

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Por la década del 70 comenzó a tomar mayor protagonismo el tema ligado a la acción del ambiente sobre los proyectos, como punto relacionado al impacto de los desastres naturales en las economías de los países.

La Organización de los Estados Americanos consideraba como prioritaria la prevención frente a la posterior acción reparatoria. Al respecto, los acontecimientos de El Niño generan la necesidad de cooperación técnica para el manejo de lo que entonces se llamaban amenazas naturales, denominación transformada en peligros naturales, en particular por las metodologías de cálculo del riesgo. La Asamblea Central de las Naciones Unidas proclamó por Resolución el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales.

El riesgo es una función de dos variables: el peligro y la vulnerabilidad. En este sentido los peligros naturales son aquellos elementos del medio ambiente físico potencialmente perjudiciales al hombre y causados por fuerzas ajenas a él. Más específicamente se refiere a fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos u originados por el fuego que, por razón del lugar en el que ocurren, su severidad y su frecuencia, pueden afectar de manera adversa a los seres humanos, sus estructuras o sus actividades. Este concepto resulta diferenciado del fenómeno o evento natural, es decir acciones naturales que se manifiestan sin ocasionar daños sobre estructuras o vidas humanas. Por otro lado la vulnerabilidad es la susceptibilidad de sufrir daños: dos estructuras diferentes expuestas al mismo desastre puede sufrir daños de magnitud diferente, entonces una será más vulnerable que la otra.

Tanto el peligro como la vulnerabilidad son condiciones necesarias para expresar al riesgo. Éste se define como la probabilidad de pérdidas, en un punto geográfico definido y dentro de un tiempo específico. Mientras que los sucesos naturales no son siempre controlables, la vulnerabilidad sí lo es. En el caso de ocurrencia de un desastre,

las inversiones necesarias para la reparación de los daños llegan a ser inmanejables y costosas. Es así que la vulnerabilidad es un problema económico con profundas raíces sociales y que debe resolverse con rapidez.

El presente trabajo trata de desarrollar a partir de una metodología ya conocida en otro país una apropiación de un manual de riesgos naturales. En el desarrollo de este trabajo se ha recolectado un amplio rango de información acerca de los principales conceptos teóricos y temas de investigación relacionados con la metodología de riesgos naturales en un país vecino, que en el proceso de justificación nos servirá como antecedentes y base para la realización del mismo. Posteriormente se mencionan los objetivos que se pretenden cumplir así como también los alcances que tendrá, ya que en nuestro medio no contamos con un manual de Riesgos Naturales para la prevención, corrección y reducción de los mismos; siendo éste un gran aporte para la Universidad como material de apoyo al momento de buscar bibliografía referido al tema.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

En los últimos años la construcción de carreteras en todos los países y también en Bolivia han adquirido mucha importancia, la ejecución de nuevos y más tramos viales han dado lugar a nuevas experiencias en la construcción de carreteras que muchas veces dan lugar a problemas que no eran comunes como los deslizamientos y fallas de taludes en carreteras que se tienen en la actualidad en diferentes tramos y se constituyen en constantes riesgos naturales cuya ocurrencia puede ser en cualquier momento.

- La importancia de determinar una metodología que permita manejar los riesgos naturales en las obras viales de una manera sistemática han sido centros de atención de diversos estudios en diferentes partes del mundo, es así que uno de esos estudios realizados en la vecina república de Chile parece ser una metodología muy apropiada a nuestro medio por ello estudiar y plantear un manual que establezca la metodología para encarar los Riesgos Naturales en

nuestras carreteras tiene significada importancia, más aun cuando se tienen problemas constantes de riesgos como son los que se dan en la carretera a Bermejo y en la Variante Canaletas – Entre Ríos.

- Establecer cuáles son los riesgos naturales en cada tramo vial y de que magnitud se permitirá planificar las acciones oportunas para que estos riesgos no se conviertan en problemas que causen pérdidas materiales y humanas ante una ocurrencia, por ello será importante para las instituciones encargadas del mantenimiento de las carreteras disponer de un manual que regule los procedimientos en casos de riesgos naturales identificados.
- Los resultados que puedan obtenerse de este estudio en nuestro medio pueden ser una base importante para las entidades encargadas de la planificación de las acciones sobre la red vial del departamento de manera que será un indicador importante que permitirá priorizar algunos tramos sobre otros en las realizaciones de acciones ingenieriles en pos de mejorar la seguridad vial.

Significará un aporte académico importante porque su estudio ni está en las materias de la carrera de ingeniería civil por lo que se hace imperioso la necesidad de profundizar para que se convierta en documento de consulta.

### **1.2.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA. -**

Las carreteras cada vez son proyectos con mayores problemas en lo que se refiere a la topografía sobre la que debe ser emplazada y muchas veces en el proceso de construcción se encuentran zonas de alto riesgo en cuanto a fallas y deslizamientos.

Al ser las carreteras obras de ingeniería de mucho costo, muchas veces los presupuestos no consideran obras complementarias para los riesgos que se presentan en la carretera esperando que se estabilicen con el tiempo, lo cual ocurre en algún grado siempre y cuando los deslizamientos o fallas no sean de alto riesgo.

En proyectos en nuestro país tanto en la etapa de diseño como de ejecución se priorizan las obras más importantes de la carretera dejando en muchos casos algunos componentes que no son totalmente resueltos en cuanto a los riesgos que pudiesen tener a lo largo de su puesta en servicio.

La determinación de los riesgos que pueden tener las carreteras durante su puesta en servicio es cada vez de mayor importancia pensando en la seguridad de los usuarios por eso cualquier esfuerzo académico o ingenieril para abordar el tema es importante y necesario en nuestros países, por ello debe considerarse alguna metodología ya estudiada en otro país y poner en consideración para las condiciones propias de nuestro país.

### **1.2.2. PROBLEMA. -**

¿La apropiación de un manual de riesgos naturales para evaluar las carreteras en servicio y determinar el grado de riesgo que tienen sus componentes resolverá necesidades para una buena conservación de la carretera con seguridad para el usuario?

### **1.2.3. OBJETIVOS. -**

#### **1.2.3.1. OBJETIVO GENERAL. -**

Aplicar una metodología desarrollada por medio de un Manual de Riesgos Naturales a ser aplicado al tramo Variante Canaletas – Entre Ríos para determinar el grado de Riesgo por el deslizamiento de material Rocoso del talud para evitar constantes deterioros en este tramo y así aumentar la buena conservación de la carretera con seguridad para el usuario.

### **1.2.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. -**

- Analizar los elementos y principios sobre los que se basa el manual de riesgos naturales aplicado al tramo Variante Canaletas – Entre Ríos.
- Determinar las características de los taludes del tramo de estudio considerando las condiciones de los materiales que lo componen respecto a la circulación de vehículos, presencia de peatones y animales.
- Medir en el tramo de estudio todos los parámetros que permitan evaluar el grado de susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo como ser volumen de tráfico, volumen peatonal, condiciones del talud como ser geométricas y físicas.
- Aplicar el procedimiento para determinar el grado de Susceptibilidad, Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo que tiene el tramo Variante Canaletas - Entre Ríos en base a los datos medidos en el tramo y siguiendo la metodología del manual de Riesgos Naturales.
- Analizar los resultados obtenidos después del procedimiento con el manual de Riesgos Naturales para evaluar los resultados y su grado de certeza en cuanto a las condiciones precedentes en el tramo de estudio de manera que con estas se realice un planteamiento de acciones para minimizar los riesgos en el tramo de estudio.
- Determinar ventajas y desventajas para así poder establecer conclusiones y recomendaciones.

### **1.2.3.3. HIPOTESIS**

Si aplicamos una metodología de Riesgos Naturales a ser aplicado al tramo Variante Canaletas – Entre Ríos; entonces podremos determinar los indicadores del grado de Riesgo por el deslizamiento del material Rocoso del talud, para la buena conservación de la carretera con seguridad para el usuario.

