vista de su comportamiento geomecánico, mediante información existente sobre la estabilidad y características físicas de los terrenos presentes en el área de estudio.

Entre los aspectos evaluados se encuentran el grado de meteorización de las rocas, la localización y distribución de depósitos recientes, la aptitud estructural y la resistencia de los materiales. Estos parámetros permiten la delimitación de unidades de ingeniería geológica que agrupan las distintas formaciones en función de su comportamiento mecánico similar.

Con el fin de facilitar su análisis y representación, cada unidad geológica fue calificada de acuerdo con criterios como la resistencia del material, su textura y el nivel de meteorización, utilizando una escala de 1 a 5, donde los valores más altos representan una mayor

susceptibilidad a fenómenos de inestabilidad. Posteriormente, a cada parámetro se le asignó un peso relativo, el cual fue reclasificado para establecer un índice de susceptibilidad.

Tabla 1. Grado de susceptibilidad ingeniería Geológica

Grado de susceptibilidad a la ingeniería Geológica	***Valor***
Muy Bajo	1
Bajo	2
Medio	3
Alto	4
Muy Alto	5

La tabla que se muestra a continuación resume la susceptibilidad de cada unidad geológica, determinada en función al grado de meteorización, resistencia y textura en rangos de 1 – 5, los valores más altos hacen referencia a las formaciones más susceptibles a fenómenos de inestabilidad.

Tabla 2. Valores de Susceptibilidad Geológica

Formación	**Nombre**	**Susceptibilidad**
Ksch	Formación Churuvita	3
Kscn	Formación Conejo	4
Grupo Guadalupe (Kg)	Formación Labor y tierna	3
	Formación Plaeners	1
Formación Guaduas (Ktg)	Ktg 1	3
	Ktg 2	2
	Ktg 3	3
	Ktg 4	2
	Ktg 5	3
Tpc	Formación Cacho	1
Tb	Formación Bogotá	4
Tr	Formación Regadera	2
Qpl	Deposito fluvio lacustre	1
Qca	Deposito coluvio-aluvial	3
Qc	Deposito coluvial	3
Qcg	Deposito coluvio-glacial	2

