

# EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESLIZAMIENTOS Y PROPUESTA GEOTÉCNICA DEL TRAMO 3+260 AL 3+300KM DEL PROYECTO “TROCHA DE AYASH-HUARIPAMPA, DISTRITO DE SAN MARCOS, PROVINCIA DE HUARI, REGIÓN ANCASH”

---

## LANDSLIDES RISK ASSESSMENT AND GEOTECHNICAL PROPOSAL FROM SECTION 3+260 TO 3+300KM OF PROJECT “TROCHA DE AYASH-HUARIPAMPA, DISTRITO DE SAN MARCOS, PROVINCIA DE HUARI, REGIÓN ANCASH”

Integrantes:

Dennis Caroline Altamirano Albuja, Fiorella Marie Abanto Hinostroza,  
Carlos Alberto Cerna Zelada, Ivan Augusto Limay Rumaldo.  
Estudiantes de Ingeniería Civil, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

Asesor:

Mg. Ing. Cesar Roberto Torres Chung.

**Resumen:** Este documento presenta la evaluación y cuantificación del grado de riesgo a deslizamientos en los taludes del tramo 3+260 al 3+300 km del proyecto “Trocha de acceso al relleno sanitario de Ayash-Huaripampa, distrito de San Marcos, provincia de Huari, región Ancash”. Con el objeto de mejorar la eficiencia del sistema de transporte vial. Este estudio se desarrolló bajo la metodología probabilística basado en el método de equilibrio límite de Morgenstern Price, empleando el proceso de simulación de Monte Carlo para realizar los cálculos probabilísticos obteniendo resultados en términos del factor de seguridad, probabilidad de falla e índice de confiabilidad. Además, se desarrolló un comparativo entre el método de la Serie de Taylor y la simulación de Monte Carlo para un análisis determinístico a fin de comparar ambas herramientas de análisis de confiabilidad de taludes.

**Abstract:** This document presents the evaluation and quantification of the grade of landslides risk on slopes from section 3+260 to 3+300 of Project “Trocha de acceso al relleno sanitario Ayash Huaripampa, distrito de San Marcos, provincia de Huaripampa, región Ancash”. In order to improve the efficiency of the road transport system. This study was developed under the probabilistic methodology based on the Morgenstern Price limit equilibrium method, using the Monte Carlo simulation process to perform the probabilistic calculations obtaining results in terms of the safety factor, probability of failure and reliability index. In addition to this, a comparison was developed between the Taylor Series method and the Monte Carlo simulation for a deterministic analysis in order to compare both slope reliability analysis tools.

## I. Introducción:

Los deslizamientos de masas de suelo constituyen uno de los problemas más complejos que se intenta resolver en la ingeniería geotécnica, ya que representa una amenaza y riesgo potencial para las comunidades, actividades económicas u obras construidas por el hombre. Por ello, es de interés evaluar la estabilidad de taludes contra posibles fallas por deslizamientos.

La valoración del riesgo a deslizamientos de taludes genera información que permite apoyarse para la toma de decisiones como aceptar o tratar los riesgos estimados relacionado con pérdidas de vidas o económicas. Por lo general, la evaluación de estabilidad de taludes utiliza el método determinístico; sin embargo, este no contempla la variabilidad e incertidumbre de las variables consideradas en el análisis.

En esta investigación se buscó evaluar y cuantificar el grado de riesgo a deslizamientos en los taludes del tramo 3+260 al 3+300 km del proyecto “Trocha de acceso al relleno sanitario de Ayash-Huaripampa, distrito de San Marcos, provincia de Huari, región Ancash”. Para establecer las condiciones de inestabilidad de la zona de estudio se empleó la metodología probabilística considerando la variabilidad e incertidumbre de los parámetros del suelo a los que está sujeto la estabilidad de taludes.

