



UPME 04-2014

**REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

**CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO
NUMERAL 3.2.1 GEOLOGÍA**



ESCALA SIN	FORMATO CARTA	CÓDIGO GEB EEB-U414-CT101223-L390-EST-1003_2.1	CÓDIGO CONTRATISTA EEB-U414-CT101223-L390-EST-1003_2.1	HOJA Página 1 de 17	REV 0
----------------------	-------------------------	---	--	----------------------------------	-----------------

**UPME 04-2014
REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	4
3.2 MEDIO ABIÓTICO	4
3.2.1 Geología	4
3.2.1.1 Área de influencia Indirecta	6
3.2.1.2 Área de influencia Directa	16

**UPME 04-2014
REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.2.1-1 Unidades litológicas presentes en el área de influencia indirecta	6
Tabla 3.2.1-2 Características de las fallas presentes en el área de influencia indirecta ...	12
Tabla 3.2.1-3 Nivel de Amenaza Sísmica para el Área de Estudio	14
Tabla 3.2.1-4 Zonas de inundación en el área de estudio	16
Tabla 3.2.1-5 Unidades geológicas en el AID	16
Tabla 3.2.1-6 Relación de los sitios de torre y unidades geológicas en el AID	16

**UPME 04-2014
REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.2.1-1 Localización del área de estudio	5
Figura 3.2.1-2 Mapa geológico del Área de Influencia Indirecta	7
Figura 3.2.1-3 Localización de las principales fallas inferidas en el Área de Influencia Indirecta (All)	11
Figura 3.2.1-4 Mapa de Amenaza sísmica	13
Figura 3.2.1-5 Mapa de Zonas susceptibles a la inundación (IDEAM, 2016)	15

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

3.2 MEDIO ABIÓTICO

3.2.1 Geología

En atención a la solicitud de información adicional requerida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA el día 17 de agosto de 2018, en el marco del trámite de licencia ambiental, iniciado mediante auto 03652 de 04 de julio de 2018, referente al requerimiento veinte tres (23) *“Ajustar el Estudio de Impacto Ambiental (capítulos) de conformidad con la definición del área de influencia del proyecto para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, y teniendo en cuenta la totalidad de los requerimientos anteriormente mencionados (caracterización ambiental, ambiental, demanda uso y aprovechamiento de recursos naturales, y evaluación de impactos ambientales)”*

La geología es la ciencia que trata, de la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación, de los cambios o alteraciones que estas han experimentado desde su origen¹, y que las llevan a su actual estado, como caracterización de estos cambios la cartografía geológica permite ver espacialmente, la evolución y cambios de la corteza terrestre con la interpretación superficial de los eventos evidenciados en el registro cronológico a partir de los diversos procesos de formación de la corteza terrestre. Esta evolución es interpretada gracias al registro estratigráfico y la posición cronológica de cada una de las unidades durante el paso de millones de años (Compton, 1970).

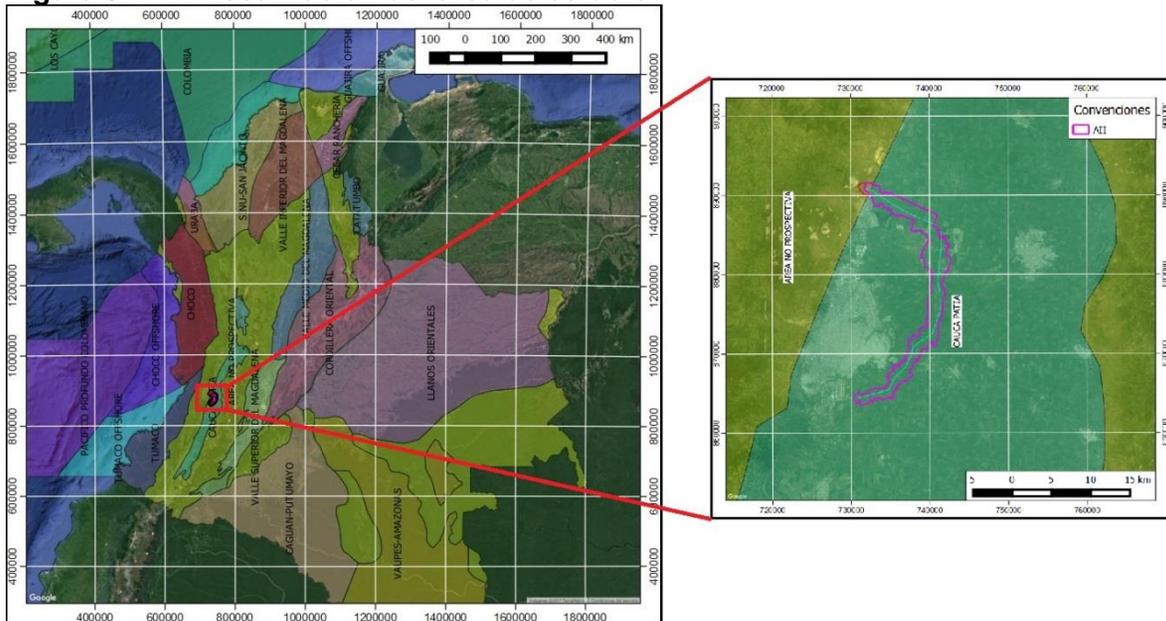
La geología y rasgos estructurales del área de estudio se describen teniendo en cuenta estudios existentes, haciendo énfasis en la composición litológica, rasgos estructurales presentes, identificación y descripción de zonas de amenazas naturales como remoción en masa, inundación y sismicidad.

