

Riesgo por deslizamiento en el sector de "Mal Paso", Tumbes, Perú

Slip risk in the "Mal Paso" Sector, Tumbes, Peru

Luis Cornejo A.; Reyner Marchán P.; Eber Gines T*

Resumen

El riesgo por deslizamiento de suelos en el sector "Mal Paso", Provincia Contralmirante Villar, en épocas de precipitaciones pluviales, siendo vulnerable la transitabilidad, interrumpiendo la carretera Panamericana Norte vía internacional más importantes del país, poniendo en riesgo el tránsito vehicular y la seguridad de sus tripulantes. Siendo necesaria la evaluación del riesgo por deslizamientos de suelos en el sector "Mal Paso" para poder aplicar técnicas de control de erosión. Para lo cual se realizó un análisis hidrológico, topográfico, cobertura vegetal y estudio de suelos, analizando, la textura, profundidad y pedregosidad, aplicando técnicas SIG. Calculando el riesgo de erosión potencial y el riesgo de erosión actual; resultando 85% de área total (2.87 has) presenta alto riesgo de erosión potencial, 15% es moderado; la cobertura vegetal, 68% presenta alto riesgo de erosión actual, 31% es moderado y solo 1% bajo. Concluyendo que el área presenta alta erodabilidad, por la escasa cobertura vegetal, pendiente muy pronunciada y por la agresividad climática. Información necesaria para adoptar las estrategias públicas a fin de mitigar los efectos reforestando la zona, incorporando mallas geosintéticas y zanjas de infiltración para reducir la energía potencial del agua de escorrentía.

Palabras clave: Hidrología; riesgo de erosión potencial; riesgo de erosión actual.

Abstract

The slip risk in the sector "Mal Paso", Provincia Contralmirante Villar, in times of rain, with transability being vulnerable, interrupting the Pan-American Highway via the most important international routes in the country, endangering vehicular traffic and security of its crew. It is necessary to evaluate the risk of landslides in the sector "Mal Paso" in order to apply erosion control techniques. For which a hydrological, topographic analysis, vegetation covers and soil study was carried out, analyzing, texture, depth and stoniness, applying GIS techniques. calculating the risk of potential erosion and the current risk of erosion; resulting 85% of total area (2.87 hectares) presents a high risk of potential erosion, 15% is moderate; plant cover, 68% present high risk of erosion, 31% is moderate and only 1% low. Concluding that the area presents high erodability, due to the scarce vegetation cover, very steep slope and climatic aggressiveness. Information necessary to adopt public strategies to mitigate the effects of reforesting the area, incorporating geosynthetic meshes and excavating infiltration ditches to reduce the potential energy of runoff water.

Keywords: Hydrology; potential erosion risk; current erosion risk.

Universidad Nacional de Tumbes, FCA-DAIAS.

* Autor correspondiente: ebergines@gmail.com (E. Gines)

Introducción

El deslizamiento de laderas de suelos sector “Mal Paso”, Provincia de Contralmirante Villar, Tumbes, en épocas de precipitaciones pluviales, hace vulnerable la carretera Panamericana Norte vía internacional más importante del país, poniendo en riesgo la seguridad de los vehículos y los transeúntes. Para mitigar este problema, es necesario evaluar los deslizamientos, por las condiciones de riesgo que representan las pendientes empinadas, reportes de intensas precipitaciones y la escasa cobertura vegetal, que inestabiliza haciendo vulnerable la Carretera Panamericana, neutralizando las actividades socioeconómicas indispensables para la sostenibilidad de la Región; Considerando factores condicionantes como son: las características del suelo, la vegetación del lugar, su topografía y la pluviosidad representada por la lluvia. Teniendo en cuenta que la deposición de los materiales erosionados puede obstruir los caminos o colmatar los cursos de agua y en consecuencia el sedimento puede dañar hábitats acuáticos y degradar la calidad del agua en corrientes, los ríos, y los lagos (SENAMHI, 2017). La estrecha relación entre lluvias y deslizamientos especialmente en ambientes tropicales como Colombia, generan efectos devastadores en términos económicos y humanitarios. En tal sentido, se justifica la ejecución de un análisis de metodologías que permita la inclusión de las variables hidrológicas y las implicaciones que estas tienen sobre la infiltración en taludes y por lo tanto sobre la estabilidad del sistema (Jiménez, 2017); La inestabilidad del terreno en laderas, produce cada año en todo el mundo movimientos de masas de suelo y rocas que ocasionan cuantiosas pérdidas materiales y considerables daños a las infraestructuras y el medioambiente, generando situaciones de emergencia cuyo manejo y prevención por parte de las autoridades se hacen sumamente difíciles (González, 2015). “Aumentar la

