

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “REALINEACIÓN PARA
AMPLIACIÓN DE LA SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO DEL CANAL DE
NAVEGACIÓN PERIMETRAL MARÍTIMA EN EL NORTE DE LA ISLA SANTA
ANA”**



CAPÍTULO 12. ANÁLISIS DE RIESGOS

Realizado por:



Preparado para:



Guayaquil, septiembre del 2018

CONTENIDO

CAPÍTULO 12. ANÁLISIS DE RIESGOS	12-1
12.1 RIESGOS DEL PROYECTO HACIA EL AMBIENTE (Endógenos)	12-1
12.1.1 Metodología	12-1
12.1.1.1 Factor de severidad de las consecuencias (C)	12-2
12.1.1.2 Factor de exposición del riesgo (E)	12-2
12.1.1.3 Factor de ocurrencia del accidente (P)	12-3
12.1.2 Análisis de Riesgos Endógenos	12-3
12.2 Riesgos del Ambiente al Proyecto	12-5
12.2.1 Riesgo Sísmico	12-7
12.2.2 Deslizamiento	12-11
12.2.2.1 Erosión del suelo	12-12
12.2.3 Riesgo de Inundación	12-14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 12-1 Valor índice de William Fine	12-1
Tabla 12-2. Grado de severidad de las consecuencias	12-2
Tabla 12-3. Factor de exposición del riesgo	12-2
Tabla 12-4. Probabilidad de ocurrencia del accidente	12-3
Tabla 12-5. Resultados del análisis de riesgos del proyecto hacia el ambiente	12-4
Tabla 12-6. Análisis de riesgos físicos	12-6
Tabla 12-7. Sismos de mayor magnitud registrados en el país	12-9

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 12-1 Área de Ejecución del Proyecto	12-7
Figura 12-2 El Esquema Tectónico Regional del Territorio Ecuatoriano	12-8
Figura 12-3 Mapa de deslizamientos	12-12
Figura 12-4 Susceptibilidad de terrenos inestables	12-13
Figura 12-5 Mapa de Erosión	12-14

CAPÍTULO 12. ANÁLISIS DE RIESGOS

12.1 RIESGOS DEL PROYECTO HACIA EL AMBIENTE

12.1.1 Metodología

Para el desarrollo del análisis de Riesgo del proyecto al ambiente se empleó una modificación de la metodología propuesta por William T. Fine para la evaluación matemática de Análisis de Riesgo. Esta metodología plantea el análisis de cada riesgo en base a tres factores o criterios determinantes de su peligrosidad, dichos criterios son:

- **Consecuencias (C).** - normalmente esperadas en caso de producirse el accidente.
- **Exposición (E).** - al riesgo, tiempo que el ambiente se encuentra expuesto al riesgo de accidente.
- **Probabilidad (P).** - que el accidente se produzca cuando está expuesto al riesgo.

El Grado de Peligrosidad (GP) se obtiene finalmente como el resultado de la multiplicación de la consecuencia (C), exposición (E) y probabilidad (P), el cual es comparado con la tabla de valor índice de William Fine para obtener una valoración cualitativa de los riesgos analizados.

$$GP = C * E * P$$

GP: Grado de Peligrosidad

C: Consecuencias

E: Exposición

P: Probabilidad

Tabla 12-1 Valor índice de William Fine

Valor índice de William fine	Interpretación
0 < GP < 18	Bajo
18 < GP ≤ 85	Medio
85 < GP ≤ 200	Alto
GP > 200	Crítico

12.1.1.1 Factor de severidad de las consecuencias (C)

Para evaluar la consecuencia se debe analizar los resultados que serían generados por la materialización del riesgo estudiado. En este caso, se modifican los parámetros de evaluación para adaptarse al proyecto, estableciendo la distancia alcanzada por el impacto negativo como factor para la valoración de la consecuencia. A continuación, se presenta la tabla empleada para la valoración de este factor.