Los problemas de estabilidad del tramo en estudio se deben a su ubicación geográfica, ya que se encuentra en una zona montañosa donde su aspecto geológico, hidrológico y sísmico ponen en riesgo a las comunidades, así como el sistema de transporte vial.

## II. Zona de estudio

El proyecto se encuentra ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, región Ancash. Aproximadamente a 200 km de la ciudad de Huaraz (nor-este del campamento minero de Antamina) entre la margen izquierda de la Quebrada Ayash y Tucush. Entre los 4200 a 4500 msnm.

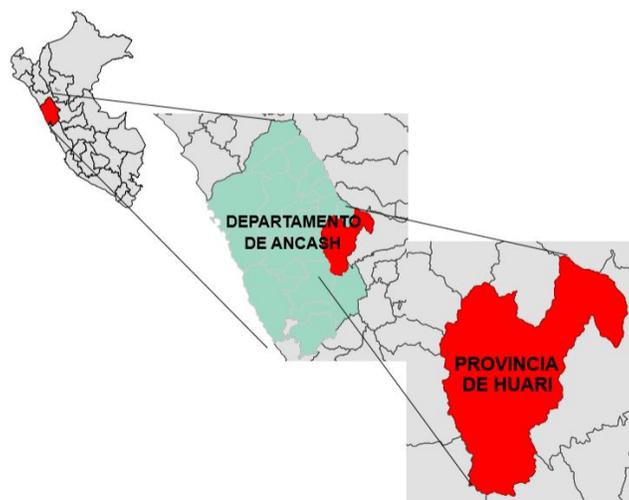


Figura 1: Localización de la zona de estudio  
Fuente: Elaboración propia.

A partir de 1997 comienza la construcción del Proyecto Antamina en las alturas de San Marcos, en las cabeceras de la cuenca de Carash. En consecuencia, con el objeto de mejorar la eficiencia del sistema de transporte vial de la provincia de Huari, que contribuye al desarrollo y la integración física de las distintas localidades mediante el mantenimiento de la red vial, se realizó el estudio definitivo del proyecto: “TROCHA DE ACCESO AL RELLENO SANITARIO DE AYASH HUARIPAMPA- DISTRITO DE SAN MARCOS- PROVINCIA DE HUARI- REGIÓN ANCASH”.

### III. Materiales y Métodos

A fin de realizar la evaluación de la estabilidad de los taludes en el tramo 3+130 al 3+380 del proyecto en mención, para posteriormente proponer alternativas de estabilización, se obtuvo la siguiente información:

#### A. Trazo y diseño vial

Para el estudio de ingeniería del expediente técnico del proyecto: “Trocha de acceso al relleno sanitario de Ayash-Huaripampa, distrito de San Marcos, provincia de Huari, región Ancash”, se ha considerado en el trazo vial, la aplicación del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018, y los parámetros de diseño recomendados por el AASHTO 1993.

#### B. Estudio geológico

El tramo en estudio se localiza dentro de la Formación Pariahuanca que abarca relieves estructuralmente plegados con secuencias sedimentarias mesozoicas, conformadas por estratos potentes de calizas e intercalaciones de niveles delgados de lutitas y limolitas, estructuralmente se presentan como alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratificadas plegadas y/o con buzamientos de las capas que controlan la pendiente de las laderas, formando cuevas y espinazos que le dan una característica particular, variando en pendiente desde moderada a muy abruptas.



Figura 2: Topografía de la zona en estudio  
Fuente: Proyecto “Trocha de acceso al relleno sanitario de Ayash-Huaripampa, distrito de San Marcos, provincia de Huari, región Ancash”.

### C. Sismicidad

El proyecto se encuentra ubicado dentro del área de influencia de la Zona 3, para la cual se espera que el factor de aceleración máxima del terreno sea de 0.35 g, con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años, equivalente a un periodo de recurrencia de 475 años.