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

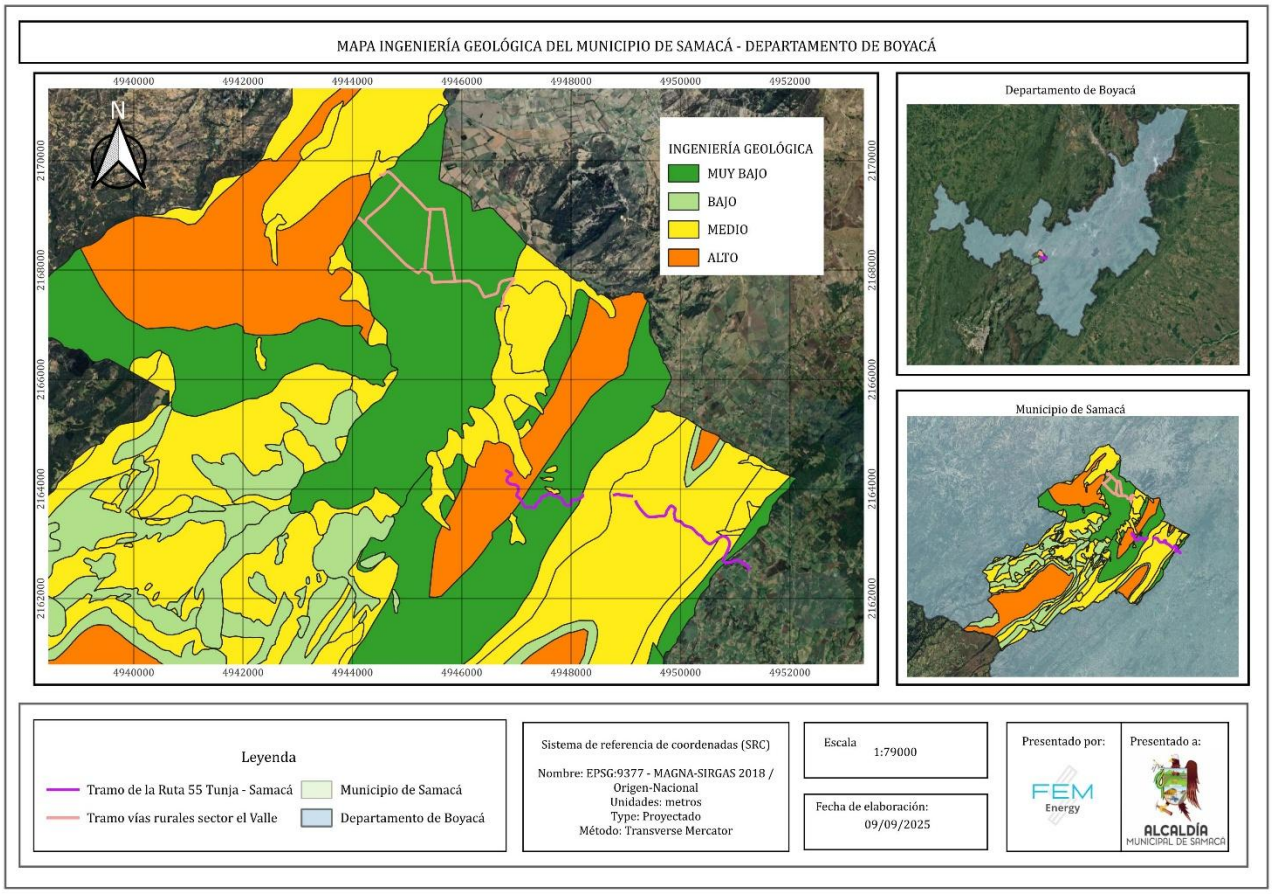


Ilustración 4. Mapa ingeniería geológica Municipio de Samacá

Los tramos definidos para la construcción del alumbrado público solar fotovoltaico en las vías del municipio de Samacá, Boyacá, se ubican principalmente en zonas de muy baja susceptibilidad geomorfológica. En menor proporción, se encuentran áreas con susceptibilidad media, seguido de susceptibilidad media y en última instancia, zonas de alta susceptibilidad. Las formaciones más susceptibles se presentan en menor medida dentro de los tramos seleccionados.

9. SUSCEPTIBILIDAD GEOMORFOLÓGICA

La evaluación de la susceptibilidad geomorfológica parte de la clasificación de unidades según su origen, con énfasis en los factores que inciden en la resistencia de los materiales, la intensidad de los procesos geomorfológicos activos y los cambios generados por eventos de remoción en masa a corto plazo.

El resultado de este análisis se plasmó en un mapa geomorfológico, a partir del cual fue

posible determinar los distintos grados de susceptibilidad del terreno frente a procesos de remoción en masa.
Las unidades geomorfológicas fueron clasificadas en cinco categorías de susceptibilidad, tal como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3. Grado de susceptibilidad Geomorfología

Grado de susceptibilidad a geomorfología	Valor
Muy bajo	1
Bajo	2
Medio	3
Alto	4
Muy alto	5

La siguiente tabla indica los valores de susceptibilidad asignados a las unidades geomorfológicas

Tabla 4. Valores de Susceptibilidad Geomorfológica

Unidad geomorfológica	Símbolo	Susceptibilidad
Pendientes y escarpes glaciaricos	Ge	2
Depósitos fluvioglaciaricos	Gd1	2
Depositos coluvioglaciaricos	Gd2	3
Campos morrenas	Gc	3
Turberas u hoyas glaciaricos	Gh	1
Pendientes estructurales	Me1	5
Escarpes	Me2	4
Vertientes cóncavo – convexas con marcada influencia estructural	Mv1	3
Laderas	M1	3
Vertientes cóncavo y cóncavo – convexas	Md1	1
Depositos coluviales	Mc1	4
Depositos aluvio -coluviales	Mc2	1
Aluviones recientes	Mc3	1
Colinas	Ad1	2

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

Vertientes disectadas	Ad2	3
Depósitos fluviolacustres	Ac	2

A continuación, se expone el análisis de la susceptibilidad geomorfológica conforme a los trazos previamente definidos.