capacidad de soporte de los suelos blandos; Uno de los métodos para lograr esto, consiste en confinar lateralmente el material y suministrarle resistencia a tracción. Esto se lograba antiguamente a través de la utilización de ramas trenzadas o colocando troncos en forma perpendicular; siendo hoy día los geosintéticos (Georedes, geomembranas, geomallas, etc.)” (Alvarado, 2009). El 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control” (Suárez, 1998). “Los datos sobre erosión en Perú son anticuados y obsoletos, mayormente de 1970’s. Las estimaciones de pérdidas son conservadoras. Datos exactos son una fuerte limitante para evaluar la magnitud del problema a nivel nacional.” (Elgegren, 2007). “El fenómeno el Niño, que en la costa Norte del Perú se manifiesta con intensas precipitaciones pluviales, las cuales saturan los terrenos, forman escorrentía superficial que produce erosión de laderas, hasta llegar a discurrir por quebradas y torrenteras secas de corto recorrido, formando flujos de detritos (huaycos), flujos de lodo y erosión fluvial, que pueden destruir tramos de la Panamericana Norte, puentes; así como también, puede afectar a las poblaciones asentadas dentro y cerca de estas zonas críticas.” (Luque, 2009). “Estos tienen ocurrencia en los sectores cercanos a la vía Panamericana Norte, así se tiene un sector cercano al centro poblado Nueva Esperanza, así como un tramo en el centro poblado de Zorritos, lugar denominado “Mal Paso” en la cual se han registrado derrumbes en sectores adyacentes a la vía asfaltada de la Panamericana Norte, obstruyéndola sobre todo en épocas de lluvias por tener un talud de gran pendiente de material suelto. Estas se presentan como caídas violentas de materiales de variables dimensiones, debidos principalmente a la fuerza de la gravedad, grado de estabilidad de rocas y otros efectos de erosión secundarios. A diferencia de

otros fenómenos de remoción en masa, estos se caracterizan por el movimiento desordenado, acompañado de fuertes ruidos a manera de caída libre y sin rozar con la superficie." (Gobierno Regional de Tumbes, 2004). Se evaluó los deslizamientos de suelos en el sector de "Mal Paso", aplicando sistemas de información geográfica, del programa CORINE, donde se obtuvo los índices de riesgo de erosión potencial y riesgo de

erosión actual, para proponer técnicas de control de erosión más adecuadas con la finalidad de mitigar el riesgo de los transeúntes de la Panamericana Norte; para orientar las estrategias públicas para su implementación y ser aplicadas en otros tramos con características similares, promoviendo el normal desarrollo de las actividades socio-económicas que mejoren la calidad de vida de la población.

Materiales y métodos

El sector "Mal Paso" ubicado en el kilómetro 1245 de la Panamericana Norte, centro poblado de Caleta Grau (Figura 1), vía de transporte más importante del país que facilita las actividades socioeconómicas de la zona. Caracterizada por la actividad pesquera y turística, alberga playas del Océano Pacífico. Ubicación política: *Región:* Tumbes; *Provincia:* Contralmirante Villar; *Distrito:* Zorritos; *Sector:* Mal Paso. Ubicación: (Proy. UTM, Datum WGS84, Zona 17M); *Este:* 541491 m, *Norte:* 9595098 m, *Altitud:* 20 msnm.

