

 Lewis Energy Colombia, Inc.*	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”	
Versión No. 1. 07.2022	CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	

CONTENIDO

3	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	4
3.2	MEDIO ABIÓTICO	4
3.2.8	Geotecnia.....	4
3.2.8.1	Componentes y criterios utilizados para la zonificación geotécnica.....	4
3.2.8.1.1	Estabilidad por tipo de material geológico	6
3.2.8.1.2	Estabilidad de la morfogénesis.....	8
3.2.8.1.3	Estabilidad de la pendiente	10
3.2.8.1.4	Estabilidad de la morfodinámica.....	12
3.2.8.1.5	Estabilidad del riesgo sísmico	14
3.2.8.1.6	Estabilidad de la cobertura de la tierra.....	14
3.2.8.1.7	Estabilidad por clima.....	16
3.2.8.1.8	Estabilidad por estructuras geológicas.....	18
3.2.8.2	Zonificación geotécnica.....	20

 <p>Lewis Energy Colombia, Inc.*</p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”</p>	
<p>Versión No. 1. 07.2022</p>	<p>CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO</p>	

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.2.8-1 Clasificación de la estabilidad debida al material geológico	7
Tabla 3.2.8-2 Clasificación de la estabilidad debido a la morfogénesis	8
Tabla 3.2.8-3 Clasificación de la estabilidad debido a las pendientes.....	11
Tabla 3.2.8-4 Clasificación de la estabilidad debido a los procesos morfodinámicos	13
Tabla 3.2.8-5 Clasificación de la estabilidad debido a la cobertura de la tierra	15
Tabla 3.2.8-6 Clasificación de la estabilidad debido al clima	17
Tabla 3.2.8-7 Clasificación de la estabilidad debido a las pendientes.....	19
Tabla 3.2.8-8 Rangos de la zonificación geotécnica	20
Tabla 3.2.8-9 Tabla resumen de la zonificación geotécnica del AI	22

 <p>Lewis Energy Colombia, Inc.*</p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”</p>	
<p>Versión No. 1. 07.2022</p>	<p>CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO</p>	

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.2.8-1 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de las unidades geológicas	7
Figura 3.2.8-2 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de las unidades geomorfológicas	10
Figura 3.2.8-3 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de la pendiente del terreno.....	11
Figura 3.2.8-4 Distribución espacial de las distancias euclidianas de los polígonos de los procesos morfodinámicos	14
Figura 3.2.8-5 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de las coberturas de la tierra.....	16
Figura 3.2.8-6 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de la clasificación climática	18
Figura 3.2.8-7 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de las estructuras geológicas	20
Figura 3.2.8-8 Mapa de zonificación geotécnica del área de influencia,	23

 Lewis Energy Colombia, Inc.*	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”	
Versión No. 1. 07.2022	CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

3.2 MEDIO ABIÓTICO

3.2.8 Geotecnia

Las zonificaciones geotécnicas se presentan como un instrumento técnico que permite definir cartográfica y espacialmente aspectos como, la estimación de grado de amenaza por factores naturales, caracterización geotécnica de suelos y rocas, identificación y definir áreas de terreno con características similares y con ellos obtener la posible estabilidad cada zona ante obras civiles como edificios o vías, y llegar a un posible uso recomendado del suelo desde el punto de vista de estabilidad.

El término zonificación se puede entender como la subdivisión de un área bajo un criterio establecido, produciéndose una sectorización de acuerdo con los niveles o valores de ese criterio. La zonificación geotécnica consiste en delimitar sectores relativamente homogéneos, con características físico-mecánicas similares, donde se identifican parámetros fundamentales que prevén algunos problemas constructivos que pueden presentarse, además permite conocer la aptitud del terreno para los diferentes usos desde el punto de vista del desarrollo urbano.

Para efectos de este estudio la zonificación geotécnica se obtiene del análisis multivariable entre los diferentes componentes de los medios físico y biótico caracterizados en el EIA, y que afectan la susceptibilidad a los deslizamientos ante cualquier actividad externa en el área establecida para el estudio.

3.2.8.1 Componentes y criterios utilizados para la zonificación geotécnica

Para definir los insumos necesarios para determinar la zonificación geotécnica del área de estudio fue necesario consultar diferentes fuentes de información dentro de las cuales se contó con la metodología propuesta por Suarez (1992) y se complementó con la metodología propuesta por el Servicio Geológico Colombiano (2019) y con ello obtener un estudio simplificado, práctico y efectivo que considere las variables necesarias para poder hacer una evaluación geotécnica que se aproxime a la realidad de lo observado en campo.

De las metodologías tomadas como fuente de información, se asumió en un análisis multivariado, donde se incorporan las características físicas del área: pluviosidad, pendientes, tectónica, morfogénesis, morfodinámica, hidrología y litología o tipo de material; y se complementa con la distribución de coberturas de la tierra, para considerar todo el análisis de la interacción biológica y el factor natural existente con todas las variables anteriormente mencionadas.

 Lewis Energy Colombia, Inc.*	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”	
Versión No. 1. 07.2022	CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	

Posterior a la definición de las variables necesarias para obtener la caracterización geotécnica del área de estudio se procedió a realizar las respectivas valoraciones y definición de pesos para cada una estas, partiendo de un análisis cualitativo y comparándolo con un análisis cuantitativo basado en métodos de análisis de sistemas de información geográfica.

Para la determinación de las unidades de zonificación geotécnica, se aplicó la siguiente secuencia metodológica:

- Establecimiento de marco conceptual (validación de variables del medio abiótico y biótico en el área de influencia del estudio)
- Identificación de variables y grado de estabilidad
- Homologación de unidades apoyadas en el SIG del estudio (unidades de zonificación geotécnica).
- Calificación de variables
- Determinación de la estabilidad geotécnica

La metodología propuesta por Amabalagan para estimar la zonificación de susceptibilidad a la amenaza y riesgo (1992) establece unos pesos para algunas de las variables físicas seleccionadas, sin embargo, dichos pesos son establecidos de forma general y no consideran las condiciones medioambientales particulares para las diferentes zonas y pisos térmicos existentes en el territorio colombiano.

Debido a que se evidenciaron múltiples procesos morfodinámicos que se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo de toda el área estudio y estos se ubican en áreas preferentes debido a la litología o el ambiente morfogenético, se usó la manifestación de estos procesos morfodinámicos como medio de calibración para identificar donde existe mayor susceptibilidad o probabilidad de ocurrencia de procesos morfodinámicos.

Para realizar el método de calibración establecido, se realizó una clasificación supervisada mediante el software de QGis V 3.10 con una imagen satelital Sentinel 2A del presente año seleccionada para el proyecto, con el fin de determinar los procesos erosivos y morfodinámicos identificados en las imágenes satelitales y en campo estableciendo las firmas espectrales que registran dichos fenómenos, con lo cual se obtuvo un mapa de procesos morfodinámicos para toda el área de estudio.

