

---

**ANEXO A**  
**SUSCEPTIBILIDAD POR GEOLOGÍA**

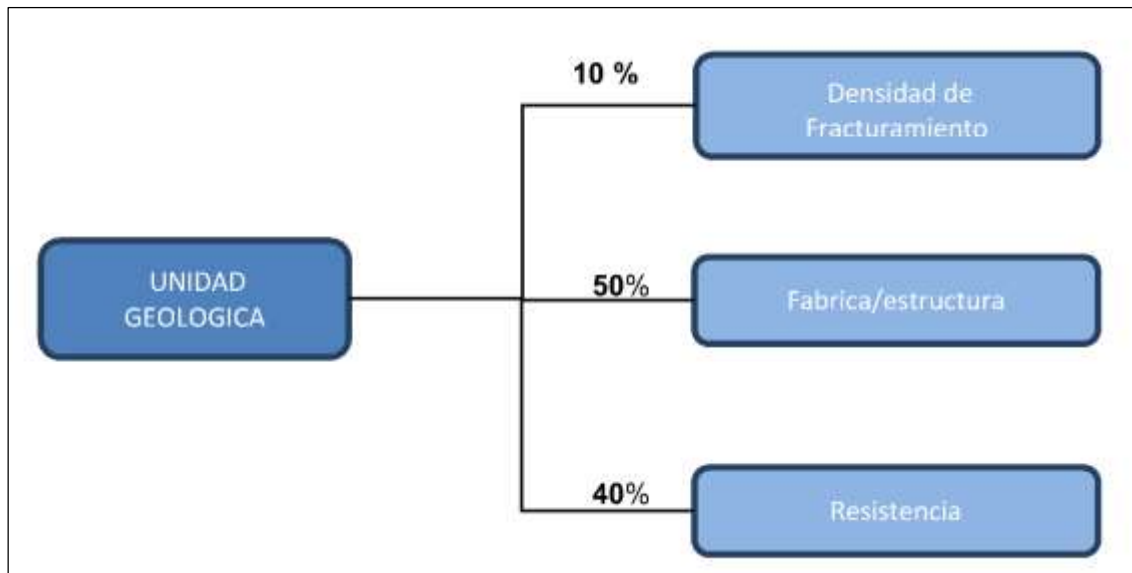
## 1. GEOLOGÍA

Para el proceso de zonificación se utilizaron las planchas geológicas escala 1:100.000 de Servicio Geológico Colombiano, las cuales en general contienen información litológica a nivel de formación y estructural convencional, que permiten la caracterización litoestratigráfica de las unidades cartografiadas a la escala del estudio. Dentro de una Formación la distribución espacial de los tipos litológicos es uniforme y generalizada y no muestran necesariamente el estado o condición física de los materiales. En ese sentido se hace necesaria la discriminación litológica (tipos de roca o sedimentos del área).

### 1.1 LITOLOGÍA

La caracterización geológica con fines de aplicación en los estudios de ingeniería debe contemplar los elementos básicos de las propiedades y características de los materiales rocosos. Para esto se recomienda describir y clasificar las rocas de acuerdo con las clasificaciones propuestas por la Comisión de Cartografía de la International Association of Engineering Geology (IAEG) en 1981. Así mismo, anotar todas las discontinuidades estructurales de los “macizos de roca dura”, es decir, aquellas fallas de origen geológico que controlan estructuralmente el comportamiento de los macizos.

Para la escala de trabajo la unidad de mapeo que corresponde es la unidad EG (Grupo de ingeniería), de las propuestas por la ENGINEERING GEOLOGICAL MAPPING IAEG en UNESCO (1976). Esta unidad se define como conjunto de formaciones con características paleogeográficas, tectónicas similares y con características litológicas comunes; se le atribuye comportamiento muy general, con aplicaciones a estudios de grandes regiones. En la ponderación de la calidad de las rocas se consideran atributos de textura/fábrica, densidad de fracturamiento y dureza (Figura 1), como atributos a calificar a partir del mapa geológico escala 1:100.000.



**Figura 1.** Diagrama de variables dentro de la temática Unidad geológica, con sus respectivos pesos. Tomada de (SGC, 2012).

### 1.1.1 Resistencia

Tomando como base las planchas escala 1:100.000 generadas por el Servicio Geológico Colombiano, se enlistan los diferentes tipos de rocas que afloran en el área de estudio y se le empiezan a asignar rangos de resistencia basados en las (Tabla 1; Tabla 3), si en este listado existen rocas que no presentan rangos de resistencia, se hace necesario hacer una revisión bibliográfica en lo que respecta a ensayos de compresión simple realizadas en rocas de la zona o si en su defecto no existe, se debe de recurrir a la bibliografía a nivel internacional, se hace énfasis que los rangos de resistencia deben de ser de rocas colombianas, porque los comportamientos de las mismas son totalmente diferentes dependiendo de su ambiente y ubicación.

Las propiedades mecánicas incluyen la resistencia a la compresión, impacto y penetración por otro cuerpo, estas propiedades que en última instancia resultan de la composición química y mineralógica de los materiales, de su textura y de su estructura, permiten caracterizar la resistencia de los materiales a los agentes de deterioro, esto último gobierna la vida útil del material. Los rangos de referencia que se adoptan son los de Hoke 1996, (Tabla 1) y se basan en información documentada y datos de resistencia a nivel nacional e internacional, en la Tabla 3 se presenta la calificación propuesta para los diferentes tipos de rocas dependiendo de su fábrica y estructura.

En la Tabla 3 se hace un resumen de las rocas más comunes con los rangos de resistencias de diferentes autores.

**Tabla 1.** Categorías de resistencia a la compresión simple de las rocas, según Hoek 1997.

Grade*	Term	Uniaxial Comp. Strength (MPa)	Point Load Index (Mpa)	Field estimate of strength	Examples
R6	Extremely strong	>250	>10	Specimen can only be chipped with a geological hammer	Fresh basalt, chert, diabase, gneiss, granite, quartzite
R5	Very strong	100-250	04-oct	Specimen requires many blows of a geological hammer to fracture it	Amphibolite, sandstone, basalt, gabbro, gneiss, granodiorite, limestone, marble, rhyolite, tuff
R4	Strong	50 - 100	02-abr	Specimen requires more than one blow of a geological hammer to fracture it	Limestone, marble, phyllite, sandstone, schist, shale
R3	Medium strong	25 - 50	01-feb	Cannot be scraped or peeled with a pocket knife, specimen can be fractured with a single blow from a geological hammer.	Claystone, coal, concrete, schist, shale, siltstone
R2	Weak	may-25	**	Can be peeled with a pocket knife with difficulty, shallow indentation made by firm blow with point of a geological hammer	Chalk, rokhsalt, potash
R1	Very weak	01-may	**	Crumbles under firm blows with point of a geological hammer, can be peeled by a pocket knife	Highly weathered or altered rock
R0	Extremely weak	0,25 - 1	**	Indented by thumbnail	Stiff fault gouge
* Grade according to Brown (1981)					
** Point load test on rocks with a uniaxial compressive strength below 25 Mpa are likely to yield high ambiguous results.					

**Tabla 2.** Propuesta de calificación de las rocas dependiendo de su fábrica y estructura. (SGC, 2012).

Grado	Termino	Propuesta de calificación
R6	Extremadamente dura	1
R5	Muy dura	1
R4	Dura	2
R3	Moderadamente dura	3
R2	Blanda	4
R1	Muy blanda	5
R0	Extremadamente blanda	5

**Tabla 3.** Resumen de resistencia al compresión simple de diferentes autores, Montero *et al* (1982), Jhonson y Degraff (1988) y Hoek 2000.

TIPO DE ROCA SANA	RELACIONES ENTRE TEXTURA, EDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE LAS ROCAS COLOMBIANAS, ADAPTADA DE MONTERO, GONZALEZ Y ÁNGEL (1982). Kg7 Cm2		COMPRESION SIMPLE EN Mpa, TOMADO DE JOHNSON Y DEGRAFF.,1988			CAMPOS DE ESTIMACION A LA COMPRESION SIMPLE SEGÚN HOEK, 2000,Mpa.	RANGOS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LAS ROCAS EN Kg/Cm2.
	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	PROMEDIO		
Cuarcita						>250	>2500
Chert						>250	>2500
Diabasa						>250	>2500
Hornfeis							3031
Andesita							1314,61-2041,3
Basalto			104,8	358,6	214,1	>250	2140-2931
Cuarzodiorita	1443	1856					1443-1856
Cuarzomonzonita							2144,15
Diorita	1225	2011					1757-2931
Gabro						100-250	1757-2931
Granofiro							2040
Granito monte sorrel							1764
Granito Eskdele							1983
Granito dalbeattie							1478
Porfido Monzonita							1272

TIPO DE ROCA SANA	RELACIONES ENTRE TEXTURA, EDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE LAS ROCAS COLOMBIANAS, ADAPTADA DE MONTERO, GONZALEZ Y ÁNGEL (1982). Kg7 Cm2		COMPRESION SIMPLE EN Mpa, TOMADO DE JOHNSON Y DEGRAFF., 1988			CAMPOS DE ESTIMACION A LA COMPRESION SIMPLE SEGÚN HOEK, 2000, Mpa.	RANGOS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LAS ROCAS EN Kg/Cm2.
	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	PROMEDIO		
Anfibolita						100-250	1000-2500
Conglomerado	1059	1456					1059-1456
Dolomita							780-2439
Granito			48,8	324	181,7	>250	977-2440
Granodiorita						100-250	1000-2500
Marmol			62	227,6	120,5	100-250	620-2270
Pizarra							851-2440
Riolita						100-250	1000-2500
Arcillolita}						50-100	500-1000
Argilita	536	820					536-820
Esquistos			8	165,6	57,8	50-100	500-1000
Filita						50-100	500-1000
Gneis	710	880	84,5	251	174,4	100-250	492-1898
Limolita	599	975	35,3	373	120,9	100-250	293-975
Toba						100-250	530-1000
Arenisca	212	1456	10	235,2	90,1	100-250	212-1456
Carbon						may-25	50-492
Carbon							52,775
Grauvaca							555
Lodolita						25-50	250-500
Shale	176	463	34,3	231	103	50-100	176-1030
Shale Arcilloso							12-73

### 1.1.2 Fábrica y/o Estructura

Según Mitchel el término “fábrica” se refiere al arreglo de partículas, grupos de partículas y espacios vacíos en un suelo. El término “estructura” es utilizado por algunos como sinónimo de fábrica, sin embargo, la estructura tiene un significado más amplio, que integra los efectos combinados de la fábrica, composición y fuerzas entre partículas. La fábrica, estudiada a nivel de microscopía óptica se conoce como “microfábrica”, mientras que los rasgos que

pueden ser identificados a simple vista o con ayuda de una lupa, tales como estratificación, fisuramiento, vacíos y no homogeneidad, se identifican como la “macrofábrica”. La fábrica tiene gran influencia en el comportamiento de los suelos y rocas, en especial en lo referente a la anisotropía que genera debido a la orientación de las partículas, la cual así mismo gobierna la anisotropía en las propiedades geomecánicas, la clasificación de las rocas según su fábrica/estructura, puede servir para establecer diferencias de las rocas en cuanto a su resistencia y direccionalidad de las propiedades mecánicas. A continuación se presenta en la Tabla 4, las características generales según el tipo de textura/fabrica y en la Tabla 5 la calificación propuesta para los diferentes tipos de rocas según su fábrica/estructura.

**Tabla 4.** Textura/Fábrica de las rocas. Tomado INGEOMINAS (2004).

<b>Textura/Fábrica</b>	<b>Características</b>
<b>Cristalina Masiva</b>	En rocas de cualquier origen (ígneo, metamórfico o sedimentario) cuyas partículas minerales están entrelazadas y con orientación aleatoria. Corresponde a las rocas más resistentes y menos deformables, salvo las rocas volcánicas cuya calidad es un poco dispersa según sean porosas o no lo sean. Ejemplos: granitos, basaltos, calizas, chert, cuarcitas y mármoles.
<b>Cristalina Foliada y Rocas de falla</b>	En rocas cuyas partículas minerales están mecánicamente entrelazadas, con una orientación preferencial a lo largo de la cual las rocas son menos resistentes. Su calidad se dispersa como consecuencia de su fábrica orientada, es decir, por los planos de esquistosidad y foliación. Ejemplos: Pizarras, filitas, esquistos, milonitas.
<b>Cristalinas Bandeadas</b>	En rocas cuyas partículas minerales están mecánicamente entrelazadas, conformando bandas composicionales con alguna influencia direccional. Ejemplo: Neis.
<b>Clásticas Cementadas</b>	En rocas con partículas cementadas, con resistencia y deformación variable, dependiendo de la calidad del material cementante, la relación matriz-clastos y el grado de empaquetamiento general que posea. Ejemplos: areniscas, conglomerados.

**Tabla 5.** Calificación propuesta tipo de fábrica. Tomado INGEOMINAS (2009).

Fabrica/Estructura	
Atributo	Propuesta de Calificación
N/A	0
Cristalina Masiva	1
Cristalinas Bandeadas	2
Clásticas Cementadas	3
Clásticas Consolidadas	4
Cristalina Foliada y Rocas de falla	5

Para realizar el análisis de las propiedades geológicas de la Plancha 110 Pamplona es necesario realizar un compendio de las unidades Litoestratigráficas descritas en la reseña explicativa del mapa geológico Plancha 110 Pamplona a escala 1: 100.000 (INGEOMINAS, 1970), de aquí se extraen la características litológicas para el análisis de las propiedades de Textura y Resistencia, cabe aclarar que las unidades superficiales se dividen en dos atributos independientes como son la Roca y los Depósitos , cada uno de ellos se evalúan por independiente para el cálculo de la variable de susceptibilidad de la geología.

En la Plancha 110 Pamplona se exponen rocas que son agrupadas en veinte y siete unidades litológicas de edad precámbrica a cuaternaria. Se compone de rocas como neises félsicos, e intrusivos sintectónicos, anfíbolitas y esquistos pelíticos del Precámbrico; sedimentitas pelíticas, samíticas y calcáreas metamorfoseadas a facies esquisto verde-anfíbolita, del paleozoico. Rocas magmáticas ácidas a intermedias jurásicas y rocas sedimentarias como areniscas (conglomeráticas, guijosas y glauconítica), calizas masivas fosilíferas, shales negros, arcillolitas y depósitos de aluvión, coluvión y glaciáricos, del Cenozoico (Figura 2).

Estructuralmente la zona está controlada por fallas, como son las Fallas Chitagá, Suratá, Charta, Pamplona, Mutiscua, Río Negro, Bábea y Angosturas, algunas de estas sirven de contacto a las rocas metamórficas de baja presión y las rocas de media-alta presión. Las estructuras como plegamientos anticlinales y sinclinales, son estrechos, de dirección norte-noreste principalmente.

## 1.2 UNIDADES LITOLÓGICAS

Las principales unidades litológicas presentes dentro de la Plancha 110 Pamplona, se encuentran detalladas a continuación:



### 1.1.3 Neis de Bucaramanga (Pcab-PCabh)

En general es una secuencia estratificada de rocas metasedimentarias de alto grado de metamorfismo. Consiste en mata-pelitas, semi-pelitas y meta-areniscas intercaladas con capas delgadas locales de rocas calcosilicatadas y mármol. El neis hornbléndico y la anfibolita están subordinados y restringidos a zonas cercanas a los horizontes calcosilicatados. Este incluye también zonas con dos tipos de migmatita. La primera (PCab) consiste en paraneis y pocos esquistos, presencia de metamorfismo de alto grado y localmente con masas pequeñas de ortoneis. Y la segunda (PCabh) consiste en PCab con neis biotítico-hornbléndico y numerosas masas pequeñas de ortoneis. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta unidad está constituida principalmente por Neis en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 2 en cuanto a textura como cristalina bandeada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría extremadamente dura con calificación de 1.