Materiales: Data de precipitación: de 40 años, para el estudio hidrológico; muestras de suelo: para texturas, pedregosidad y profundidad; Para el estudio de suelos: equipos y herramientas para recolección de muestras, Dispersador, Densímetro, Termómetro; Equipos topográfico: Navegador GPS GARMIN 72H, Garmin base Camp; Programa para

tomar coordenadas; SketchUp 2017-2018; para diseño tridimensional; V-Ray; Equipos: Leica Geo Office Gps; el equipo GPS Diferencial; Hardware y software GIS y entorno Windows para procesamiento de datos: precipitación, estudio de suelos, y topografía; Adquisición de Imágenes satelitales: entorno Google Earth, plataforma SASPlanet.

Métodos: cualitativo de determinación de riesgos de erosión CORINE utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) (Julca, 2015); basada en el cálculo de índices que intervienen en la erosión de los suelos. erosividad climática, erodabilidad del suelo, topografía y cobertura vegetal. Erosividad climática: Para evaluar este parámetro se calculó el índice de *Fournier Modificado*, con data de precipitaciones de 40 años, de las estaciones meteorológicas de Cañaverl, Campamento Sede y los Cedros Tabla 1.



Figura 1. Vista panorámica ubicación área estudio Sector Malpaso.

Tabla 1. Estaciones Meteorológicas

Estación	Coordenadas UTM Zona 17		Registro	Periodo	
	Este (m)	Norte (m)		Altura (msnm)	Inicio
Cañaverall	538.855,51	9.565.601,95	145,00	1970	2009
Campamento Sede	563.306,88	9.607.593,80	19,00	1970	2009
Los Cedros	552.196,16	9.599.862,37	5,00	1970	2009

Tabla 2. Valores obtenidos en campo y laboratorio

Muestra	Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)	Pedregosidad (%)	Prof. (cm)	Clase textural
M1	541482	9595072	27	4	30	franco arenoso
M2	541539	9595130	21	3	20	franco arenoso
M3	541609	9595150	37	5	15	franco arenoso
M4	541587	9595118	59	15	45	franco arenoso
M5	541600	9595174	34	5	10	franco arenoso

Fuente: Laboratorio suelos FCA-UNTUMBES.

A la data de precipitación se realizó el análisis de consistencia teniendo en cuenta los meses del periodo lluvioso; Para la Erodabilidad del suelo: se extrajeron muestras de suelo erosionado, obteniendo los índices de pedregosidad y profundidad en el campo, y la textura en el laboratorio aplicando el método de Bouyoucos Tabla 2.

Pendiente: Se realizó el trabajo topográfico con equipo GPS Diferencial para obtener las cotas de terreno para elaborar un modelo de elevación digital del terreno con el software SIG, obtener curvas de nivel. Cobertura vegetal: Se extrajeron imágenes satelitales empleando software SASPlanet, para calcular las áreas con vegetación y el área desnuda.

Método de investigación: Población y muestral. Población: Todos los tramos que presentan alto riesgo a deslizamientos de taludes de los cerros a lo largo de la Panamericana, Tumbes – Tacna. Muestra: Deslizamientos generados en el en tramo de la Panamericana Norte km 1245 “Sector mal paso”, en una longitud de 405 metros. Procesamiento de la información: Con la aplicación de Técnicas de Información Geográfica con aplicación de software SIG, se procesaron los datos recopilados para cada uno de los índices necesarios para determinar la erosión. Erosividad climática: se calculó el índice de Fournier Modificado para cada uno de los años de cada estación que se ha tomado en cuenta

para este estudio hidrológico. Con la aplicación del software GIS, se obtuvo el dato raster del índice erosividad y se elabora el mapa del índice de Fourier. Erodabilidad del suelo: con los resultados de texturas de suelos, la profundidad y pedregosidad medidos en el campo, se procedió a interpolar los datos, obteniendo un dato raster de cada uno de los parámetros (texturas, profundidad y pedregosidad). Pendiente: Del trabajo topográfico se generaron las curvas de nivel a cada 0,5 m de equidistancia elaborando un modelo digital del terreno (MDT), se elaboró el mapa de pendientes. Cobertura vegetal: con las imágenes satelitales obtenidas mediante el software SASPlanet y software SIG, se identificó cobertura vegetal y clasificando los resultados el raster de Cobertura Vegetal; elaborando el mapa de cobertura vegetal. Índice de riesgo de erosión potencial: Para el cálculo se aplica la ecuación: Índice de riesgo de erosión potencial = Índice de erosividad climática × Índice de erosividad del suelo × Índice de pendiente, e índice de riesgo (Tabla 3).