La valoración para cada variable se realizó en función de la estabilidad, es decir si un factor favorece la estabilidad su peso es menor y si contribuye a la inestabilidad su peso es mayor; la asignación de valores fue establecida por el reconocimiento del área de influencia de estudio (plasmada en la caracterización ambiental), la experiencia y criterio de los profesionales del medio abiótico y biótico que participaron en el estudio y la consulta de otros estudios ambientales en la zona.

 Lewis Energy Colombia, Inc.*	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”	
Versión No. 1. 07.2022	CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	

Como resultado de la calificación de cada variable de acuerdo con el grado real o potencial de amenaza a la ocurrencia del algún proceso que refleje inestabilidad en el terreno, la zonificación consiste en la división del terreno en áreas con características similares usando el análisis espacial basado en un SIG, representadas en la leyenda del mapa en categorías de grado de estabilidad.

El mapa resultante de zonificación geotécnica contiene información sobre la probabilidad de ocurrencia de procesos o eventos geodinámicos, teniendo en cuenta los factores ambientales que contribuyen a la ocurrencia de estos fenómenos en el área de estudio.

A continuación, se presenta la descripción, el proceso de conceptualización y calificación de cada una de las variables del medio abiótico y biótico seleccionadas para su evaluación.

3.2.8.1.1 Estabilidad por tipo de material geológico

El componente geológico se evaluó desde el punto de vista de las características litológicas y texturales de las unidades litoestratigráficas identificadas en el área de estudio, ya que cada litología posee un determinado patrón de comportamiento con respecto a la presencia o no de procesos morfodinámicos y con respecto al grado de estabilidad que pueda manifestar.

En ese sentido se realizó una evaluación diferenciando inicialmente lo que corresponde con rocas y con depósitos, asignando una valoración mayor a las rocas considerando que son materiales consolidados con procesos de diagénesis y por lo tanto resistencia a la meteorización y erosión mayor, lo que da como resultado una mejor estabilidad de dicho material.

Por otra parte, se evalúa la presencia de los fenómenos de procesos morfodinámicos presentes para cada una de las unidades, ya que de acuerdo con lo que se observó en campo hay una predominancia a la existencia de procesos morfodinámicos en algunas unidades más que en otras, por lo que fue necesario evaluar la dominancia de la manifestación de dichos fenómenos con el mapa de procesos morfodinámicos obtenido mediante la clasificación supervisada.

La designación de los pesos correspondientes para cada una de las unidades se observa en la **Tabla 3.2.8-1** donde se aprecia la distribución del área de cada una de estas y su respectivo peso.

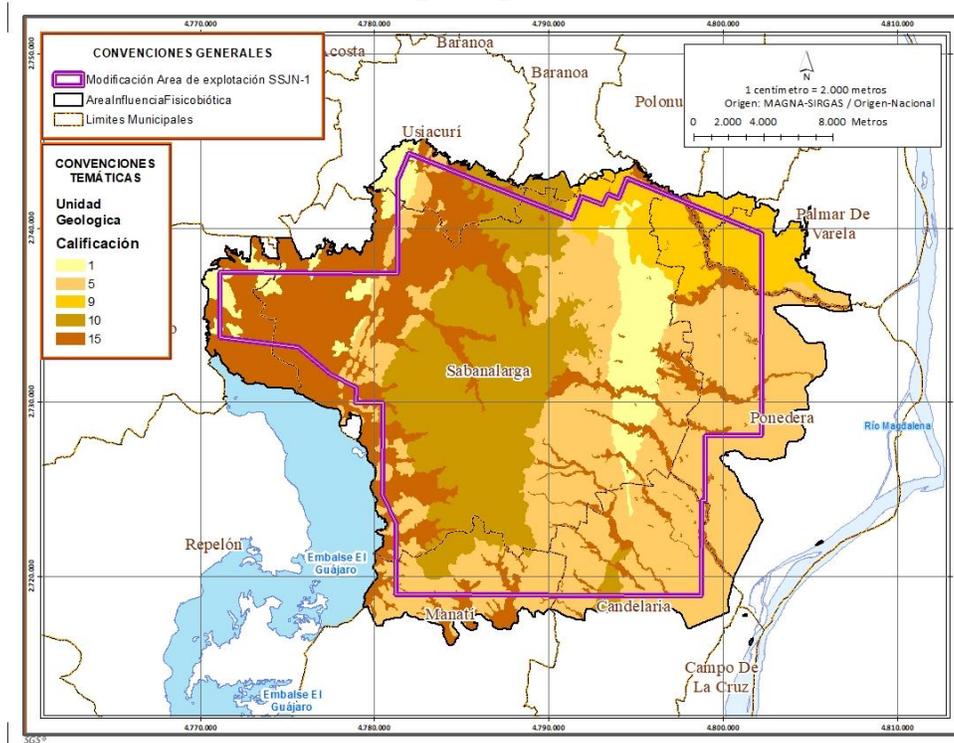
Con dicho análisis se obtuvo el mapa de distribución de zonas geotecnias debidas a las unidades geológicas (**Figura 3.2.8-1**) el cual proporciona la ponderación de la clasificación de la estabilidad debido al parámetro geológico.

Tabla 3.2.8-1 Clasificación de la estabilidad debida al material geológico

NOMBRE UNIDAD	NOMENCLAT	PROPORCIÓN PROCESOS MORFODINÁMICOS	PESO	ÁREA (ha)	REPRESENTATIVIDAD %
Fm Las Perdices	PgNgp	0	1	135,7688	0,20
Fm Hibácharo	Ngh	0,01	1	4779,6232	7,14
Fm Tubará	Ng†	0,02	5	13268,4451	19,81
Gravas de Rotinet	Qpr	0,03	10	13878,5411	20,72
Depósitos Coluvio-Aluvial	Qcal	0,01	15	3418,478701	5,10
Depósitos Coluviales	Qco	0,02	15	3483,728326	5,20
Depósitos Eólicos	Qe	0,03	9	5484,4325	8,19
Depósitos Fluvioacustres	Qfl	0,00	15	873,940971	1,30
Depósitos Llanura Aluvial	Qlal	0,01	15	8972,7925	13,40
Depósitos de terraza aluvial	Qta	0,05	5	12688,75988	18,94
TOTAL				66984,5111	100,00

Fuente: ETSa, 2021

Figura 3.2.8-1 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de las unidades geológicas



Fuente: ETSa, 2021

 Lewis Energy Colombia, Inc.*	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”	
Versión No. 1. 07.2022	CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	

3.2.8.1.2 Estabilidad de la morfogénesis

El análisis de la estabilidad debido a la morfogénesis se consideró desde el punto de vista de la susceptibilidad directa que tienen las formas del terreno con la presencia o probabilidad de ocurrencia a procesos morfodinámicos.

Las unidades geomorfológicas indicativas de inestabilidad son aquellas cuyas características morfológicas y morfométricas, así como algunas propiedades intrínsecas (litología, fracturamiento, meteorización, entre otras), se conjugan en un espacio físico y determinan la generación de un movimiento en masa. Una caída, por ejemplo, se puede desarrollar en laderas o escarpes expuestos, mientras que la ocurrencia de un flujo de detritos se puede ver favorecida por ciertas condiciones como la disponibilidad de materiales granulares (bloques, gravas y arenas) en áreas aledañas a corrientes superficiales para ser transportados y posteriormente depositados por la dinámica propia de los cauces.