#### **1.2.3.4. VARIABLES**

VARIABLE DEPENDIENTE: Metodología de Riesgo.

VARIABLE INDEPENDIENTE: Indicadores de Evaluación de Riesgo.

#### **1.2.4. DISEÑO METODOLÓGICO**

##### **UNIDAD**

La unidad de estudio en el presente trabajo son las carreteras que tienen la posibilidad de tener riesgos que afectan a la seguridad vial en las carreteras.

##### **POBLACIÓN**

La población en el presente trabajo es el conjunto de carreteras de la red vial en el Departamento de Tarija con la posibilidad de tener riesgos que afectan a la seguridad vial.

##### **MUESTRA**

La muestra en el presente trabajo es el tramo de la Variante Canaletas – Entre Ríos cuya posibilidad de riesgos es que afectan a su seguridad vial.

##### **MUESTREO**

Para elegir el tramo de estudio que será la muestra se eligió en función de un pre análisis de carreteras de la red vial en el Departamento tomando los siguientes criterios:

- a) Carreteras que sean pavimentadas
- b) Carreteras que en el último año tuvieron problemas de deslizamientos

- c) Carreteras con tráfico medio a alto
- d) Carreteras que por su estructura alledaña tienen un alto riesgo a deslizamientos

## **MEDIOS**

### **❖ Métodos.**

El método que se utiliza en el presente estudio es deductivo y documental, es decir, que en base a los documentos ya existentes sobre los procedimientos que se sigue para determinar el grado de riesgos que tiene una carretera, se deduce su aplicabilidad a casos de nuestra región donde se tiene evidencia de zonas de riesgo que inciden en la seguridad vial del tramo.

### **❖ Técnicas.**

Las técnicas que se utilizarán son de investigación bibliográfica para obtener toda la información suficiente para la aplicación de procedimientos para obtención de indicadores de riesgo en las carreteras incidiendo en su seguridad vial.

Las técnicas de mediciones de campo respecto a las variables de riesgo en carreteras que deben determinarse de forma directa en el tramo de estudio y que puedan ser procesados en gabinete antes de usar bajo el procedimiento que nos indique la propuesta de determinación de riesgos en carreteras.

### **❖ Descripción de los instrumentos para la obtención de datos.**

Se utilizarán en el presente trabajo los siguientes instrumentos:

#### **➤ Manual de riesgos utilizado en Chile**

La obtención de éste manual fue gracias a la investigación en Internet, tal manual fue expuesto en congreso realizado en dicho país. Éste manual será de gran apoyo bibliográfico al momento de comparar datos obtenidos en la “Variante Canaletas –

Entre Ríos”, ya que el manual de riesgos utilizado en Chile es para carreteras físicamente similares a nuestro medio (Tarija).

➤ **Cronómetros**

El medir los tiempos que ocurren en el tráfico de vehículos que circulan en el tramo de la Variante Canaletas – Entre Ríos es de mucha importancia para el presente trabajo de investigación, por lo que la utilización del cronometro es muy importante además que se medirán todos los parámetros necesarios para el análisis.

➤ **Cámara fotográfica**

Para tener referencia de la zona en estudio es de mucha importancia el proceso de sacar fotografías a todos los elementos que se encuentran en el tramo Variante Canaletas – Entre Ríos.

➤ **Equipo de video**

Hoy en día se cuenta con muchos medios para poder obtener videos los cuales nos servirán para poder hacer un análisis del tramo en estudio ya que se realizarán visitas al lugar, pero no será suficiente con la inspección, por lo tanto, se procederá a captar imágenes para el posterior trabajo.

➤ **Equipo topográfico**

Para la obtención de puntos en la superficie del tramo se necesitará un equipo topográfico el cual nos ayudará a sacar todos los datos para el análisis del tramo Variante Canaletas – Entre Ríos.

➤ **Cinta métrica**

Es de mucha importancia la cinta métrica ya que será utilizada para medir todos los parámetros que se encuentran en la carretera del Tramo Variante Canaletas – Entre Ríos.

➤ **Programas Excel y Word**

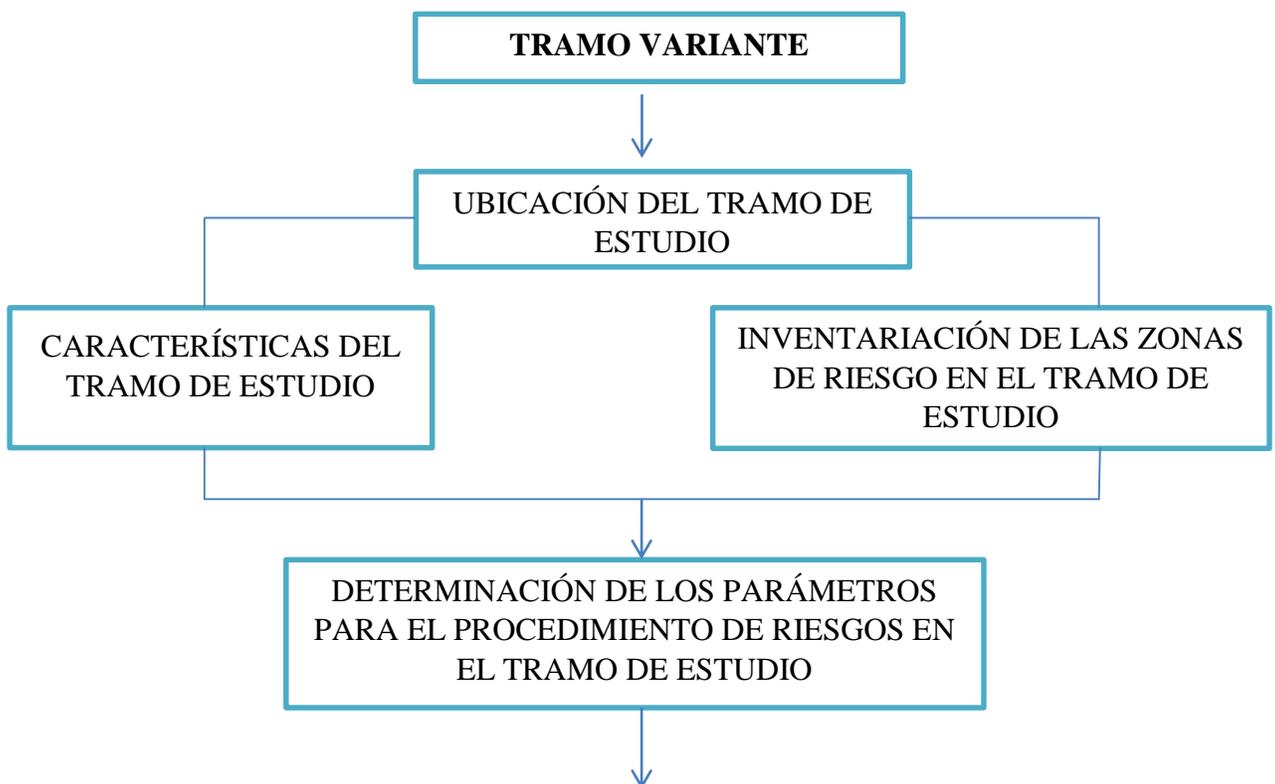
Los paquetes informáticos son herramientas de mucha utilidad al momento de procesar datos, en el presente trabajo utilizaremos los programas Excel y Word para el computo de datos y el proceso de dicha información.