Índice de riesgo de erosión actual

Para el cálculo se aplica la Ecuación:

Índice de riesgo de erosión actual= Índice de riesgo de erosión potencial × cobertura vegetal aplicando software SIG, Se elabora el mapa de Índice de riesgo de erosión actual.

Tabla 3. Clasificación del índice de riesgo de erosión potencial

Índice	Descripción	Resultado
0	Nulo	0
1	Bajo	0-5
2	Moderado	5-11
3	Alto	>11

Fuente: Julca (2015).

Tabla 4. Clasificación del índice de riesgo de erosión actual

Índice de cubierta vegetal	Índice de riesgo de erosión potencial			
	Nulo (0)	Bajo (1)	Moderado (2)	Alto (3)
1	0	1	1	2
2	0	1	2	3

Fuente: Julca (2015).

Resultados y Discusión

Estimación Precipitaciones sector “Mal Paso”: Los Índices de Fournier Modificado evaluado para 40 años: 1970 - 2009, se muestran en Tabla 5, con índice 3, moderado, un rango de 90 a 120, en un área de 2,87 ha, al 100% de extensión. La erodabilidad del suelo se muestra en Tabla 6, es de índice 3, categoría Alto en un rango > 6, un área de 2,87 ha, al 100% de su extensión. Los Índices Pendientes del terreno sector

“Mal Paso” (Tabla 7), se deduce que es predominante el índice 04, en un 68%, categorizándose como muy empinado, son pendientes superiores a 30%, con el índice 03 que representa el 8% empinado. Determinación cobertura vegetal para establecer soluciones para mitigar el efecto erosivo, de la tabla 8, se puede advertir que predomina el índice 1 en un 82% para suelo desnudo, completamente no protegido.

Tabla 5. Índice de Fournier Modificado

Indice	Description	Rango	Área (ha)	%
3	Moderado	90 - 120	2,87	100%
Total			2,87	100%

Tabla 6. Índice de Erodabilidad

Índice	Descripción	Rango	Área (ha)	%
3	Alto	> 6	2,87	100%
Total			2,87	100%

Tabla 7. Índices Pendientes del terreno

Indice	Descrip.	Pendiente	Area ha	%
1	Plano	< 5%	0,42	15%
2	Ondulado	5%-15%	0,28	10%
3	Empinado	15%-30%	0,23	8%
4	Muy Empinado	> 30%	1,94	68%
Total			2,87	100%

Tabla 8. Determinación de la Cobertura Vegetal

Índice	Descripción	Suelo	Área (ha)	%
2	Completamente No protegido	Desnudo	2,35	82%
1	Completamente protegido	Pastos permanentes	0,52	18%
Total			2,87	100%

Riesgo de erosión potencial sector “Mal Paso”: En la Figura 2 y la tabla 9 se puede advertir que predomina el índice 3, cuyo riesgo de erosión potencial es alto en un 85%.

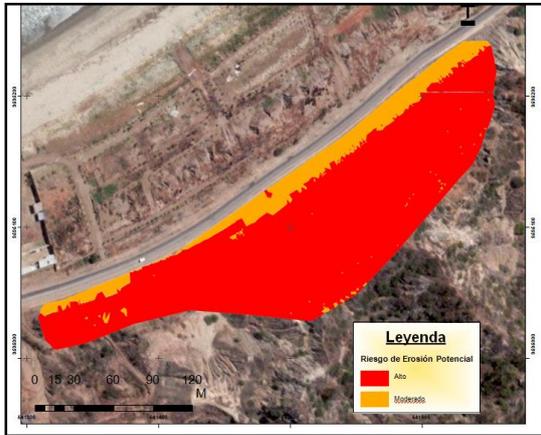


Figura 2. Riesgo de erosión potencial.

Riesgo de erosión actual sector “Mal Paso” (Figura 3 y Tabla 10), se puede advertir que predomina el índice 3, cuyo riesgo de erosión actual es alto en un 68%.