El área de estudio se encuentra en el Departamento del Valle del Cauca en el occidente del país, específicamente en una cuenca sedimentaria ubicada entre las cordilleras central y occidental.

Geológicamente Colombia se encuentra dividida por cuencas sedimentarias, de acuerdo al mapa de cuencas, de la Agencia Nacional de Hidrocarburos las cuales se delimitan por rasgos característicos tanto de geoestructuras como de rasgos de relieve muy bien definidos, el área se encuentra ubicada en la zona identificada como Cuenca Cauca - Patía (ver Figura 3.2.1-1).

¹ Glosario Servicio Geológico Colombiano (S.G.C.). (2017), Recuperado de: <https://www2.sgc.gov.co/AtencionAICIudadano/Paginas/Glosario.aspx>

Figura 3.2.1-1 Localización del área de estudio



Fuente: ANH, 2010.

La Cuenca Cauca-Patía es una depresión intermontana alargada que se extiende en sentido N24°E por 440 km y que separa las cordilleras Central y Occidental de Colombia entre los 1° 20' y los 5° 5' de latitud norte (Hincapie, 2010).

Esta área se caracteriza por la presencia en superficie de unidades principalmente de edades Cenozoicas y Cuaternarias acumuladas por la dinámica del río Cauca. Las montañas que delimitan esta cuenca son una secuencia litológica relacionada con un arco volcánico a lo largo del margen continental, esta secuencia fue acrecionada sobre el escudo Precámbrico en el Paleozoico superior dando como resultado las rocas metamórficas que afloran (Mc. Court, 1984).

Los Basaltos toleíticos de la Formación Amaime (cordillera Occidental), representan una parte de la corteza oceánica Mesozoica inferior. En el Cretáceo inferior esta secuencia volcánica oceánica fue acrecionada sobre el bloque continental a lo largo del sistema de Fallas de Romeral, resultando un evento metamórfico dinamotérmico importante en las rocas Paleozoicas. Después de esta acreción un nuevo sistema de subducción se formó al Oeste del bloque continental. La Formación Volcánica representa una parte de la corteza oceánica relacionada con este sistema de subducción. Esta secuencia oceánica fue acrecionada sobre el bloque continental en el Cenozoico inferior (Paleoceno) a lo largo de la Falla del Cauca. El resultado de esta acreción fue una época de movimiento tipo fallamiento de rumbo a lo largo del Sistema Romeral. Después de esta acreción se formó la cuenca deposicional del Graben del Cauca, la cual está limitada al Oeste por una de las fallas del Sistema Romeral. La sedimentación continuó en esta cuenca durante el Cenozoico con la máxima fase de depositación en el Mioceno. En el Plio-Pleistoceno ocurrieron erupciones piroclásticas relacionadas con una cadena de volcanes a lo largo del eje de la Cordillera Central que produjo los depósitos de la Formación Popayán (M. Court, 1985).

La cartografía geológica realizada de la zona, incluye la identificación de las diferentes litologías, los aspectos estructurales relevantes de la zona de trabajo, así como las zonas de inestabilidad y/o potencialmente inestables que puedan afectar la construcción y operación del proyecto Alférez San Marcos. Se generó la cartografía geológica en unidades Litológicas a partir de estudios existentes y ajustada con sensores remotos y control de campo en donde la edad de las unidades geológicas se determinó de acuerdo a información existente y teniendo en cuenta la Carta estratigráfica global de la ICS (International Commission on Stratigraphy) de acuerdo al manual de metodología general para la presentación de Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT (2010), hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y de acuerdo a las unidades litológicas y nomenclatura identificada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

El alcance del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto Alférez San Marcos, se encuentra demarcado en la caracterización y definición de las características geológicas del área de influencia tanto indirecta como directa, en donde el área de influencia directa se realizó a una escala de salida de 1:50.000 y el área de influencia directa a una escala de salida de 1:25.000. De igual modo, el alcance se encuentra definido por los Términos de Referencia LI-TER 1-01 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT (2006).

3.2.1.1 Área de influencia Indirecta

En el área de influencia indirecta se identificaron 6 unidades litológicas (ver [Tabla 3.2.1-1](#)) que comprenden unidades sedimentarias no consolidadas de edad Cuaternario y unidades ígneas de edad Cretácica, estas unidades son resultado de la orogénesis Andina que causó el levantamiento de las tres cordilleras del territorio Colombiano.