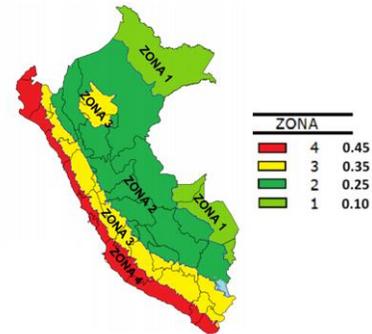


Figura 3: Zonas sísmicas  
Fuente: Norma Técnica E030 “Diseño Sismorresistente”.

#### D. Estudio geotécnico

Para la ejecución de las investigaciones se ha realizado calicatas sobre el eje de la vía, de las cuales se tomaron datos y muestras representativas del suelo de fundación para llevar a cabo las pruebas de laboratorio y determinar los parámetros geotécnicos de resistencia.

De acuerdo con los ensayos realizados al material extraído de la zona de trabajo, los parámetros de los materiales encontrados son los siguientes:

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi
TERRAPLEN		16.5	1	30
LIMO		11.77	6.86	27.8
ROCA		17.5	250	31
GAVION		17.5	50	35

Figura 4: Parámetros de resistencia de los materiales  
Fuente: Software Slide 5.0.

#### IV. Marco Teórico

##### A. Teoría de Confiabilidad

Los análisis de confiabilidad proporcionan un medio para tratar con los efectos combinados de la incertidumbre en los parámetros comprendidos en los cálculos y ofrecen un suplemento útil para los análisis convencionales (Duncan, 2000).

##### - Método de la Serie de Taylor

El análisis de confiabilidad mediante el método de la Serie de Taylor es un método, el cual emplea técnicas estadísticas, para determinar el grado de incertidumbre en el cálculo del factor de seguridad de un talud. La aplicación del método a cálculos de ingeniería geotécnica ha sido presentada por Duncan (2000).

##### - Método de la Simulación de Monte Carlo

El concepto del método Monte Carlo señala específicamente el uso de los procedimientos de muestreo de manera aleatoria para tratar situaciones deterministas obteniendo una función de distribución de probabilidad del parámetro de salida.

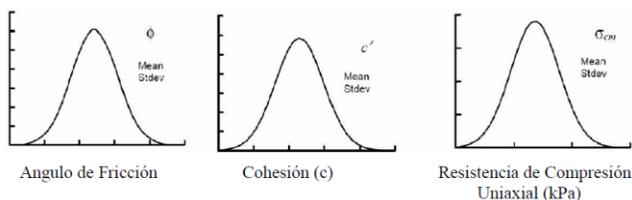


Figura 5: Curva de distribución de probabilidad de los parámetros de los materiales

Fuente: Torres Chung, C. R. (2007). Tesis de grado: Valoración Del Riesgo En Deslizamientos.

#### V. Metodología de análisis

Para evaluar la estabilidad de un talud depende de diversos factores, los cuales incluyen: la geometría del talud, los parámetros geológicos, la presencia de grietas de tensión, acción de cargas dinámicas por efectos sísmicos, flujo de agua,

propiedades del suelo, etc. Muchos de estos factores son difíciles de cuantificar o predecir exactamente su comportamiento como para poder incluirlo en simples análisis deterministas, lo que conlleva a que tales enfoques no producen resultados satisfactorios.

##### - Método Determinístico de Análisis de Estabilidad:

Los métodos clásicos deterministas se basan en los principios de la estática y no proveen información acerca de la distribución de esfuerzos y desplazamientos a lo largo de una superficie potencial de deslizamiento.

Los métodos de equilibrio límite empleados en los análisis deterministas de estabilidad de taludes resultan una herramienta muy útil para el uso práctico, sin embargo, no considera la variabilidad de los parámetros obteniendo un valor fijo.

##### - Método Probabilístico de Análisis de Estabilidad:

El método probabilístico considera la variabilidad e incertidumbre en los parámetros de análisis obteniendo resultados en términos de probabilidad de falla e índice de confiabilidad; es decir, que el factor de seguridad es distribuido en forma probabilística para las condiciones de análisis en estudio. Lo cual resulta una herramienta fundamental para la cuantificación del riesgo al deslizamiento.