Esta unidad se encuentra ubicada al noroccidente y suroriente de la plancha, caracterizada por representar el 16,46% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación del material existente, con profundidades entre >25 a 150 cm, asociados a climas templados a extremadamente fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento que predomina se encuentra entre muy baja a baja, mucha de estos rasgos son producto de la actividad de fallas locales y regionales como Chitagá y Cucutilla.

### 1.1.4 Formación Silgará (PDs-PDsm)

Secuencia de rocas clásticas metamorfoseadas, de grado metamórfico medio a alto, delgadas y cíclicamente estratificada, se compone de pizarra, esquisto micáceo, esquisto cuarzo moscovítico con granate, cuarcita, filita, meta-limolita, meta-arenisca impura, meta-waca y meta-waca guijarrosa con menos cantidades de pizarra y filita calcárea. El (PDs) se compone de filita, esquisto y cuarcita y el (PDsm) equivale a mármol. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Esquisto en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 5 en cuanto a textura como cristalina foliada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 3.

Esta unidad se encuentra ubicada principalmente hacia el centro de la plancha, caracterizada por representar el 18,77% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación del material que compone a esta formación, con profundidades entre >25 a 150 cm, asociados a climas

templados a extremadamente fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento que predomina es baja, producto de la actividad de fallas locales y regionales como Chitagá, Morro Negro, Mutiscua, Bábega, Socotá y Angosturas. En algunos sectores se observa altamente meteorizada y degrada, debido a los procesos denudativos presentes.

#### **1.1.5 Ortoneis (PDo-PDod)**

Presenta una composición cuarzo feldespática, no estratificadas, de estructura néisica marcada, con presencia de lineación (foliación) y de inclusiones innatas. Las rocas van desde granito a tonalita y diorita, pero con predominancia de Cuarzomonzonita y la granodiorita. Con una distribución bimodal débil de la abundancia de plagioclasa, feldespato de potasio y moscovita. EL (Pdo) se compone de neis cuarzo monzonítico y granodiorítico. Y el (PDod) es neis tonalítico y diorítico. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta unidad está constituida principalmente por Neis en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 2 en cuanto a textura como cristalina bandeada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría extremadamente dura con calificación de 1.

Esta unidad se encuentra ubicada principalmente al suroeste de la plancha, caracterizada por representar el 16,74% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a 150 cm, asociados a climas templados a extremadamente fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento que predomina se encuentra entre muy baja a baja, mucha de estos rasgos son producto de la actividad de fallas locales y regionales como Angosturas. Esta unidad en campo se encuentra moderadamente meteorizada y con varios procesos de inestabilidad del terreno.

#### **1.1.6 Formación Floresta (Df-Dfm)**

La formación Floresta ligeramente metamorfoseada cubre la formación Silgará, se observa un grado muy bajo de metamorfismo y aumenta hasta un grado más alto, que se conserva dentro de las facies del esquisto verde. Se compone de filitas pizarrosas grafíticas de color oscuro, asociadas con mármol; pizarras negras filíticas y grafíticas con intercalaciones menores de meta-areniscas. (Df) corresponde a limolita y lutita de color gris amarillento, filíticas; areniscas de grano fino. Y el (Dfm) contiene Mármol. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Filitas en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 5 en cuanto a textura como cristalina foliada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicada al centro de la plancha de sur a norte, caracterizada por representar el 16,74% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre 50 a 150 cm, asociados a climas templados a muy fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento que predomina se encuentra entre baja a alta, mucha de estos rasgos son producto de la actividad de fallas locales y regionales como Mutiscua.

#### **1.1.7 Granito de Durania (dg)**

Granito blanco moscovítico que forma plutones pequeños e intrusiones, equigranular, de grano medio a grueso y ligeramente néisico, con un grado de meteorización alto. Constituido principalmente por cuarzo, microclina, plagioclasa (albita y oligoclasa sódica) y minerales accesorios como granate, turmalina, óxidos de hierro y zircón. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Granito en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 1 en cuanto a textura como cristalina masiva y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría extremadamente dura con calificación de 1.

Esta unidad se encuentra ubicada al oriente, caracterizada por representar el 3,34% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre 50 a 150 cm, asociados a climas fríos a muy fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento que predomina es nula a muy baja. En campo se observa altamente meteorizada y disgregada. Por acción de factores externos denudativos.

#### **1.1.8 Formación Diamante (PCd)**

Compuesta por areniscas de grano fino a medio, color purpura oscuro a gris purpura oscuro de dureza variable e intercalaciones de arcillolita. Algunas areniscas son feldespáticas, micáceas y conglomeráticas. En la parte media tiene shale gris oscuro con intercalaciones de caliza y arcillolitas gris verdoso. Presencia de caliza cristalina de grano fino a medio, ligeramente arcillosa, de color gris oscuro en la parte superior. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Caliza en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 1 en cuanto a textura como cristalina masiva y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicada al centro de la plancha de sur a norte, caracterizada por representar el 0,45% de las unidades presentes. Con suelos

residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a 150 cm, asociados a climas templados a extremadamente fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento que predomina se encuentra entre baja a alta, mucha de estos rasgos son producto de la actividad de fallas regionales como Mutiscua.

#### **1.1.9 Formación Bocas (TRb- TRt- TRtgd)**

Se compone en general por limolita oscura, gris verdosa a marrón rojiza, ligeramente calcárea, shale gris oscuro y gris, calcáreo a no calcáreo y arcillolita gris oscura, calcárea, ligeramente micácea. La (TRb) compuesta de calizas y areniscas de color gris a gris parduzco hacia su base, además de limolita oscura, el shale y la arcillolitas son pocos resistentes a la meteorización. El (TRt) por Tonalita y la (TRtgd) por Tonalita y Granodiorita. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Lodolitas en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 4 en cuanto a textura como clásica consolidada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría moderada con calificación de 3.

Esta unidad se encuentra ubicada al occidente a nororiente de la plancha, caracterizada por representar el 4,91% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a 150 cm, asociados a climas templados a muy fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento que predomina se encuentra entre nula a baja, aunque hacia nororiente es muy alta, mucha de estos rasgos son producto de la actividad de fallas locales.

#### **1.1.10 Granito de Pescadero (JRgp-JRcs-JRcl-JRcg-JRcgp)**

Es un granito leucocrático rosado naranja, de grano fino a muy fino, equigranular a ligeramente porfirítico con fenocristales de feldespato potásico. Presenta minerales de albita, ortoclasa, micropertita y cuarzo. Y accesorios como óxidos de hierro, moscovita, biotita, zircón y apatito. Presenta cierta variación:

JRgp: Granito rosado y alaskita de grano fino a medio.

JRcs: Cuarzo Monzonita Santa Bárbara; biotítica, rosada, de grano grueso.

JRcl: Cuarzo Monzonita La Corcova; biotítica, gris de grano fino.

JRcg: Cuarzo monzonita y granito, biotítica y moscovítica, gris claro a rosado pálido, de grano medio.

JRcgp: Cuarzo Monzonita, aplita y pórfido. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Granito y Cuarzo Monzonita en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 1 en cuanto a textura como cristalina masiva y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría extremadamente dura con calificación de 1.

Esta unidad se encuentra ubicada al occidente de la plancha, caracterizada por representar el 7,23% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a 150 cm, asociados a climas templados a extremadamente fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento que se encuentra entre nula a intermedia, mucha de estos rasgos son producto de la actividad de fallas locales.

#### **1.1.11 Formación Girón (Jg)**

Conjunto grueso de areniscas conglomeráticas, areniscas feldespáticas a arcósicas, conglomerados de color gris amarillento a pardo rojizo, masivos y lenticulares; limolitas color marrón rojizo. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Conglomerados en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 3 en cuanto a textura como clástica cementada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría muy dura con calificación de 1.

Esta unidad se encuentra ubicado occidente y oriente de la plancha, caracterizada por representar el 2,76% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a 150 cm, asociados a climas templados a muy fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre baja a muy alta, aunque hacia nororiente es muy alta, mucha de estos rasgos son producto de la actividad de fallas locales.

#### **1.1.12 Formación Tambor (Kita)**

Comprende areniscas conglomeráticas cerca de la base, guijos de limolita y cuarzo. Su parte inferior se caracteriza por presentar limolita y arenisca parda roja; hacia la parte superior areniscas cuarzosa, clara, con capas conglomeráticas. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Arenisca en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 3 en cuanto a textura como clástica cementada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría muy dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicada al occidente de la plancha, caracterizada por representar el 3,48% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a >150 cm, asociados a climas templados a fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre intermedia a muy alta, producto fallamiento local.

#### **1.1.13 Formación Rosa Blanca (Kir)**

Compuesta por caliza masiva, dura gris azulosa, fosilífera, de textura gruesa, con muchas capas margosas, que pasan a caliza de textura muy fina, negra y arcillosa hacia el tope. De un espesor aproximado de 425m. Presencia de shale negro, fisil, ligeramente micáceo, calcáreo, limoso cerca de la base y fosilífero. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Caliza en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 1 en cuanto a textura como cristalina masiva y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicado occidente de la plancha, caracterizada por representar el 0,98% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a >150 cm, asociados a climas templados a fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre intermedia a muy alta, son producto de la actividad de fallas muy locales.

#### **1.1.14 Formación Tibú y Mercedes (Kitm)**

En la base Tibú tiene areniscas guijosas de grano grueso, encima encontramos caliza fosilífera, densa y gris con unas pocas capas de shale y areniscas de grano fino. Mercedes consiste de intercalaciones de caliza, shale y arenisca. El shale es gris oscuro a negro, micáceo y carbonáceos. Las areniscas son grises de grano fino a medio, comúnmente glauconíticas y algunas muy calcáreas. La caliza y shale predominan en el tope. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Shale en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 4 en cuanto a textura como clástica consolidada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicado oriente de la plancha, de sur a norte, caracterizada por representar el 3,97% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a 150 cm, asociados a climas templados a fríos, secos

y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre bajo a intermedio, son producto de la actividad de fallas locales y regionales como la de Mutiscua y Chitagá.

#### **1.1.15 Formación Paja (Kip)**

Constituida por shales negros micáceos, limosos, ligeramente calcáreos y delgadamente laminados. En la parte inferior se observan concreciones de caliza, nódulos septáreos y venas de calcita. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Shale en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 4 en cuanto a textura como clástica consolidada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicado occidente de la plancha, caracterizada por representar el 0,26% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >50 a >150 cm, asociados a climas fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre bajo a muy alta, con predominancia de la primera; son producto de la actividad de fallamiento local.

#### **1.1.16 Formación Aguardiente (Kia)**

Consiste en arenisca blanca amarillenta a gris amarillenta, clara, dura, de grano fino a medio, feldespática, micácea, conglomerática y con estratificación cruzada. Se observa shale carbonáceo, micáceo y negro, fisil, en capas delgadas de espesores aproximados de 70 cm. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Arenisca en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 3 en cuanto a textura como clástica cementada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicado occidente de la plancha, caracterizada por representar el 4,51% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a <150 cm, asociados a climas fríos a extremadamente fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre bajo a muy alta, con predominancia de la primera; son producto de la actividad de fallas locales y regionales como la de Chitagá y Morro Negro.

### 1.1.17 Formación Tablazo (Kit)

Consiste en calizas de estratificación gruesa, gris, arenosa a arcillosa, extremadamente fosilífera en la parte superior y margas o calizas arcillosas en la parte inferior, presencia de arenisca de grano fino y shale gris oscuro. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Caliza en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 1 en cuanto a textura como cristalina masiva y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicado occidente de la plancha, caracterizada por representar el 0,75% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >50 a >150 cm, asociados a climas fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre intermedio a muy alta, con predominancia de la primera; son producto de la actividad de fallas locales y regionales como la Cristalina y Charta.

### 1.1.18 Formación Simití (Kis)

Consiste en shale blando, laminado, carbonáceo, de gris a negro, localmente calcáreo y concrecional. Estas concreciones tienen un tamaño de 3m y abundan hacia la parte superior de la formación. Cerca al tope se observan delgadas bandas conglomeráticas con guijos pequeños, nódulos fosfáticos, caliza gris arenosa a arcillosa, fosilífera y arenisca de grano fino. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Shale en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 4 en cuanto a textura como clástica consolidada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicado occidente de la plancha, caracterizada por representar el 0,74% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >50 a >150 cm, asociados a climas fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre intermedio a muy alta, con predominancia de alta; son producto de la actividad de fallas regionales como la Cristalina, Charta y Suratá.



### 1.1.19 Formación Capacho (Kic)

Se observan tres divisiones: el miembro Guayacán constituido por calizas gris marrón, fosilífero, en capas masivas con intercalaciones de shale gris oscuro a negro, no calcáreo, parcialmente limoso y micáceo. El miembro Medio con shale gris oscuro a negro no calcáreo, con pocas capas de limolitas y caliza gris arcillosa, fosilífera. Y el Miembro Inferior compuesto por shale negro de estratificación delgada muy calcáreo, bituminoso, con foraminíferos y caliza gris oscura. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Shale en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 4 en cuanto a textura como clástica consolidada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 3.

Esta unidad se encuentra ubicada oriente de la plancha, caracterizada por representar el 2,93% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a <150 cm, asociados a climas fríos a muy fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre intermedio a muy alta, con predominancia de alta; son producto de la actividad de fallas regionales como la de Chitagá y Morro Negro.

### 1.1.20 Formación La Luna (Ksl)

Contiene caliza carbonácea y bituminosa, gris oscura a negra, dura, en capas horizontales uniformes, cherts negros con intercalaciones de shale negro hacia la base. Areniscas calcárea gris oscura, de grano fino, dura. Presencia nódulos de chert y concreciones discoidales de caliza negra, dura. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Caliza en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 1 en cuanto a textura como cristalina masiva y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicada oriente y occidente de la plancha, caracterizada por representar el 1,53% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a 150 cm, asociados a climas fríos a muy fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre intermedio a muy alta, con predominancia de alta; son producto de la actividad de fallas locales y regionales como la de Chitagá, Suratá, la Cristalina y Morro Negro.

### 1.1.21 Formación Colón y Mito Juan (Kscm)

Consiste en shale gris oscuro a negro, duro, localmente pirítico, conchoide e irregularmente fracturado. Con shales limosos a arenosos que aumentan hacia arriba a limolita y arenisca de grano muy fino. Presencia de lentes delgadas y pequeñas masas nodulares de arcilla “ironstone” marrón son comunes. Pocas capas delgadas de caliza gris, ferruginosa, glauconítica, dura y densa hacia la parte superior. Alto contenido fósil (foraminíferos). (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Esquisto en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 4 en cuanto a textura como clástica consolidada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicado oriente de la plancha, caracterizada por representar el 1,99% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a <150 cm, asociados a climas fríos a muy fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre intermedio a muy alta, con predominancia de alta; son producto de la actividad de fallas como la de Chitagá y Bábega.