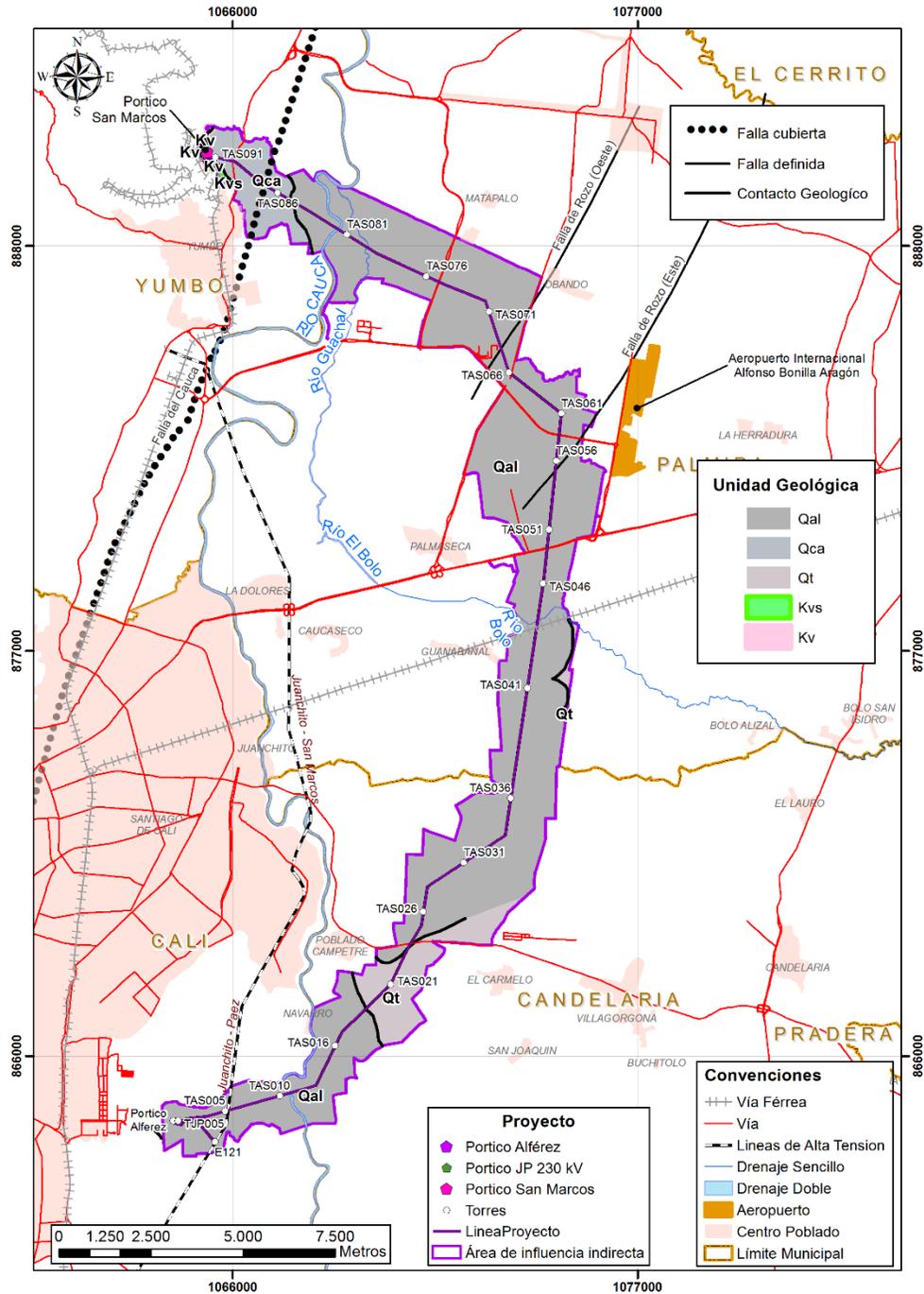
Tabla 3.2.1-1 Unidades litológicas presentes en el área de influencia indirecta

ERA	PERIODO	UNIDAD GEOLOGICA	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	AREA	
					(ha)	(%)
Cenozoico	Cuaternario	Depósitos aluviales	Qal	Depósitos inconsolidados de origen aluvial con un porcentaje mayor de arcillas	6192,24	86,06
		Conos Aluviales	Qca	Conos aluviales compuestos por cantos, guijarros y gravas	450,71	6,26
		Terrazas	Qt	aluviones inconsolidados relacionados a los ríos principales	537,36	7,47
Mesozoico	Cretácico	Formación Volcánica (Sedimentitas)	Kvs	Rocas sedimentarias dentro de Kv. Lutitas, areniscas, shales y cherts	11,56	0,16
		Formación Volcánica	Kv	Lavas basálticas, lutitas, shales y cherts	3,32	0,05
TOTAL					7195,19	100

Fuente: Modificado de Mapa Geológico plancha 280 y 300, SGC, 1985.

La ubicación espacial de las unidades geológicas se puede observar tanto en el anexo cartográfico - Geología, como en la [Figura 3.2.1-2](#).

Figura 3.2.1-2 Mapa geológico del Área de Influencia Indirecta



Fuente: Modificado de Mapa Geológico plancha 280 y 300, SGC, 1985.