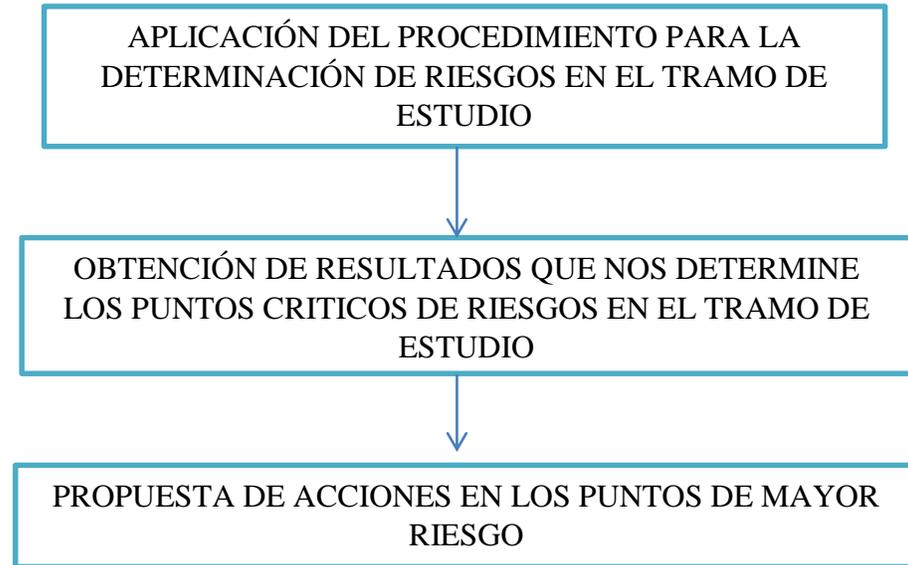
### **1.3. METODOLOGÍA**

- El primer paso será la ubicación del tramo de aplicación para este estudio es la Variante Canaletas ubicada en la carretera que une Tarija – Entre Ríos. Se elige éste tramo porque desde su puesta en servicio éste tramo tiene problemas de deslizamiento de los taludes con alto riesgo para vehículos, peatones y animales que circulan por la carretera.
- Para poder aplicar una metodología de Riesgos Naturales es necesario tener las características del tramo en el cual se aplicará la metodología, por esa razón se obtendrá información de SEDECA sobre el tramo y se realizarán mediciones de tráfico, presencia de peatones y animales, inventariarían de sectores de derrumbes, caracterización de materiales en los taludes críticos, tipo de mantenimiento, condiciones físicas y geométricas de los taludes, etc.
- Toda la información de campo será procesada para que esté dentro del contexto de la metodología del Manual de Riesgos en el cual se procederá a determinar para los sub tramos críticos el grado de riesgo que se tiene. Se elegirán 30 sub tramos críticos en el tramo de estudio.

- Para la aplicación del manual previamente se realizará certeza con la que se dispone los datos de proceso de manera de apropiar el manual a las condiciones locales al cual pertenece el tramo de estudio.
- El manual requiere información básica de las condiciones del tramo como ser longitud, ancho de calzada, obras de drenaje, condiciones geométricas de taludes, condiciones de operación volumen de tráfico, porcentaje de vehículos pesados, horas críticas, etc.
- Se obtendrá una valoración de Riesgo en los sub tramos de estudio y se realizará la estadística correspondiente para establecer cuáles son los puntos de mayor riesgo y cuáles de riesgos menores para concluir con una valoración del riesgo del tramo.

## FLUJOGRAMA





❖ **Preparación previa para la aplicación de instrumentos, Requisitos y condiciones para la aplicación.**

Se procederá a la revisión de los instrumentos que se utilizarán en la medición de los parámetros mencionados anteriormente, que estos se encuentren en buen estado para no presentar errores dentro de la medición y así obtener resultados aceptables.

❖ **Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información.**

Para analizar los resultados obtenidos de los sub tramos ya mencionados anteriormente, será necesario realizar un análisis estadístico, para realizar una relación existente entre variables se elegirá el método más apropiado.

Existen técnicas estadísticas que permiten disminuir el impacto de estas discrepancias atribuidas a variables no controladas, mediante un “ajuste” de datos o regresión.

El análisis de regresión nos da la capacidad de representar una serie de datos o de resultados, por medio de un modelo matemático que describa con exactitud su comportamiento respecto a determinadas variables.

El tipo de estudio que se realizará es Descriptivo o Correlacional, por tanto la estadística nos pide un mínimo de 30 tramos por grupo o variable, a continuación presento la distribución de dichos tramos por variable y el total de la investigación.

Tabla 1.1 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

TIPO DE ESTUDIO	TAMAÑO MÍNIMO DE MUESTRAS
Descriptivo o correlacional	30 casos por grupo o segmento
Encuesta a gran escala	100 casos por grupo o segmento
Casual	15 casos por variable independiente
Experimental o casi experimental	15 casos por grupo

#### 1.4. ALCANCE

El concepto del riesgo ha evolucionado desde las nociones de Manejo, Gestión o Administración de Desastres hacia un enfoque integral que comprende también los procesos de prevención y mitigación en contraposición a los procesos de solamente respuestas a desastres ya ocurridos y la reconstrucción.

Puede decirse que la apropiación del manual de riesgos, desde el punto de vista integral, considera aspectos ex ante y ex post. Se basa especialmente en:

- La identificación y análisis del riesgo.
- La concepción y aplicación de medidas de prevención y mitigación.
- La protección financiera mediante la transferencia o retención del riesgo.
- Los preparativos y acciones para las fases posteriores de atención, rehabilitación y reconstrucción.

La gestión del riesgo debe lidiar con diferentes vulnerabilidades, pero son más destacables la ambiental, física, y la financiera.

Finalmente se propone la Apropiación a condiciones locales de un manual de Riesgos Naturales dentro del ciclo de proyecto, la utilización de una metodología ya propuesta, en ella se destaca que, si bien algunos componentes del sistema carretero se encuentran

diseñados incluyendo características de resistencia a peligros naturales, muchas veces el sistema, como un todo, no es evaluado frente a los costos y beneficios de medidas de mitigación.

La oportunidad para la Apropiación de éste Manual de Riesgos es todo el proceso de evaluación (aún en los procesos de planificación) y desde las etapas más tempranas. La atención a los peligros naturales debe extenderse también en la implementación.

Las técnicas para la evaluación deben adecuarse a cada etapa del proceso de evaluación. En general deben estar orientadas a, determinar costos, beneficios y probabilidades de ocurrencia para aplicar luego técnicas de análisis de riesgo.

## **ASPECTOS GENERALES DE LAS CARRETERAS Y SUS COMPONENTES**

## **2.1. GENERALIDADES**

En el proyecto integral de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece una configuración geométrica tridimensional, con el propósito de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Una vía será funcional de acuerdo a su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito, de tal manera que ofrezca una adecuada movilidad a través de una suficiente velocidad de operación.

La geometría de la vía tendrá como premisa básica la de ser segura, a través de un diseño simple y uniforme.

La vía será cómoda en la medida en que se disminuyan las aceleraciones de los vehículos y sus variaciones, lo cual se logrará ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los tramos rectos.

La vía será estética al adaptarla al paisaje, permitiendo generar visuales agradables a las perspectivas cambiantes, produciendo en el conductor un recorrido fácil.

La vía será económica, cuando cumpliendo con los demás objetivos, ofrece el menor costo posible tanto en su construcción como en su mantenimiento.

Finalmente, la vía deberá ser compatible con el medio ambiente, adaptándola en lo posible a la topografía natural, a los usos del suelo y al valor de la tierra, y procurando mitigar o minimizar los impactos ambientales.

Los factores o requisitos del diseño a tener en cuenta se agrupan en externos o previamente existentes, e internos o propios de la vía y su diseño.

Los factores externos están relacionados, entre otros aspectos, con la topografía del terreno natural, la conformación geológica y geotécnica del mismo, el volumen y

características del tránsito actual y futuro, los valores ambientales, la climatología e hidrología de la zona, los desarrollos urbanísticos existentes y previstos, los parámetros socioeconómicos del área y la estructura de las propiedades.

Los factores internos del diseño contemplan las velocidades a tener en cuenta para el mismo y los factores operacionales de la geometría especialmente los vinculados con la seguridad exigida y los relacionados con la estética y armonía de la solución.