### 1.1.22 Formación Umir (Ksu)

Hacia la parte inferior se observan shales gris azulosos a negros, con laminaciones carbonáceas y micáceas. En la parte superior contiene shale blando, gris oscuro a gris verdoso, con unas capas de arenisca dura de grano fino y delgadas mantos de carbón. Además se encuentran capas delgadas y pequeñas concreciones de arcilla marrón, con “ironstones”. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Shale en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 4 en cuanto a textura como clástica consolidada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicado occidente de la plancha, caracterizada por representar el 0,67% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre 50 a >150 cm, asociados a climas templado a fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre intermedio a muy alta, con predominancia de alta; son producto de la actividad de fallas regionales como la de Suratá.

### 1.1.23 Formación Barco (Tpb)

Compuesta principalmente por arenisca, shale y arcillolita intercalados. La arenisca es principalmente gris, arcillosa, de grano fino a medio, muy calibrada con estratificación cruzada, localmente con abundantes láminas, micáceas, carbonáceas y láminas de shale. Los shales y arcillolitas intercalados son grises a gris oscuros, parcialmente limosos, micáceos y carbonáceos. Presencia de lentes delgados y pequeños nódulos de arcilla “ironstone” marrón son comunes y unos mantos de carbón. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Arenisca en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 3 en cuanto a textura como clástica cementada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría muy dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicado oriente y nororiente de la plancha, caracterizada por representar el 0,43% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a 150 cm, asociados a climas fríos a muy fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre intermedio a muy alta, con predominancia de alta; son producto de la actividad de fallas como la de Chitagá.

### 1.1.24 Formación Los Cuervos (Tpic)

Principalmente arcillolita, siderítica, limosa, gris y gris verdosa y shale con escasas capas de arenisca. Hacia la parte inferior contienen shale gris oscuro carbonáceo y arcillolita intercalada con limolita micácea, carbonácea, arenisca de grano fino y carbón. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Shale en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 4 en cuanto a textura como clástica consolidada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicado oriente y nororiente de la plancha, caracterizada por representar el 0,70% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidades entre >25 a 150 cm, asociados a climas fríos a muy fríos, secos y húmedos. La densidad de fracturamiento se encuentra entre alta a muy alta, con predominancia de muy alta; son producto de la actividad de como la de Chitagá.

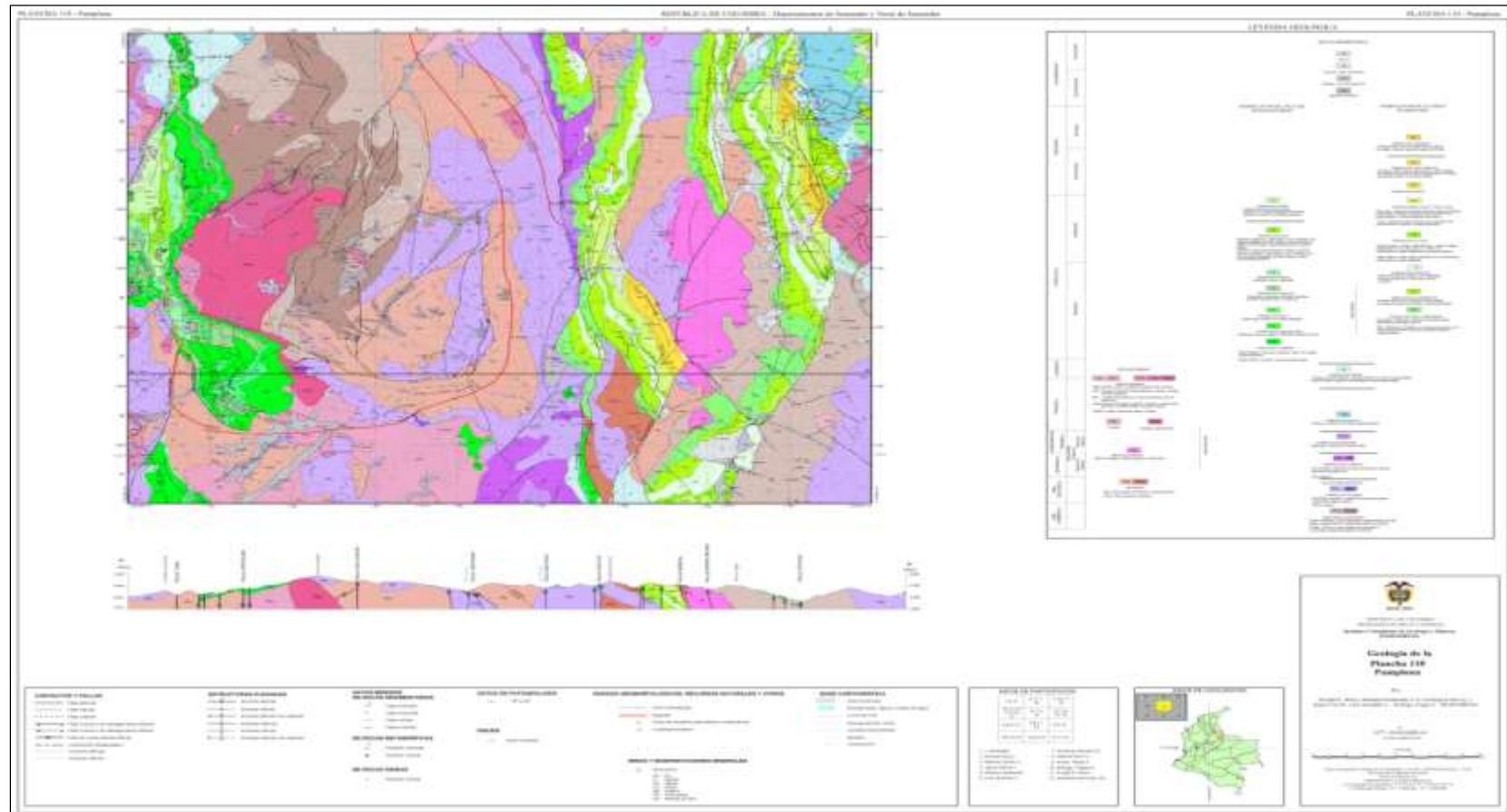
### 1.1.25 Formación Mirador (Tam)

Arenisca de grano fino a grueso, color claro, limpia, masiva, con capas conglomeráticas que contienen guijos de cuarzo. Hacia la parte inferior la arenisca es menos limpia y estratificación más delgada. La estratificación cruzada y las marcas de oleaje son comunes. Las intercalaciones gris púrpuras de shale y limolita, son pocas y delgadas. (Ward *et al.*, 1973).

Se considera que esta formación está constituida principalmente por Arenisca en la región de estudio. En base a esto se ha calificado con 3 en cuanto a textura como clástica cementada y en términos de resistencia se incluye dentro de la categoría muy dura con calificación de 2.

Esta unidad se encuentra ubicado suroriente de la plancha, caracterizada por representar el 0,70% de las unidades presentes. Con suelos residuales, producto de la degradación y meteorización de la litología, con profundidad de 150 cm, asociados a clima frío seco. La densidad de fracturamiento es alta.

A continuación se describe la (Tabla 6) de calificación de unidades de roca en contraste a sus atributos de Textura y Resistencia, también se incluye el mapa de calificación de unidades de roca en su atributo de resistencia (Figura 3) y el mapa de calificación de unidades de roca en su atributo de textura (Figura 4).



**Figura 2.** Mapa geológico de la Plancha 110-Pamplona donde se observan los aspectos litológicos y los rasgos estructurales presentes, se incluye un corte A-A'.

**Tabla 6.** Tabla de calificación de unidades de roca para el atributo de textura y resistencia de la Plancha 110-Pamplona.

PERIODO	EPOCA	FORMACION		DESCRIPCION	ASOCIACIÓN METODOLÓGICA	CALIFICACION							
		NOMBRE	SIMBOLO			DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO (10%)	FABRICA-ESTRUCTURA (50%)		RESISTENCIA (40%)				
							TEXTURA/FABRICA	PROPUESTA CALIFICACION	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – HOEK 1996 (Mpa)	GRADO	TÉRMINO	RANGOS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LAS ROCAS (Kg/cm2)	CALIFICACIÓN RESISTENCIA
TERCIARIO	EOCENO	Formación Mirador	Tam	Arenisca de grano fino a grueso, color claro, limpia, masiva, con capas conglomeráticas que contienen guijos de cuarzo. Hacia la parte inferior la arenisca es menos limpia y estratificación más delgada. La estratificación cruzada y las marcas de oleaje son comunes. Las intercalaciones gris púrpuras de shale y limolita, son pocas y delgadas.	Arenisca		Clásticas Cementadas	3	100-250	R5	Muy Dura	212-1456	2
	PALEOCENO	Formación Los Cuervos	Tpic	Principalmente arcillolita y shale con escasas capas de arenisca. Hacia la parte inferior contienen shale gris oscuro carbonáceo y arcillolita intercalada con limolita micácea, carbonácea y carbón.	Shale		Clásticas Consolidadas	4	25-50	R4	Dura	176-1030	2
		Formación Barco	Tpb	Compuesta principalmente por arenisca, shale y arcillolita intercalados. La arenisca es principalmente gris, arcillosa, de grano fino a medio, muy calibrada con estratificación cruzada. Los shales y arcillolitas intercalados son grises a gris oscuros, parcialmente limosos, micáceos y carbonáceos.	Arenisca		Clásticas Cementadas	3	100-250	R5	Muy Dura	212-1456	2
CRETÁCICO	SUPERIOR	Formación Umir	Ksu	Hacia la parte inferior se observan shales gris azulosos a negros, con laminaciones carbonáceas y micáceas. En la parte superior contiene shale blando, gris oscuro a gris verdoso, con unas capas de arenisca dura de grano fino y delgados mantos de carbón.	Shale		Clásticas Consolidadas	4	50-100	R4	Dura	176-1030	2

PERIODO	EPOCA	FORMACION		DESCRIPCION	ASOCIACIÓN METODOLÓGICA	CALIFICACION							
		NOMBRE	SIMBOLO			DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO (10%)	FABRICA-ESTRUCTURA (50%)		RESISTENCIA (40%)				
							TEXTURA/FABRICA	PROPUESTA CALIFICACION	RESISTENCIA A LA COMPRESION - HOEK 1996 (Mpa)	GRADO	TÉRMINO	RANGOS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LAS ROCAS (Kg/cm2)	CALIFICACIÓN RESISTENCIA
INFERIOR		Formaciones Colón y Mito Juan	Kscm	Consiste en shale gris oscuro a negro, duro, localmente pirítico, concoide e irregular fracturado. Pocas capas delgadas de caliza gris, dura y densa hacia la parte superior. Alto contenido fósil (foraminíferos).	Shale		Clásticas Consolidadas	4	50-100	R4	Dura	176-1030	3
		Formación La Luna	Ksl	Contiene caliza carbonácea y bituminosa, gris oscura a negra, dura, en capas horizontales uniformes, con intercalaciones de shale calcáreo negro. Areniscas calcárea gris oscura, de grano fino, dura.	Caliza		Cristalina Masiva	1	50-100	R4	Dura	780-2439	2
	Formación Capacho	Kic	Se observan tres divisiones el miembro Guayacán constituido por calizas gris marrón, fosilífera, en capas masivas con intercalaciones de shale gris oscuro a negro. El miembro Medio contiene shale gris oscuro a negro con pocas capas de limolitas y el Miembro Inferior shale negro de estratificación delgada muy calcáreo.	Shale		Clásticas Consolidadas	4	50-100	R4	Dura	176-1030	3	
	Formación Simití	Kis	Consiste en shale blando, laminado, carbonáceo, gris a negro, localmente calcáreo y concrecional. Estas concreciones tienen un tamaño de 3m. Delgadas bandas conglomeráticas con guijos pequeños, caliza gris, arenosa a arcillosa, fosilífera y arenisca de grano fino.	Shale		Clásticas Consolidadas	4	50-100	R4	Dura	176-1030	2	
	Formación Tablazo	Kit	Se observa calizas de estratificación gruesa, gris, arenosa a arcillosa, extremadamente fosilífera en la parte superior y margas o calizas arcillosas en la parte inferior, presencia de arenisca de grano fino y lutita gris.	Caliza		Cristalina Masiva	1	50-100	R4	Dura	780-2439	2	

PERIODO	FORMACION		DESCRIPCION	ASOCIACIÓN METODOLÓGICA	CALIFICACION								
	EPOCA	NOMBRE			SIMBOLO	DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO (10%)	FABRICA-ESTRUCTURA (50%)		RESISTENCIA (40%)				
							TEXTURA/FABRICA	PROPUESTA CALIFICACION	RESISTENCIA A LA COMPRESION - HOEK 1996 (Mpa)	GRADO	TÉRMINO	RANGOS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LAS ROCAS (Kg/cm2)	CALIFICACIÓN RESISTENCIA
	Formación Aguardiente	Kia	Consiste en arenisca glauconítica y calcárea de grano grueso, gris o verde claro, extremadamente dura y estratificación cruzada. Se observa shale carbonáceo, micáceo y negro, se encuentran en capas delgadas y de caliza en la parte inferior.	Arenisca		Clásticas Cementadas	3	50-100	R4	Dura	780-2439	2	
	Formación Paja	Kip	Constituida por shales negros micáceos, limosos, ligeramente calcáreos y delgadamente laminados. En la parte inferior se observan concreciones de caliza y nódulos septáreos y venas de calcita	Shale		Clásticas Consolidadas	4	50-100	R4	Dura	176-1030	2	
	Formación Tibú y Mercedes	Kitm	En la base Tibú tiene areniscas guijosas de grano grueso, encima encontramos caliza fosilífera, densa y gris con unas pocas capas de shale y areniscas de grano fino. Mercedes consiste de intercalaciones de caliza, shale y arenisca. El shale es gris oscuro a negro, micáceo y carbonáceos. Las areniscas son grises de grano fino a medio, comúnmente glauconíticas y algunas muy calcáreas.	Shale		Clásticas Consolidadas	4	50-100	R4	Dura	176-1030	2	
	Formación Río Negro	Kirn	Compuesta por areniscas de grano fino a grueso, gris claras a gris verdosas en la parte inferior. Hacia la parte media alternancia de areniscas cuarzosas, rojizas y verdosas de grano fino. Areniscas cuarzosas gris verdosas de grano medio a grueso con intercalaciones de conglomerados grises y nódulos de caliza esporádicamente piritosos	Areniscas		Clástica Cementadas	3	100-250	R5	Muy Dura	212-1456	2	