El análisis geomorfológico para la estabilidad geotécnica se asocia principalmente con el ambiente de depositación o con el ambiente predominante sobre las unidades geológicas, es decir, en un ambiente con predominio denudacional (dependiendo de otras variables) existe una mayor probabilidad de ocurrencia de procesos morfodinámicos que en ambientes eólicos o en zonas donde las formas del terreno son planas.

En ese sentido, la asignación de los pesos fue establecida respecto al ambiente morfogenético esencialmente y se asignó un valor adicional a las unidades que tenían mayor predominancia de procesos morfodinámicos en su interior (**Tabla 3.2.8-2**).

Tabla 3.2.8-2 Clasificación de la estabilidad debido a la morfogénesis

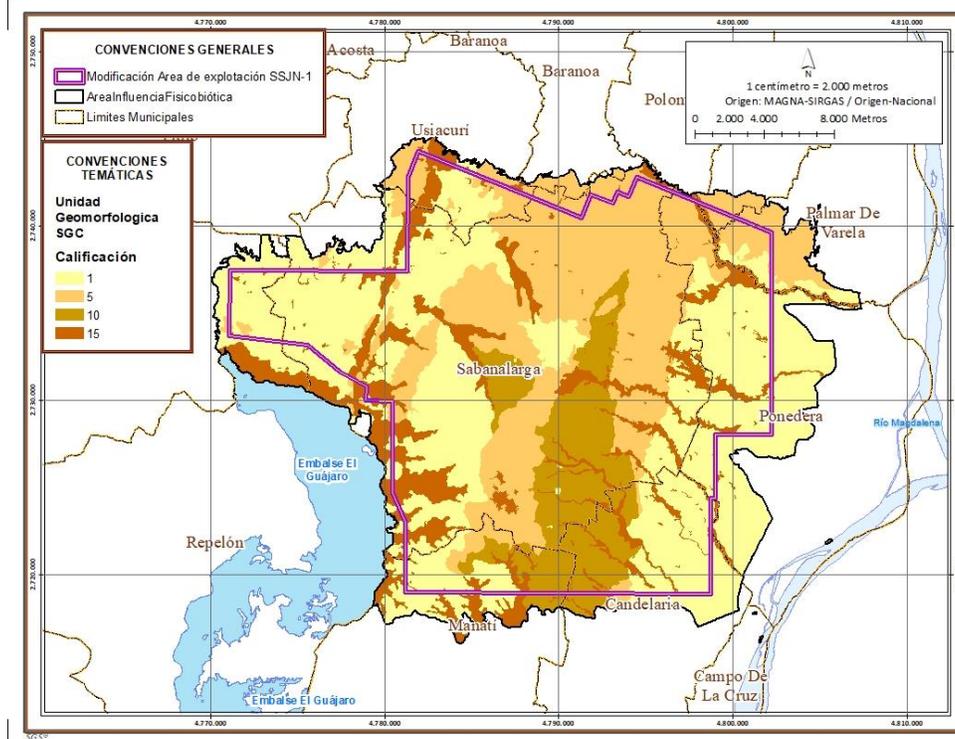
NOMB_UGIOM	NOMENCLAT	PROPORCIÓN PROCESOS MORFODINÁMICOS	PESO	ÁREA (ha)	% REPRESENTATIVIDAD
Canteras	Ac	0,22	15	142,1865	0,21
Presas piscícolas	Ap	0,00	15	89,4458	0,13
Planos de llenos antrópicos	Ar	0,02	1	979,5957	1,46
Cono y lóbulo coluvial	Dco	0,02	15	3511,4376	5,24
Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión	Dcs	0,02	15	3277,8319	4,89
Cerro remanente o relicto	Dcrem	0,00	10	7,6964	0,01
Loma denudada	Dld	0,01	1	1296,5782	1,94
Lomo denudado bajo de longitud larga	Dldebl	0,00	1	1601,0082	2,39

NOMB_UGEOM	NOMENCLAT	PROPORCIÓN PROCESOS MORFODINÁMICOS	PESO	ÁREA (ha)	% REPRESENTATIVIDAD
Lomeríos disectados	Dldi	0,01	1	4603,3821	6,87
Ladera ondulada	Dlo	0,03	10	7795,5211	11,64
Loma residual	Dlor	0,02	5	521,3667	0,78
Lomerío poco disectado	Dlpd	0,02	5	10760,3355	16,06
Montículo y ondulaciones denudacionales	Dmo	0,02	5	3559,9507	5,31
Campo de dunas remontantes	Edr	0,03	5	4920,5989	7,35
Laguna	Flg	0,00	15	12,9789	0,02
Plano anegadizo	Fpa	0,00	15	834,3162	1,25
Plano o llanura de inundación	Fpi	0,02	15	667,4300	1,00
Terraza de acumulación antigua	Ftan	0,04	1	13114,5569	19,58
Terraza basculada	Ftb	0,01	1	8247,9795	12,31
Cauce activo	Fca	0,01	1	2,3715	0,004
Ladera de contrapendiente de cuesta	Sclc	0,01	15	184,6106	0,28
Ladera estructural de cuesta	Scle	0,02	15	638,1838	0,95
Lomos	Sl	0,00	5	215,1483	0,32
TOTAL				66984,5111	100,00%

Fuente: ETSA, 2021

A partir de estas calificaciones se obtuvo el mapa de distribución espacial de categorías geotécnicas en respuesta a las características morfogenéticas (**Figura 3.2.8-2**); la cual proporciona una ponderación de la clasificación de la estabilidad debido al parámetro geomorfológico.

Figura 3.2.8-2 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de las unidades geomorfológicas



Fuente: ETSA, 2021

3.2.8.1.3 Estabilidad de la pendiente

La forma del relieve corresponde a una expresión cualitativa de la inclinación del terreno, por lo tanto, se asume de forma general que: “entre mayor sea el nivel de la pendiente menor será la estabilidad”; esto se debe a que, al aumentar la pendiente, generalmente se aumentan las fuerzas que tratan de desestabilizar una ladera o un talud y disminuyen los factores de seguridad a los procesos geodinámicos como los deslizamientos o desprendimientos entre otros (SUAREZ, 1998).

La pendiente se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal, cuyo valor se expresa en grados de 0 a 90, La pendiente se puede considerar como un factor importante en la ocurrencia de movimientos en masa en la medida en que se relaciona directamente con las tensiones de corte tangenciales y normales en los materiales superficiales, e influye también en la distribución de agua en la ladera (Santacana, 2001), La pendiente es el principal factor geométrico para tener en cuenta en análisis de estabilidad y puede obtenerse como una variable cuantitativa continua que se deriva del DEM.

La asignación y ponderación se determinó teniendo en cuenta las metodologías consultadas y con ellos se obtuvo los resultados clasificados en la **Tabla 3.2.8-3**.