Simulación en el caso de adoptar las medidas de mitigación recomendadas, la respuesta de Riesgo por Erosión Actual de la tabla 11 y la Figura 4, se advierte predomina el índice 2, con riesgo de erosión actual moderada en un 85%.

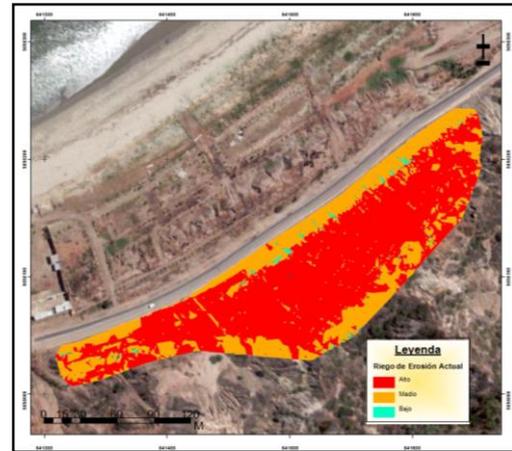


Figura 3. Riesgo de erosión Actual.

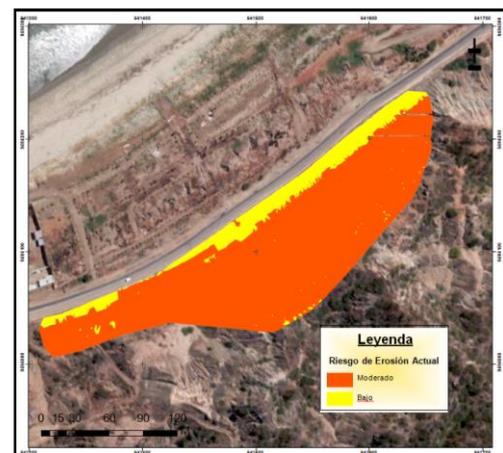


Figura 4. Simulación del comportamiento de las laderas de adoptar las medidas de mitigación de Riesgo por Erosión Actual.

Tabla 9. Riesgo de erosión potencial

Índice	Descripción	Resultado	Área (ha)	%
3	Alto	> 11	2,43	85%
2	Moderado	43409	0,44	15%
Total			2,87	100%

Tabla 10. Riesgo de erosión actual

Índice	Descripción	Área	Porcentaje
1	Bajo	0,03	0,01
2	Medio	0,88	0,31
3	Alto	1,97	0,68
Total		2,87	100%

Tabla 11. Riesgo de erosión actual simulado

Índice	Descripción	Área	%
2	Moderado	2.44	0,85
1	Bajo	0.43	0,15
Total		2.87	100%

Velasco y Cortés (2006) el Estado tiene un cierto riesgo de erosión, que va de bajo a alto, incrementándose en la medida en que la altitud es mayor; es decir, al relieve determina en gran medida la vulnerabilidad a la erosión y a los procesos erosivos por la intensidad de la lluvia, aspecto que en forma artificial se incrementa por factores tales como la deforestación y el cambio de uso del suelo. La conformación de este índice es en franjas paralelas a la costa, con valores más bajos en las planicies costeras. De acuerdo al Índice de Fournier Modificado, la erosividad climática presenta un índice Moderado, considerando datos de eventos extraordinarios como el fenómeno del Niño, el resultado no fue demasiado alto ya que la zona de estudio se encuentra a una altitud cercana al nivel del mar. Julca (2015) argumenta que se ha comprobado que los índices de riesgo de erosión actual de los suelos para el periodo 1986- 1993 es 40,10% bajo, 57,62% moderado, 2,28% alto. Para nuestra evaluación en el Sector "Mal Paso", Provincia de Contralmirante Villar – Tumbes, en periodo de 1970 al 2009, se obtuvo como resultado que el 85% del área total (2,87 ha) presenta un Alto Índice de Erosión Potencial; con respecto