Tabla 12-2. Grado de severidad de las consecuencias

Grados de severidad de las consecuencias	Valor
Afectación de todo el Ecosistema (Flora y Fauna)	100
Afectación a los recursos agua, aire y suelo	50
Afectación a dos recursos (agua, aire o suelo)	25
Afectación a un solo recurso (agua, aire, o suelo)	15
Afectación puntual al área	5
Afectación al paisaje	1

Elaborado por: Consulsua C. Ltda., 2018

12.1.1.2 Factor de exposición del riesgo (E)

Para la exposición, se valora la frecuencia en la que se produce una situación capaz de desencadenar un accidente realizando la actividad analizada. Para ello, se emplea la siguiente tabla en la que se establecen las posibles valoraciones para este factor.

Tabla 12-3. Factor de exposición del riesgo

Factor de exposición del riesgo	Valor
Continuamente (muchas veces al día)	10
Frecuentemente (1 vez al día)	6
Ocasionalmente (1 vez/semana)	3
Irregularmente (1 vez/mes)	2
Raramente (1 vez/año)	1
Remotamente posible (no se conoce que haya ocurrido)	0,5

Elaborado por: Consulsua C. Ltda., 2018

12.1.1.3 Factor de ocurrencia del accidente (P)

Para evaluar la probabilidad de ocurrencia del accidente se tiene en cuenta el momento que puede dar lugar a un accidente y se estudia la posibilidad de que termine en accidente. Para lo cual se emplea la siguiente tabla de valoración.

Tabla 12-4. Probabilidad de ocurrencia del accidente

Probabilidad de ocurrencia del accidente	Valor
Es el resultado más posible y esperado, si se presenta la situación de riesgo	10
Es completamente posible, no sería nada extraño 50% posible	6
Sería una consecuencia o coincidencia rara	3
Sería una coincidencia remotamente posible, se sabe que ha ocurrido	1
Extremadamente remota pero concebible, no ha pasado en años	0,5
Prácticamente imposible (posibilidad 1 en 1'000.000)	0,1

Elaborado por: Consulsua C. Ltda., 2018

12.1.2 Análisis de Riesgos Endógenos

Los riesgos detectados del proyecto hacia el ambiente para las actividades analizadas son:

- Las fallas mecánicas (equipo)
- Derrames de combustible
- Explosiones
- Fallas operativas (del operador)
- Incendios

Los resultados obtenidos en cuanto al análisis de los riesgos expuestos previamente se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 12-5. Resultados del análisis de riesgos del proyecto hacia el ambiente

Riesgo	Factor Ambiental				
	Grado de Peligrosidad				
	(C)	(E)	(P)	Índice de valoración	Interpretación
Las fallas mecánicas (equipo) pueden ser indicadores de corrosión de los componentes de la maquinaria, siendo un riesgo de afectación de los recursos agua y aire.	25	1	0.5	12.5	Bajo
Derrames de combustible, aceites, ocasionados por falta de mantenimiento de los transportes marítimos.	25	1	0.5	12.5	Bajo
El manejo inadecuado de los motores de las instalaciones o por el almacenamiento de insumos (químicos) puede producir explosiones, siendo un riesgo de afectación puntual al área.	5	0.5	0.5	1.25	Bajo
Incendio por presencia de una chispa o fuente de calor extremo en algún derrame de combustible, siendo una afectación puntual al área.	5	0.5	0.5	1.25	Bajo
Fallas operativas (operador) es por ausencia total de procedimientos suficientemente efectivos de mantenimiento de equipos, causando un riesgo puntual del área de operación.	5	1	1	5	Bajo

Elaborado por: Consulsua C. Ltda., 2018

- Las fallas mecánicas (equipo) pueden ser indicadores de corrosión de los componentes de la maquinaria, siendo un riesgo de afectación a dos recursos agua y aire, el factor de exposición se establece raramente (1/año) y su probabilidad es extremadamente remota concebible, no ha pasado en años.
- En el caso de un derrame de combustible, aceites, ocasionados por falta de mantenimiento de los transportes marítimos podría ocasionar una afectación a los recursos agua y suelo, el factor de exposición se establece raramente (1/año) y su probabilidad es extremadamente remota concebible, no ha pasado en años.