La presente investigación empleará la simulación de Monte Carlo para la determinación probabilística del factor de seguridad al deslizamiento en el modelo en estudio.

#### VI. Valoración del riesgo al deslizamiento

El objetivo de este punto es evaluar y cuantificar el grado de riesgo a deslizamientos en los taludes del tramo 3+260 al 3+300 km, a fin de

evitar algún peligro al que se vea expuesto tanto la trocha como las zonas arqueológicas de Huari, siendo la ciudadela de Ñawpamarca Huachis la que se encuentra más próxima al tramo en estudio.

A. Comparación entre el Método de la Serie de Taylor y el Método de Monte Carlo

Inicialmente, partimos bajo la hipótesis que si consideramos variables aleatorias que afectan a la estabilidad del terraplén, ayudaría a disminuir el riesgo potencial a posibles deslizamientos. Y esto es posible bajo el método probabilístico, considerando la incertidumbre que existe en las diferentes variables envueltas dentro de la estabilidad de taludes como son: peso específico, ángulo de fricción y cohesión del suelo.

Para aplicar la metodología de estimación de riesgo a deslizamientos, se calculó los parámetros de los suelos y rocas en forma estadística (Tabla 1), basando los coeficientes de variación en bibliografía encontrada.

			COV	Parámetros Estadísticos	Desviación Estándar	Relación Min y Max
TERRAPLEN	COHESIÓN (kN/m <sup>2</sup> )	1	30%	0.70	0.30	0.90
				1.30		
				31.28		
	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	34	8%	36.72	2.72	8.16
				15.68		
	PESO UNITARIO (kN/m <sup>3</sup> )	16.5	5%	17.33	0.83	2.48
4.80						
LIMO	COHESIÓN (kN/m <sup>2</sup> )	6.86	30%	8.92	2.06	6.17
				25.58		
				30.02		
	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	27.8	8%	11.18	2.22	6.67
				11.18		
	PESO UNITARIO (kN/m <sup>3</sup> )	11.77	5%	12.36	0.59	1.77
175						
MARCOS	COHESIÓN (kN/m <sup>2</sup> )	250	30%	325	75	225
				28.52		
				33.48		
	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	31	8%	16.77	2.48	7.44
				16.77		
	PESO UNITARIO (kN/m <sup>3</sup> )	17.65	5%	18.53	0.88	2.65
18.53						

Tabla 1: Propiedades estadísticas de los parámetros del suelo  
Fuente: Elaboración propia.

Luego se empleó el método Bishop Simplificado de manera determinista, para la sección 3+260, aplicando el método de la Serie de Taylor a fin de obtener los resultados de confiabilidad. Este método se realizó haciendo un cálculo manual de los respectivos factores de seguridad siguiendo el algoritmo de Bishop y considerando la variación de los parámetros de entrada del terraplén en el cálculo del factor de seguridad obteniendo los siguientes resultados:

	COV	PARÁMETROS		FS	ΔFS	(ΔFS/2) <sup>2</sup>	
TERRAPLEN	30%	c (kN/m <sup>2</sup> )	c <sup>+</sup>	1.30	1.048	0.04	0.0005
			c <sup>-</sup>	0.70	1.004		
	8%	ø (°)	ø <sup>+</sup>	36.72	1.103	0.15	0.0054
			ø <sup>-</sup>	31.28	0.956		
	5%	γ (kN/m <sup>3</sup> )	γ <sup>+</sup>	17.33	1.013	-0.03	0.0002
			γ <sup>-</sup>	15.68	1.039		

Tabla 2: Resultados de la Serie de Taylor  
Fuente: Elaboración propia.