## **2.2. DISEÑO TEÓRICO**

### **DEFINICIÓN DE CARRETERAS**

Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

Algunos acostumbran denominar caminos a las vías rurales, mientras que el nombre de carreteras se lo aplican a los caminos de características modernas destinadas al movimiento de un gran número de vehículos.

### **TIPOS DE CARRETERAS**

#### **❖ Según su función**

Determinada según la necesidad operacional de la carretera o de los intereses de la nación en sus diferentes niveles:

#### **➤ Carreteras primarias o de primer orden**

Son aquellas vías troncales, transversales y de accesos a las capitales de los Departamentos, que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y de consumo del país y de este con los demás países. Este

tipo de carreteras puede ser de calzadas divididas según las exigencias del proyecto, y deben ser siempre pavimentadas.

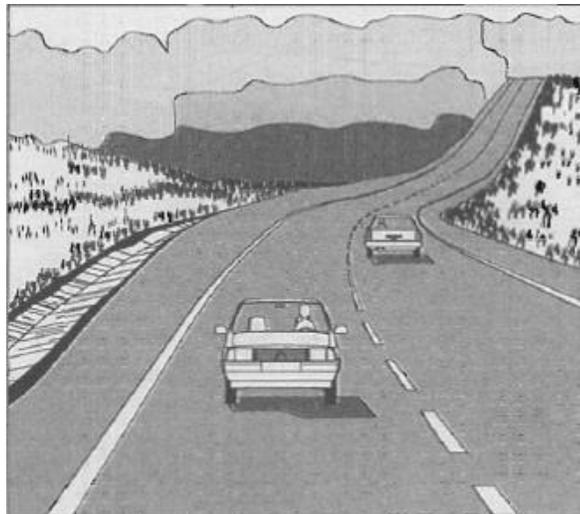
➤ **Carreteras secundarias o de segundo orden**

Son aquellas vías que unen cabeceras municipales entre si y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.

➤ **Carreteras terciarias o de tercer orden**

Son aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas, o que unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deben cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras Secundarias.

**Fig. 2.1** Carreteras según su función



Fuente: Jaime Cárdenas Grisales. “Diseño Geométrico de Carreteras” ECOE EDICIONES. México.

❖ **Según el tipo de terreno**

Determinada por la topografía predominante en el tramo en estudio. De allí que, a lo largo de una carretera pueden presentarse tramos homogéneos en diferentes tipos de terreno. Éstos se clasifican con base en las pendientes de sus laderas naturales en el entorno transversalmente en la vía.

De esta manera, se consideran las siguientes carreteras:

➤ **Carreteras en terreno plano**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.

➤ **Carreteras en terreno ondulado**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en pendientes por intervalos de tiempo prolongado.

➤ **Carreteras en terreno montañoso**

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidades sostenidas en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes.

➤ **Carreteras en terreno escarpado**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente que aquellas a las que no operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes.

### ❖ **Según sus características**

#### ➤ **Autopistas**

Son vías de calzada separadas, cada una con dos o más carriles y con control total de accesos. Las entradas y salidas de las autopistas se realizan únicamente a través de intersecciones a desnivel comúnmente llamadas distribuidores o intercambiadores.

#### ➤ **Carreteras multicarriles**

Son carreteras divididas o no, con dos o más carriles por sentido y con control parcial de accesos. Las entradas y salidas se realizan a través de intersecciones a desnivel y a nivel.

#### ➤ **Carreteras de dos carriles**

Constan de una sola calzada de dos carriles, uno por cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y acceso directo desde sus márgenes.

### **COMPONENTES DE LAS CARRETERAS**

#### ➤ **Ancho de la zona o derecho de vía**

Faja de terreno determinada dentro de los siguientes rangos, salvo condiciones particulares del proyecto que justifiquen extrapolar el límite superior. El ancho está destinado a la construcción de la vía y sus futuras ampliaciones.

#### ➤ **Sobreancho**

Aumento en la sección transversal de una calzada en las curvas. Asegurar espacios libres adecuados entre los vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o unidireccionales, y entre el vehículo y el borde de la carretera.

#### ➤ **Corona**

Conjunto formado por la calzada (zona de la vía pavimentada o acondicionada con algún tipo de material de afirmado) y las bermas (fajas comprendidas entre los bordes de la calzada y las cunetas).

➤ **Cuneta**

Zanja, revestida en concreto o no, construida paralelamente a las bermas. Su dimensión se deduce de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta la intensidad de la lluvia prevista, la naturaleza del terreno, la pendiente y el área que drenan. Las cunetas recubiertas en tierra se diseñan para asegurar que el agua no las erosione. El control por erosión depende del tipo de suelo de la subrasante, de la pendiente longitudinal de la vía y de la intensidad de la lluvia de diseño.

➤ **Talud**

Paramento o superficie inclinada que limita lateralmente un corte o un terraplén. Su inclinación se mide por la tangente del ángulo que forman tales planos con la vertical en cada sección de la vía. La inclinación de los taludes de corte es variable a lo largo de la vía según sea la calidad y estratificación de los suelos encontrados.

## **TALUDES EN CARRETERAS**

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daño en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb 1989); sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia. El 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control. Las zonas montañosas tropicales son muy susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra debido a que generalmente, se reúnen cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia tales como son la topografía, sismicidad, meteorización y lluvias intensas.

## **RIESGO EN TALUDES DE CARRETERAS**

El objetivo principal de un estudio de estabilidad de taludes o laderas es el de establecer medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo. Generalmente, los beneficios más importantes desde el punto de vista de reducción de amenazas y riesgos es la prevención. Sin embargo, la eliminación total de los problemas no es posible mediante métodos preventivos en todos los casos y se requiere establecer medidas de control para la estabilización de taludes susceptibles a sufrir deslizamientos o deslizamientos activos.

La estabilización de deslizamientos activos o potencialmente inestables es un trabajo relativamente complejo, el cual requiere de metodologías de diseño y construcción.

## **EVALUACIÓN DE RIESGOS EN CARRETERAS**

El concepto de Gestión del Riesgo, se originó en la segunda mitad de la década de los '90. Hasta ese momento se utilizaban nociones como Manejo, Gestión o Administración de Desastres. Se destaca entonces que cuando anteriormente se enfocaba la atención en el daño y la pérdida (es decir en el desastre mismo y sus consecuencias) ahora se centra en el riesgo, la potencialidad de daño y pérdida. Esta circunstancia pone énfasis en un enfoque integral que comprende también los procesos de prevención y mitigación en contraposición a los procesos de solamente respuesta a desastres ya ocurridos y la reconstrucción. Así la gestión se fundamenta en el riesgo y este concepto está presente en todos los ámbitos del proceso, incluyendo los momentos pre y post impacto del fenómeno potencialmente peligroso. La Gestión de Riesgos, involucra entonces la prevención y además en caso de ocurrencia de un desastre y proporciona además todos los pasos necesarios que permitan a la población afectada recuperar su nivel de funcionamiento, después de un impacto.

- La Prevención (Antes): la Estimación del Riesgo y la Reducción del Riesgo.

- La Respuesta (Durante): ante las Emergencias (incluye la atención propiamente dicha, la evaluación de daños y la rehabilitación).
- La Reconstrucción (Después).

Puede decirse la gestión del riesgo, desde un punto de vista integral, considera aspectos ex-ante y ex-post. Se basa especialmente en:

- a) la identificación y análisis del riesgo
- b) la concepción y aplicación de medidas de prevención y mitigación
- c) la protección financiera mediante la transferencia o retención del riesgo
- d) los preparativos y acciones para las fases posteriores de atención, rehabilitación y reconstrucción.

Así la gestión del riesgo abarca formas de intervención muy variadas, que van desde la formulación e implementación de políticas y estrategias, hasta la implementación de acciones e instrumentos concretos de reducción y control. Los niveles de intervención de la gestión del riesgo abarcan desde lo global (representado por la Nación, lo sectorial, lo regional) hasta lo local (lo comunitario y lo familiar).