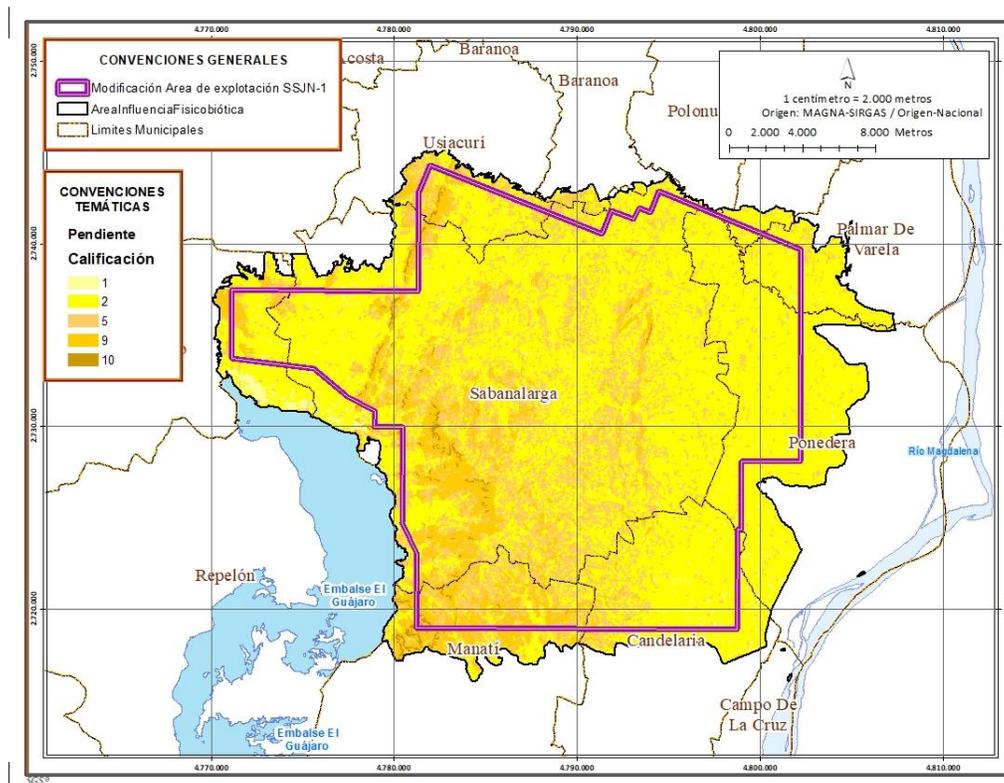
Tabla 3.2.8-3 Clasificación de la estabilidad debido a las pendientes

PENDIENTE (%)	PENDIENTE (Grados)	RELIEVE	PESO	ÁREA (ha)	REPRESENTATIVIDAD (%)
0 – 1	0 – 1	A nivel	1	1139,0079	1,70
1 – 3	1 – 2	Ligeramente plana	1	29,0849	0,04
3 – 7	2 – 4	Ligeramente inclinada	2	44404,5838	66,29
7 – 12	4 – 7	Moderadamente inclinada	5	14095,0144	21,04
12 – 25	7 – 14	Fuertemente inclinada	9	6919,1903	10,33
25 – 50	14 – 27	Ligeramente escarpada o empinada	10	397,6298	0,59
TOTAL				66984,5111	100,00

Fuente: ETSA, 2021

Con dicho análisis se obtuvo el mapa de distribución de zonas geotecnias debidas a la pendiente del terreno (**Figura 3.2.8-3**) el cual proporciona la ponderación de la clasificación de la estabilidad debido a este parámetro.

Figura 3.2.8-3 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de la pendiente del terreno



Fuente: ETSA, 2021

 Lewis Energy Colombia, Inc.*	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”	
Versión No. 1. 07.2022	CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	

3.2.8.1.4 Estabilidad de la morfodinámica

La morfodinámica se refiere al estudio de los procesos superficiales que afectan a la superficie terrestre y que han ocurrido tanto en el pasado, como los que se encuentran activos en el presente o aquellos que se puedan activar en el futuro (SGS, 2019). Se refiere a la dinámica exógena relacionada con la actividad de agentes como el viento, agua, hielo y la acción de la gravedad terrestre, que modifica las formas del terreno preexistentes. Estos agentes, específicos para cada ambiente morfogenético, afectan y modelan la superficie terrestre con diferentes grados de intensidad, imprimiéndole al terreno características propias de cada ambiente (SGC, 2019).

Para efectos de este estudio la morfodinámica permite identificar y definir la evolución de los procesos denudacionales (procesos erosivos y movimientos en masa) que han ocurrido en un área determinada (cuenca), particularmente en términos de estabilidad del terreno. Así mismo, el tipo de proceso y su intensidad, que contribuyen de manera importante en la evolución del paisaje. La morfodinámica permite explicar y clasificar los diferentes movimientos en masa que ocurren, han ocurrido o pueden ocurrir en el territorio, bajo unas condiciones naturales específicas (SGS, 2019).

Entendiendo la importancia de caracterizar y evaluar la morfodinámica de la superficie terrestre, se hace necesario poder realizar un inventario que contemple toda la superficie objeto de análisis. Por lo cual, para realizar dicho inventario se realizó un proceso de análisis cartográfico usando las herramientas depuestas de los sistemas de información geográfica y usando una imagen satelital Sentinel 2A del presente año.

En ese sentido, se dispuso de un análisis de clasificación supervisada realizado con el software QGIS, donde se configuro las firmas espectrales respectivas para los procesos morfodinámicos identificados en el área de estudio. Posteriormente se revisó manualmente para realizar un control general de los polígonos obtenidos mediante la clasificación supervisada, adicionalmente se complementó con los polígonos, puntos y líneas generados manualmente y con las observaciones de campo donde también se identificaron dichos fenómenos.

Con el anterior análisis se obtuvo un mapa de procesos morfodinámicos que cubrió toda la superficie del área objeto de análisis, y el cual fue usado para realizar las ponderaciones respectivas para cada una de las variables físicas y bióticas evaluadas.

Este estudio consideró que la presencia de al menos un proceso morfodinámico manifiesta una disminución en el grado de estabilidad de la superficie de terreno, ya que para efectos del área de estudio de acuerdo con lo observado en campo

 Lewis Energy Colombia, Inc.*	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”	
Versión No. 1. 07.2022	CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	

se identificó que los procesos morfodinámicos inician con una superficie sin cobertura vegetal y posteriormente se presenta erosión laminar y en efecto se manifiesta una cárcava, un surco o cualquier otro elemento que modela el terreno.

Para tal efecto, la manifestación de cualquier fenómeno erosivo incrementa la probabilidad de ocurrencia de procesos morfodinámicos y por ende una disminución en la estabilidad geotécnica.

Sin embargo, dichas manifestaciones de procesos erosivos ocurren debido a que se da en zonas donde no se realizan los manejos adecuados para evitar el aumento de la deforestación y disminución de la cobertura vegetal.

Finalmente, para incluir este parámetro en el análisis de evaluación se realizó un mapa de distancias euclidianas para determinar la influencia en la estabilidad debido de la presencia de los procesos morfodinámicos con respecto a la superficie del terreno para los polígonos, puntos y las polilíneas respectivamente.