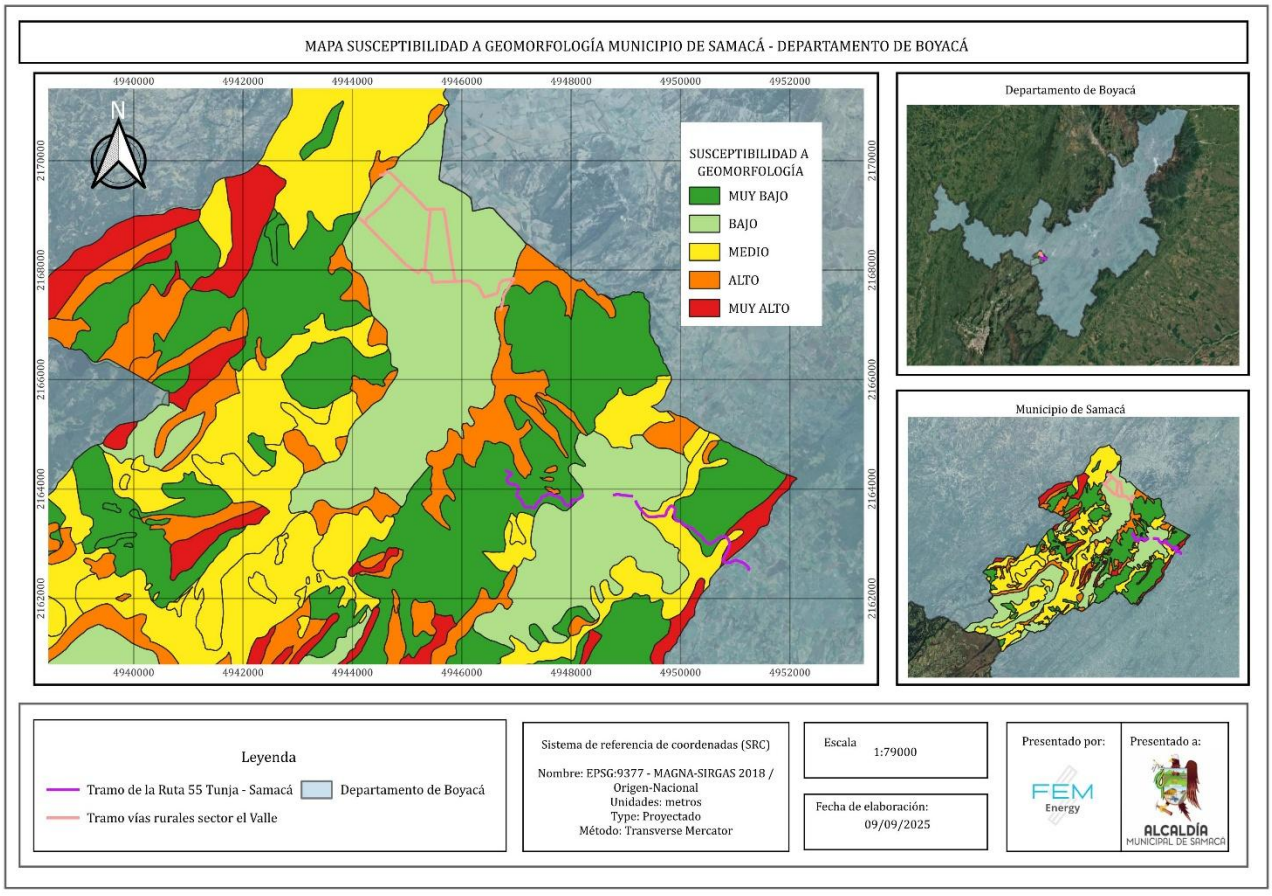


Ilustración 5. Mapa susceptibilidad geomorfológica municipio de Samacá

Considerando las unidades geomorfológicas clasificadas, los tramos evaluados abarcan zonas con susceptibilidad geomorfológica baja, muy baja y media. Dentro de estas unidades se identifican vertientes cóncavas y disectadas, las cuales tienden a presentar una mayor susceptibilidad geomorfológica en comparación con las colinas, que han sido clasificadas con un grado de susceptibilidad bajo.

10. EROSIÓN

La intensidad de erosión constituye una variable de interés en el análisis de la susceptibilidad del terreno, especialmente en lo referente a la predisposición a fenómenos de remoción en masa (FRM). Aunque no se considera un factor condicionante estrictamente geológico o estructural del terreno —dado que su desarrollo depende en gran medida de factores externos como la actividad antrópica—, su inclusión en el análisis permite comprender con mayor precisión el grado de alteración de la superficie terrestre y su relación con los procesos morfodinámicos activos.

La clasificación de la erosión se estableció en tres niveles de intensidad, de acuerdo con las condiciones observadas en la superficie del terreno:

10.1. Erosión baja

Corresponde a sectores con cobertura vegetal densa o bien conservada, donde el principal proceso activo es la erosión laminar, es decir, un desgaste superficial del suelo poco perceptible pero constante. Este nivel representa condiciones relativamente estables desde el punto de vista morfodinámico.

10.2. Erosión moderada

Se presenta en áreas donde se desarrollan procesos erosivos activos, aunque aún no se evidencia la formación de surcos profundos o cárcavas. Este grado de erosión puede incluir tanto erosión laminar más avanzada como ciertos niveles de erosión fluvial, especialmente en laderas o márgenes de drenajes.