En cada uno de estos niveles son necesarios sistemas o estructuras organizacionales e institucionales. Estos sistemas deben reunir aquellas instancias colectivas de representación social de los diferentes actores e intereses sobre la base de una coordinación y maneras de interacción pre convenidas.

## **PELIGROS, VULNERABILIDAD Y RIESGO**

### **Distintos tipos de vulnerabilidad en el marco de la gestión del riesgo**

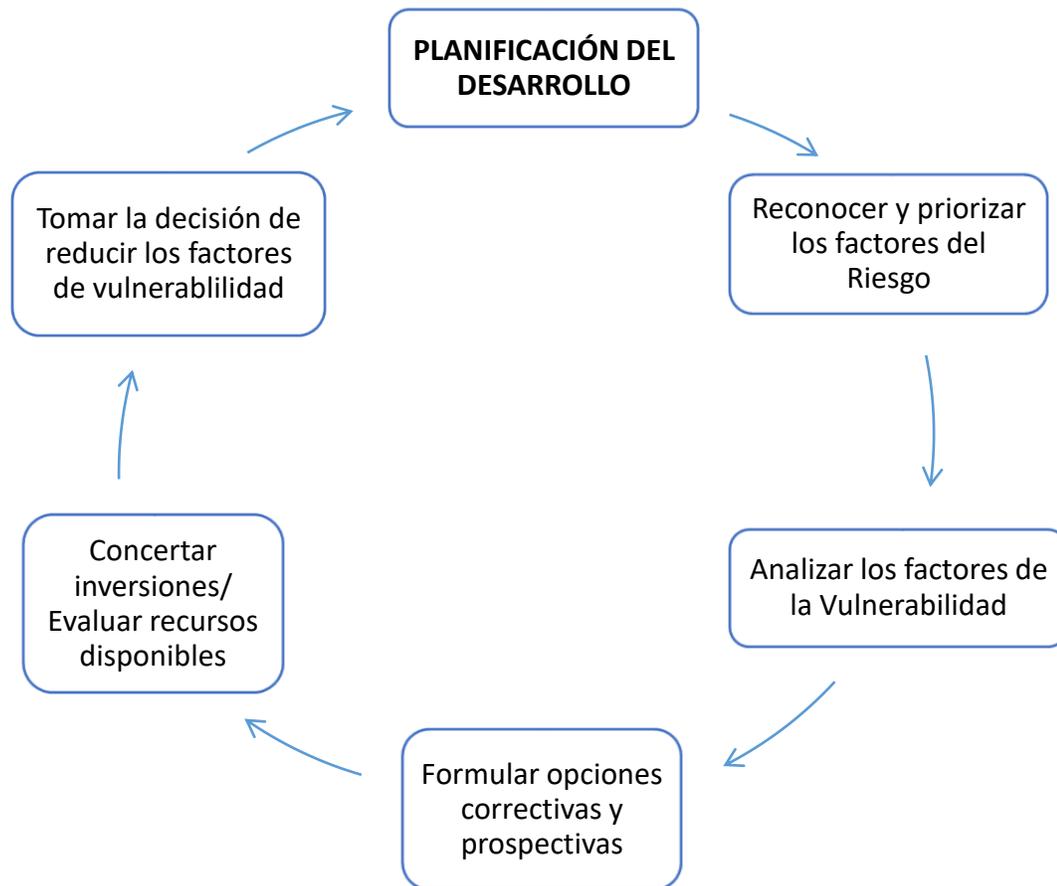
Se han definido diferentes tipos de vulnerabilidad en referencia a diversos aspectos afectados de la sociedad.

- Vulnerabilidad ambiental y ecológica

- Vulnerabilidad física
- Vulnerabilidad económica
- Vulnerabilidad social
- Vulnerabilidad educativa
- Vulnerabilidad cultural e ideológica
- Vulnerabilidad política e institucional
- Vulnerabilidad científica y tecnológica

La vulnerabilidad ambiental ha aumentado dramáticamente en América Latina y el Caribe en las últimas décadas. Esto como consecuencia de la degradación ambiental, la expansión urbana, rápida y desordenada, el desarrollo de la infraestructura y la producción de bienes y servicios sin tomar en cuenta las medidas preventivas adecuadas (diseño, ubicación, control de calidad de la construcción y mantenimiento), y el uso incorrecto del espacio. Es por ello que ha surgido el enfoque de la gestión de riesgos en el que se presta atención a la reducción del mismo en situación ex ante, en contraposición del estudio de fenómenos una vez acaecidos. La reducción de los factores de vulnerabilidad puede representarse, en el marco de la Gestión, sobre la base de un ciclo como el que se muestra en la Figura 2.2

**Fig. 2.2 Ciclos para reducir los factores de vulnerabilidad**



Fuente: Keipi et al, 2005

**Figura 2.2: Ciclo para reducir los factores de vulnerabilidad**

Este ciclo o proceso de reducción de vulnerabilidad es aplicable (con las ligeras modificaciones del caso) a las otras vulnerabilidades. Es de destacar la vulnerabilidad financiera ya que frente a un desastre los gobiernos enfrentan el reto inmediato de responder a dichas situaciones. Esta situación implica la movilización de importantes recursos con fines de mitigación, reconstrucción y reactivación de la economía nacional.

Como resultado el impacto del desastre se generaliza a toda la sociedad.

Por otro lado, la necesidad urgente de recomposición puede llevar a los países a reconstruir las mismas condiciones de vulnerabilidad original.

Todo lo anterior coloca a los países ante un doble reto: dar continuidad a los procesos para reducir la vulnerabilidad, con énfasis en la prevención y mitigación, y la adopción de medidas financieras alternas ex ante para asegurar la reposición rápida, segura y eficiente de los bienes y servicios que podrían perderse durante un próximo suceso.

## **LA GESTIÓN DEL RIESGO**

### **Institucionalización**

Desde hace algunos años, la reducción del riesgo se encuentra en la agenda de numerosos gobiernos de Latinoamérica y el Caribe, en muchos de ellos por primera vez. La mayoría de los sistemas nacionales en América Latina y el Caribe se iniciaron como entidades gubernamentales enfocadas en la respuesta a los desastres. Algunos países continúan dependiendo casi exclusivamente de sus sistemas de defensa civil. Otros, sobre todo después de haber sido afectados por desastres mayores, han respondido mediante la creación paulatina de sistemas más integrados, a los que eventualmente les han incorporado algunos elementos de prevención, mitigación, preparación y actividades de reconstrucción y rehabilitación, entre ellos Argentina.

### **ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD**

Los análisis de vulnerabilidad son parte esencial del proceso de integración de la estrategia ante desastres naturales con las metas generales de desarrollo. Ellos identifican las fuentes de riesgo, los grupos vulnerables y las intervenciones potenciales. Los análisis de vulnerabilidad permiten a quienes formulan las políticas definir acabadamente las metas de los planes del manual de riesgos y establecer los objetivos para reducir la vulnerabilidad.

### **2.3. ETAPAS EN UNA CARRETERA**

### **2.3.1. Anteproyecto**

Un anteproyecto estudia, a un nivel más detallado que un estudio de factibilidad, las soluciones posibles a un problema planteado o previsto, y las evalúa de manera que se pueda concretar de forma óptima. Su nivel de definición es más rápido que el de un proyecto destinado a servir de base a un contrato de obras, cuya relación es un proceso que consume un largo tiempo y bastantes recursos. Es el caso, por ejemplo, de que la construcción de la infraestructura viaria o de una parte de ella (en especial, los puentes o los túneles) se pueda llevar a cabo por distintos procedimientos, todos ellos admisibles desde un punto de vista funcional, pero con diferentes ventajas e inconvenientes desde un punto de vista técnico o económico.