Para el análisis de las polilíneas, se identificó que la capa de drenajes correspondía en varios casos con los surcos y cárcavas identificados, por lo que se asumió que los drenajes marcados en la base cartográfica del IGAC corresponde con el proceso de formación de surcos y cárcavas y viceversa, la presencia de surcos y cárcavas inicia el proceso de conformación de drenes y afluente a los brazos principales de los cuerpos de agua.

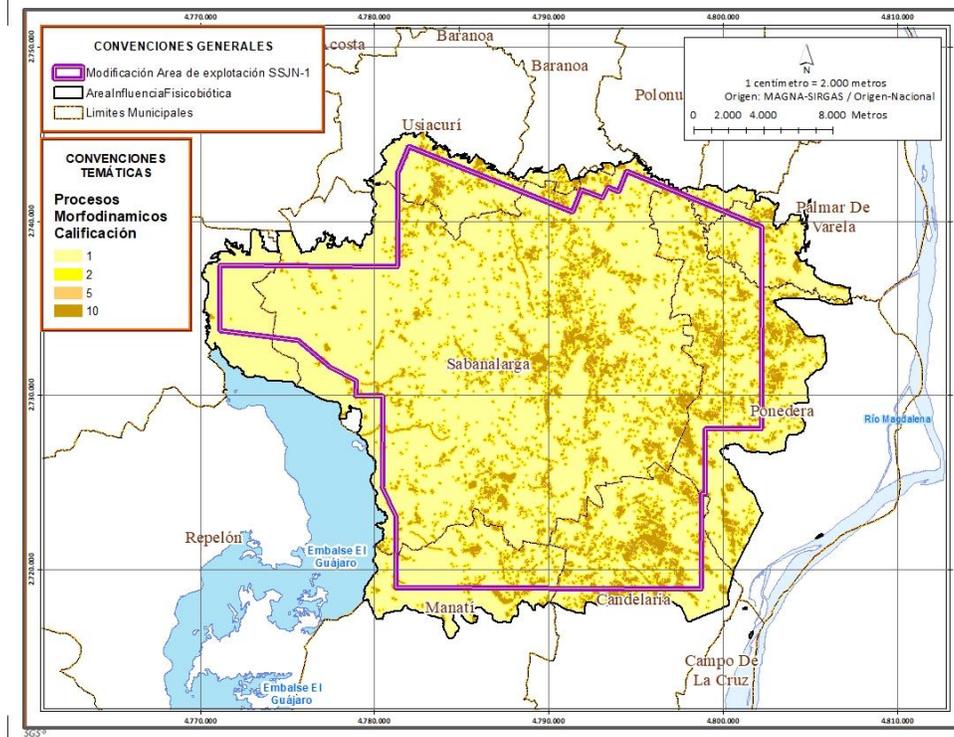
Como consideración adicional cabe resaltar que, en su gran mayoría, las polilíneas marcadas en la capa de drenaje sencillo de la GDB de la base cartográfica del IGAC corresponde con cuerpos naturales que son más bien intermitentes y que actúan solamente en temporada de lluvias, por lo que para efecto de este análisis da lugar para que sea considerado dichas polilíneas como parte del análisis de proceso morfodinámicos, En ese sentido, se determinó la influencia a la estabilidad geotecnia mediante el análisis del cálculo de distancias euclidianas para cada una de las polilíneas de los drenajes marcados en la capa de drenajes sencillos de la base cartográfica del IGAC (**Figura 3.2.8-4**).

Tabla 3.2.8-4 Clasificación de la estabilidad debido a los procesos morfodinámicos

Distancia al proceso morfodinámico (m)	PESO
30	10
50	5
100	2
>100	1

Fuente: ETSA, 2021

Figura 3.2.8-4 Distribución espacial de las distancias euclidianas de los polígonos de los procesos morfodinámicos



Fuente: ETSA, 2021

3.2.8.1.5 Estabilidad del riesgo sísmico

El 100% del área de estudio se clasifica en la categoría de estabilidad sísmica Alta (A), dado que presenta valor de aceleración 0,10 para Aa y Av (calificación Baja).

Debido a que esta característica o variable no discrimina entre varias unidades y por el hecho de presentar una estabilidad alta, no se tuvo en cuenta en el proceso de zonificación de categorías de estabilidad geotécnica.

3.2.8.1.6 Estabilidad de la cobertura de la tierra

Corresponde tanto a las unidades vegetales como a la infraestructura social e industrial y cuerpos de agua que fueron interpretadas y representadas en el **Mapa de Cobertura de la tierra** del estudio.

La vegetación cumple un rol importante en la estabilidad de un sector, protegiendo al suelo de procesos del impacto de la erosión hídrica y de remoción en masa. Por otra parte, es un factor que condiciona y afecta los procesos de evapotranspiración y de infiltración de agua, y ayuda a cementar las partículas del

 Lewis Energy Colombia, Inc.*	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”	
Versión No. 1. 07.2022	CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	

suelo, por medio del aporte o la producción de materia orgánica y la conformación de agregados organominerales que favorecen la estructura del suelo.

Las coberturas de la tierra que mayor protección brindan a los suelos (evitando la pérdida de suelo y la consecuente erosión) son las coberturas cuya vegetación protege el suelo del viento y el agua los principales elementos que generan la erosión del suelo (**Tabla 3.2.8-5**).

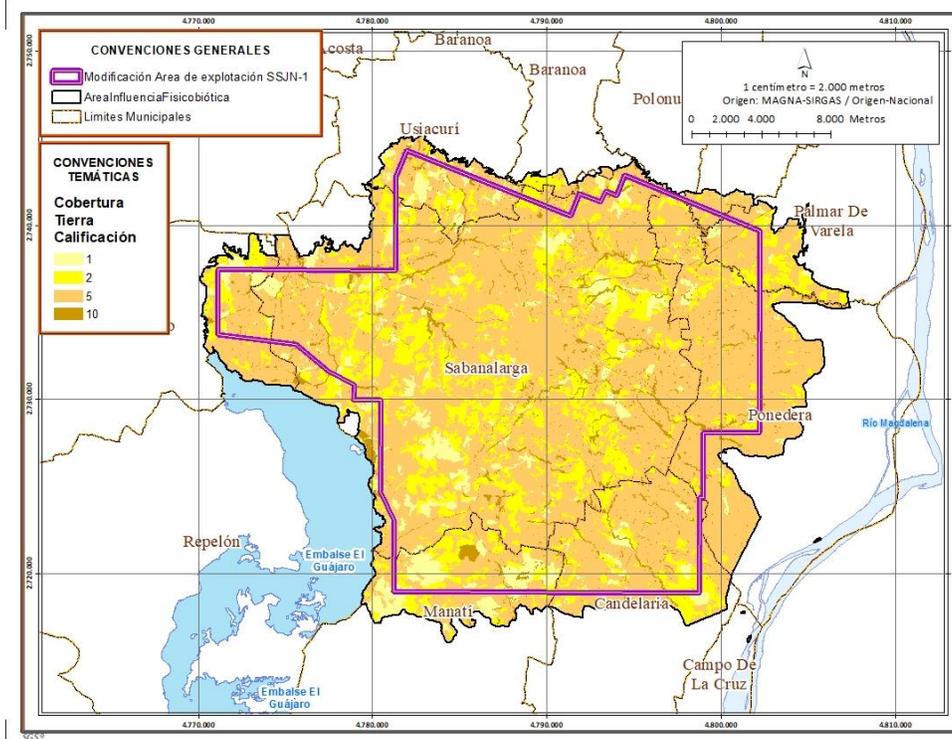
Tabla 3.2.8-5 Clasificación de la estabilidad debido a la cobertura de la tierra