10.3. Erosión alta

Caracteriza zonas con baja o nula cobertura vegetal, donde se observa formación de surcos y cárcavas significativas. Estas áreas muestran una alta dinámica de pérdida de suelo y son comúnmente localizadas en los márgenes de las quebradas principales y en sectores donde la intervención antrópica ha favorecido la degradación del terreno.

11. SISMICIDAD

La amenaza por fenómenos de remoción en masa inducidos por sismicidad responde a factores externos que superan la resistencia de los materiales geológicos, considerando como insumo los movimientos sísmicos de catalogo nacional de epicentros en el departamento de Boyacá.

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

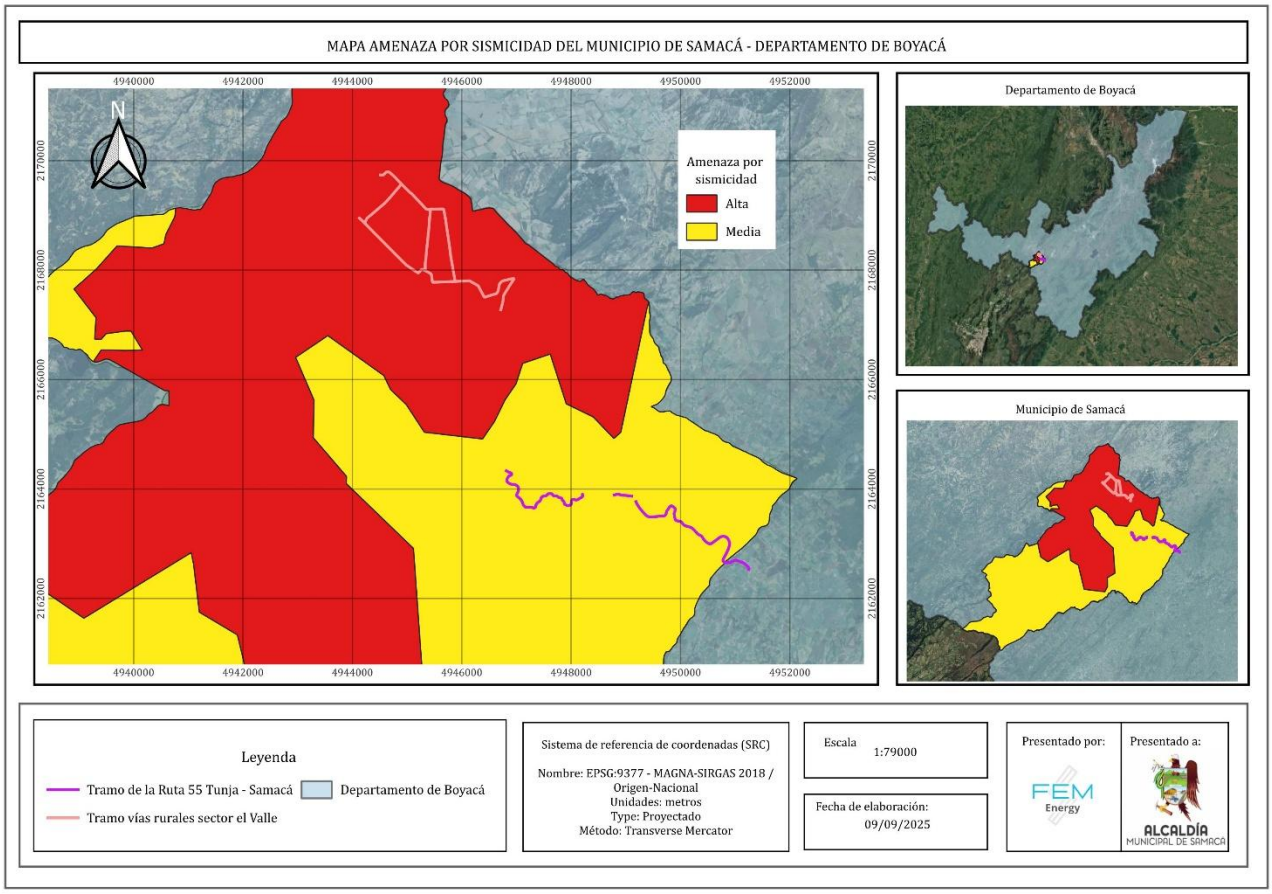


Ilustración 6. Mapa amenaza por sismicidad del municipio de Samacá

La amenaza por sismicidad en el departamento de Boyacá se clasifica en niveles medio y alto, predominando el nivel medio. Esta clasificación se basa en los registros históricos de movimientos sísmicos y sus respectivas magnitudes.