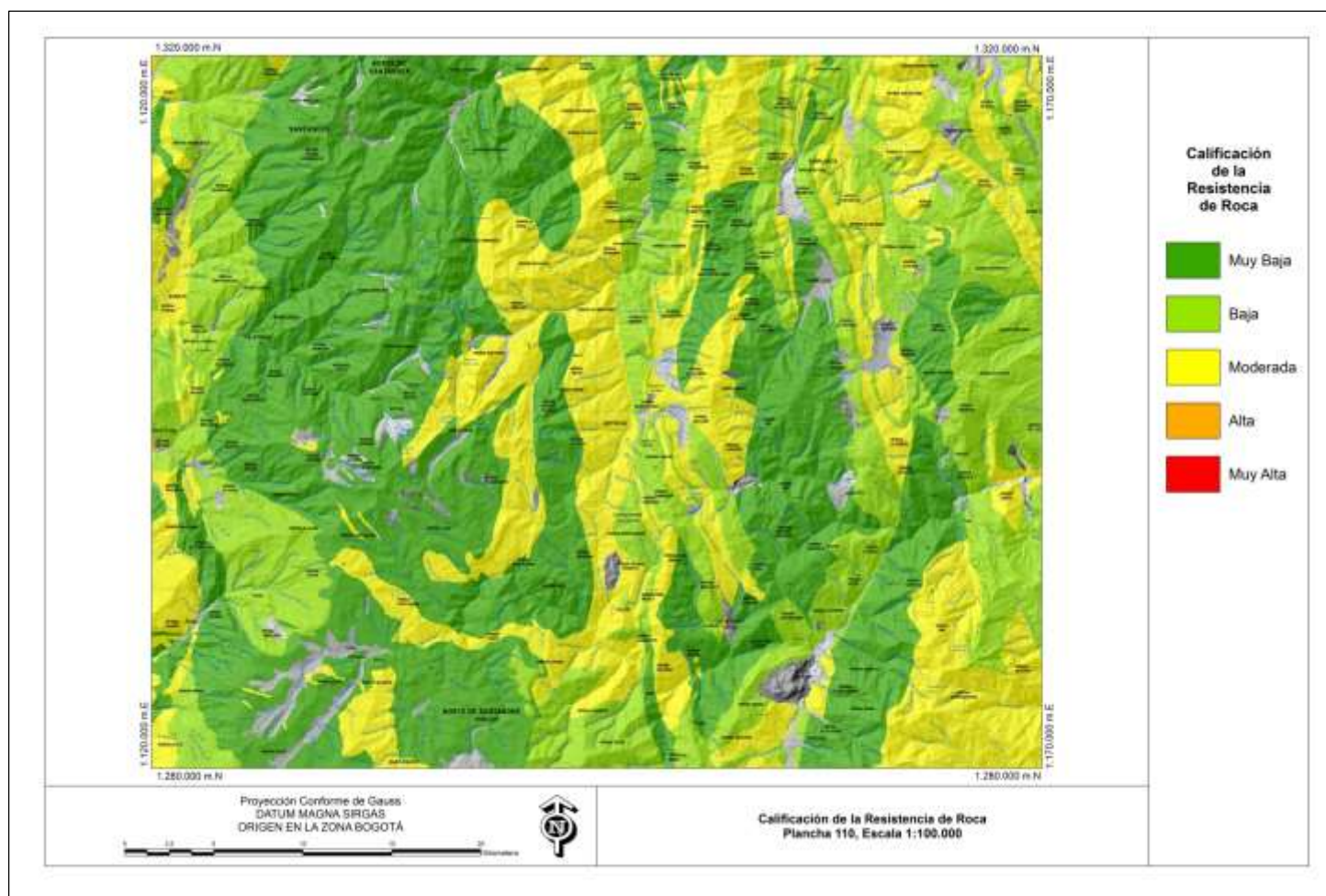


PERIODO	FORMACION		DESCRIPCION	ASOCIACIÓN METODOLÓGICA	CALIFICACION								
	EPOCA	NOMBRE			SIMBOLO	DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO (10%)	FABRICA-ESTRUCTURA (50%)		RESISTENCIA (40%)				
							TEXTURA/FABRICA	PROPUESTA CALIFICACION	RESISTENCIA A LA COMPRESION - HOEK 1996 (Mpa)	GRADO	TÉRMINO	RANGOS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LAS ROCAS (Kg/cm2)	CALIFICACIÓN RESISTENCIA
	Formación Rosa Blanca	Kir	Compuesta por caliza masiva, dura gris azulosa, fosilífera, de textura gruesa, con muchas capas margosas, que pasan a caliza de textura muy fina, negra y arcillosa hacia el tope. De un espesor aproximado de 425m.	Caliza		Cristalina Masiva	1	50-100	R4	Dura	780-2439	2	
	Formación Tambor	Kita	Comprende areniscas conglomeráticas cerca de la base, guijos de limolita y cuarzo. Su parte inferior se caracteriza por presentar limolita y arenisca parda roja; hacia la parte superior areniscas cuarzosa, clara, con capas conglomeráticas.	Areniscas		Clásticas Cementadas	3	100-250	R5	Muy Dura	212-1456	2	
JURÁSICO	Formación Girón	Jg	Conjunto grueso de areniscas conglomeráticas, conglomerados, de color gris amarillento a pardo rojizo, masivos y lenticulares; limolitas color marrón rojizo.	Conglomerados		Clásticas Cementadas	3	100-250	R5	Muy Dura	1059-1456	1	
	Granito Pescadero	JRgp	Granito rosado y alaskita de grano fino a medio.	Granito		Cristalina Masiva	1	>250	R6	Extremadamente Dura	977-2440	1	
		JRcs	Cuarzo Monzonita Santa Bárbara; biotítica, rosada, de grano grueso.	Cuarzo Monzonita		Cristalina Masiva	1		R6	Extremadamente Dura	2144,15	1	

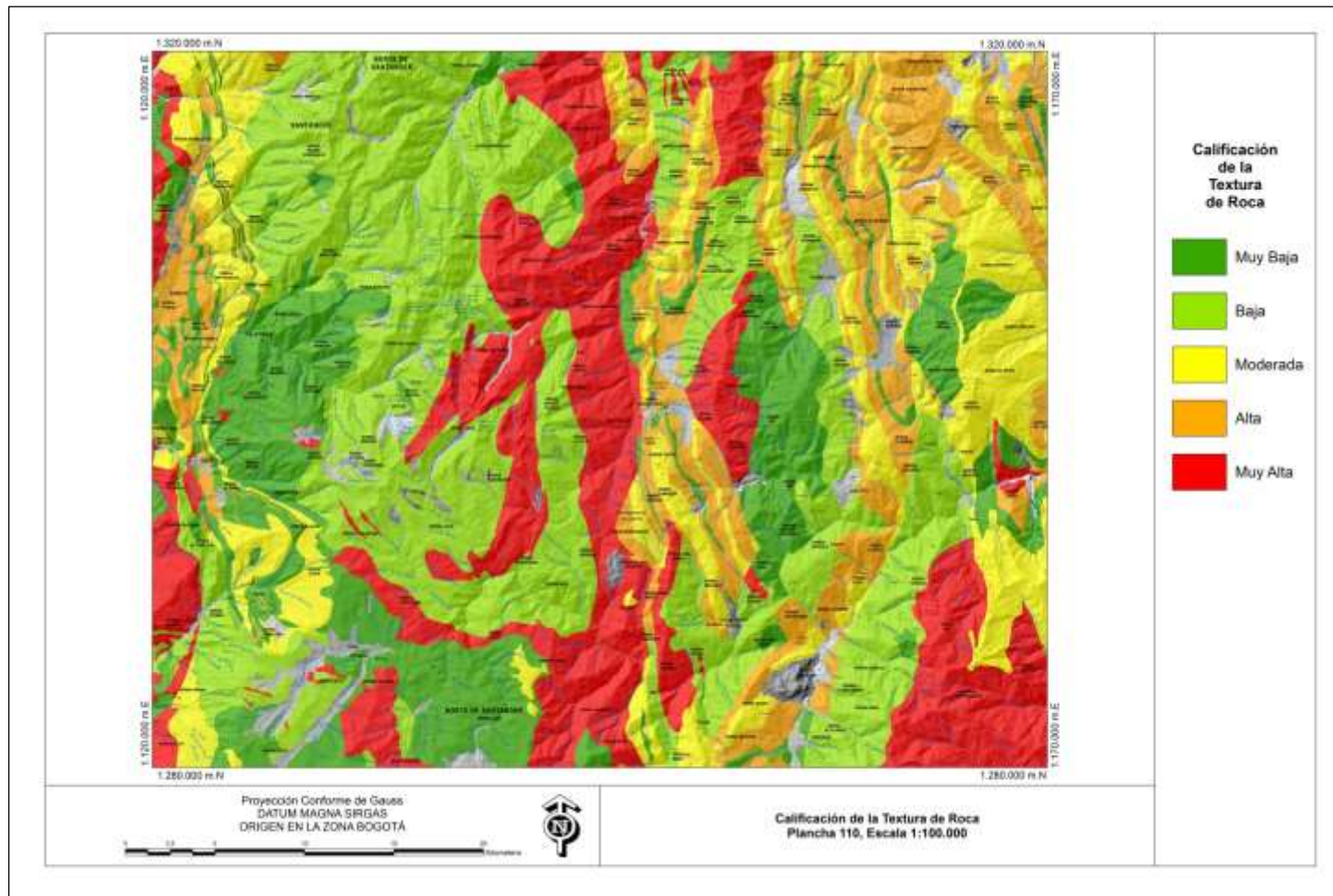
PERIODO	EPOCA	FORMACION		DESCRIPCION	ASOCIACIÓN METODOLÓGICA	CALIFICACION							
		NOMBRE	SIMBOLO			DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO (10%)	FABRICA- ESTRUCTUR A (50%)		RESISTENCIA (40%)				
							TEXTURA/FABR ICA	PROPUESTA CALIFICACION	RESISTENCIA A LA COMPRESION - HOEK 1996 (Mpa)	GRADO	TÉRMINO	RANGOS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LAS ROCAS (Kg/cm <sup>2</sup> )	CALIFICACIÓN RESISTENCIA
			JRcl	Cuarzo Monzonita La Corcova; biotítica, gris de grano fino.	Cuarzo Monzonita		Cristalina Masiva	1		R6	Extremadamente Dura	2144,15	1
			JRcg	Cuarzo monzonita y granito, biotítica y moscovítico, gris claro a rosado pálido, de grano medio.	Granito		Cristalina Masiva	1	>250	R6	Extremadamente Dura	977-2440	1
			JRcgp	Cuarzo Monzonita, aplita y pórfido.	Cuarzo Monzonita		Cristalina Masiva	1		R6	Extremadamente Dura	2144,15	1
TRIÁSICO		Formación Bocas	TRb	Compuesta de calizas y areniscas de color gris a gris parduzco hacia su base, además de limolita oscura, el shale y la arcillolitas son pocos resistentes a la meteorización.	Lodolitas		Clásticas Consolidadas	4	25-50	R3	Moderadamente Dura	250-500	3
		Tonalita	TRt	Compuesta de Tonalita.	Granodiorita		Cristalina Masiva	1	100-250	R5	Muy Dura	1000-2500	1

PERIODO	FORMACION		DESCRIPCION	ASOCIACIÓN METODOLÓGICA	CALIFICACION							
	EPOCA	NOMBRE			SIMBOLO	DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO (10%)	FABRICA-ESTRUCTURA (50%)		RESISTENCIA (40%)			
							TEXTURA/FABRICA	PROPUESTA CALIFICACION	RESISTENCIA A LA COMPRESION - HOEK 1996 (Mpa)	GRADO	TÉRMINO	RANGOS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LAS ROCAS (Kg/cm2)
		Tonalita y Granodiorita	TRtgd	Contenido de Tonalita y Granodiorita.	Granodiorita	Cristalina Masiva	1	100-250	R5	Muy Dura	1000-2500	1
CARBONÍFERO-PÉRMICO		Formación Diamante	PCd	Compuesta por areniscas de grano fino a medio, color púrpura oscuro a gris púrpura oscuro de dureza variable e intercalaciones de arcillolita. Algunas areniscas son feldespáticas, micáceas y conglomeráticas. En la parte media tiene shale gris oscuro con intercalaciones de caliza y arcillolitas gris verdoso. Presencia de calizas en la parte superior.	Caliza	Cristalina Masiva	1	50-100	R4	Dura	780-2439	2
DEVÓNICO		Granito Durania	dg	Granito blanco moscovítico que forma plutones pequeños e intrusiones, equigranular, de grano medio a grueso y ligeramente neisico, constituido principalmente por cuarzo, microclina y plagioclasa (albita y oligoclasa sódica).	Granito	Cristalina Masiva	1	>250	R6	Extremadamente Dura	977-2440	1
		Formación Floresta	Df-Dfm	La formación Floresta ligeramente metamorfoseada cubre la formación Silgará, se observa un grado muy bajo de metamorfismo y aumenta hasta un grado más alto, que se conserva dentro de las facies del esquistos verde. Se compone de filitas pizarrosas gráficas de color oscuro, asociadas con mármol; pizarras negras filíticas y gráficas con intercalaciones menores de meta-areniscas. (Df) corresponde a limolita y lutita de color gris amarillento, filíticas; areniscas de grano fino. Y (Dfm) contiene Mármol.	Filitas	Cristalinas Foliadas	5	50-100	R4	Dura	500-1000	2

PERIODO	FORMACION		DESCRIPCION	ASOCIACIÓN METODOLÓGICA	CALIFICACION							
	EPOCA	NOMBRE			SIMBOLO	DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO (10%)	FABRICA- ESTRUCTUR A (50%)		RESISTENCIA (40%)			
							TEXTURA/FABR ICA	PROPUESTA CALIFICACION	RESISTENCIA A LA COMPRESION - HOEK 1996 (Mpa)	GRADO	TÉRMINO	RANGOS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LAS ROCAS (Kg/cm <sup>2</sup> )
PRE-DEVÓNICO	Ortoneis	PDo- PDod	De composición cuarzo feldespática, no estratificadas y de estructura néisica marcada, presencia de lineación (foliación). Las rocas van desde granito a tonalita y diorita, pero con predominancia de cuarzomonzonita y la granodiorita. El ortoneis PDo se compone de neis cuarzo monzonítico y granodiorítico. Y el ortoneis PDod es neis tonalítico y diorítico.	Gneis		Cristalinas Bandeadas	2	100- 250	R6	Extremada mente Dura	492-1898	1
	Formación Silgará	PDs- PDsm	Secuencia de rocas clásticas metamorfoseadas, delgada y cíclicamente estratificada, se compone de pizarra, filita, meta-limolita, meta-arenisca impura, meta-waca y meta-waca guijarrosa con menos cantidades de pizarra y filita calcárea. El (PDs) se compone de filita, esquisto y cuarcita con grado metamórfico de grado bajo a medio y (PDsm) equivale a mármol.	Esquisto		Cristalinas Foliadas	5	50- 100	R4	Dura	500-1000	3
PRE-CÁMBRICO	Neis de Bucaramanga	Pcab- PCabh	Consiste en mata-pelitas, semi-pelitas y meta-areniscas intercaladas con capas delgadas locales de rocas calcosilicatadas y mármol. El (PCab) consiste en paraneis y pocos esquistos, presencia de metamorfismo de alto grado y localmente con masas pequeñas de ortoneis. El (PCabh) consiste en PCab con neis biotítico-hornbléndico y numerosas masas pequeñas de ortoneis.	Gneis		Cristalinas Bandeadas	2	100- 250	R6	Extremada mente Dura	492-1898	1



**Figura 3.** Mapa de calificación de unidades a partir de su atributo de Resistencia.



**Figura 4.** Mapa de calificación de unidades a partir de su atributo de Textura

### 1.3 DEPÓSITOS

Hoek (1996, Tabla 1) le atribuye a los depósitos en general una resistencia menor de 10 Kg/cm<sup>2</sup>, lo cual parece muy razonable. Para la ponderación de los depósitos se tiene en cuenta esta frontera de resistencia y su comportamiento en taludes y laderas del país y se presenta la calificación de las unidades litológicas (Depósitos) a partir de la información contenida en la “Clasificación regional de amenaza relativa por movimientos en masa en Colombia” (INGEOMINAS, 2009).