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	PESO
Cobertura de la Tierra	Arbustal denso	1
	Bosque de galería	10
	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1
	Canales	10
	Estanques para acuicultura continental	10
	Explotación de hidrocarburos	5
	Explotación de materiales de construcción	10
	Instalaciones recreativas	5
	Jaguey	10
	Lagunas de oxidación	10
	Mango	1
	Mosaico de cultivos	2
	Mosaico de pastos y cultivos	1
	Otros cultivos permanentes arbóreos	1
	Otros cultivos transitorios	1
	Palma de aceite	1
	Pastos arbolados	5
	Pastos enmalezados	5
	Pastos limpios	5
	Plantación forestal	1
	Playas	10
	Red vial y territorios asociados	10
	Ríos	10
	Tejido urbano continuo	5
	Tejido urbano discontinuo	5
	Tierras desnudas y degradadas	10
	Vegetación secundaria alta	1
	Vegetación secundaria baja	2
	Zonas industriales	5
	Zonas pantanosas	10

Fuente: ETSA, 2021

Con dicho análisis se obtuvo el mapa de distribución de zonas geotecnicas debidas a las coberturas de la tierra (**Figura 3.2.8-5**) el cual proporciona la ponderación de la clasificación de la estabilidad debido este parámetro.

Figura 3.2.8-5 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de las coberturas de la tierra



Fuente: ETSA, 2021

3.2.8.1.7 Estabilidad por clima

De acuerdo con la clasificación climática de Caldas - Lang, que tiene en cuenta los parámetros de temperatura, altura y el factor de lluvia o índice de efectividad de la precipitación, en la zona de influencia del proyecto corresponde al piso térmico cálido, donde se presentan variaciones de cotas inferiores o iguales a los 1000 m.s.n.m, y donde la temperatura promedio anual es mayor o igual a los 24 °C.

El análisis de datos meteorológicos demostró que para la región estudiada se tienen dos clasificaciones climáticas correspondientes a:

- *Clima Cálido Semiárido (Sá)*: valor en la relación entre la Precipitación y la Temperatura de 40 a 60, que se refiere a zonas de bosque seco tropical, con las altas temperaturas, altas evapotranspiraciones y los bajos grados de humedad y precipitación.
- *Clima Cálido Árido (á)*: valor en la relación entre la Precipitación y la Temperatura de 20 y 40, se caracteriza por sus escasas precipitaciones, por debajo de la evapotranspiración, condicionado por la disposición del

 Lewis Energy Colombia, Inc.*	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”	
Versión No. 1. 07.2022	CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	

relieve o la presencia de corrientes marinas frías que condensan la humedad y dan origen a condiciones similares a desiertos costeros.

De acuerdo con los resultados obtenidos de los histogramas de las estaciones analizadas, se logró establecer que en el área de influencia del Área de Explotación SSJN-1, el régimen pluviométrico es bimodal, típico de la región Caribe y/o cuenca baja del río Magdalena; en el que se presentan en promedio dos temporadas de lluvias, separadas hacia mediados de año y hacia finales e inicios de año por dos temporadas de bajas lluvias denominadas veranos o veranillos.

Respecto a la distribución de la variable precipitación, se presentan dos picos mayores de precipitación en los meses de mayo y octubre, divididos por un veranillo en el mes de julio, desde diciembre y hasta abril se presenta la principal época de estiaje de la zona obteniendo precipitaciones mensuales de 5 a 6,1 mm en los dos primeros meses del año.

En general, en el área de influencia del Área de Explotación SSJN-1, se registran precipitaciones totales mensuales del orden de 0,0 mm y 242,0 mm. En promedio el mes de octubre es el más lluvioso, con valores totales medios mensuales de 183,2 mm; mientras que los meses de enero y febrero, son catalogados como los meses menos lluviosos, con valores totales medios mensuales de 5,0 a 6,1 mm.

La distribución espacial de la lluvia en el área de influencia del Área de Explotación SSJN-1, permite observar que las mayores precipitaciones se presentan hacia el costado suroccidental del área de estudio, con valores totales multianuales de precipitación anual del orden de 1685 mm. La precipitación va disminuyendo de sur a norte, a medida que se aleja del área de influencia, hasta llegar a los 1000 mm de precipitación total anual multianual, la cual se aprecia en el sector nororiental del área. La precipitación total anual en el área de influencia directa del Área de Explotación SSJN-1 presenta valores anuales del orden de 1200 mm a 1500 mm.

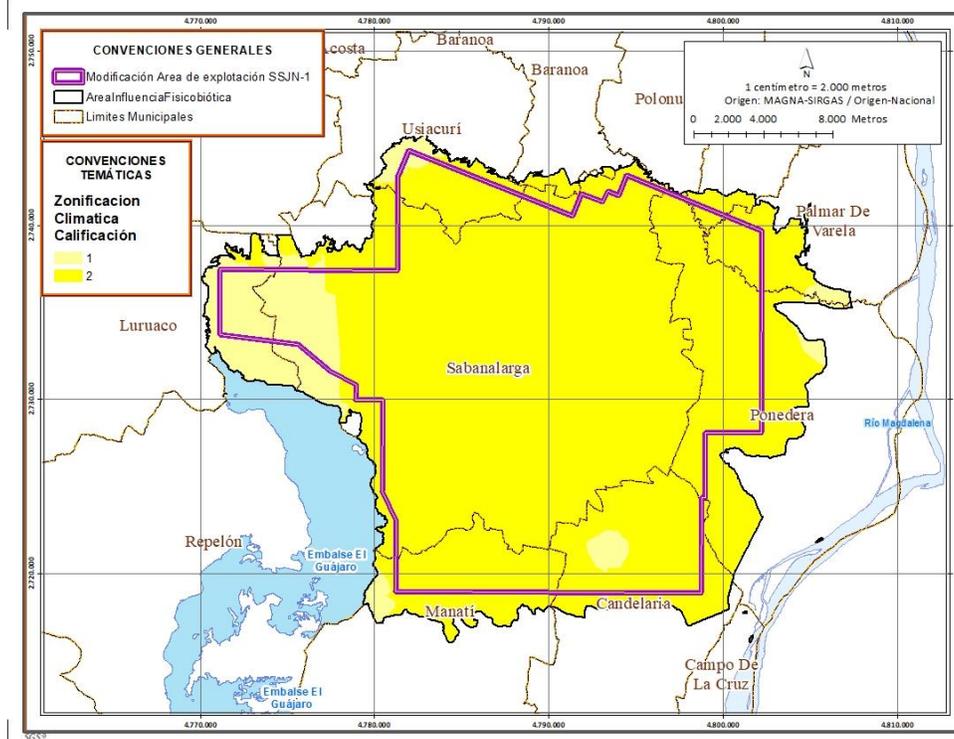
Tabla 3.2.8-6 Clasificación de la estabilidad debido al clima

DESCRIPCIÓN	NOMEN	PESO
Cálido Semiárido (Sá): valor en la relación entre la Precipitación y la Temperatura de 40 a 60,	Sá	2
Clima cálido Árido (á): valor en la relación entre la Precipitación y la Temperatura de 20 y 40,	á	1

Fuente: ETSA, 2021

De acuerdo con lo anterior, se calificó la variable clima por la diferencia de precipitación, dando mayor peso a la zona donde la P/T marca un rango entre 40 – 60, es decir mayor posibilidad de mayor intensidad de lluvias (**Figura 3.2.8-6**).