- **Unidades litológicas**

Unidades del Cretácico

Las unidades de esta edad se encuentran localizadas en superficie, exclusivamente en el costado occidental de la subestación San Marcos, en donde se encuentra un cambio abrupto de relieve, en el límite de la cuenca sedimentaria del Valle – Patía al costado de la cordillera occidental.

Formación Volcánica (Kv)

Anteriormente nombrado por (Nelson, 1962) como el Grupo Diabásico, el nombre actual fue propuesto por (Aspden, 1984). La localidad tipo propuesta se encuentra sobre la carretera principal entre Cali y Dagua el autor le dio este nombre teniendo en cuenta que principalmente se trata de un conjunto de intercalaciones entre lavas basálticas a las cuales se le llama Formación Volcánica (Kv) y una segunda parte con la misma cronología que se trata de sedimentitas identificada como (Kvs).

Esta formación se encuentra subdividida en dos partes la formación Volcánica Kv constituida por lavas basálticas y la Formación Volcánica (sedimentitas) (Kvs) como se describió anteriormente. La sección de la “Formación Volcánica (sedimentitas)” (Kvs) se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias dentro de la “Formación volcánica” (Kv) esta principalmente conformada por lavas basálticas, en parte, almohadilladas y diabasas, estas dos unidades se encuentran relacionadas y localmente intercaladas (Mc Court, 1985).

Unidades del Cuaternario

Terrazas (Qt)

Son depósitos aluviales antiguos del río Cauca. Son depósitos heterogéneos en composición y textura, compuestos principalmente de cantos, guijarros y gravas con cantidades menores de arenas, limos y arcillas; tienen poca estratificación. (INGEOMINAS, 1985) En la Fotografía 3.2.1-1 se puede observar en general la morfología plana de las terrazas y la intervención antrópica por medio de canales que se utilizan en el área de estudio para irrigar los cultivos de caña en los depósitos de terraza.

Fotografía 3.2.1-1 Vista general de los depósitos de terraza (Qt) en el corte de un canal antrópico



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Conos Aluviales (Qca)

Los conos aluviales se encuentran concentrados en el flanco occidental de la Cuenca Valle del Cauca – Patía, se identifican por ser depósitos múltiples que tienen en general poca estratificación y están compuestos de cantos, guijarros y gravas con cantidades menores de arenas, limos y arcillas. Son depósitos dinámicos y su composición refleja la geología regional de la cordillera (Mc. Court, 1984).

Depósitos Aluviales (Qal)

Los depósitos aluviales son comunes a lo largo de los cursos de los ríos principales, consisten en depósitos clásticos gruesos a muy gruesos, de gravas estratificadas y relativamente bien seleccionadas, gravas arenosas y arenas con lentes de limos.

En el área de estudio se identificaron gravas polimícticas en tanto a tamaño y composición con intercalaciones de arenas y arcillas de color café

Esta unidad también se caracteriza por litologías de grano fino donde prevalecen principalmente las matrices arcillosas en la Fotografía 3.2.1-2 se puede evidenciar el material fino de estos depósitos.

Fotografía 3.2.1-2 Detalle de la litología de los Depósitos Aluviales de grano fino (Qal)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018

- **Rasgos estructurales**

La cordillera occidental cuenta con una morfología angosta y delgada de dirección general sur-norte, está delimitada de la cordillera central por el valle del río Cauca, la región se caracteriza por una compleja evolución tectónica consecuencia de la orogenia andina (Aspden, 1984).

La esquina noroccidental de Suramérica presenta una amplia zona de deformación conocida como el bloque Nor-Andino (J. N. Kellogg et al., 1985) generado por la convergencia de las placas Caribe, Nazca y Sur América y del Bloque Panamá-Chocó, último bloque acrecido al continente que genera la “Orogenia Andina” (Duque-Caro, 1990). Según datos de Coates et al. (1992; 2003; 2004) esta acreción inició hace aproximadamente 19 Ma y terminó hace 3.5 Ma.