#### 1.3.1 Depósitos Ambiente Denudacional

**Depósito coluvial:** Corresponden a depósitos de ladera provenientes de antiguos movimientos en masa, Se originan por procesos de transporte y depositación de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales, en suelos saturados y no saturados. Los coluviones son depósitos heterogéneos, matriz soportados a clastos soportados, sueltos, que se caracterizan por presentar fragmentos con bloques angulosos, y no han presentado movimientos o reactivaciones recientemente. Las geoformas asociada a este depósito corresponden a Glacis de acumulación y Conos de deyección.

**Depósito de lodo:** Son materiales principalmente finos (limos y arcillas), acumulados en el fondo de cauces, provenientes de flujos canalizados o de deslaves por erosión de las laderas circundantes, que involucran material arcilloso. Estos depósitos incluyen proporciones variables de arcilla, arena y limo con alto contenido de materia orgánica, mezclados con detritos en menor proporción. Este tipo de materiales son producto de movimientos en masa que involucran este tamaño de material. La geoforma asociada a este depósito corresponde a: Cono o lóbulo de flujo de lodo.

**Depósitos de detritos:** Involucran material granular suelto no sorteado de baja plasticidad asociado a deslizamientos (coluviones); meteorización (suelo residual), o desechos antrópicos con estructura granular desordenada tales como los estériles de minería. Que transcurre confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada o no confinado asociado a las avalanchas o caídas de detritos. Estos depósitos son en general matriz soportados, corresponde a un material que contiene una proporción significativa de materiales gruesos en donde más de un 20% de partículas son mayores a 2 mm. Este tipo de materiales son producto de movimientos en masa que involucran este tamaño de material. Las geoformas asociadas a este depósito corresponden a Cono o lóbulo de flujo de detritos, Lóbulo y cono de avalancha de detritos, Lóbulo y cono de avalancha de rocas, Cono o lóbulo de Flujo

indiferenciado, Cono o lóbulo de deslizamiento traslacional de detritos, Cono o lóbulo de deslizamiento rotacional de detritos.

**Depósitos de terrazas sobreelevadas:** Depósitos subrecientes de origen fluvial asociados a planicies y terrazas antiguas que difieren en altura o distancia de los cauces actuales. Corresponden a depósitos clasto soportados cuando están constituidos por gravas y bloques subredondeados de tamaños disimétricos, y matriz soportados cuando predomina la matriz generalmente de textura limo arenosa. Son suelos altamente permeables, moderadamente firmes y fácilmente deleznable en los escarpes de las terrazas que suelen generar. De acuerdo a su posición geográfica están asociados a coluviones y a terrazas aluviales. La geoforma asociada es este depósito corresponde a Terraza sobreelevada o colgada.

**Depósitos de tierras:** Coluviones arcillosos con consistencia más cercana al límite plástico que del límite líquido e índice de liquidez variable, generalmente  $< 0,5$ ; productos de meteorización de arcillas firmes y rocas arcillosas –rocas lodosas y algunas rocas metamórficas. Involucran materiales de tamaño  $> 0.075$  mm hasta  $< 2$  mm (Arena y finos), con un porcentaje inferior 20% de partículas mayores de 2 mm. Este tipo de materiales son producto de movimientos en masa que involucran este tamaño de material. Las geoformas asociadas a este depósito corresponden a: Cono o lóbulo de deslizamiento traslacional de tierras, Cono o lóbulo de deslizamiento rotacional de tierras.

### 1.3.2 Depósitos Ambiente Fluvial y Lagunar

**Depósitos de cauce y llanura aluvial:** Depósitos producto de la erosión y depositación de materiales asociados a la dinámica de ríos tanto en épocas de gran caudal como en épocas secas. Los depósitos recientes, dejados por corrientes mayores en llanuras relativamente angostas, contiguos a ríos trezados sometidos a la inundación, están constituidos principalmente por cantos, gravas y arenas. Conforman barras de meandro que en sus partes bajas están cubiertas por las aguas de los afluentes. Cuando las barras permanecen un tiempo relativamente largo sin ser afectadas por las corrientes o intervenidas, pueden desarrollar vegetación, aumentando la resistencia al socavamiento lateral y provocando la divagación del cauce dentro de la llanura aluvial. Estos depósitos tienen una marcada presencia de arenas de grano medio a fino, muchas de las cuales presentan disposición planos paralelos. La granulometría del material del cauce decrece, hasta hacerse fina con la presencia de arenas, limos y arcillas en la llanura de inundación.

En las zonas de llanura, debido a su característica de baja pendiente las corrientes pasan de trezadas a meándricas con estrangulamiento de cauces dando origen a meandros abandonados y a lagos en media luna. De igual forma



el agua que en época de inundación invadió la llanura, en época seca permanecerá por más tiempo o en forma perenne en los bajos y artesas, en cuyo fondo se depositó material muy fino e incluso materia orgánica, dando lugar a la formación de planos anegadizos, artesas lagunares y lagunas.

Depósitos de material grueso tipo arena, grava y bloques, se localizan junto al cauce y material más fino, tipo limo y arcilla se localizan en las partes más lejanas del cauce y se asocian al depósito de la carga que lleva el agua en suspensión durante épocas de grandes crecidas e inundaciones, formándose albardones y barras. Las geoformas asociadas a los depósitos de cauce y llanura aluvial son los cauces, albardones, barras, cuencas de decantación, lagos en media luna, lagunas naturales, meandros abandonados, planicie o llanura de inundación, planicies y deltas lacustrinos, planos anegadizos, planos y artesas lagunares.

**Depósitos de Terraza Aluvial:** Corresponden a los depósitos aluviales, localizados hacia las márgenes de los ríos principales y secundarios, como producto de la acumulación sobre la antigua planicie de inundación divagante, asociadas a las márgenes de los ríos principales. Son producto de la erosión, depositación e incisión fluvial, en épocas recientes y subrecientes. En estos depósitos los sedimentos se acumulan en forma escalonada a ambos lados del curso de un río, cuyo cauce se va profundizando con el tiempo, formando terrazas.

Los materiales de los depósitos de terraza pueden ir desde muy gruesos tipo gravas a más finos tipo arcilla, presentando una pseudostratificación vertical, con presencia de capas de material grueso y fino, reflejando épocas de alta y baja energía. De igual forma se podrá observar una gradación lateral, con materiales más gruesos en las cercanías de los cauces y los más finos en las partes más lejanas. Las geoformas asociadas a los depósitos de terraza, son terrazas de erosión, terrazas de acumulación subreciente, terrazas de acumulación antigua, terrazas de depositación y escarpes de terraza.

**Depósitos de abanico aluvial:** Los depósitos de abanico son el producto de la desembocadura de una corriente en una zona plana o de menor gradiente. En la zona más alta, se presenta la granulometría más gruesa y heterométrica.

Está constituido por flujos masivos viscosos o flujos acuosos densos. Su grado de preservación es bajo, ya que son los primeros materiales en ser retrabajados. En el cuerpo, de mayor extensión, presenta dos zonas diferenciadas. La superior (interna) muestra una buena equivalencia lateral con la zona de cabecera de la que proceden algunos episodios masivos y sobre todo de la que proceden los flujos acuosos densos y altamente energéticos

(*sheet floods*). La zona externa posee facies que cuando se trata de materiales conglomeráticos, muestra un transporte mediante corrientes acuosas, que pueden redondear los clastos por impacto y realizar alguna selección granulométrica de los mismos. En el pie de mayor extensión, se prolonga hasta las zonas donde se observa la influencia del transporte de sedimentos, su pendiente es más suave y su granulometría más fina. Las geoformas asociadas a estos depósitos son abanicos fluviotorrenciales, conos de deyección, deltas de desborde natural, deltas lacustrinos y escarpes de abanicos fluviales.

**Depósitos lagunares:** Se forman en las lagunas o cualquier depósito de agua. El material de estos depósitos depende de la capacidad de transporte de las corrientes que llegan a estas lagunas. La corriente al perder velocidad pierde capacidad de transporte y los materiales se depositan lentamente. Su tamaño varía de limo a arcilla en clima húmedo y evaporitas (caliza y yeso). Estos depósitos se asocian a las geoformas de laguna, lagos en media luna y meandros abandonados.

**Depósitos paludales:** Se forman en ambientes transicionales entre continental y marino, en cuerpos de agua estancados de baja profundidad (pantanos o ciénagas) que se encuentran en terrenos ocupados por vida vegetal relativamente abundante y están íntimamente ligados a los sistemas fluviales.

El agua de los pantanos puede ser marina, salobre o dulce. Además de la existencia de una depresión, los pantanos requieren de condiciones climáticas específicas, predominando la abundancia y frecuencia de lluvias y en forma general se van a encontrar con climas tropicales de altas temperaturas. Los materiales del medio incluyen limo y lodo que pueden ser deslavados hacia el pantano, y sales disueltas y gases que desarrollan condiciones anaeróbicas en el agua. El complejo biológico es un elemento dominante en la sedimentación ya que los depósitos pueden ser total o principalmente restos de plantas acumulados. El tipo de sedimento que se acumula es principalmente material clástico fino (limos y arcillas). Las condiciones geoquímicas del depósito son esencialmente reductoras y ácidas, por lo que es sumamente fácil la preservación de la materia orgánica dando origen a grandes acumulaciones de turba y carbón. A estos depósitos se asocian geoformas tipo artesas lagunares y planos anegadizos.

### 1.3.3 Depósitos Ambiente Marino/Costero

**Depósitos de origen arrecifal:** Los depósitos de origen arrecifal son acumulaciones marinas, constituidas de fragmentos de coral, algas y conchas, producto de la destrucción de los cuerpos arrecifales. Están constituidos de fragmentos de coral, principalmente porites (coral en forma de dedo) de uno a tres cm, en matriz arenosa gruesa de composición calcárea y color amarillo

crema que constituye localmente el 30 - 60% del total. El espesor puede superar los 12 m. Las geoformas asociadas a este tipo de depósito corresponden a: Bajos arrecifales, Isla.

**Depósitos de playón:** Los depósitos de playón son acumulaciones arenosas con locales concentraciones de grava de origen lítico (chinas) y biotráctico (fragmentos de concha y localmente coral). La composición y textura varía de un lugar a otro; sin embargo, en general, son arenas de grano fino-medio de colores pardo grisáceos con concentraciones locales de fragmentos de concha (0,5 – 3 cm) y gravas de 0,5 - 2 cm. Los espesores varían de un lugar a otro de 1 - 45 m, aproximadamente. En el sector del Laguito los espesores son del orden de 35 - 45 m, donde localmente se presentan concentraciones de arcillas y fragmentos de coral. Representan antiguos niveles de playa, y conforman geoformas de origen marino. Las geoformas asociadas a este tipo de depósito corresponden a: Tómbolo, espigas, barras litorales y playones.

**Depósitos marino aluviales:** Los depósitos marino aluviales son acumulaciones predominantemente arcillosas de colores pardos y negros con lentes arenosos de varios metros de espesor, producto de la interacción de procesos marinos y aluviales en tiempos antiguos, predominan las arcillas firmes pardo grisáceas con grava diseminada de 0,5 - 1 cm, constituida de chert negro o pardo con locales concentraciones de fragmentos calcáreos, materia orgánica y fragmentos de conchas. Las geoformas asociadas a este tipo de depósito corresponden a: Constituyen las extensas llanuras costeras.

**Depósitos intermareales:** Los depósitos intermareales son acumulaciones lodosas asociadas a zonas donde la acción marina es baja. Los sedimentos constitutivos corresponden predominantemente a arcillas y limos blandos, grises oscuras, con restos de fragmentos de conchas y localmente con interdigitaciones de arena arcillosa de grano fino, color y parduscos. Las geoformas asociadas a este tipo de depósito corresponden a: Planos de inundación

**Sustrato de manglar:** El sustrato de manglar corresponde a acumulaciones de lodos y arenas grises oscuras con abundancia de materia orgánica que se constituye en el sustrato apto para el desarrollo del manglar actual. Se presentan predominantemente en zonas protegidas, en las partes internas de las bahías, y localmente como parches, que cubren los bajos arrecifales adyacentes. Los sectores arcillosos y localmente arenosos, sobre los cuales en tiempo pasado reciente se desarrolló el ecosistema del manglar y otras plantas halofitas. La desaparición de estas plantas puede deberse, tanto a posibles cambios en las condiciones ambientales tales como contaminación por aguas servidas, dragados mal tratados (Viña, 1.989, en Carvajal & Pérez, 1.993), o

como consecuencia de la tala indiscriminada del manglar. La característica principal de este sustrato es la alta concentración de materia orgánica en descomposición, asociada íntima y genéticamente con los depósitos intermareales antes descritos. Planos y llanuras con vegetación halófila.

**Depósitos de playa y dunas:** Los depósitos de playa y duna son acumulaciones de arenas y gravas (chinas) cuyo origen de sedimentación se debe a la acción dinámica reciente del mar, en el caso de las playas. Los depósitos de playa se constituyen de arenas de grano fino - muy fino (0,125 - 0,063 mm) y de color pardo grisáceo con locales concentraciones de gravas (chinas) y fragmentos de concha. Composicionalmente predomina el cuarzo y feldespatos y en menores proporciones los ferromagnesianos, fragmentos de concha y magnetita en el tamaño muy fino. Las geoformas asociadas a este tipo de depósitos son: Abanico de sobrelavado, Lóbulos y planos deltaicos actuales, Complejos de crestas y artesas de playa, Complejo de crestas y artesas de playa (planos de crestas de playa, playas antiguas).

#### 1.3.4 Depósitos Ambiente Eólico

**Depósito de arena:** Depósito bien seleccionado, conformado por granos de arena, pueden presentar laminación cruzada o paralela, presentan formas y tamaños variables. Son originados por la acumulación de sedimento transportado por el viento. El viento deja caer su carga de sedimento cuando la velocidad descende y la energía disponible para el transporte disminuye o cuando los granos de arena chocan con un obstáculo que impide su transporte. Las geoformas asociadas a este tipo de depósito corresponden a: Dunas, Dunas antiguas, Dunas Transversales, Barjanes o Barchanes, Dunas Longitudinales, Dunas parabólicas, Dunas costeras sin diferenciar, Campo de dunas remontantes, Campo de dunas de sombra, Mantos de arena eólica.

**Depósito de Loess:** Depósito bien seleccionado, de gran extensión, conformado por fragmentos tamaño limo, masivo, su espesor puede ser del orden decamétrico. Su génesis se asocia a depósitos de origen eólico o llanuras de aluvión glaciales. La geoforma asociada a este tipo de depósito corresponde a: Mantos de Loess.

#### 1.3.5 Depósitos Ambiente Volcánico

**Depósito de caída piroclástica:** Depósito bien seleccionado, deleznable, de espesores variables que pueden alcanzar el orden métrico, compuesto por fragmentos de pómez y/o líticos y/o cristales y/o vidrio, de formas angulares a subangulares, pueden presentar gradación normal o inversa, soportados grano a grano, con laminación o estratificación paralela, el tamaño de los fragmentos disminuye al alejarse del centro emisor. Se originan por la acumulación de fragmentos piroclásticos generados en una erupción volcánica que al ser

arrojados a la atmósfera son transportados por el viento, para su posterior caída cubriendo uniformemente la topografía. La geoforma asociada a este depósito corresponde a Manto de piroclastos.

**Depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza:** Depósito pobremente seleccionado, generalmente deleznable, matriz soportado o clasto soportado, presentan distribución y tamaño de grano polimodal, pueden incluir grandes bloques que llegan a exceder los 5 m de diámetro; de espesores variables que pueden alcanzar el orden métrico. Los fragmentos presentan formas angulares o subredondeadas, generalmente de composición monolítica ya que se derivan de la explosión o colapso de un domo o un flujo de lava. Las geoformas asociadas a este tipo de depósitos corresponden a: Manto de piroclastos, Flujo piroclástico aterrazado y Escarpe de flujo piroclástico aterrazado.

**Depósito de flujo piroclástico de ceniza y pómez o ignimbrita:** Depósito pobremente seleccionado, deleznable, masivo, matriz soportado, se puede presentar soldado o no, compuesto predominantemente por fragmentos de pómez y ceniza, de formas subredondeadas; de espesores variables que pueden alcanzar el orden decamétrico. Generado por el colapso de una columna eruptiva.

Las geoformas asociadas a este tipo de depósito corresponden a: Manto de piroclastos, Flujo piroclástico aterrazado y Escarpe de flujo piroclástico aterrazado.

**Depósito de oleada piroclástica:** Depósito medianamente seleccionado, deleznable, de espesores variables que pueden alcanzar el orden métrico, los espesores no son constantes se presentan pinchamientos, adelgazamientos, engrosamientos; compuesto por fragmentos de pómez y/o líticos y/o cristales y/o vidrio, de formas subredondeadas a subangulares, soportados grano a grano o matriz-soportado; puede presentar gradación normal o inversa, laminación o estratificación paralela o cruzada, presentan estructuras internas como dunas, antidunas, lapilli armada, lapilli acrecional. Se generan por el emplazamiento de una corriente de densidad piroclástica diluida. La geoforma asociada a este depósito corresponde a: Manto de piroclastos.

**Depósito de avalancha de escombros:** Depósito mal seleccionado, de grandes dimensiones, emplazado a alta velocidad, compuesto por varias facies las cuales pueden ser de bloques o alguna relación de bloques/matriz, aunque esta última es escasa, los bloques pueden ser de tamaños gigantes (mega bloques) y presentar estructura en rompecabezas o jigsaw. Son producto de grandes colapsos gravitacionales de un sector inestable del edificio volcánico, colapso detonado por un sismo, o por deformación volcánica (domos), o por la

infiltración de aguas lluvias, o por interacción hidromagmática, o por alteración hidrotermal o zonas de fallas o por la acción de la fuerza de gravedad. Se localizan en la base del edificio volcánico y se puede transformar hasta flujos de escombros o *lahares*, encontrándose éstos en zonas distales. La geoforma asociada a este tipo de depósito corresponde a: Campo de *Hummocks*.

**Depósito de flujo de escombros o *lahar* o flujo de lodo:** Depósito mal seleccionado, de espesor variable que puede alcanzar el orden decamétrico, compuesto por una matriz areno-lodosa y fragmentos heterolitológicos, de formas redondeadas a subredondeadas que pueden alcanzar el orden métrico; masivo aunque puede presentar estructuras internas (unidades de flujo, pipes de deshidratación) y en depósitos hiperconcentrados puede presentar una pseudoestratificación o pseudo-laminación. Cuando presenta una proporción mayor a 5% de arcilla se denomina Flujo de escombros cohesivos. Su génesis está asociada a la acumulación de productos volcánicos previamente depositados o generados durante una erupción, que han sido mezclados o removidos por cuerpos de aguas superficiales (lagos, ríos, lagunas o provenientes del de hielo o nieve durante una erupción), además en su recorrido incorpora sedimentos sueltos del lecho y paredes del cauce de la corriente hídrica. Las geoformas asociadas a este tipo de depósito corresponden a: Flujo *lahárico* aterrazado, Escarpe de flujo *lahárico* aterrazado y cono *lahárico*.

### 1.3.6 Depósitos Ambiente Glacial y Periglacial

**Depósito glacial till de ablación:** Son los depósitos glaciales desarrollados directamente por el hielo al fundirse, los clastos son de forma angular tamaño arena, guijos y bloques, se encuentran muy mal seleccionados dispuestos caóticamente con una mala compacidad. Las geoformas asociadas a este depósito son morrenas frontales y laterales.

**Depósito glacial till basal:** Son los depósitos glaciales densos desarrollados directamente por el hielo al fundirse, el armazón es clasto soportada con clastos son de forma angular a subangular, predominan los tamaños bloques y limos, presentan gradación moderada y pobre selección. Son depósitos muy compactos. Las geoformas asociadas a este depósito son morrenas de fondo y morrenas periglaciales.

**Depósitos glaciofluviales:** Material depositado por los cauces de fusión; comprende depósitos clastosoportados de forma redondeada a subangular con tamaños arenas y gravas, en general el depósito se encuentra bien gradado con pseudoestratificación. Son suelos de baja compacidad. Las geoformas asociadas son: Eskers y Kames.

**Depósitos glaciolacustres:** Material depositado por sedimentación y depositación en lagos y zonas subcrecientes marginales a un glaciar. Corresponden a depósitos matriz y clasto soportados con fracción clástica de geometría redondeada, predominan los tamaños limos y arcillas, presentan mala gradación y pseudolaminación, son altamente compresibles. Las geoformas asociadas corresponden a planos glaciolacustrinos.

### 1.3.7 Depósito Ambiente Antropogénico

**Rellenos de basuras o rellenos sanitarios:** Depósitos conformados desechos orgánicos o industriales sin diferenciar, los cuales son dispuestos de manera mecánica o manual.

En la Tabla 7, se presenta un resumen de la valoración de estabilidad de taludes y laderas de los depósitos en Colombia teniendo en cuenta la experiencia de los trabajos de INGEOMINAS. De acuerdo con lo anteriormente expuesto en la Tabla 8 se presenta la calificación generada para los depósitos.

**Tabla 7.** Características de susceptibilidad a movimientos en masa de los depósitos. (SGC, 2012).

Origen - Mecanismo	Nombre del Deposito	Susceptibilidad
<b>Aluvial</b>	Depósitos de cauce y llanuras aluviales	No se involucran en problemas de estabilidad de taludes y laderas
	Depósitos de Terrazas aluviales	De estos tipos de depósitos las terrazas sobreelevadas se involucran con frecuencia en movimientos en masa.
	Depósitos de Abanicos aluviales	Presentes en el fondo de muchos ríos; por lo general son depósitos retrabajados y muy susceptibles a inestabilidad en general y a socavación lateral.
<b>Gravitacional</b>	Depósitos coluviales	Se les considera los tipos de depósitos más inestables en taludes y laderas
<b>Lacustre</b>	Depósitos paludales	No se involucran en problemas de estabilidad de taludes y laderas
<b>Glacial</b>	Depósitos glaciales y glacio – fluviales	Estos tipos de depósito se involucran con frecuencia en movimientos en masa en las partes altas de las cordilleras.
<b>Volcánico</b>	Depósitos de cenizas y lapilli	Cubren extensas zonas de la región cafetera y en muchos lugares están sobre-elevados. Son muy inestables.

Origen - Mecanismo	Nombre del Depósito	Susceptibilidad
	Flujos vulcanoclásticos	Se involucran frecuentemente procesos de inestabilidad, y son producto de explosiones volcánicas que arrastran gran cantidad de bloques formando depósitos de tipo lahar; en ocasiones se desarrollan abanicos extensos, ejemplo Glacis del Quindío.

**Tabla 8.** Calificación de las unidades litológicas (Depósitos). Tomado de INGEOMINAS 2009.

Ambiente	Depósito	Geoforma Asociada	Equivalente Geológico	Calificación
Denudacional	Depósitos coluviales	Cono y lóbulo coluvial y de soliflucción y Conos de deyección, Glacis de acumulación	Qc/Qd/Q2v/Qt/ Q/Q2c/Qdp/Qc oi/Qdt/Qac/Qff/ Qgd1/Qgd2	5
	Depósitos de detritos	Cono o lóbulo de deslizamiento traslacional de detritos, Cono o lóbulo de deslizamiento rotacional de detritos	Qca/Q/Qdt	4
	Depósitos de tierras	Cono o lóbulo de deslizamiento traslacional de tierras, Cono o lóbulo de deslizamiento rotacional de tierras.	Qco	5
	Depósitos de terraza sobre elevada	Terraza sobreelevada o colgada	Qt1	4
	Depósitos lodos	Cono o lóbulo de flujo de lodo	Qfl	5
Fluvial y Lagunar	Depósitos de cauce y llanura aluvial	Cauce activo y abandonado, albardones, barras, cuencas de decantación, lagos en media luna, lagunas naturales, meandros abandonados, planicie o llanura de inundación, planicies y deltas lacustrinos, planos anegadizos, planos y artesas lagunares.	Qa12/Qac/Qar/ Qa1/Q2-al/Qalu Qa1/Q2cal/Qo1/ Qa/Q2- aldi/Qb/Qall/Q2- alpr/Qlal/Qo2/Q 2alh/Q2alca	1
	Depósitos de terrazas aluvial	Terrazas de erosión, terrazas de acumulación subreciente, terrazas de acumulación antigua, terrazas de depositación y escarpes de terraza.	Qt/Qt2/Q2t2	2
	Depósitos paludales	Artesas lagunares y planos anegadizos	Q2m/Q2alp	1
	Depósitos lagunares	Lagos en media luna y meandros abandonados	Q2l/Ql/Q2l/Qfl/ Qlp	1
	Depósitos de abanicos aluviales	Abanicos fluvio-torrenciales, conos de deyección, deltas de desborde natural, deltas lacustrinos y escarpes de abanicos fluviales	Qab/Q2cal/Qc/ Q1ab/Q2g/Qaa/ Qap1/Qcal	3
Marino/Costero	Depósitos marino aluviales	Llanuras costeras	Q2mlm (Q2ml)/Qes	2
	Depósitos intermareales	Planos de inundación	Q2mlm (Q2ml)	1
	Sustrato de manglar	Planos y llanuras con vegetación halófica	Q2mlm (Q2ml)/m/Qm	1
	Depósitos de playón	Tómbolo, espigas, barras litorales y playones	Q2mlm (Q2ml)/Q2ib	1
	Depósitos de origen arrecifal	Bajos arrecifales, isla	Q2mlm (Q2ml)	1,5



Ambiente	Depósito	Geoforma Asociada	Equivalente Geológico	Calificación
	Depósitos de playa y dunas	Abanico de sobre elevado, Lóbulos y planos deltaicos actuales, Complejos de crestas y artesas de playa, Complejo de crestas y artesas de playa (planos de cresta de playa, playas antiguas)	Qp/p//Q2p/Qpl	1,5
Eólico	Depósitos de arenas	Dunas, Dunas antiguas, Dunas Transversales, Barjanes o Barchanes, Dunas longitudinales, Dunas parabólicas, Dunas costeras sin diferenciar, Campo de dunas remontantes, Campo de dunas de sombra, Mantos de arena eólica	Qe/Q1-ep	2
	Depósitos de loes	Mantos de Loess	Qe/Q1-ep	2,5
Volcánico	Depósito de caída piroclástica	Manto de piroclastos	Qvb	5
	Depósito de flujo piroclástico de bloque y ceniza	Manto de piroclastos, Flujo piroclástico aterrazado y Escarpe de flujo piroclástico aterrazado	Qc/Qto	4
	Depósitos de flujo piroclástico de ceniza y pómez o ignimbrita	Manto de piroclastos, Flujo piroclástico aterrazado y Escarpe de flujo piroclástico aterrazado	Qvb	5
	Depósitos de oleada piroclástica	Manto de piroclastos	Qpi	5
	Depósitos de avalancha de escombros	Campo de Hummocks	Qf/Qaecvnh	4
	Depósitos de flujo de escombros o <i>lahar</i> o flujo de lodo volcánico	Flujo lahárico aterrazado, Escarpe de flujo lahárico aterrazado y cono lahárico	Qf/Qfl/Qva	3
Glacial y periglacial	Depósitos fluvioglaciares/glacióluviales	Eskersy kames	Qf/Qmfg/Qg/Qfg/Qmfg	4
	Depósitos glaciolacustres	Planos glaciolacustrinos	Qf/Qg	2
	Depósito glacial till de ablación	Morrenas frontales y laterales	Qf/Qg/Qma/Qm/Qmr/Qmfg	3,5
	Depósito glacial till basal	Morrenas de fondo y morrenas periglaciales	Qf/Qg	3
Antropogénico	Rellenos de basuras o rellenos sanitarios	Rellenos de basuras o rellenos sanitarios		5

Para realizar el análisis de los depósitos de la plancha 110-Pamplona es necesario realizar un compendio de las unidades descritas en la reseña explicativa del mapa geológico preliminar Plancha 110 Pamplona a escala 1: 100.000 (INGEOMINAS, 1970), en cual describe los siguientes depósitos:

## 1.4 DEPÓSITOS DESCRITOS EN LA PLANCHA 110 PAMPLONA

### 1.4.1 Depósito Glaciárico (Qg)

Depósitos de cantos de till, son de forma típicamente lineal a media luna y ocurren como morrenas a lo largo de los valles o como morrenas laterales y terminales que los flanquean y atraviesan. Los depósitos morrénicos están bien desarrollados y fácilmente accesibles. (Ward *et al.*, 1973).

Esta acumulación de sedimentos es evidente hacia la zona de alta montaña que ha tenido presencia o influencia de un clima glacial o periglacial, se observa principalmente en los páramos de Santurbán y Berlín, en la zona comprendida por los municipios de Toná, Vetas y California, donde estos depósitos se distribuyen de manera heterogénea.

En términos de calificación de susceptibilidad de los depósitos glaciáricos, se consideran aquellas zonas con depósitos producto de la actividad de las grandes masas de hielo que arrastran, transportan y depositan material no consolidado, con categoría intermedia que corresponde a una calificación de 3.

### 1.4.2 Terraza y Cono de Deyección (Qtf)

Los depósitos de terraza están disectados y completamente fragmentarios, parece ser remanentes de depósitos aluviales más extensos. Los depósitos fluviales inferiores parecen derivarse principalmente de areniscas jurásicas y cretáceas. Los materiales que constituyen los depósitos coluviales derivan de roca parental muy meteorizada desde cuarcita dura, arenisca arcósicas friable y neis feldespático muy blanco, casi saprolítico. (Ward *et al.*, 1973).

La área de mayor presencia de estos depósitos de este tipo, están asociadas a los cauces de los ríos Chitagá, Cucutilla, Suratá, Toná y en menor medida quebradas como Pescadero y La Honda.

En términos de calificación de susceptibilidad de los depósitos de terraza y conos de deyección, se consideran aquellas zonas con depósitos aledaños a los cauces de ríos y aquellos productos de avenidas torrenciales, con la más alta categoría que corresponde a una calificación de 5.

### 1.4.3 Coluvión, Talud, Derrumbes (Qd)

Los depósitos de deslizamiento son los más comunes en las pendientes fuertes. Los deslizamientos son un proceso activo y forman la mayor parte de esta unidad. Áreas con depósitos gruesos de deslizamiento, talud, corrientes de lodo. (Ward *et al.*, 1973).

En el área de estudio se encuentran distribuidos de manera heterogénea, pueden estar asociados a zonas de falla como son: las fallas de Morronegro, Pamplona y Bábega, entre otras. Resultado de exhumación y posterior erosión y colapso de antiguos bloques de roca. Debido a que se consideran como suelos de origen coluvial que pueden reactivarse dando lugar a nuevos movimientos en masa, por su alto índice de inestabilidad se califican como 5 en la categoría de máxima susceptibilidad de suelos a movimientos en masa.