En el caso normal de que la construcción sea objeto de una licitación, el autor del proyecto no puede saber a priori (a no ser que lo imponga) el procedimiento constructivo elegido por el cliente (lo cual influirá en su oferta económica); ni suele estar en condiciones de juzgar las ventajas e inconvenientes técnicos de los distintos procedimientos ofertados, con independencia del coste y del plazo que entraña. Sobre un trazado es que se va a elaborar el anteproyecto de la carretera, el cual consiste en fijar en los planos la línea que mejor cumpla los requisitos planimétricos y altimétricos que se hayan impuestos a la vía, de acuerdo a la clasificación que se ha hecho de la misma.

Después de haber hecho en la etapa de estudio del trazado un reconocimiento en el campo de cada una de las rutas seleccionadas, y luego de hacer una evaluación de cada una de las alternativas y seleccionar la que reúna mejores condiciones llegamos a la etapa del anteproyecto donde se debe fijar en los planos la línea que represente la ruta seleccionada y para tal fin hay que realizar un estudio topográfico de la misma a través de una poligonal base, haciendo un levantamiento Terrestre para ante proyectar.

Para obtener información topográfica que sea precisa para realizar un anteproyecto de carreteras, es necesario efectuar un levantamiento topográfico de la faja de terreno que fue seleccionada como la ventajosa durante los reconocimientos preliminares.

### **2.3.2. Proyecto a Diseño Final**

El estudio del proyecto a diseño final se realiza a través de las tres partes en las que se divide:

- Estudio topográfico
- Estudio de mecánica de suelos
- Estudio de estructuras

Las tres partes mencionadas se complementan para seguir los siguientes pasos:

- a) Reconocimiento topográfico y localización de rutas posibles.
- b) Reconocimiento geológico e hidrológico con sondeos preliminares de las rutas posibles, definiendo en términos generales los problemas de materiales, estabilidad de cortes y terraplenes y costos posibles.
- c) Elección de la localización entre las rutas posibles. Levantamiento topográfico, estudio del trazo y movimiento de terracería. Estudio de los cauces en los cruces y trazos definitivo sobre el terreno.
- d) Estudio geológico sobre el trazo definitivo. Sondeos para formar el perfil de suelos. Abundamientos, compactaciones, estabilidad de terracerías, drenaje, procedimientos de construcción, equipo adecuado a los materiales y costos unitarios.

- e) Afinamientos del trazo y la curva masa. Planos construcción. Presupuesto.
- f) Estudio geo-hidrológico de los cauces en los cruces. Estudio de cimentación de puentes. Estudio de materiales disponibles para la construcción de estructuras. Estudios foto elásticos de estructuras.
- g) Estudio de puentes, estudios de las alternativas posibles. Elección de proyecto y cálculo estructural. Planos y especificaciones de construcción. Presupuestos. Proyecto de estructuras.

### **2.3.3. Construcción**

La construcción se divide en tres partes:

#### **A) Dirección técnica**

- Levantamiento topográfico del lugar
- Nivelación
- Excavación o terraplén
- Sub-base
- Base
- Riego de impregnación
- Riego de liga
- Carpeta asfáltica

#### **B) Ejecución de la obra**

##### **a) Excavación y nivelación**

- **Drenaje superficial.** - colocación de malla sobre los cuerpos de agua para evitar sólidos suspendidos. Establecer presas de decantación para que los sedimentos en suspensión sean retenidos.
- **Incremento de la erosión de los suelos.** - programar las obras en época de estiaje para evitar la erosión hídrica.
- **Afectación de suelo e hidrología.** - definir los lugares donde será depositado el material no empleado, cuidando la no afectación de corrientes de agua superficiales y zonas de alta productividad agrícola. Reutilización de material no empleado para posteriores actividades.
- **Contaminación del aire.** - humedecer la superficie a excavar para evitar partículas suspendidas.

#### **b) Cortes y terraplenes**

- **Reducción de agua superficial o subterránea** - Deberán localizarse previamente las fuentes de suministro de agua para la formación de terraplenes, además de obtener los permisos correspondientes de la Comisión Nacional del Agua.
- **Modificación de las tasas de infiltración de mantos de agua subterránea** - No mitigable.
- **Modificación de las corrientes y caudales por la modificación del drenaje natural** - Suavizar pendientes y terraplenes.
- **Modificación de la calidad del suelo, por contaminación con residuos sólidos, material de construcción y residuos peligrosos** - Evitar la disposición sobre el suelo de los residuos sólidos orgánico producto de la ingesta y desechos

de los trabajadores, colocando tambos para depósito de la basura. Recolectar los materiales de construcción. Recolectar los materiales con aceite en recipientes de acuerdo al reglamento de residuos peligrosos.

### **C) Control de mecánica de suelos**

#### **a) Acarreo de material**

- **Contaminación por ruido** - Los vehículos deberán cumplir con la norma.
- **Generación de polvos** - Transportar el material cubierto y manejar materiales húmedos.
- **Contaminación atmosférica** - Se deberá cumplir con las normas.

#### **b) Pavimentación**

- **Perdida de la utilización del suelo** - No mitigable.
- **Contaminación de la calidad de agua** - Situar la subrasante por lo menos a 1.5 metros por encima de la capa freática. Colocar parapetos para retener los sedimentos durante la construcción. Utilizar balsas de decantación.
- **Cambios en los patrones de escurrimientos de aguas superficiales** - Contar con un buen proyecto de drenaje y subdrenaje.
- **Afectación al suelo** - La disposición de los sobrantes de la mezcla asfáltica deberá recogerse y, en camiones de volteo, retornarse a la planta de asfalto para su reciclado o disposición definitiva.

### **2.3.4. Conservación y Mantenimiento**

- Conservación

- Estudio de tránsito
- Estudio de mecánica de suelos
- Reconstrucción

**Fig. 2.3** Conservación y Mantenimiento



Fuente: [www.eadic.com](http://www.eadic.com), mantenimiento y conservación de carreteras red

## **2.4. COMPONENTES DE LA CARRETERA**

### **2.4.1. Elementos de Infraestructura**

- Problemas geotécnicos en las carreteras
- Estudios y reconocimientos geológicos y geotécnicos
- Clasificación de los suelos y de las rocas
- Compactación
- Capacidad de soporte de los suelos
- Construcción de explanaciones
- Formación de explanada, estabilización de suelos
- Desagüe superficial

- Drenaje subterráneo, empleo de geotextiles
- La erosión de los taludes
- Obras de paso, estructuras y túneles

**Fig. 2.4** Elementos de Infraestructura



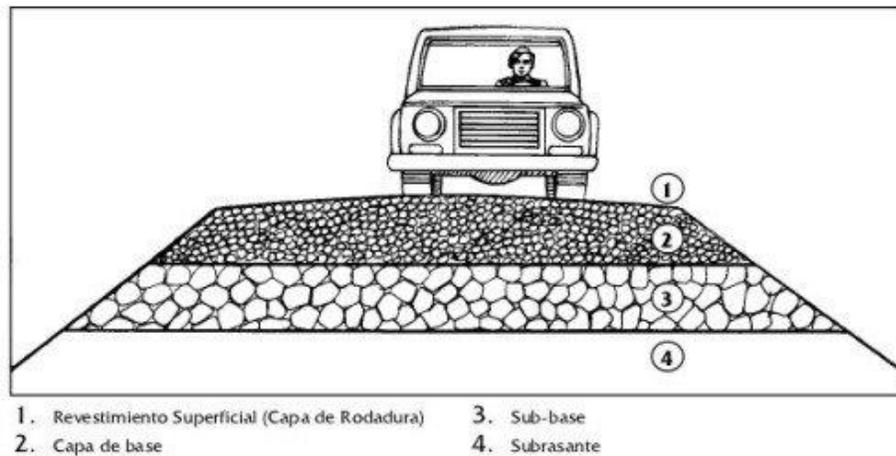
Fuente: pavimyvias77,blogspot.com

#### **2.4.2. Elementos de Superestructura**

- Constitución de los firmes
- Ligantes y conglomerantes
- Áridos
- Capas granulares
- Capas tratadas para bases y subbases
- Tratamientos superficiales
- Mezclas bituminosas
- Pavimentos de hormigón
- Dimensionamiento de firmes
- Características superficiales de los pavimentos
- Firmes y pavimentos de otras estructuras

- Señales, marcas viales y balizas
- Dispositivos para la contención de vehículos
- Otras dotaciones viarias

**Fig. 2.5** Elementos de Superestructura



Fuente: es, slideshare, net, generalidades de pavimentos y vías de comunicación

### 2.4.3. Elementos de Drenaje

El agua que fluye a lo largo de la superficie de la plataforma, tanto de la propia carretera como de lo aportado por los taludes superiores adyacentes, debe ser encauzada y evacuada de tal forma que no se produzcan daños a la carretera ni afecte su transitabilidad.