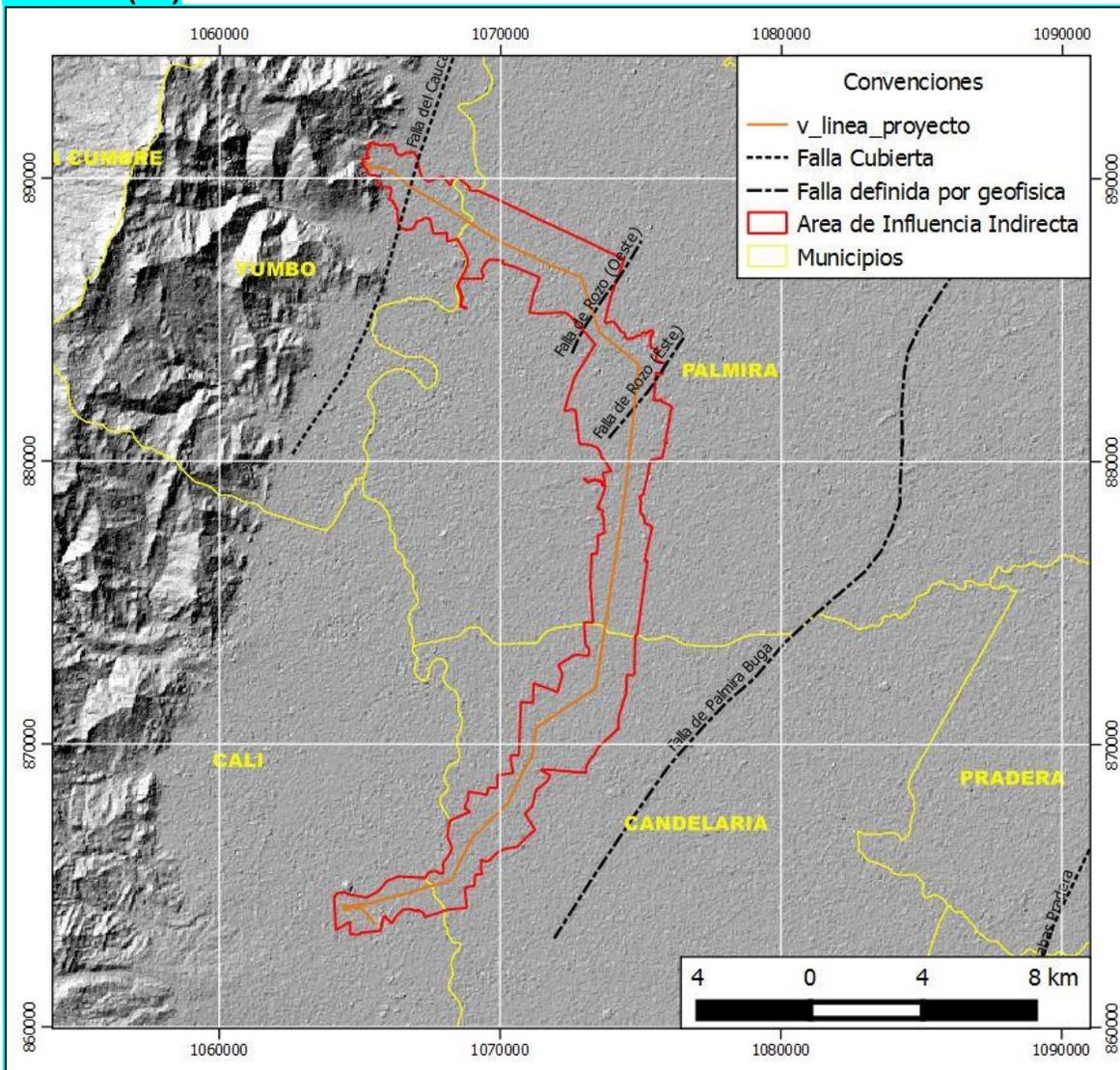
Kellogg et al. (1985) con la teoría de los mini-bloques sugiere que la corteza oceánica de Nazca está subduciendo rápidamente el Bloque Norte de los Andes y deslizándose hacia el oeste con respecto al bloque Panamá, este movimiento se da a lo largo de un límite de transformación lateral izquierdo. Este autor sostiene que el desplazamiento sinistral de las fallas de los Sistemas “Cauca-Romeral” y otras menores implica que las escamas más occidentales del bloque Andino están moviéndose al Sur en relación con el Oriente, contrario a la situación durante el Cenozoico. Freymueller et al. (1993) destaca que los desplazamientos sinistral de las escamas más occidentales de la Cuña Andina, Cauca-Romeral son evidencias de la primera compresión durante el Mioceno inferior; reporta zonas tensionales en la corteza y formación de estructuras NW sinistral.

El movimiento de los bloques causado por la subducción de la placa de nazca bajo la placa suramericana han generado esfuerzos que permiten el movimiento de dichos

bloques creando fallas regionales, tal como el sistema de fallas del Cauca que está relacionada con un cambio de ángulo en la subducción por el empuje de la placa de Nazca contra la Placa Sudamericana, estos esfuerzos definen las orientaciones Noreste a Suroeste de las fallas presentes en el Área de Influencia Indirecta (ver Figura 3.2.1-3).

De acuerdo al glosario de términos geológicos del Servicio Geológico Colombiano (SGC) una estructura se define como: “Formas geológicas características producto de eventos de deformación de la corteza terrestre” entre las que encontramos lineamientos, sinclinales, anticlinales y fallas, en la Figura 3.2.1-3 se pueden observar el trazado de las principales fallas que interviene el área de influencia indirecta, las cuales de acuerdo a las convenciones se pueden identificar de negro con un interlineado especial para fallas cubiertas y fallas identificadas por geofísica que no sin identificables en superficie.

Figura 3.2.1-3 Localización de las principales fallas inferidas en el Área de Influencia Indirecta (All)



Fuente: Modificado de SGC, Mapa Geológico de la plancha 300 y 280, 1985

Teniendo en cuenta el poco cambio de relieve el área y su geología tan homogénea, solo se identificaron 3 estructuras principales, las cuales se describen a continuación (Tabla 3.2.1-2).