En términos de aceleración sísmica esperada (PGA), el nivel medio corresponde a valores entre 150 y 200 cm/s², mientras que el nivel alto abarca aceleraciones entre 200 y 300 cm/s².

12. MOVIMIENTOS EN MASA

Los fenómenos de remoción en masa requieren la consideración de diversos factores condicionantes y detonantes que influyen en la estabilidad del terreno. Entre estos, los factores detonantes como la precipitación y la sismicidad desempeñan un papel fundamental, ya que actúan como elementos externos capaces de inducir o acelerar procesos de inestabilidad en laderas y taludes.

Estos factores detonantes son responsables, en gran medida, de la magnitud y velocidad de los movimientos en masa, al alterar las condiciones de equilibrio de los materiales del terreno. La precipitación incrementa la saturación de los suelos, disminuye la resistencia al corte y aumenta el peso del material, mientras que la sismicidad introduce vibraciones que pueden provocar el colapso de estructuras geológicas previamente debilitadas.

Este mapa representa una integración de los factores detonantes de precipitación y sismicidad, permitiendo establecer un modelo que delimita las áreas de por amenaza baja, media y alta distribuida en el municipio.

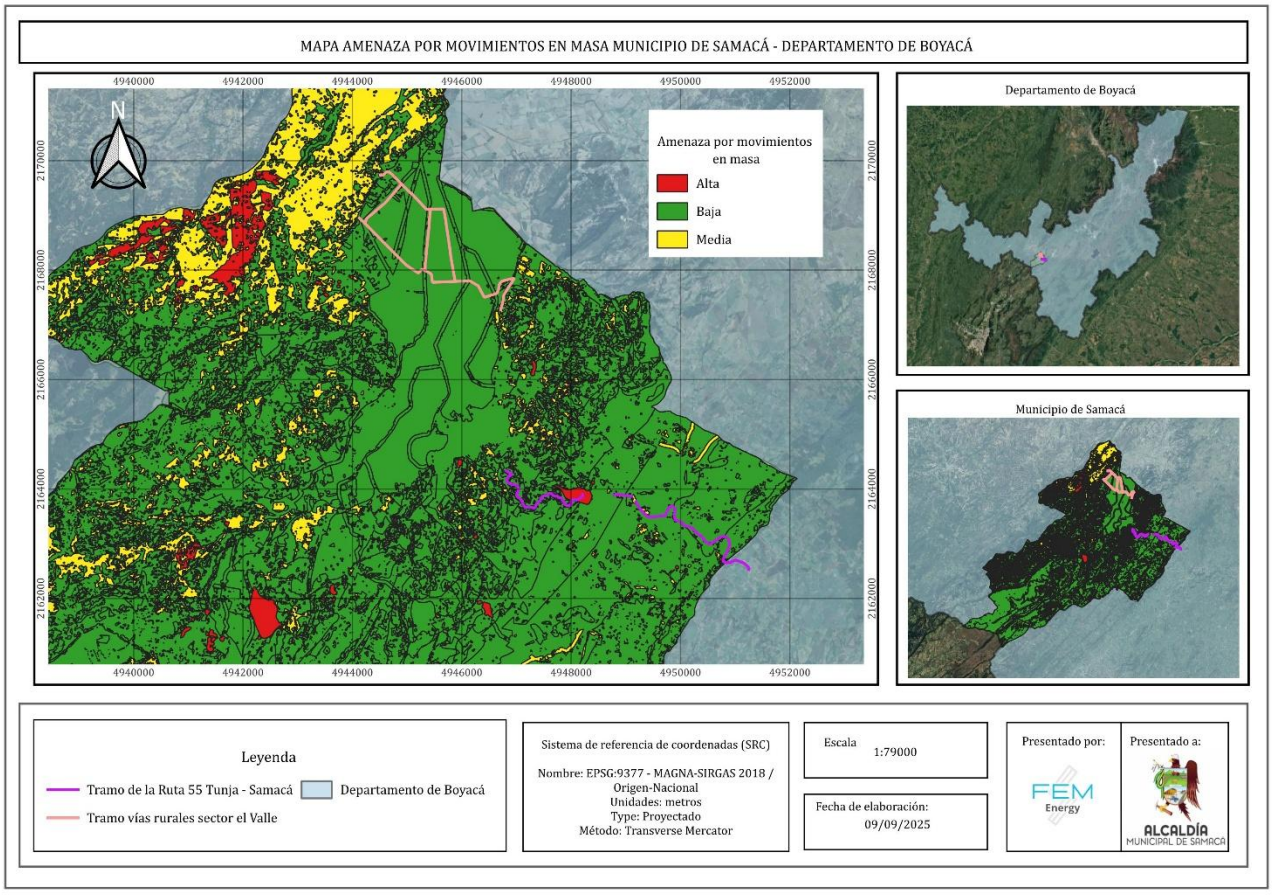


Ilustración 7. Mapa amenaza por movimientos en masa del municipio de Samacá

Según el resultado del proceso de integración, se establecieron tres categorías de amenaza por fenómenos de remoción en masa de la siguiente manera:

12.1. Amenaza Baja

Zonas muy planas localizadas en las partes bajas de las cuencas, planicies y terrazas fluviales, zonas de topografía montañosa, con inclinaciones superiores a los 10 grados, conformada por rocas meteorizadas y algunos depósitos localizados en la parte media y alta de las cuencas; no existe completa seguridad de que ocurran fenómenos de remoción en masa. Es la categoría más significativa dentro del área de estudio, puesto que se encuentra ocupando el 88% del total de área de estudio.

12.2. Amenaza Media

La mayor parte del área con este grado de amenaza tiene pendientes de 15 - 30º, las laderas presentan zonas de falla, meteorización moderada a alta, y rocas muy fracturadas, existe la probabilidad que ocurra fenómenos de remoción en masa a corto plazo. Esta categoría ocupa un área considerable equivalente al 10.5% del total de área afectada.

12.3. Amenaza Alta

Sectores localizados en la parte media de las cuencas, con
topografía montañosa, sobre laderas cercanas a los cauces, compuestas por algunos depósitos coluviales o rocas muy fracturadas y meteorizadas (Zonas de falla). Aunque es la categoría de mayor importancia, esta ocupa un porcentaje equivalente al 1.4% del total del área afectada.

13. AMENAZA POR INUNDACIÓN

Las inundaciones constituyen uno de los fenómenos naturales de mayor impacto sobre los sistemas naturales y antrópicos, especialmente en zonas rurales y urbanas ubicadas en áreas de valle o cercanas a cauces de ríos.

La capacidad de retención e infiltración del suelo, afectada por lluvias intensas o continuas, puede verse superada y provocar inundaciones, estas ultimas se pueden clasificar de acuerdo con su duración en dos tipos principales; inundaciones rápidas o dinámicas: Se producen generalmente en ríos de montaña o en aquellos cuyas cuencas presentan fuertes pendientes, como resultado de lluvias intensas, otra es las Inundaciones Lentas o Estáticas: Ocurren como consecuencia de lluvias persistentes y generalizadas que incrementan progresivamente el caudal de los ríos hasta sobrepasar su capacidad de transporte.

Para el análisis de inundación se consideró la delimitación de los ríos y quebradas, el análisis de las estaciones limnimetricas cercanas al municipio de Samacá para un periodo de retorno de 50 años con la información suministrada por el IDEAM y la superposición del mapa de

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

amenazas por fenómenos de remoción en masa, se conforma las zonas propensas a generar inundaciones.