Para evitar el impacto negativo de la presencia del agua, en la estabilidad, durabilidad y transitabilidad, en esta sección se considerará los distintos tipos de obras necesarios para captar y eliminar las aguas que se acumulan en la plataforma de la carretera, las que pueden provenir de las precipitaciones pluviales y/o de los terrenos adyacentes.

Es de esto que se encargan las obras de drenaje, de los cuales existen tres elementos fundamentales que a continuación mencionaremos.

**Fig. 2.6 Elementos de Drenaje**



Fuente: [www.structuralia.com](http://www.structuralia.com), mantenimiento de desagüe y de drenaje en carreteras

### **A) Drenaje longitudinal**

Canaliza las aguas caídas sobre la plataforma y taludes de la explanación de forma paralela a la calzada, restituyéndolas a los cauces naturales. Para ello se emplean elementos como las cunetas, colectores, sumideros y bajantes.

El drenaje longitudinal existente consiste en la disposición de los elementos necesarios para:

- Recoger el agua en la plataforma y taludes de desmonte y conducirla hasta el punto de drenaje.
- Encauzar la escorrentía de las áreas adyacentes que inciden en el trazado.

#### **a) Factores topográficos:**

Dentro de este grupo se engloban circunstancias de tipo físico, tales como la ubicación de la carretera respecto del terreno natural contiguo en desmonte, terraplén o a media

ladera, la tipología del relieve existente llano, ondulado, accidentado o la disposición de sus pendientes en referencia a la vía.

**b) Factores hidrológicos:**

Hacen referencia al área de la cuenca de recepción y aporte de aguas superficiales que afectan directamente a la carretera, así como la presencia, nivel y caudal de las aguas subterráneas que puedan infiltrarse en las capas inferiores del firme.

**c) Factores geotécnicos:**

La naturaleza y característica de los suelos existentes en la zona condiciona la factibilidad con la que el agua puede llegar a la vía desde su punto de origen, así como la posibilidad de que ocasionen corrimientos o una erosión excesiva del terreno. Las propiedades a considerar son aquellas que afectan su permeabilidad, homogeneidad, estratificación o compacidad, influyendo también la existencia de vegetación.

**B) Drenaje transversal**

La presencia de una carretera interrumpe la continuidad de la red de drenaje natural del terreno ladera, vaguadas, cauces, arroyos, ríos, por lo que debe procurarse un sistema que restituya dicha continuidad, permitiendo su paso bajo la carretera en condiciones tales que perturben lo menos posible la circulación de agua a través de la citada red.

Además, las obras de drenaje transversal también se aprovechan para desaguar el caudal recogido por la plataforma y sus márgenes, y canalizando a través de las cunetas.

En cuanto hace referencia a su tipología, pueden distinguirse dos grandes grupos de obras de drenaje transversales:

**a) Pequeñas obras de paso:** Este tipo de obras son de reducido tamaño, no superando luces de más de diez metros.

**b) Grandes obras de paso:** Se trata de aquellas realizadas para salvar grandes luces y desniveles, principalmente puentes y viaductos. Este tipo de obras están relacionadas con cauces y caudales más importantes, por lo que su sección no resulta determinante para el desagüe del cauce. Sin embargo, plantea problemas de elevación de la lámina de agua sobre la vía o de erosiones en los apoyos de las pilas.

### **Criterios de proyecto**

Al proyectar obras de drenaje transversal deberán tenerse en cuenta los criterios de diseño ya expuestos al principio del tema, así como los siguientes puntos, muchos de ellos referidos a pequeñas obras de paso:

- Deben perturbar lo menos posible la circulación del agua por el cauce natural, sin provocar excesivas sobreelevaciones del nivel de agua (que pueden provocar aterramientos aguas arriba) ni aumentos de velocidad, causantes de erosiones aguas abajo.
- Debe considerarse la posibilidad de distribuir la anchura del cauce entre varios vanos o conductos, en este sentido, suele ser preferible una única obra antes que varias más pequeñas, ya que existe un mayor riesgo de obstrucción, al ser las luces más pequeñas.
- Las embocaduras deben dimensionarse de forma que no favorezcan la formación de turbulencias o provoquen aterramientos, permitiendo que el agua entre en el conducto de la forma más limpia posible.

### **C) Drenaje subterráneo**

El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poro o impedir que estas aumenten. La cantidad de agua recolectada por un sistema de subdrenaje depende

de la permeabilidad de los suelos o rocas y de los gradientes hidráulicos. Cuando se instala un dren generalmente, el nivel piezométrico se disminuye al igual que el gradiente hidráulico, lo cual disminuye el caudal inicial recolectado por los drenes.

### **Cortinas subterráneas impermeables**

Puede impedirse que el agua subterránea alcance la zona de inestabilidad potencial mediante la construcción de pantallas impermeables profundas. Las pantallas subterráneas pueden consistir en zanjas profundas rellenas de asfalto o concreto, cortinas de inyecciones, o líneas de bombeo de agua consistentes en hileras de pozos verticales. El diseño de estas cortinas debe tener en cuenta los efectos que sobre las áreas adyacentes tiene el cambio del régimen de aguas subterráneas.

Este sistema produce un aumento del nivel freático y represamiento del agua subterránea arriba del deslizamiento y su utilización debe complementarse con la construcción de subdrenes para controlar los efectos negativos.

### **Subdrenes Interceptores**

Los subdrenes interceptores son zanjas excavadas a mano o con retroexcavadora, rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte del agua. La profundidad máxima de estas zanjas de aproximadamente seis metros. Los hay de diversas formas

### **Material de filtro**

Es conveniente tener en cuenta que los drenes tratan de taponearse por transporte y depositación de las partículas más finas del suelo. Para evitar este fenómeno se debe colocar un filtro que debe cumplir los siguientes objetivos:

- a. impedir el paso de las partículas finas del suelo a proteger.
- b. Permitir la filtración rápida del agua.

Existen dos filtros generales de filtro:

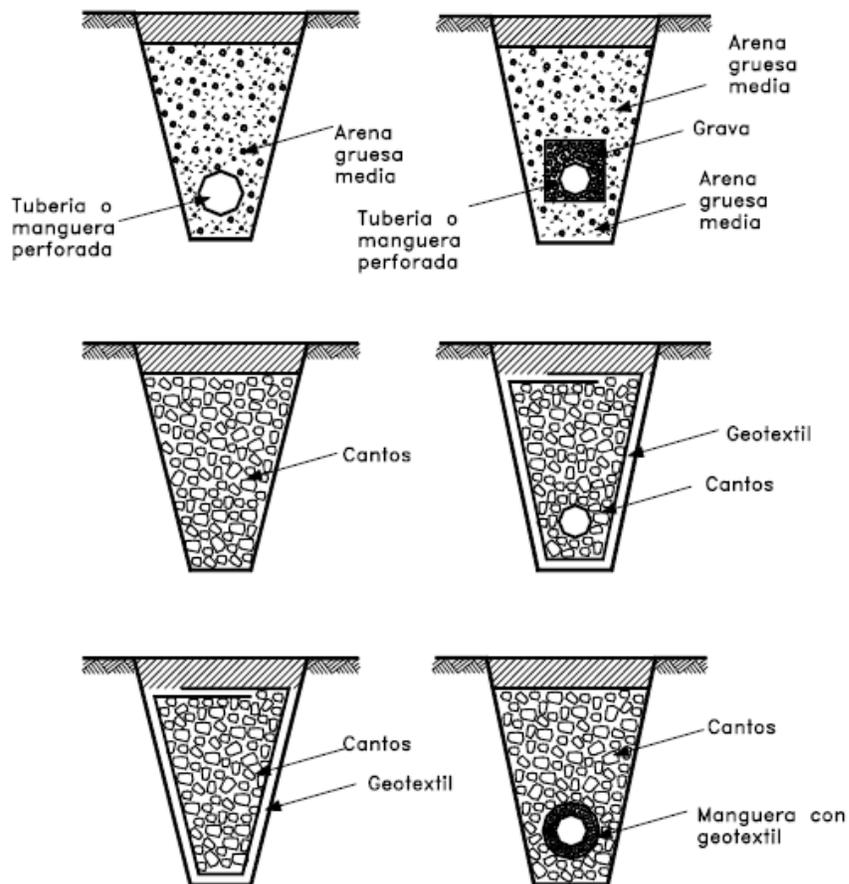
1. material granular filtrante.