al Índice de Riesgo de Erosión Actual, el 68% resultó Alto, el 31% moderado, y tan solo el 1% fue bajo. Salazar (2005) indica que se debe desarrollar una metodología de trabajo para la estabilidad de taludes, basada en las características geotécnicas del suelo y propiedades mecánicas de los materiales presentes, enfocándolos en la optimización del diseño geotécnico, además de los diferentes elementos que interactuarán con el acantilado. En nuestra investigación para estabilizar el talud del sector "Mal Paso" nos hemos basado en el estudio de los índices de textura, profundidad y pedregosidad del suelo. Mendoza (2016) encontró diferentes materiales presentes relacionados a la estabilidad de taludes de suelos de gran altura, se encontraron arcillas, arenas, arenas limosas y arenas arcillosas. Además, también se encontraban inmensos bolones envueltos por los materiales antes mencionados. Se determinó las 2 secciones de taludes para la tercera fase de minado, fase en la que la potencia de los taludes es máxima. En la presente evaluación, se realizó un estudio de suelos, donde se extrajeron cinco muestras en zonas de mayor riesgo de erosión, de las cuales se determinó que toda el área de estudio se caracteriza por tener una textura franco – arenosa.

Conclusiones

Las precipitaciones entre 90–120 mm del índice de Fournier Modificado, con erosividad Moderada; La simulación de erosividad climática con data de 40 años: 1970 a 2009, base para una proyección futura. Con índice de erodabilidad alto, en 100% del área; su textura, profundidad y pedregosidad lo hacen muy susceptible a erosión; Las pendientes exceden el rango máximo 30%, terreno muy empinado, mayor velocidad de escorrentía de lluvias. Se propone reforestar, resultando económica y ambientalmente viable, sin alteración de la geomorfología. Para cubriría las laderas, un manto, disipador de energía cinética y potencial de lluvia, mitigándose la erosión, contribuyendo con el medio ambiente y el paisaje. Se comprobó

multiplicando el índice de riesgo de erosión potencial con la simulación de cobertura vegetal protegida con resultados positivos. Excavación de zanjas de infiltración, Incorporación de materiales geosintéticos (geomalla) para reducir los índices de erodabilidad, descolmatación y mantenimiento constante de las cunetas y alcantarillas. Medidas que deben implementarse para orientar las estrategias públicas para la implementación de metodologías de Sistemas de Información Geográfica para adoptar medidas preventivas, para ser aplicadas en otros tramos con características similares, promoviendo el normal desarrollo de las actividades socio-económicas que mejoren la calidad de vida de la población.

Referencias bibliográficas

- Alvarado, M. 2009. Estado del arte de los geosintéticos para el diseño de obras civiles. Maracaibo: Universidad Rafael Urdaneta.
- González, A.O. 2015. Evaluación del riesgo por inestabilidad de laderas. Casos de Estudio. Mexico: Grupo ITEICO Euroamericano.
- Jiménez, C.A. 2017. Análisis de metodologías para la inclusión de parámetros hidrológicos en la estabilidad de taludes. Bogotá D.C, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Gobierno Regional De Tumbes. 2004. Estudio de Diagnóstico y Zonificación para el Tratamiento de la Demarcación Territorial de la Provincia de Contralmirante Villar. Tumbes: GRT.
- Julca, J.M. 2015. Evaluación del riesgo de erosión potencial y la cobertura vegetal para estimar el riesgo de erosión actual con el uso del SIG de los suelos de la zona de Tucuran y Marap-Yungay. Marap-Yungay: Dirección del Instituto de Investigación - UNASAM.
- Luque, R. 2009. Zonas críticas por peligros geológicos en la región tumbes. Lima: Ingemmet.
- Salazar. 2015. Metodología de optimización del diseño geotécnico para la estabilización de taludes de un proyecto en la Costa Verde. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- SENAMHI, D.D. 2017. Atlas de Erosión de Suelos por Regiones Hidrológicas del Perú. Lima.
- Suárez Díaz, J. 1998. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Bucaramanga Colombia: Ingeniería Suelos Ltda.
- Mendoza, J.A. 2016. Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Velasco, I.; Cortés, G. 2006. Índices de Fournier modificado y de concentración de la precipitación, como estimadores del factor de riesgo de la erosión, en Sinaloa, México.