#### **1.4.4 Aluvión (Qal)**

Conformada por depósitos aluviales que están distribuidos a lo largo de los valles de las principales corrientes. Se consideran holocénicos o muy recientes. Se caracterizan porque presentan material particulado heterométrico sub-redondeado a redondeado, embebido en matriz generalmente areno-arcillosa (Ward *et al.*, 1973).

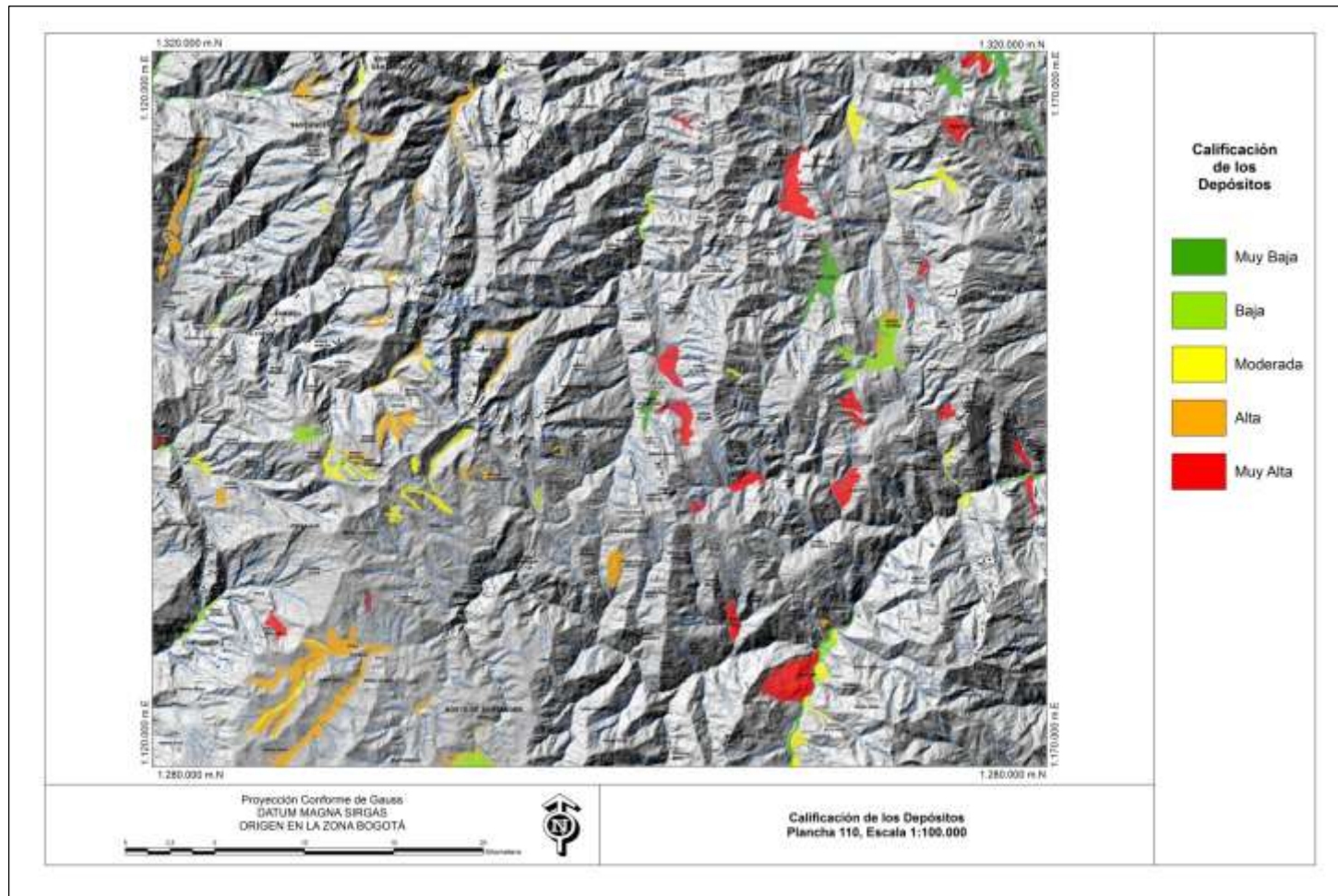
La área de mayor presencia de estos depósitos de este tipo, son las zonas aledañas al cauce de los ríos Chitagá, Río Sulasquilla, Pamplonita y en menor medida quebradas como Sabanetas.

En términos de calificación de susceptibilidad de los depósitos aluviales, se consideran aquellas zonas con estos depósitos con la más baja categoría que corresponde a una calificación de 1 (Figura 5).

**Tabla 9.** Tabla de calificación de los Depósitos plancha 110-Pamplona.

PERIODO	EPOCA	FORMACION		DESCRIPCION	ASOCIACIÓN METODOLÓGICA	CALIFICACION							
		NOMBRE	SIMBOLO			DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO (10%)	FABRICA-ESTRUCTURA (50%)		RESISTENCIA (40%)				
							TEXTURA/FABRICA	PROPUESTA CALIFICACION	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – HOEK 1996 (Mpa)	GRADO	TERMINO	RANGOS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LAS ROCAS (Kg/cm2)	CALIFICACIÓN RESISTENCIA
CUATERNARIO	HOLOCENO	Aluvión	Qal	Conformada por depósitos aluviales que están distribuidos a lo largo de los valles de las principales corrientes. Se consideran holocénicos o muy recientes.	Depósitos Terrazas Aluviales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<10	1
		Coluvión, Talud, Derrumbes	Qd	Los depósitos de deslizamiento son los más comunes en las pendientes fuertes. Los deslizamientos son un proceso activo y forman la mayor parte de esta unidad. Áreas con depósitos gruesos de deslizamiento, talud, corrientes de lodo.	Depósitos de Abanicos aluviales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<10	1
	PLEISTOCENO	Terraza y cono de deyección	Qtf	Los depósitos de terraza están disectados y completamente fragmentarios, parece ser remanentes de depósitos aluviales más extensos. Los depósitos fluviales inferiores parecen derivarse principalmente de areniscas jurásicas y cretáceas. Los materiales que constituyen los depósitos coluviales deriva de roca parental muy meteorizada desde cuarcita dura, arenisca arcósicas friable y neis fel despático muy blanco, casi saprolítico.	Depósitos de Terrazas aluviales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<10	1

PERIODO	EPOCA	FORMACION		DESCRIPCION	ASOCIACIÓN METODOLÓGICA	CALIFICACION							
		NOMBRE	SIMBOLO			FABRICA-ESTRUCTURA (50%)		RESISTENCIA (40%)					
						TEXTURA/FABRICA	PROPUESTA CALIFICACION	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – HOEK 1996 (Mpa)	GRADO	TERMINO	RANGOS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LAS ROCAS (Kg/cm2)	CALIFICACIÓN RESISTENCIA	
		Depósito Glaciárico	Og	Depósitos de cantos de till, son de forma típicamente lineal a media luna y ocurren como morrenas a lo largo de los valles o como morrenas laterales y terminales que los flanquean y atraviesan. Los depósitos morrénicos están bien desarrollados y fácilmente accesibles.	Depósitos Glaciales y Glacio-Fluviales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<10	1



**Figura 5.** Mapa de calificación de Depósitos a partir de su Génesis.

## 1.5 DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO

La variable densidad de fracturamiento se generó a partir de las fallas calificadas del proyecto “Zonificación de la Amenaza por Movimientos en Masa escala 1:500.000”. La información original se tomó de las estructuras contenidas en el mapa geológico de Colombia (MGC, 2007) escala 1:500.000, la cual incluye el trazado de las fallas y lineamientos estructurales, así como los ejes de los pliegues mayores más persistentes que afectan las rocas. (Figura 6).

En una misma capa se analizan las fallas, pliegues y lineamientos. Se toma como base las tasas de desplazamiento de las estructuras con deformaciones en el Cuaternario, determinadas por Paris *et al.* (2000) y el grupo de Amenazas Sísmica de INGEOMINAS, (Figura 7).

Se asume que a mayor tasa de desplazamiento hay un mayor grado de fracturamiento. La figura indica el grado de actividad de las fallas a partir de la relación tiempo – desplazamiento (Page y Cline, 1981), la cual también se utiliza para inferir el grado de fracturamiento.

De acuerdo con las tasas de desplazamiento definidas para las fallas con deformaciones en el Cuaternario, se asignaron pesos a los elementos definiendo 5 rangos:

Fallas con tasas de desplazamiento  $> 1.0$  mm/yr: peso asignado 10

Fallas con tasas de desplazamiento entre  $0.2 - 1.0$  mm/yr: peso asignado 9

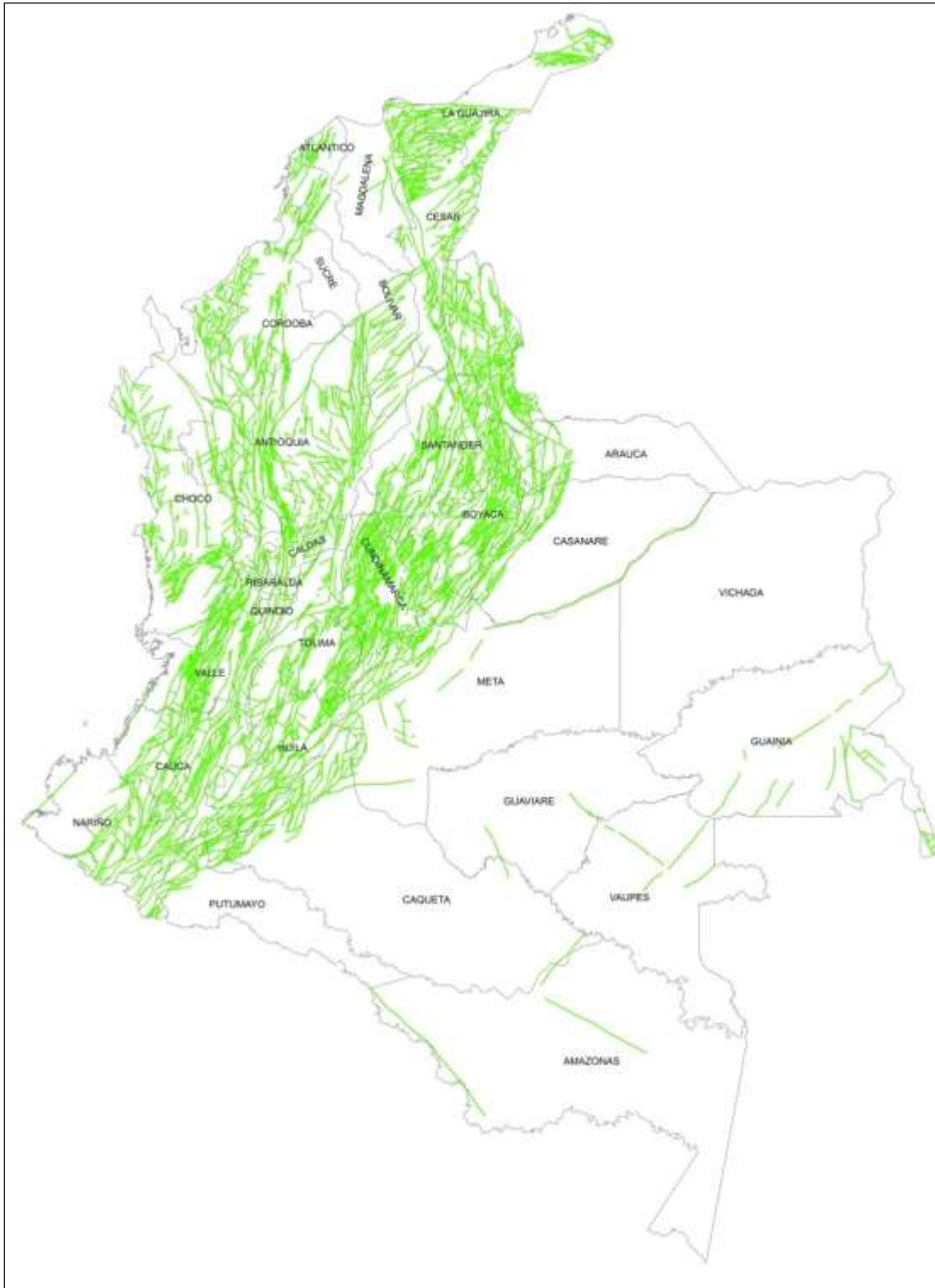
Fallas con tasas de desplazamiento  $< 0.2$  mm/yr: peso asignado 8

Resto de fallas de las cuales no se conoce su tasa de desplazamiento: peso asignado 7

Pliegues: peso asignado 6.

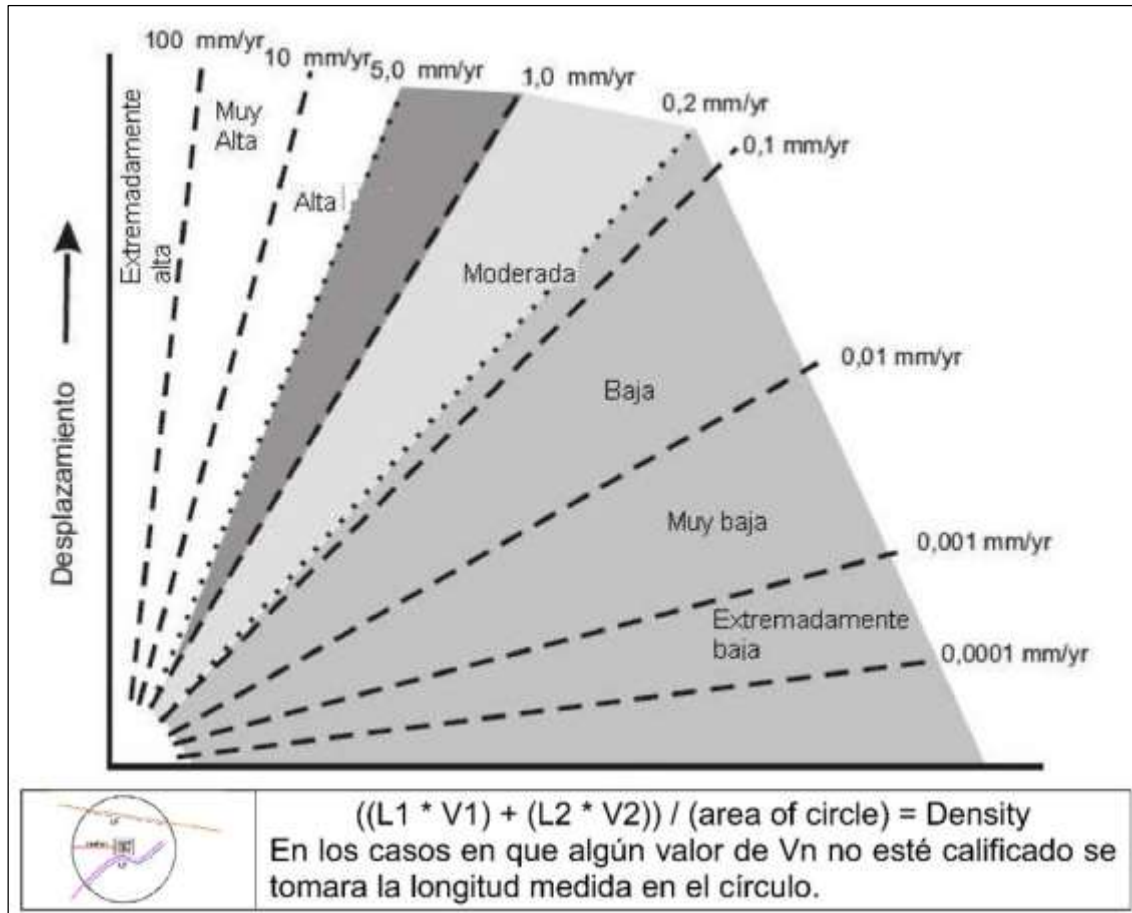
### 1.5.1 Cálculo de Densidad de Fracturamiento

El método utilizado para calcular la densidad de fracturamiento es el algoritmo line Density de ArcInfo, el cual es expresado en metros por kilómetro cuadrado, este método calcula la densidad de líneas en la vecindad de cada pixel definida por un radio de búsqueda, para esto a partir de cada centro se dibuja un círculo de radio R, se toma la longitud de la línea de falla que cae dentro de este círculo y se multiplica por el peso de la actividad, la suma total se divide entre el área del círculo, tal como se muestra a continuación.