- En el caso de suscitarse incendios por el almacenamiento de insumos (químicos) o por el manejo inadecuado de los motores de la instalación, se prevé que el factor de exposición a este riesgo tendría una afectación puntual al área, se determina como remotamente posible (no se conoce que haya ocurrido), la probabilidad sería extremadamente remota concebible, no ha pasado en años.
- Las fallas operativas (operador) es por ausencia total de procedimientos suficientemente efectivos de mantenimiento de equipos, causando un riesgo puntual del área de operación, el factor de exposición se establece raramente (1/año) y su probabilidad sería una coincidencia remotamente posible, se sabe que ha ocurrido.
- En el caso de suscitarse incendio por presencia de una chispa o fuente de calor extremo en algún derrame de combustible, se prevé que el grado de severidad a este riesgo tendría una afectación puntual al área, tendría un factor de exposición remotamente posible (no se conoce que haya ocurrido), la probabilidad sería extremadamente remota concebible, no ha pasado en años.

12.2 RIESGOS DEL AMBIENTE HACIA EL PROYECTO

El análisis de riesgos en la zona, permite conocer los daños potenciales que pueden surgir por un proceso realizado o previsto o por un acontecimiento futuro. El riesgo de ocurrencia es la combinación de la probabilidad de que ocurra un evento negativo con la cuantificación de dicho daño. La evaluación se realizó utilizando una matriz de riesgo adoptada de la Evaluación de Riesgos para el Manejo de los Productos Químicos Industriales y Desechos Especiales en el Ecuador (Fundación Natura, 1996), la cual califica al componente en base a la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, sus consecuencias y a la vez, permitió identificar espacialmente la magnitud del riesgo en un lugar determinado. Esta matriz se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 12-6. Análisis de riesgos físicos

P R O B A B I L I D A D	5	MUY PROBABLE (MÁS DE UNA VEZ AL AÑO)					
	4	BASTANTE PROBABLE (UNA VEZ POR AÑO)					
	3	PROBABLE (UNA VEZ CADA 10 A 100 AÑOS)					
	2	POCO PROBABLE (UNA VEZ CADA 100 A 1000 AÑOS)					
	1	IMPROBABLE (MENOS DE UNA VEZ CADA 1000 AÑOS)					
			NO IMPORTANTES	LIMITADAS	SERIAS	MUY SERIAS	CATASTRÓFICAS
			A	B	C	D	E
CONSECUENCIAS							

Fuente: Fundación Natura (1996)

La probabilidad de ocurrencia es calificada en una escala de 1 a 5, donde el valor 5 corresponde a una ocurrencia muy probable, de por lo menos una vez por año y el valor de 1 corresponde a una ocurrencia improbable o menor a una vez en 1000 años. Las consecuencias son calificadas en una escala de A - E, donde A corresponde a consecuencias no importantes y E corresponde a consecuencias catastróficas.

La evaluación del riesgo físico permite tener una visión clara respecto a los riesgos naturales potenciales que podrían afectar la estabilidad de las obras proyectadas y su área de influencia.

El propósito principal de la evaluación fue determinar los peligros que podrían afectar las obras, su naturaleza y gravedad.

Sobre la base de la información generada en el ESIA, el análisis de literatura publicada y en base a los recorridos en campo se identificó cuatro componentes que presentan riesgos o peligros del medio físico sobre las obras en estudio. Estos son sísmicos, volcánicos, geotécnicos e hidrológicos.