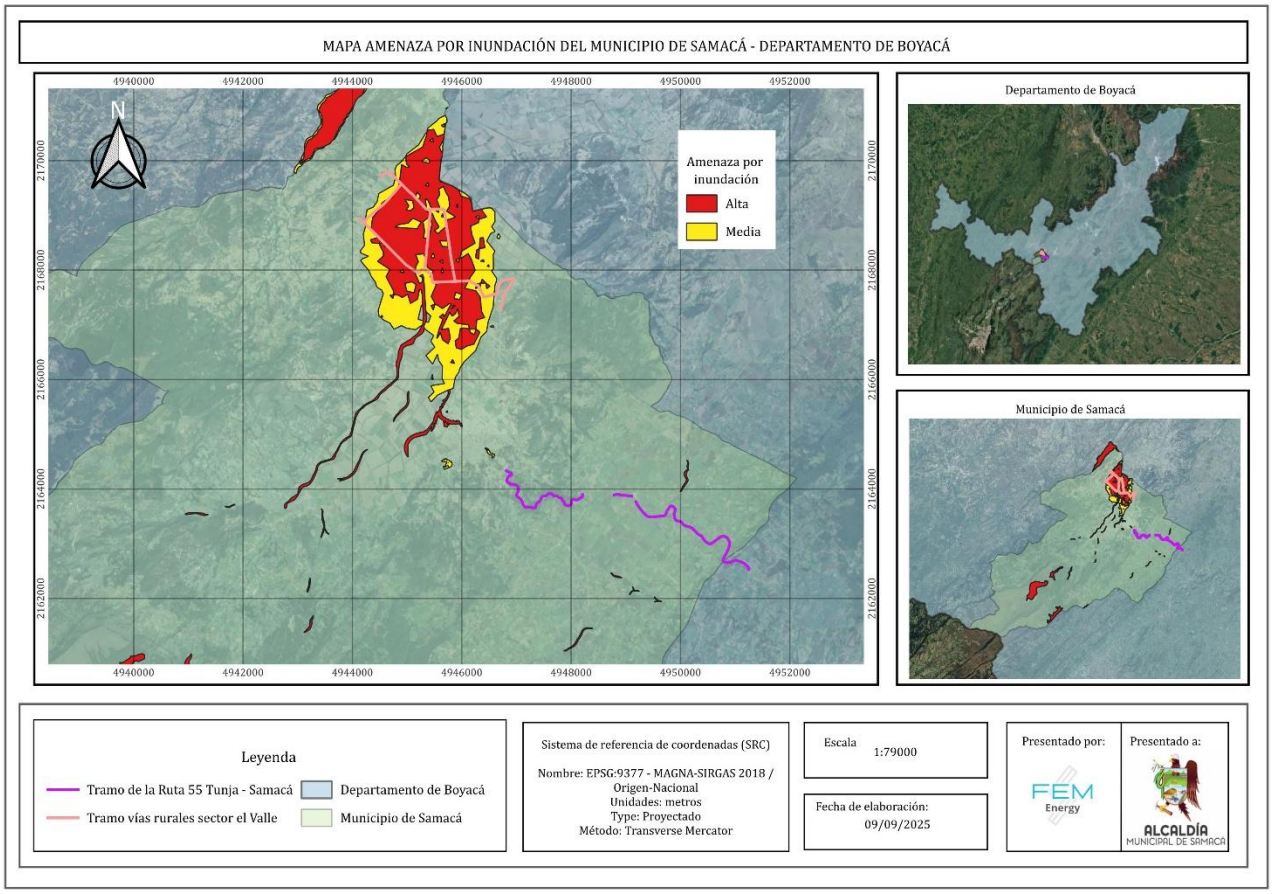


Ilustración 8. Mapa amenaza por inundación del municipio de Samacá

14. PENDIENTES

A partir de la información topográfica y por ende de un modelo Digital de Elevación con que permitió calcular la pendiente de cada unidad de superficie del territorio. Este modelo facilita una representación precisa del grado de inclinación del terreno, expresado en porcentaje (%), y permite identificar zonas planas, moderadamente inclinadas o abruptas.

Con base en el modelo de elevación, se elaboró un mapa de pendientes, el cual fue posteriormente reclasificado en rangos definidos que permiten una mejor interpretación de la morfología del relieve. Los rangos establecidos son los siguientes:

Tabla 5. Clasificación de pendientes

Rango de pendiente (%)	Clasificación del terreno
3 – 7	Muy baja
7 – 12	Baja
12 – 25	Moderada
25 -75	Alta
>75	Muy alta