- Desviación estándar del factor de seguridad:

$$\sigma_F = \sqrt{\left(\frac{\Delta F1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta F2}{2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta F3}{2}\right)^2}$$

$$\sigma_F = \sqrt{\left(\frac{0.04}{2}\right)^2 + \left(\frac{0.15}{2}\right)^2 + \left(\frac{-0.03}{2}\right)^2} = 0.078$$

- Coefficiente de variación VF%:

$$V_F = \frac{\sigma_F}{F_{MLV}}$$

$$V_F = \frac{0.078}{1.027} = 7.58\%$$

- Índice de confiabilidad Lognormal:

$$\beta_{LN} = \frac{\text{Ln}\left(\frac{F_{MLV}}{\sqrt{1 + V_F^2}}\right)}{\sqrt{\text{Ln}(1 + V_F^2)}}$$

$$\beta_{LN} = \frac{\text{Ln}\left(\frac{1.027}{\sqrt{1 + 0.0758^2}}\right)}{\sqrt{\text{Ln}(1 + 0.0758^2)}} = 0.316$$

- Índice de confiabilidad normal:

$$\beta_N = \frac{F_{MLV} - 1}{\sigma_F}$$

$$\beta_N = \frac{1.027 - 1}{0.058} = 0.349$$

Finalmente se determinó la probabilidad de falla mediante el ábaco de Taylor mostrado en la Figura 6:

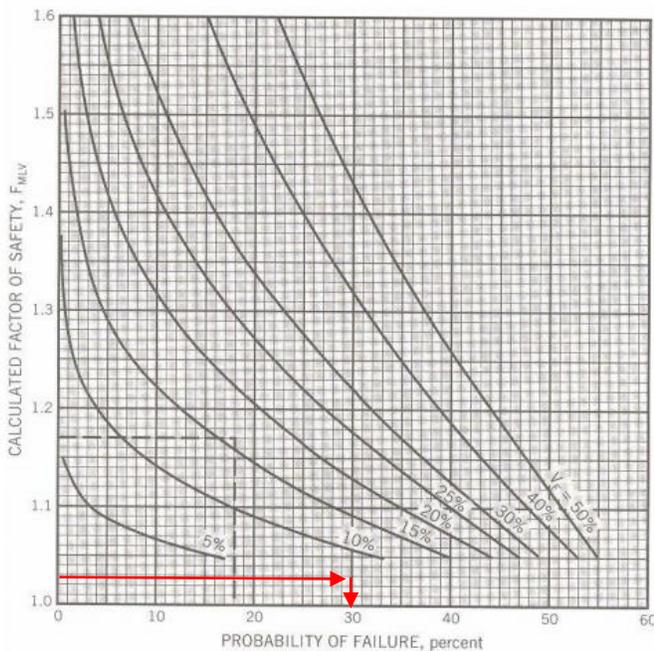


Figura 6: Ábaco de Taylor  
Fuente: Duncan, 2000.

La segunda metodología empleada se basa en el método de equilibrio límite de Morgenstern Price, empleando el proceso de simulación de Monte Carlo para realizar los cálculos probabilísticos del factor de seguridad. Esta metodología fue empleada usando el programa Slide 5.0 sobre el cual se modeló la sección en mención, considerando la variación de los parámetros dentro del algoritmo de cálculo del programa.

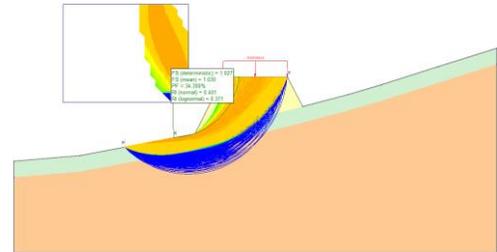


Figura 7: Sección 3+260km  
Fuente: Software Slide 5.0.

Finalmente, la Tabla 3 muestra un resumen de los valores calculados mediante los métodos de la Serie de Taylor y Monte Carlo, empleando el método de Bishop Simplificado y el método de equilibrio límite de Morgenstern Price, respectivamente. A fin de realizar una comparación entre los valores de  $\beta$ , VF (%) y PF(%), determinados anteriormente.