Figura 12-1 Área de Ejecución del Proyecto



Fuente: Google earth

Elaborado por: Consulsua C. Ltda., 2018

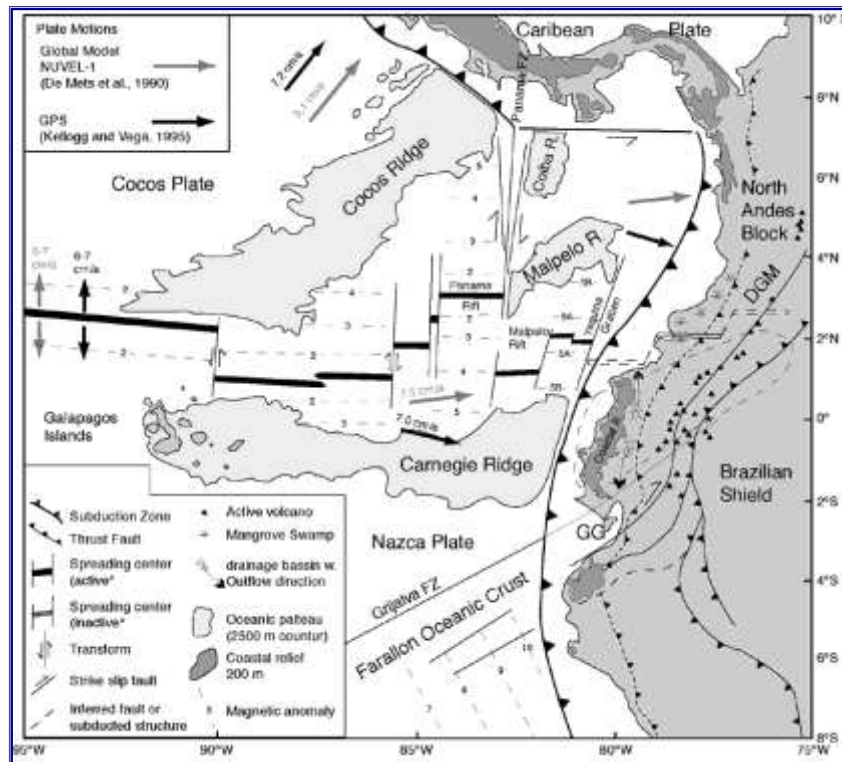
12.2.1 Riegos Geológicos

12.2.1.1 Riesgo Sísmico

La ejecución del presente estudio se basó principalmente en la revisión y análisis de algunos de los estudios de peligrosidad sísmica realizados anteriormente para otros proyectos, así como a las publicaciones de diversos autores sobre la sismicidad y tectónica del Ecuador y de la parte noroccidental de Sudamérica. Este análisis no pretende ser un estudio completo y exhaustivo, sino más bien, a la luz de la información disponible, se intenta proveer sobre información de criterios sobre aspectos sismo tectónicos regionales, así como de recomendaciones sobre el peligro sísmico que aporten para conocer al sitio donde se instala el proyecto.

Para el análisis del presente subtema, es necesario tener un enfoque regional de los mismos, por tal motivo a continuación se describen los principales sistemas de fallamiento activo que afectan al Ecuador. Estos se encuentran ampliamente descritos en diferentes trabajos, bien conocidos dentro de la literatura especializada. Para evaluar el potencial sísmico que puede afectar al área de estudio se ha tomado como base al Mapa Sismotectónico del Ecuador. Esta información fue adaptada de la mejor forma posible de acuerdo a la matriz de riesgo presentada en esta sección. El esquema tectónico regional en el cual se encuentra inmerso el territorio ecuatoriano se presenta en la siguiente figura, tomado de Gutschner et al. (1999).

Figura 12-2 El Esquema Tectónico Regional del Territorio Ecuatoriano



Fuente: GUTSCHER et al. (1999)

Sobre la base de la información consultada, las fallas activas principales que tiene influencia en el territorio ecuatoriano son:

- El sistema de fallas transcurrentes dextrales, relacionado con el movimiento hacia el NE del bloque andino noroccidental, en el contexto de interacción de placas.
- El sistema de fallas inversas del frente andino oriental absorbe la deformación compresiva E-W del bloque andino septentrional, con respecto al continente sudamericano.
- Las fallas inversas de dirección norte - sur del Callejón Interandino y de las cuencas intra-montañas australes, se consideran como el efecto de la interacción de los sistemas anteriores.
- Algunas fallas activas, están relacionadas con la reactivación de discontinuidades antiguas que separan los grandes conjuntos litológicos del Ecuador.