Tabla 3.2.1-2 Características de las fallas presentes en el área de influencia indirecta

NOMBRE	LOCALIZACION	EXTENSION	TIPO	CONTACTO
Falla de Rozo (Oeste)	Esta falla se encuentra al Oeste del río Cauca entre los límites municipales del municipio de Yumbo y el municipio de Palmira	9,17 km	Falla definida por geofísica	Unidades cuaternarias
Falla de Rozo (Este)	Esta falla se encuentra al Este del río Cauca cerca del límite municipal (político) entre el municipio de Yumbo y el municipio de Palmira	13,12 km	Falla definida por geofísica	Unidades cuaternarias
Falla del Cauca	Esta falla se encuentra en la parte extrema norte del AII en el área política del municipio de Yumbo en cercanías a la subestación San Macos	63,36 km	cubierta	Unidades cuaternarias

Fuente: Modificado del Mapa Geológico del Departamento del Valle del Cauca, Ingeominas, 2001.

- **Amenazas naturales**

Las amenazas naturales están definidas como los elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas diferentes al mismo, el término natural se refiere específicamente, a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos y a los incendios que, por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades².

Remoción en masa

Esta amenaza natural se encuentra caracterizada y evaluada en el numeral 3.2.9 Geotecnia, en donde se realizó una zonificación con variables físicas para identificar zonas de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa.