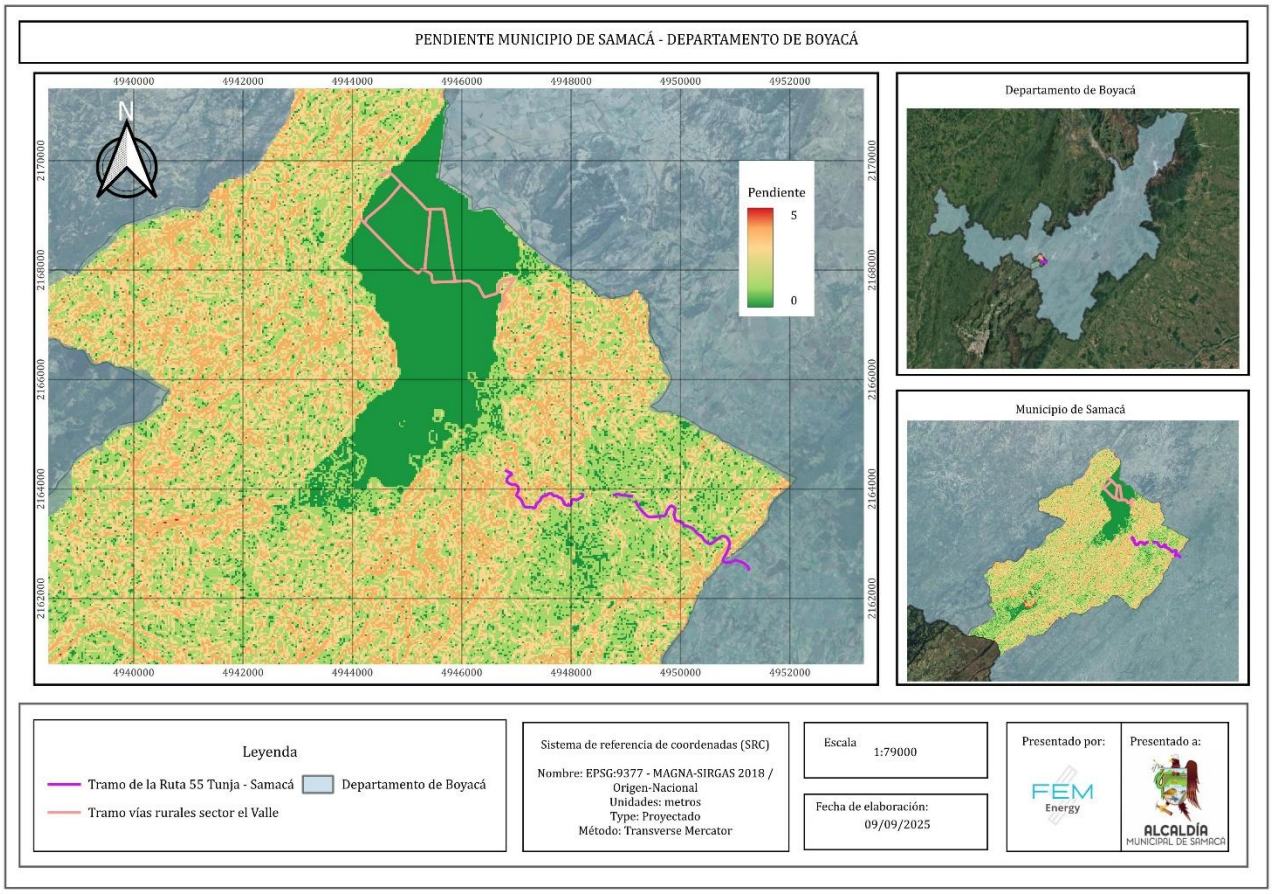


Ilustración 9.Pendiente Municipio de Samacá

15. Conclusiones

El análisis geotécnico y geológico para la obra de iluminación pública en el municipio de Samacá, Boyacá, revela que los tramos seleccionados presentan condiciones geotécnicas

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com

variables debido a las formaciones geológicas Kscn (Formación Conejo), Kg2 (Formación Plaeners) y Ktg1 (Miembro 1 de la Formación Guaduas), con susceptibilidades geomorfológicas y geológicas que oscilan entre muy baja (1) y alta (4). La profundidad requerida de 1.8 m para los huecos, según normas RETIE, y el diámetro estimado de 0.6-0.8 m, permiten definir un diseño eficiente para la instalación de postes de concreto de 12 m para el sector de la cumbre(zona de alta dureza y complejidad constructiva) y 10 m, para las vías rurales del sector del valle. La elección de una Bobcat con hoyadora, equipada con bits adecuados (estándar para suelos blandos/arcillosos en Kscn y Ktg1, y de roca para Kg2), optimiza los rendimientos, La cuadrilla mínima (1 operador + 1-2 ayudantes) garantiza eficiencia, mientras que las consideraciones para el APU incluyen costos adicionales por bits especializados en terrenos duros (Kg2) y medidas de seguridad en suelos inestables (Kscn). La baja a media susceptibilidad geomorfológica de los tramos, junto con la predominancia de amenaza baja por movimientos en masa (88% del área), asegura condiciones favorables para la ejecución, siempre que se realicen inspecciones geotécnicas previas y se adopten precauciones en zonas con erosión moderada o alta. Este enfoque integrado minimiza riesgos, optimiza recursos y asegura la viabilidad técnica y económica del proyecto.

16. Bibliografías

- Alcaldía de Samacá – Boyacá. (2015). Documento Técnico de Soporte – Gestión del riesgo.https://www.samaca-boyaca.gov.co/tema/descripcion-general-823806
- Alcaldía de Samacá – Boyacá. (2015). Revisión del Esquema De Ordenamiento Territorial. https://www.samaca-boyaca.gov.co/tema/datos-abiertos
- Alcaldía de Samacá – Boyacá – Documento resumen. https://www.samaca-boyaca.gov.co/tema/planes/pinar

Calle 98 #8-28 Piso 4 Edif. Ocho 28, oficina 401.
Bogotá D.C - Colombia
3107601391 - 3107602675
ww.femenergía.com