Como referencia se ha revisado el Catálogo de Terremotos del Ecuador elaborado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (1990), el mismo que incluye los datos más actualizados de sismos históricos para el país. (EPN, 2000).

Los eventos que constan en el catálogo muestran los epicentros de los sismos históricos registrados en el área de influencia para el presente estudio, notándose una gran concentración de epicentros en el lado occidental de la zona de estudio.

Tabla 12-7 Sismos de mayor magnitud registrados en el país

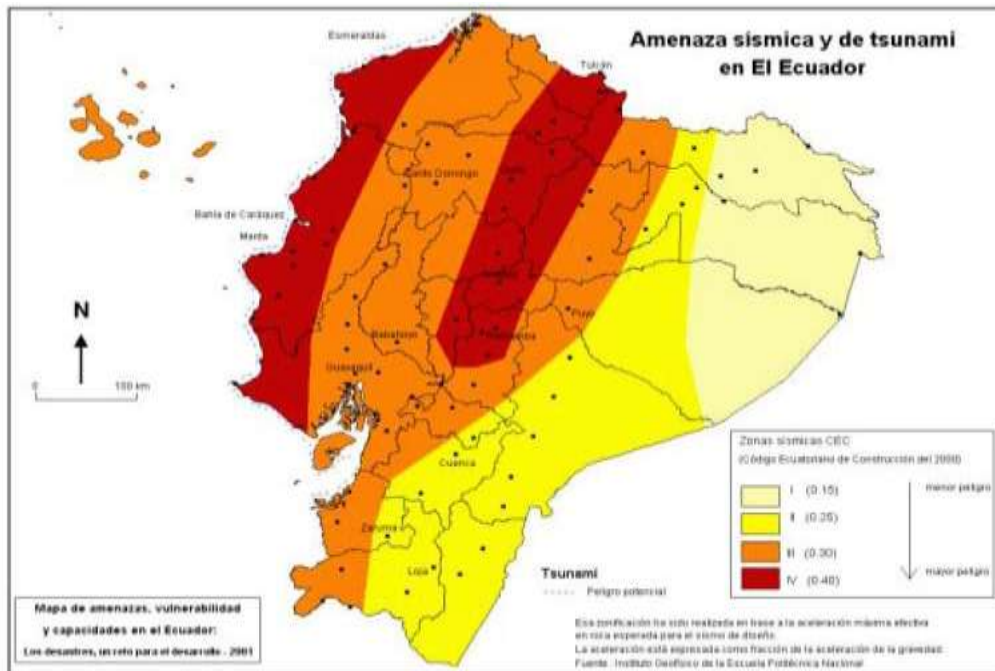
Fecha	Ubicación	Magnitud (Ms)
16 de agosto de 1868	Ibarra	7,8
31 de enero de 1906	Esmeraldas	8,7
13 de mayo de 1942	Océano Pacífico, frente a Cabo San Lorenzo (Manabí).	8,0
05 de agosto de 1949	Ambato (epicentro en Pelileo)	7,8
11 de marzo de 1955	Ibarra, Otavalo y Cayambe	6,8
12 de diciembre de 1979	Esmeraldas	7,8
18 de agosto de 1980	A 65 kilómetros al sureste de Guayaquil.	7,5
06 de marzo de 1987	Napo	6,9
4 de agosto de 1998	Bahía de Caráquez	7,1
28 de septiembre del 2000	Bahía de Caráquez (el epicentro se ubicó costa afuera)	6,6
16 de abril de 2016	Pedernales	7,6

Fuente: Terremotos Tsunami génicos en el Ecuador

La figura que se presenta a continuación indica las zonas más afectadas por terremotos de intensidad mayor a VIII en la escala modificada de Mercalli, desde 1541 hasta 1998. En general, la zona interandina desde Tulcán hasta Chimborazo ha sido la más afectada. En la región litoral, los terremotos se han manifestado en forma de tsunamis, las zonas de mayor riesgo son Esmeraldas y Manabí.