Método	Serie de Taylor	Monte Carlo	%ERROR
FMLV	1.02717	1.02700	0.02%
$\sigma$	0.078	0.078	
VF	7.576%	7.577%	-0.02%
pf	30%	34.3%	12.54%
$\beta_{LN}$	0.316	0.371	14.69%
$\beta_N$	0.349	0.401	12.94%

Tabla 3: Cuadro comparativo entre los Métodos Serie de Taylor y Monte Carlo  
Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran una aproximación en los resultados. Obteniendo errores muy bajos en el factor de seguridad y coeficiente de variación, mientras que en la probabilidad de falla y confiabilidad el %error es mayor al 10%.

## B. Valoración del riesgo

Para la evaluación de la estabilidad del tramo 3+130 al 3+380 se empleó el método de Monte Carlo y los mismos valores de los parámetros estadísticos en el programa Slide 5.0.

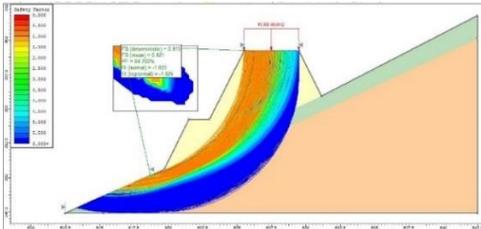


Figura 8: Análisis probabilístico - Sección 3+270km  
Fuente: Software Slide 5.0.

Con ello se obtuvieron los siguientes resultados para cada sección de análisis del tramo en cuestión.

		F.S. PROBABILÍSTICO	PROBABILIDAD DE FALLA	ÍNDICE DE CONFIABILIDAD NORMAL	VOLUMEN	PENDIENTE
PROGRESIVA 3+260	LOCAL	1.091	19.10%	0.833	41.705	63
PROGRESIVA 3+270	LOCAL INFERIOR	0.91	85%	-1.038	41.225	63
	LOCAL SUPERIOR	0.567	100%	-7.829	91.693	63
PROGRESIVA 3+280	LOCAL INFERIOR	0.805	100%	-2.751	41.225	63
	LOCAL SUPERIOR	0.550	100%	-8.125	91.693	63
PROGRESIVA 3+290	LOCAL INFERIOR	0.686	100.00%	-4.041	39.424	64
	LOCAL SUPERIOR	0.584	100%	-6.789	89.503	64
PROGRESIVA 3+300	LOCAL	0.653	100%	-4.681	15.274	64

Tabla 4: Resultados del tramo estudiado  
Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico se observa que las secciones estudiadas en condición estática y pseudoestática se encuentran en la zona inaceptable de riesgo.

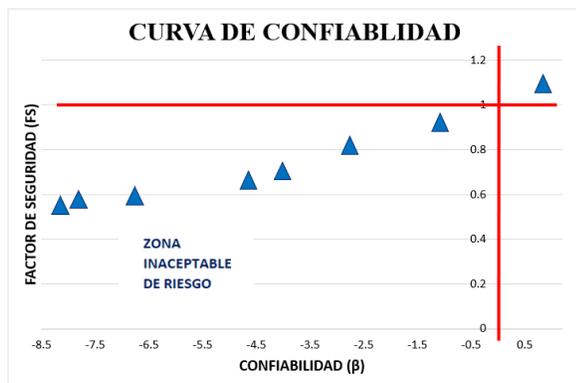


Figura 9: Curva de Confiabilidad  
Fuente: Software Slide 5.0

A fin de conocer el nivel de amenaza al que se ve expuesto la trocha como poblaciones aledañas se estimó las pérdidas económicas de las secciones. Tomando como valor referencial el costo de riesgo de S/.83,200, por cada 10 metros, que considera pérdidas económicas que cubre trabajos de reconstrucción y mantenimiento de la carretera en el tramo en estudio.

$$R = PF(\%) \times IV \times CR$$

Donde:

- . R : Riesgo expresado en pérdidas económicas.
- . PF (%) : Probabilidad de falla.
- . IV : Índice de vulnerabilidad.
- . CR : Costo de riesgo (S/.).