Figura 3.2.8-6 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de la clasificación climática



Fuente: ETSA, 2021

3.2.8.1.8 Estabilidad por estructuras geológicas

Este aspecto se refiere a la estabilidad asociada a la presencia de estructuras geológicas como fallas, lineamientos y pliegues, debidas a la deformación tectónica regional identificada y reconocida en el subsuelo o en superficie.

Es por ello que considerar las variaciones debidas a las fracturas o interacciones existentes en el subsuelo debido a procesos endógenos se consideran las manifestaciones superficiales entendidas como fallas.

Como se vio en el capítulo de geología, la tectónica y la geología estructural históricamente has sido muy activa y es la causante principal para la conformación y configuración de la superficie terrestre actual tal como la vemos, sin embargo, actualmente existe una fase de quietud o pasividad tectónica que puede ser identificada por la manifestación de las estructuras en la superficie; son estas manifestaciones que son consideradas como objeto de estudio y análisis para determinar la influencia de la posible influencia que se tenga con respecto a la estabilidad de una zona determinada.

 Lewis Energy Colombia, Inc.*	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”	
Versión No. 1. 07.2022	CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	

En ese sentido, se incluyeron las fallas aflorantes e interpretadas de otros estudios tectónicos que se identifican al occidente del área de influencia, Las fallas de El Playón y la falla de Juan de Acosta María La Baja.

Para el análisis se realizaron determinación de distancias euclidianas que determina la influencia que tienen dichas fallas a medida que se aproxima al lineamiento de falla cartografiado en superficie. Debido a que, una falla geológica en la realidad no corresponde exactamente con un plano lineal y angosto como se representa gráficamente en los mapas, más bien corresponde con una fracción de terreno o un área que se prolonga en profundidad donde varía su espesor o el área que afecta dicha fractura, por lo tanto, una falla se puede entender como una franja de espesor variable que fractura, altera, modifica, tritura la roca por donde se desplaza dicha fractura.

Al considerar que la falla corresponde con una franja más que con una línea el análisis de distancias euclidianas es un adecuado proceso para incorporar en análisis de la estabilidad geotécnica de un sector.

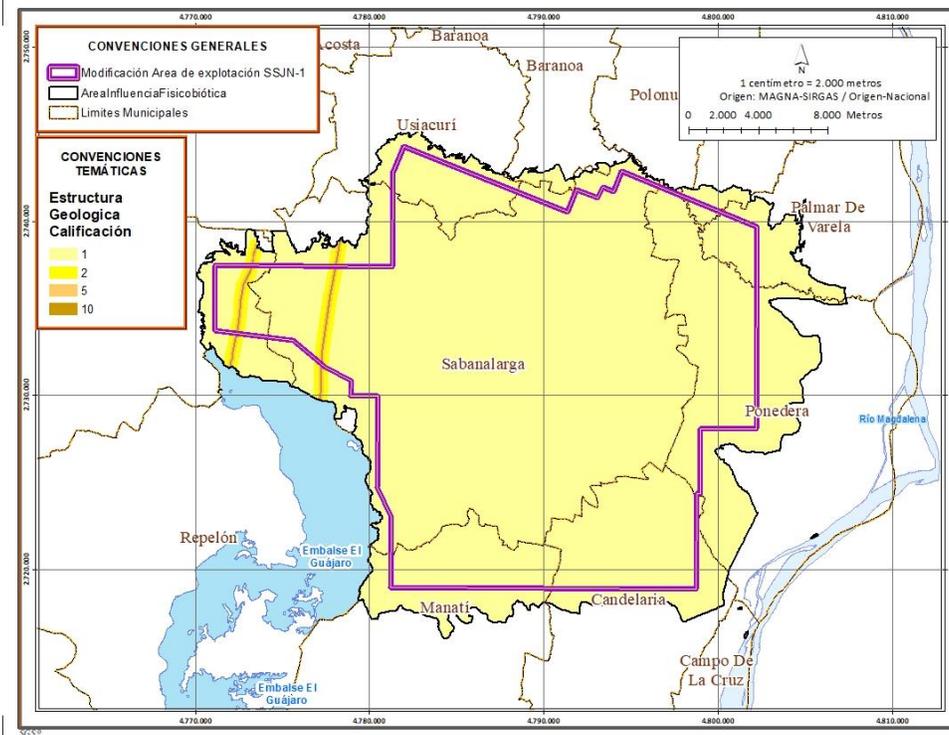
Es así que al obtener el cálculo de las distancias euclidianas sobre los lineamientos de falla identificados se obtiene el mapa de la distribución espacial de la estabilidad debida de las estructuras geológicas (**Tabla 3.2.8-7**).

Tabla 3.2.8-7 Clasificación de la estabilidad debido a las pendientes

Distancia a la falla (m)	PESO
50	10
100	6
250	2
>250	1

Fuente: ETSA, 2021

Figura 3.2.8-7 Distribución espacial de la estabilidad con respecto de las estructuras geológicas



Fuente: E TSA, 2021

3.2.8.2 Zonificación geotécnica

Para definir las unidades de zonificación de la estabilidad geotécnica para el área de influencia del proyecto, se realizó con la sumatoria de los valores o pesos obtenidos de los análisis dados a cada variable seleccionada y usando herramientas de cartografía matemática a partir de SIG.

Al realizar la sumatoria de cada una de las variables se obtuvo un valor mínimo de 21 y un valor máximo de 140, con lo cual se procedió a determinar los rangos de valores para cada uno de los rangos de estabilidad geotécnica, los cuales se registran en la **Tabla 3.2.8-8**.

Tabla 3.2.8-8 Rangos de la zonificación geotécnica

RANGO	VALOR
Muy alta	0 – 40
Alta	40 – 50
Moderada	50 – 70
Baja	70 – 80
Muy baja	80 – 140

Fuente: E TSA, 2021

 Lewis Energy Colombia, Inc.*	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”	
Versión No. 1. 07.2022	CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	

Una vez elaborados los estudios bases para el área de influencia del proyecto, se procedió a la elaboración del mapa de zonificación de la aptitud geotécnica, para lo cual se deben considerar cuatro tipos de zonas como se indica a continuación (AMVA, 2012):

Muy alta estabilidad geotécnica (Zonas muy aptas sin restricciones): Corresponden a zonas que presentan muy alto grado de estabilidad; no se aprecia la ocurrencia de procesos morfodinámicos activos e inactivos tales como socavación de márgenes y movimientos en masa que afecten la estabilidad global del predio de interés.