Además la figura muestra las zonas de riesgo sísmico y de tsunamis en el Ecuador, en donde toda la franja occidental costera del país y toda la Sierra norte (desde Tulcán hasta Riobamba incluyendo Quito) está clasificada como zona de alto peligro (Zona IV). Las ciudades de San Lorenzo, Santo Domingo, Babahoyo, Durán y Guayaquil pertenecen a una zona de 150 km de ancho (que se extiende desde el sub andino occidental hasta la zona litoral) para la cual el peligro es relativamente alto (Zona III). Mientras más se va hacia el Oriente, menor es el peligro.

Figura 12-1. Zonas de amenaza Sísmica y de Tsunamis en el Ecuador



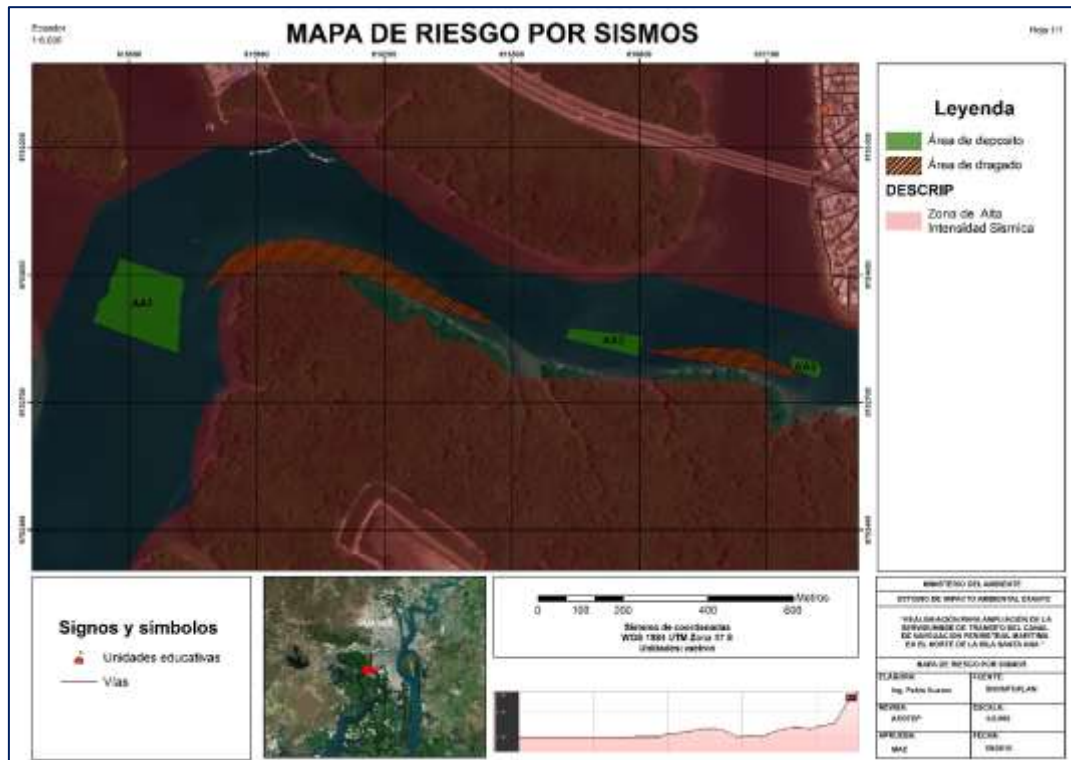
Fuente: Cartografía de Riesgos y capacidades en el Ecuador, Demoraes y D'Ercole†, 2001

En lo que corresponde al parámetro PROBABILIDAD de dicha matriz corresponden a un análisis determinativo del peligro sísmico, por lo que no se dispone de los datos de probabilidad de ocurrencia de las aceleraciones calculadas; sin embargo, se han considerado valores generales de período de retorno para sistemas tectónicos regionales y que están disponibles en la información disponible en el Instituto de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional.