		F.S. PROBABILÍSTICO	PROBABILIDAD DE FALLA	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	COSTO DE RIESGO	RIESGO
PROGRESIVA 3+260	LOCAL	1.091	19.10%	0.7	S/ 83,200	S/ 11,124
PROGRESIVA 3+270	LOCAL INFERIOR	0.91	85%	0.7	S/ 83,200	S/49,736.96
	LOCAL SUPERIOR	0.567	100%	0.7	S/ 83,200	S/ 58,240
PROGRESIVA 3+280	LOCAL INFERIOR	0.805	100%	0.7	S/ 83,200	S/ 58,240
	LOCAL SUPERIOR	0.550	100%	0.7	S/ 83,200	S/ 58,240
PROGRESIVA 3+290	LOCAL INFERIOR	0.686	100.00%	0.7	S/ 83,200	S/ 58,240
	LOCAL SUPERIOR	0.584	100%	0.7	S/ 83,200	S/ 58,240
PROGRESIVA 3+300	LOCAL	0.653	100%	0.7	S/ 83,200	S/ 58,240

Tabla 5: Resultados del tramo estudiado  
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, del proceso de valoración de riesgo del tramo estudiado se ha obtenido un nivel de confiabilidad inaceptable por lo que se propondrán alternativas de solución geotécnicas a fin de evitar dichas pérdidas económicas.

## VII. Propuestas para reducir el riesgo

Las propuestas geotécnicas a desarrollar tienen como objetivo mejorar la estabilidad de los taludes modificando ciertas condiciones que la hacen vulnerable. Su análisis estático y pseudo-estático se realizará con la ayuda del programa Slide 5.0 bajo el método de equilibrio límite de Morgenstern Price a través de la simulación de Monte Carlo tomando en cuenta la variabilidad de los parámetros del suelo: cohesión, peso específico y ángulo de fricción.

- La primera propuesta es el muro de gaviones, el cual consiste en una caja o cesta de forma prismática rectangular de malla tejida a doble torsión y se pueden rellenar con piedras del lugar. Es una estructura monolítica, flexible, por su composición son permeables, de bajo impacto ambiental, y de fácil construcción. Se diseñaron para cada sección del tramo estudiado de acuerdo con la altura que se requería.

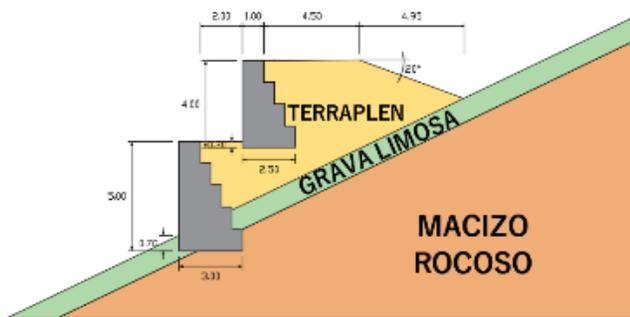


Figura 10: Propuesta N°1: Muro de gaviones  
Fuente: Elaboración propia.

- La segunda propuesta es una estructura de suelo reforzado con Terramesh System, el cual consiste en un paramento frontal reforzado con geomallas que permite que el suelo tenga un mejor desempeño, distribuyendo mejor las tensiones descargadas sobre él.