Alta estabilidad geotécnica (Zonas aptas): Corresponden a zonas que presentan alto grado de estabilidad; no se aprecia la ocurrencia de procesos morfodinámicos activos e inactivos tales como socavación de márgenes y movimientos en masa que afecten la estabilidad global del predio de interés.

Moderada estabilidad geotécnica (Zonas aptas con restricciones moderadas): Corresponden a zonas estables dentro del área de estudio; sin embargo, su estabilidad está condicionada por la incidencia directa que presentan procesos morfodinámicos activos tales como socavación de márgenes y movimientos en masa identificados; la estabilidad global de estas zonas dependerá del manejo que se dé a los procesos morfodinámicos y al tipo de intervención que se proyecte, Se considera que las obras de estabilización proyectadas son técnica y económicamente viables.

Baja estabilidad geotécnica (Zonas aptas con restricciones altas): En las cuales se evidencia la ocurrencia de procesos morfodinámicos activos tales como socavación de márgenes y movimientos en masa localizados en el área de estudio; la estabilidad global de estas zonas dependerá del manejo que se dé a los procesos morfodinámicos y al tipo de intervención que se proyecte sobre estas.

Muy baja estabilidad geotécnica (Zonas no aptas): Son aquellas con evidente inestabilidad por la ocurrencia de procesos morfodinámicos activos tales como socavación de márgenes y movimientos en masa dentro del área de estudio; el estudio considera que las obras de estabilización proyectadas son técnicamente complejas y de alto costo con respecto a las inversiones proyectadas en el AI.

De la calificación y clasificación de las variables seleccionadas para definición de la estabilidad geotécnica del área de influencia y objeto de estudio, se concluye que en el área del proyecto se presentan las tres (3) clases de estabilidad geotécnica: muy alta, alta y moderada (**Tabla 3.2.8-9**).

Tabla 3.2.8-9 Tabla resumen de la zonificación geotécnica del AI

RANGO	VALOR	ÁREA (ha)	REPRESENTATIVIDAD %
Muy alta	0 - 40	60366,59	90,12
Alta	41 - 50	6392,25	9,54
Moderada	50 - 70	225,67	0,34
Total		66984.5111	100

Fuente: ETSA, 2022

Como se muestra en la **Figura 3.2.8-8**, las zonas de estabilidad de mayor predominancia corresponden con las zonas de estabilidad geotécnica muy alta (90,12%), seguidas por las zonas de estabilidad geotécnica alta (9,54%), y finalmente las zonas de estabilidad geotécnica moderada (0,34%).



Lewis Energy Colombia, Inc.*

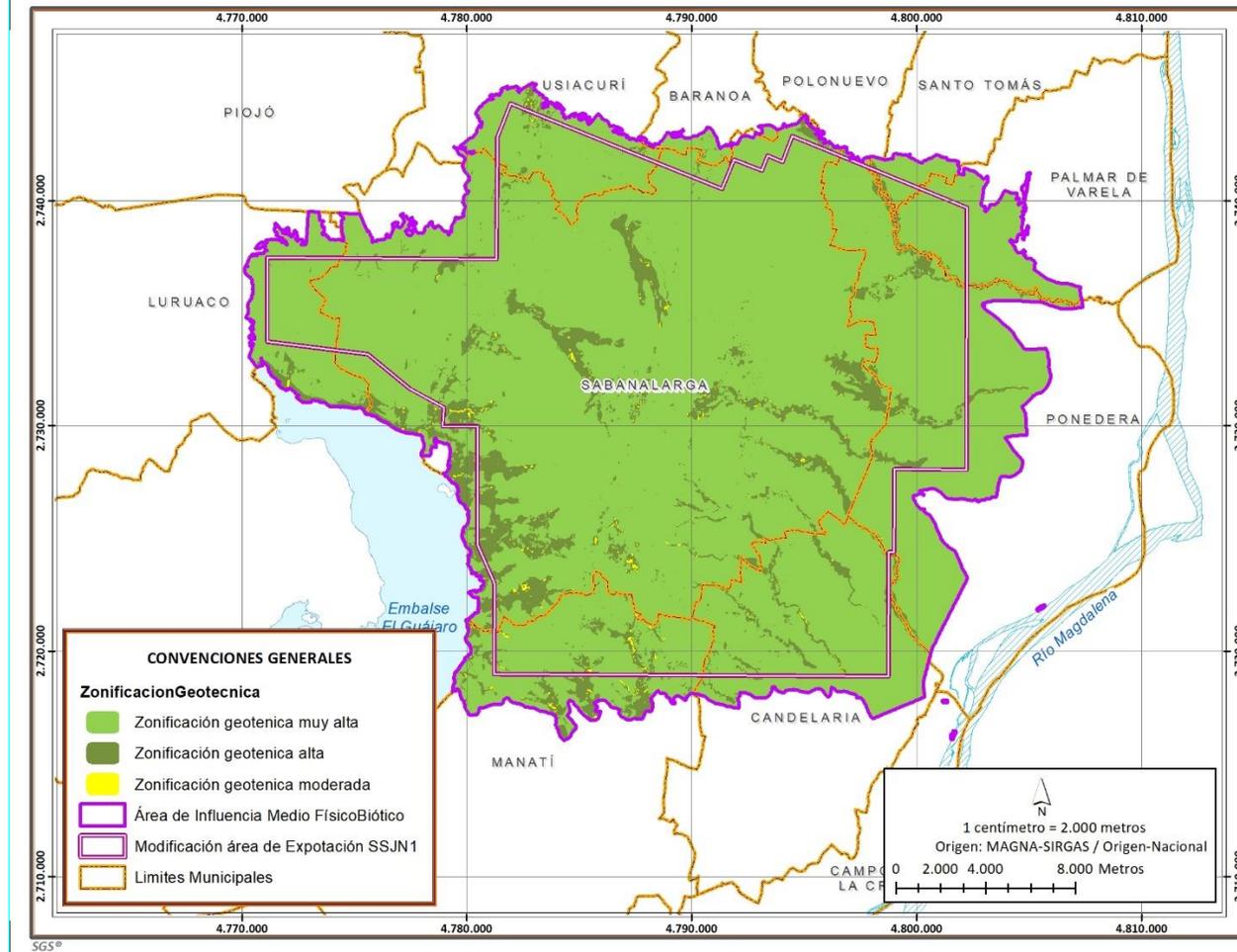
**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA TRAMITAR
LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL
GLOBAL DEL PROYECTO “ÁREA DE EXPLOTACIÓN
SINÚ SAN JACINTO NORTE 1 SSJN-1”**



Versión No. 1. 07.2022

CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Figura 3.2.8-8 Mapa de zonificación geotécnica del área de influencia,



Fuente: E.T.S.A., 2022