Para eventos pertenecientes al sistema transcurrente dextral y de tipo inverso, se consideran períodos de retorno de 200 a 500 años (DNDC, 1992) por lo que fueron calificadas 2. Para sismos generados en el fallamiento inverso del callejón interandino, se consideran períodos de retorno superiores a los 1.000 años.

Se ha determinado que el sitio se encuentra en una zona de riesgo sísmico alto asociada al sistema de fallas conjugadas. Por las consideraciones realizadas el área del proyecto es catalogada de **ALTO** riesgo sísmico (**4D**). Esta calificación indica que estos riesgos pueden ocurrir una vez por año y de ocurrir las consecuencias serían muy serias.

Figura 12-2 Riesgo Sísmico en el Área del Proyecto



Fuente: SNI, 2002

Elaborado por: Consulsua C. Ltda., 2018

12.2.1.2 Deslizamiento

Las evidencias históricas acreditan que, en varias zonas de Ecuador, en un periodo de 10 años se produce un máximo de 10 deslizamientos, por lo que se podría atribuir un promedio de un deslizamiento por año.

Como se puede observar en la siguiente figura, el nivel de amenaza por deslizamiento es **BAJO**. Sin embargo, el área donde se asienta el proyecto es un área de relieve plano donde los deslizamientos de tierra **No Importantes**. Por lo tanto, según la metodología del presente análisis es improbable que ocurran deslizamientos en la zona de implantación del proyecto de la Ampliación del Muelle Terminal Portuario de Guayaquil.

Por lo tanto, en caso que el evento se presentará la calificación para el riesgo de deslizamiento según la metodología utilizada para el presente análisis es **Improbable** (Menos de una vez cada 1000 años) y sus consecuencias serían No Importantes, es por ello que el riesgo de deslizamiento se califica como: (1A).