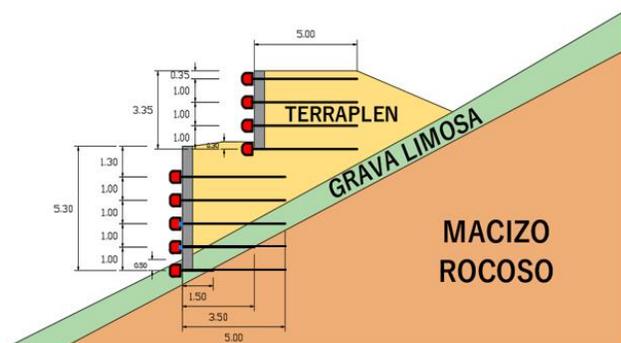


Figura 11: Propuesta N°2: Muro de suelo reforzado  
Fuente: Elaboración propia.

## VIII. Conclusiones

1. En el tramo estudiado predominan las calizas, lutitas y limolitas que abarca relieves estructuralmente plegados y alineamientos montañosos, compuestos por secuencias estratificadas plegadas y/o con buzamientos de las capas que controlan la pendiente de las laderas, resultando su variación desde moderada a muy abruptas que van entre  $63^\circ$  a  $64^\circ$  en las secciones analizadas.
2. A fin de cuantificar el riesgo al deslizamiento, se empleó el método probabilístico basado en la Serie de Taylor y simulación de Monte Carlo, empleando los métodos Bishop Simplificado y Morgenstern Price respectivamente; ya que considera la variabilidad e incertidumbre de los parámetros de análisis obteniendo resultados en términos de factor de seguridad, probabilidad de falla e índice de confiabilidad.
3. De acuerdo con la Tabla 3 se concluye que el método de Bishop Simplificado, basado en la Serie de Taylor, es una buena herramienta para determinar el nivel de confiabilidad en análisis de taludes; sin embargo, el método de Morgenstern Price, basado en la simulación de Monte Carlo, cumple con el equilibrio de fuerzas y momentos entre cada dovela, mientras que el método de Bishop Simplificado solo cumple con el equilibrio de momentos.
4. De la "Curva de Confiabilidad" de las secciones analizadas estática y pseudo-estáticamente, representa de manera gráfica y resumida el nivel de riesgo. Del cual se concluye que el tramo analizado se encuentra en zona inaceptable de riesgo. Además, se estimó el valor de las pérdidas económicas que asciende

a los S/.410,300.80 soles para los 40 metros del tramo estudiado, el cual considera trabajos de reconstrucción y mantenimiento de la carretera del tramo en estudio.

5. De acuerdo con las propuestas presentadas, el muro de gaviones y muro de suelo reforzado, ambas cumplen satisfactoriamente con los factores de seguridad mínimo. Por lo que se optará por el uso del muro de gaviones; ya que, desde un punto de vista económico, para alturas no mayores a 6.00m, el muro de gavión es más económico al suelo reforzado. Además, de acuerdo con los estudios de suelo realizados a la zona, se empleará los materiales originarios del lugar del proyecto para el relleno del gavión tipo caja.

[4]J. Michael Duncan, M. o. (2000). Factors of Safety and Reliability in Geotechnical Engineering. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering , pp. 307-309.

[5]Viltres Milán, Y., Pintón Castro, R., & Guardado Lacaba, R. (2011). Evaluación de riesgos por deslizamiento en taludes y laderas del sector Este del Municipio Moa. IX Congreso Cubano de Geología.

## IX. Bibliografía

[1]Torres Chung, C. R. (2007). Valoración Del Riesgo En Deslizamientos. Tesis de grado. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

[2]Fernández, W., Villalobos, S., & King, R. (2018). Evaluación probabilística de la estabilidad de taludes en suelos residuales de granito completamente descompuesto. Revista ingeniería de construcción, pp. 4-5.

[3]Gallardo Amaya, R. J., Guerrero Barbosa, T. E., & Macgregor Torrado, A. A. (2013). Investigación Geotécnica para la estabilización de las laderas del Barrio San Fermín, municipio de Ocaña, departamento de Norte de Santander (Colombia). INGE CUC, vol. 9, no. 2, pp. 66-74.