**Figura 6.** Mapa de fallas, lineamientos y pliegues de Colombia escala 1:500.000.





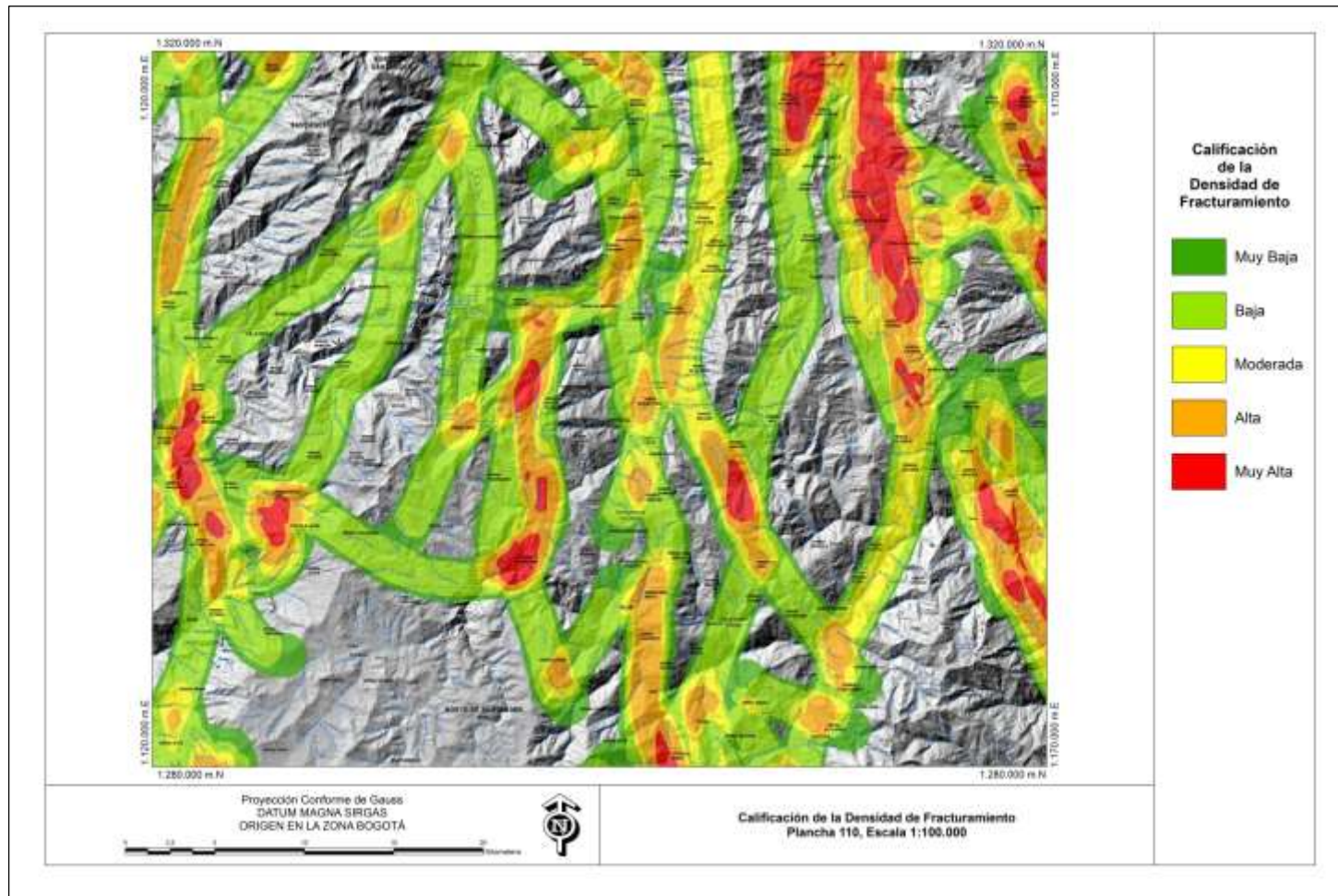
**Figura 7.** Tazas de desplazamiento de las fallas en el cuaternario en Colombia.  
Tomado de Paris, G. Machette, M., Dart, R., Haller, K. 2000.

Para generar el mapa de densidad de fracturamiento a escala 1:100.000 se utilizó un tamaño de píxel de 250 metros y un radio de 1250 metros. El valor mínimo de densidad es 0.089m/km<sup>2</sup> y el valor máximo es 22.59m/km<sup>2</sup> a nivel nacional, el método de clasificación utilizado es natural breaks. En la Figura 8 se muestran los rangos de densidad y su clasificación de susceptibilidad a nivel nacional.



**Figura 8.** Rangos de densidad y su clasificación de susceptibilidad a nivel nacional.

A continuación se muestra el mapa de densidad de fracturamiento calculado y suministrado por el SGC (Figura 9).



**Figura 9.** Mapa de Densidad de Fracturamiento para la plancha 110-Pamplona.

## 1.6 CÁLCULO DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE LA GEOLOGÍA A PARTIR DE CADA UNA DE SUS VARIABLES (TEXTURA, RESISTENCIA Y DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO)

La textura o fábrica tiene gran influencia en el comportamiento de las rocas, es la relación de forma y tamaño de los componentes de una roca, y de la manera en que se encuentran en contacto entre sí, en especial en lo referente a la anisotropía, que se genera debido a la orientación de las partículas; la cual así mismo es la que gobierna las propiedades geomecánicas de la roca. Estas propiedades, la resistencia y deformabilidad, que resultan de la composición química y mineralógica de las rocas, de su textura y de su estructura; en especial la resistencia que determina la competencia de la roca para mantener unidos sus componentes a los agentes de deterioro.

Esto nos indica, que el grado de resistencia que tenga la roca, depende directamente de la fábrica o textura que esta posea; por esta razón, en el orden jerárquico de importancia, la fábrica es principal y por ende su porcentaje mayor al de la resistencia.

Las zonas de falla, son sectores que presentan discontinuidad en las características iniciales de fábrica o textura y por consiguiente en la resistencia de las rocas; estas zonas son el resultado de la mayor deformación en la fábrica, como respuesta a menores valores de resistencia.

Esto nos indica que en las zonas de falla, se presenta la mayor debilidad en las rocas, como resultado de su menor resistencia. Esta relación determina su dependencia de las dos variables anteriores, por ende su porcentaje menor en la matriz de calificación. Justificación de las preferencias de los atributos de la variable de geología como se muestra la siguiente ecuación, donde se determina la susceptibilidad por la variable de Geología:

- Susceptibilidad de la Geología =  $0.50 * \text{Textura} + 0.40 * \text{Resistencia} + 0.10 * \text{Densidad Fallas}$ .

## 1.7 SÍNTESIS DEL MAPA DE LA VARIABLE DE SUSCEPTIBILIDAD DE LA GEOLOGÍA

Para la variable de susceptibilidad por geología se describe en el comportamiento del cálculo generado a partir de la textura, resistencia y densidad de fracturamiento presentes en la zona, la cual se ilustra en la Figura 10.

### **1.7.1 Susceptibilidad Muy Baja**

La susceptibilidad muy baja se relaciona principalmente con el Granito de Pescadero, Granito de Durania, Granodiorita y Cuarzomonzonita de Tanauca, estos tipos de rocas presenta una textura cristalina y estructura masiva. A pesar de pertenecer al rango más bajo de susceptibilidad dadas las características propias del material, la influencia de factores externos degradantes y la expresión pronunciada en el terreno, es posible observar como el Granito de Durania en el sector de la Vereda Upa del Municipio de Cacota, se encuentra altamente meteorizado, con suelo residual, donde se desarrollan movimientos en masa del tipo deslizamiento Traslacional Planar. Igualmente la Granodiorita y el Granito de Pescadero, presentan un grado de meteorización moderado a alto, con desarrollo de suelos residuales, que incide en la generación de movimientos en masa del tipo caídas de rocas, detritos y reptación de suelos, se observan principalmente en las veredas la Baja, Pantanos y Angosturas del Municipio de California.

### **1.7.2 Susceptibilidad Baja**

El rango de susceptibilidad baja se presenta principalmente en la parte occidental de la plancha. Se asocia a rocas metamórficas como el Neis de Bucaramanga y Ortoneis, esquistos de la Formación Silgara y algunas franjas de origen ígneo como es el Granito de Durania. Este tipo de rocas presentan una textura cristalina y estructuras bandeada, foliada y masiva, con desarrollo de algunos movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional, deslizamiento rotacional, reptación de suelos y caídas de roca en las veredas de Angosturas del Municipio de California y el corregimiento de Bábega del Municipio de Silos, influenciados por el desarrollo de suelo residual y el grado de meteorización moderado a muy alto, como la observada en el Granito de Durania.

### **1.7.3 Susceptibilidad Media**

El rango medio, predomina en los depósitos asociados a procesos glaciares, los cuales cubren la zona noroccidental de la Plancha. Además de rocas de origen sedimentario como shales, calizas, areniscas y conglomerados, pertenecientes a las formaciones Tambor, Tablazo, Paja, Rosa Blanca de edad cretácica y Girón de edad jurásica. El grado de meteorización de estas unidades se encuentra entre moderado a muy alto, con desarrollo de suelos residuales y movimientos en masa del tipo deslizamiento traslacional, flujos de tierra y detritos, ubicados principalmente en la vereda Gramalotico del Municipio de Suratá y en cercanías del casco urbano del Municipio de California.

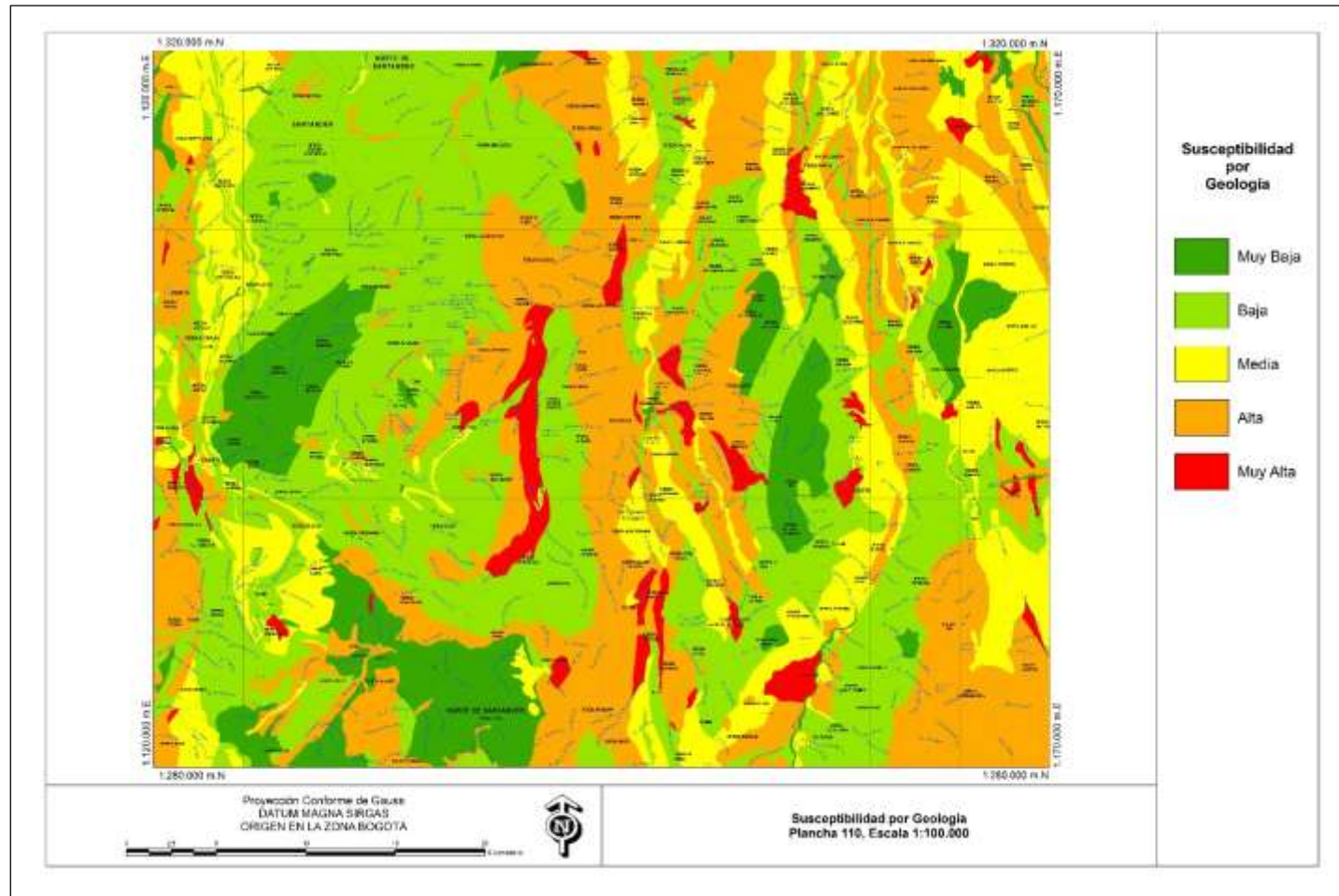
#### **1.7.4 Susceptibilidad Alta**

Los rangos de susceptibilidad alta se relacionan principalmente con los esquistos de la Formación Silgara, filitas, shale, y lodolitas, de las Formaciones Floresta, Umir, Capacho y Colón-Mito Juan. Este valor de susceptibilidad se distribuye en municipios como Suratá, Pamplona, Mutiscua, Pamplonita y Chitagá, sobre estos sectores se registraron movimientos en masa del tipo deslizamiento traslacional, rotacional y flujo de detritos, sobre suelo residual, que afectan el terreno.

#### **1.7.5 Susceptibilidad Muy Alta**

Las susceptibilidades muy altas se relacionan fundamentalmente con depósitos Coluviales, Derrubio, Talud, Derrumbes, Terraza, Conos de Deyección y franjas de la unidad Esquistos del Silgara, en el rango descrito se asocian procesos erosivos como algunos movimientos en masa, predominando las caídas y Flujos de detritos.

Posteriormente como resultado de este cálculo se obtiene el mapa de Susceptibilidad de la geología que se muestra en la Figura 10.



**Figura 10.** Mapa de la Susceptibilidad de la Geología de la Plancha 110-Pamplona.