Figura 12-3 Mapa de deslizamientos



Fuente: SNI, 2002

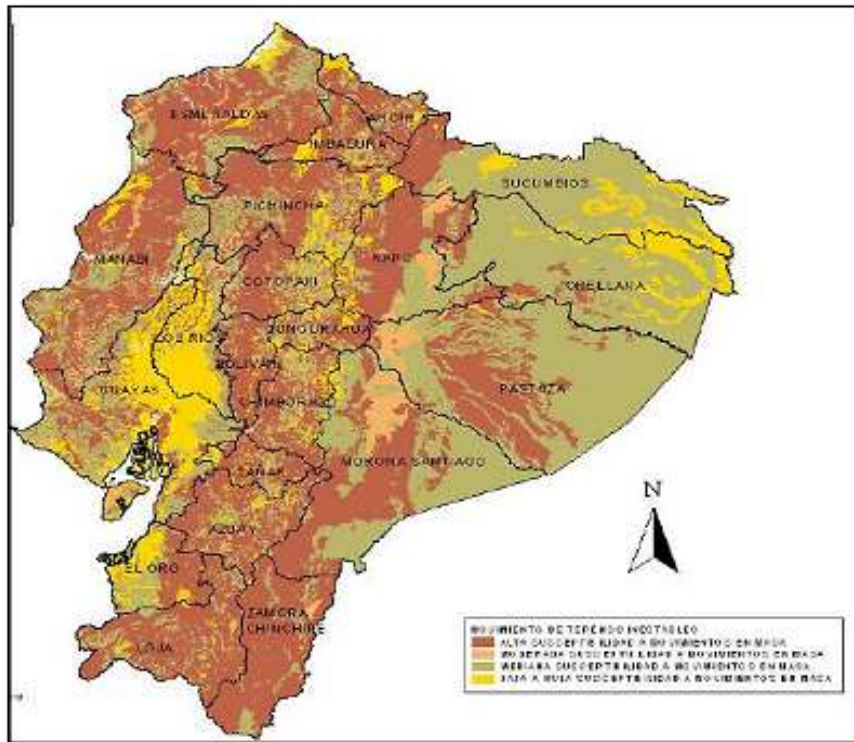
Elaborado por: Consulsua C. Ltda., 2018

12.2.1.3 Erosión del suelo

El riesgo geológico se refiere a la mayor o menor susceptibilidad de las formas de relieve a mantenerse en equilibrio, en el momento en que uno o varios factores son afectados por agentes externos. El análisis de factores tales como: pendiente, suelos, tipo de roca, tectónica, sismicidad y clima da como resultado la identificación de áreas que presentan o no riesgos geomorfológicos (potenciales) de inestabilidad. En Ecuador es usual que se conjuguen los fenómenos geodinámicos con agentes antrópicos que desencadenan una serie de eventos relacionados con procesos de inestabilidad como: hundimientos, derrumbes, deslizamientos, entre otros con mucha ocurrencia.

En cuanto a la susceptibilidad de terrenos inestables en la siguiente figura, tomada del Plan Estratégico para la Reducción del Riesgo en el Territorio Ecuatoriano se puede apreciar que las áreas de alto riesgo de movimientos de masas se localizan en la región interandina, subandina y parcialmente en la región litoral.

Figura 12-4 Susceptibilidad de terrenos inestables



Fuente: Plan Estratégico de Reducción de Riesgo en Ecuador.

De acuerdo a lo establecido en el mapa de propensas a erosión y movimientos en masa, el proyecto se encuentra en zonas con susceptibilidad moderada a la erosión, y zonas sin susceptibilidad a la erosión. Se puede calificar el sitio como una Zona **Moderado**. Con una probabilidad **(menos de una vez cada 1000 años)**, siendo consecuencias no importantes **(1A)**.

Figura 12-5 Mapa de Erosión



Fuente: SNI, 2002

Elaborado por: Consulsua C. Ltda., 2018

12.2.2 Riesgos atmosféricos

12.2.2.1 Riesgo de Inundación

Los poblados cercanos al área de influencia de las actividades de ampliación del canal marítimo, según información cartográfica son propensas a inundaciones por lo que el riesgo es **BAJO** por ser probable (una vez cada 10 a 100 años) y con consecuencias limitadas: **3B**.

Figura 12-3. Mapa de Zonas Propensas a Inundaciones (poblados que se encuentran en el área de influencia del proyecto)



Fuente: SNI, 2002

Elaborado por: Consulsua C. Ltda., 2018

12.2.3 Análisis de Riesgos Exógenos

Mediante la tabla a continuación, se presentan las conclusiones del análisis de riesgos del medio físico del ambiente al proyecto desarrollado previamente en el presente capítulo.

Tabla 12-8 Resultados del análisis de riesgos del ambiente al proyecto o actividad

Riesgos Geológicos	Valoración	Interpretación
Sismos	4D = "ALTO"	Los riesgos pueden ocurrir una vez por año, en caso de ocurrir sus consecuencias serían Muy Serias.
Deslizamiento	1A = "BAJO"	Los riesgos pueden ocurrir menos de una vez cada 1000 años y, en caso de ocurrir, las consecuencias serían No importantes.
Erosión del suelo	1A = "BAJO"	Los riesgos pueden ocurrir menos de una vez cada 1000 años, las consecuencias serían No importantes
Riesgos Atmosféricos	Valoración	Interpretación
Inundaciones	3B = "BAJO"	Los riesgos pueden ocurrir una vez cada 10 a 100 años y, en caso de ocurrir sus consecuencias serían Limitadas.

Elaborado por: Equipo consultor, 2018