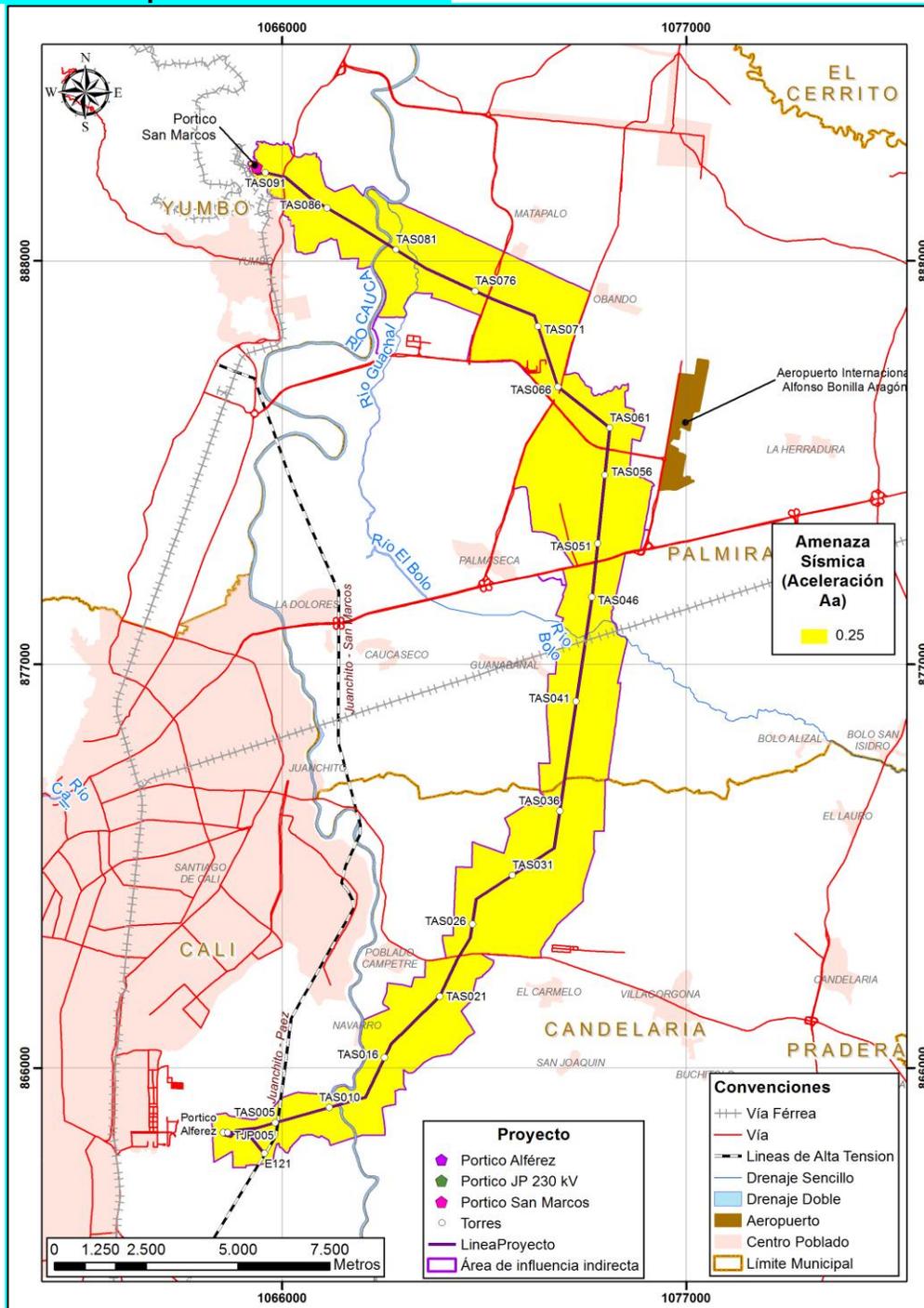
Amenaza sísmica

El parámetro utilizado en la nueva versión del mapa de amenaza sísmica es la aceleración pico del suelo o valores PGA (Peak Ground Acceleration), esta aceleración máxima (a nivel roca) “es el parámetro más empleado en estudios de amenaza sísmica para representar el movimiento del terreno, por lo cual se han propuesto diversos modelos de atenuación de este parámetro con la distancia y las propiedades del medio transmisor” (IDB-IDEA-ERN, 2008).

De acuerdo al mapa de amenaza sísmica realizado por el servicio geológico Colombiano y definido en la norma sismo resistente del año 2010 (NSR-10), el área de estudio se encuentra en una zona reconocida como amenaza intermedia (ver Figura 3.2.1-4).

² Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de los Estados Americanos. (1991). Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños. Washington, D.C.: Organización de los Estados Americanos.

Figura 3.2.1-4 Mapa de Amenaza sísmica



Fuente: Mapa de Amenaza sísmica y de valores Aa, S.G.C. en NSR-10, 2010.

La amenaza intermedia, está definida para aquellas regiones donde existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración pico efectiva entre 0,1 y menores o iguales a 0,2g (ver Tabla 3.2.1-3).

Tabla 3.2.1-3 Nivel de Amenaza Sísmica para el Área de Estudio

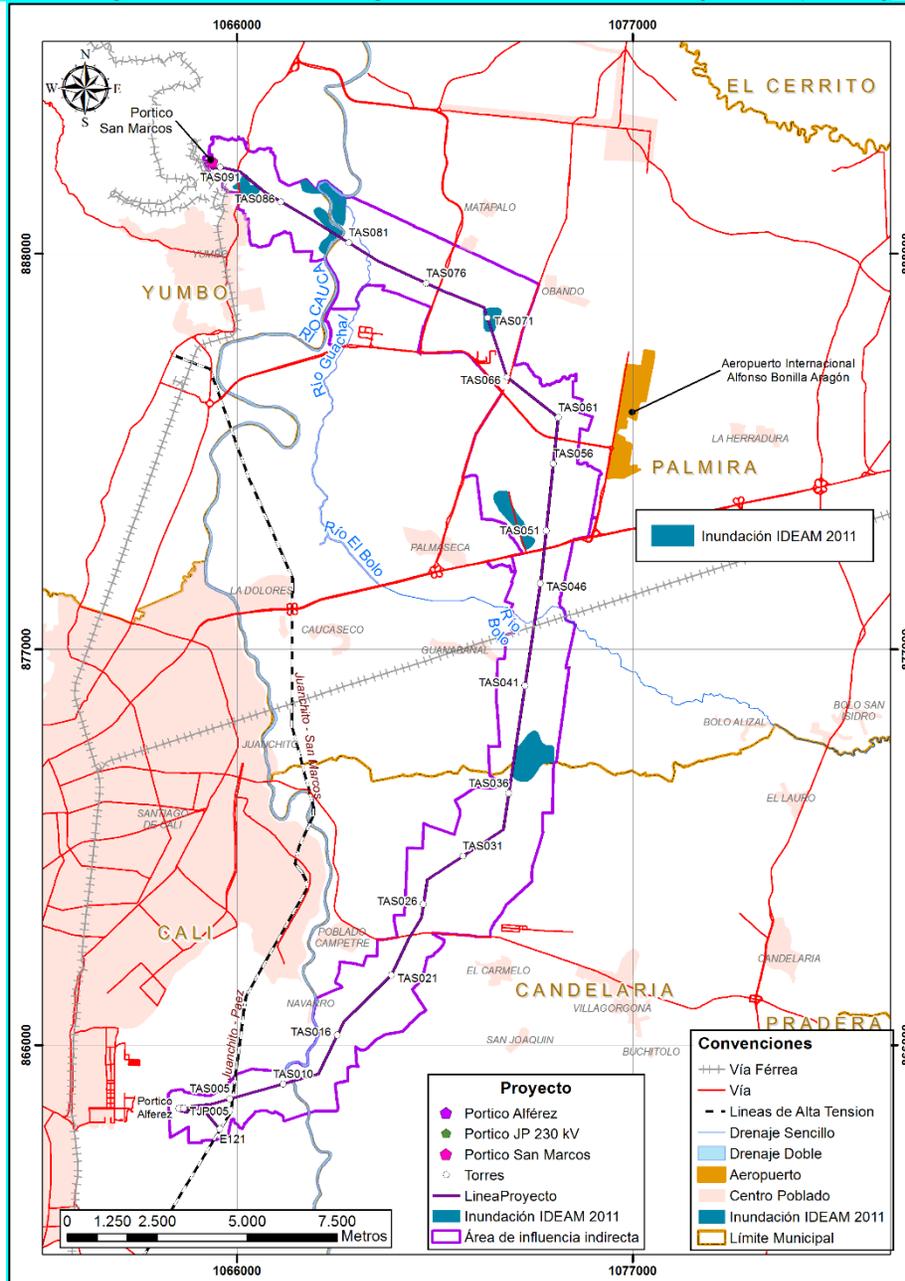
NIVEL DE AMENAZA	Aa	Descripción	Área (ha)	%
Amenaza sísmica intermedia	0,1 a 0,2	Regiones donde existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración pico efectivas mayores de 0.10g. y menores o igual de 0.20g. Alrededor del 22% del territorio Colombiano	7195,19	100

Fuente: Mapa de Amenaza sísmica y de valores Aa, NSR-10, 2010.

Inundación

Las inundaciones son fenómenos producidos por el aumento de caudales con desborde del cauce normal de los cuerpos de agua. En el Área de Influencia Indirecta se registran inundaciones en la llanura de inundación del río Cauca (ver Figura 3.2.1-5), las inundaciones ocurren en época de invierno sobre los bajos de los cuerpos de agua. Es de anotar que esta información está basada en el mapa del IDEAM 2016, “Áreas Afectadas por inundaciones evento niña 2010-2011 del Departamento del Valle del Cauca”, por lo cual son áreas que se inundan en eventos extraordinarios como el fenómeno de la niña ya que en periodos húmedos con dinámicas específicas en el año puede que no se evidencien áreas de inundación dentro del AII, se toma esta información teniendo en cuenta que se trata de un evento imprevisto y extremo que aumenta las cotas de inundación a un nivel máximo por lo cual el mapa nos muestra las áreas que se vieron inundadas en un periodo de lluvias intensas que no se repite anualmente pero se considera extremo.

Figura 3.2.1-5 Mapa de Zonas susceptibles a la inundación (IDEAM, 2016)



Fuente: IDEAM, 2016. Modificado por Consultoría Colombiana, 2018.

Las áreas que se encuentran como susceptibles a la inundación son áreas de relieve bajo que se encuentran en los costados del río Cauca al norte del área de influencia indirecta y ocupan un total del 4.38% del total del AII, las áreas sin una susceptibilidad a la inundación evidenciada en el fenómeno de la niña del 2010 – 2011 y que no fueron inundadas en este periodo, el cual se clasifica como un periodo extraordinario de lluvia ocupa el 95.62% del total del AII de acuerdo al mapa del IDEAM 2016, “Áreas Afectadas

por inundaciones evento niña 2010-2011 del Departamento del Valle del Cauca”, (Tabla 3.2.1-4).

Tabla 3.2.1-4 Zonas de inundación en el área de estudio

Susceptibilidad a inundación	Departamento	Municipio	Área (ha)	Área de estudio (%)
Zonas susceptibles a inundación	Valle del Cauca	Yumbo, Palmira y Candelaria	315,20	4,38
Zonas sin susceptibilidad a la inundación			6879,99	95,62
Total			7195,19	100

Fuente: IDEAM, 2016. Modificado por Consultoría Colombiana, 2018

3.2.1.2 Área de influencia Directa

Con base en las características litológicas, geomorfológicas y estructurales del trazado del Proyecto Alférez San Marcos, se realizó una sectorización del área de estudio, cuyos tramos presentan características similares, es importante tener en cuenta que las unidades geológicas cubren amplias áreas.

En el AID se identifican 3 unidades geológicas (ver Tabla 3.2.1-5) de edad Cuaternario, estas unidades están ampliamente distribuidas por toda el área,

Tabla 3.2.1-5 Unidades geológicas en el AID

PERIODO	UNIDAD GEOLOGICA	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
Cuaternario	Depósitos aluviales	Qal	Depósitos inconsolidados de origen aluvial con un porcentaje mayor de arcillas
	Conos Aluviales	Qca	Conos aluviales compuestos por cantos, guijarros y gravas
	Terrazas	Qt	aluviones inconsolidados relacionados a los ríos principales

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018

Las torres contempladas y las unidades geológicas se describen a continuación (Tabla 3.2.1-6), en donde se evidencia que todos los sitios de torres se encuentran en unidades recientes de edad Cuaternaria, entre las unidades que se encuentran en los sitios de torre están los Depósitos aluviales, las Terrazas y los Conos Aluviales.

Tabla 3.2.1-6 Relación de los sitios de torre y unidades geológicas en el AID

Línea Alférez - San Marcos 500kV			
TORRE		UNIDAD GEOLOGICA	
DESDE	HASTA	SIMBOLO	NOMBRE
Pórtico Alférez	TAS019	Qal	Depósitos aluviales
TAS020	TAS022	Qt	Terrazas
TAS023	TAS085	Qal	Depósitos aluviales
TAS086	Pórtico San Marcos	Qca	Conos Aluviales
Conexión Juanchito -Pance a 230kV			
TORRE		UNIDAD GEOLOGICA	
Pórtico LT 230 kV JP	E121	Qal	Depósitos aluviales

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018