## 2. Filtro de mantos sintéticos o geotextiles.

Se requiere escoger muy cuidadosamente el material de filtro y/o el tipo y calidad del geotextil a emplear.

Para material de filtro se debe cumplir ciertos requisitos de granulometría los cuales son universalmente conocidos.

**Fig. 2.7 Drenaje Subterráneo**



Fuente: Jaime Suarez Díaz. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Colombia.

## **RIESGOS EN CARRETERAS**

### **3.1. INTRODUCCIÓN**

La ocurrencia de deslizamientos es un fenómeno sujeto a muchos grados de incertidumbre debido a que los deslizamientos incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, materiales, restricciones geológicas, etc. Morgenstem expreso que el papel de factor de seguridad es complejo debido a que no tiene en cuenta la incertidumbre de la ignorancia con respecto a la confiabilidad de los datos para el análisis, a incertidumbres en los modelos matemáticos y a incertidumbres humanas.

Cuando existe incertidumbre de la posibilidad o no de la ocurrencia de un fenómeno. Generalmente, se toman decisiones equivocadas de diseño. El costo de u proyecto puede resultar muy alto o se tienen que asumir riesgos de características y magnitudes no determinadas.

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daño en las propiedades, sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia. El 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control, o identificando zonas de riesgo para poder realizar oportunamente alguna prevención.

Las zonas montañosas tropicales son muy susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra debido a que generalmente, se reúnen cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia, tales como son la topografía, sismicidad, meteorización y lluvias intensas.

### **3.2. RIESGOS EN LOS COMPONENTES DE LA CARRETERA**

Los factores que favorecen la ocurrencia de deslizamientos son: las condiciones previas del material y el terreno, la resistencia del material a los movimientos, la fuerza de gravedad, la presión hidrostática, los terremotos y la intervención humana.

También están relacionados esencialmente a las lluvias de alta intensidad, al tipo de cobertura, geología y la pendiente del terreno. Los terrenos deforestados, con fuertes pendientes son los más susceptibles a deslizamientos o erosión.

Dicho lo anterior, se puede inferir que las zonas de fuertes pendientes son las más proclives a los deslizamientos por topografía y gravedad; si con ello coincide una zona de alta pluviometría, las posibilidades de que ocurra un desprendimiento del suelo son mayores, y si a lo anterior se le agrega una cobertura insuficiente, además de un uso intensivo, sobre presionando su vocación natural, las probabilidades de ocurrencia de deslizamientos, son sin lugar a dudas muy altas.

Otros factores importantes en la generación de deslizamientos son:

- ❖ Tipo de material
- ❖ Atributos geomorfológicos
- ❖ Geometría del deslizamiento
- ❖ Tipos de movimientos
- ❖ Velocidad del movimiento, etc.

Se debe de tener en cuenta los diversos factores que se presentan en el análisis cuantitativo de amenaza y riesgo para taludes, donde se tiene : al riesgo, peligro, Amenaza, Elementos en riesgo, Probabilidad, vulnerabilidad, análisis de riesgo, valoración del riesgo, estimación del riesgo, evaluación del riesgo, manejo del riesgo, riesgo aceptable, riesgo tolerable, riesgo individual, riesgo social. Todos estos factores engloban conjuntamente lo que constituye las características que se deben de tener en cuenta para la determinación de zonas de riesgo, las cuáles nos ayudarán a precautelar la integridad tanto de la vía caminera como la de personas que circulan por la misma.

### **3.3. EVALUACIÓN DE RIESGOS EN CARRETERAS**

La etapa en la cual los juicios y valores entran en el proceso de decisiones, explícita o implícitamente, incluyendo consideraciones de la importancia de los riesgos estimados y las consecuencias sociales, ambientales y económicas asociadas, con el propósito de identificar un rango de alternativas para el manejo de los riesgos.

#### **Manejo de Riesgos**

El proceso completo de evaluación del riesgo y control de riesgo.

#### **Riesgo aceptable**

Un riesgo para el cual, para los propósitos de vida o trabajo nosotros estamos preparados a aceptar tal como es, sin preocupación de su manejo. La sociedad no considera justificable realizar gastos para reducir esos riesgos.

#### **Riesgo tolerable**

Un riesgo que la sociedad tiene la voluntad de vivir con él, con la confianza de que está apropiadamente controlada hasta donde es posible.

#### **Riesgo individual**

El riesgo de la fatalidad o lesión de un individuo identificable con nombre propio, quien vive dentro de la zona expuesta al deslizamiento y quien tiene un sistema de vida particular que lo puede exponer al deslizamiento o sus consecuencias.

#### **Riesgo social**

El riesgo de lesiones múltiples o muertes a una sociedad como un todo.

### **3.4. METODOLOGÍAS PARA RIESGOS EN CARRETERAS**

## **1er. PROCEDIMIENTO ANTE RIESGOS**

### **ANÁLISIS DE RIESGOS, PLAN DE CONTINGENCIAS Y PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES**

#### **1. ANÁLISIS DE RIESGOS**

El presente análisis pretende identificar los riesgos de accidentes, emergencias y otros, identificando materiales o sustancias peligrosas que intervendrán en el proyecto, así como los riesgos al ambiente inmediato y a la población.

##### **1.1. Riesgo**

Se puede definir el riesgo como la probabilidad de ocurrencia de un suceso no deseado que traiga consigo daños a las personas, propiedad, bienes, medio ambiente u otros.

La sociedad en su conjunto, dentro de sus actividades cotidianas, está expuesta a un constante riesgo, que podemos llamar riesgo aceptable o tolerable, en ciertas actividades como actividades industriales, y en función a las tareas específicas, este riesgo empieza a ser considerable y debe ser evaluado y tomado en cuenta para poder prever, reducir y/o eliminar el mismo.

##### **1.2. Evaluación de Riesgos.**

###### **1.2.1. Magnitud de Riesgo MR.**

Se define como la Magnitud del Riesgo (MR) al producto de la probabilidad de ocurrencia del hecho no deseado “P”, por la exposición del objeto de riesgo “E”, y por la consecuencia de ocurrencia “C”.

$$MR = P \times E \times C \times 1000$$

Probabilidad de Riesgo “P”: Se entiende como la posibilidad de ocurrencia del hecho no deseado y se le asignan los valores del Cuadro 1. Siguiendo, que varían desde la no existencia de riesgo valor cero a riesgo alto que asume un valor de uno:

Cuadro 1. Probabilidad de Riesgo “P”

PROBABILIDAD DE RIESGO	VALOR
Riesgo Cero, Imposible que Ocurra	0
Riesgo Mínimo, Prácticamente no Ocorre	0.05
Riesgo Bajo, Puede Ocurrir	0.3
Riesgo Medio, Puede Ocurrir con frecuencia	0.6
Riesgo Alto, Ocurrencia Altamente Probable	1.0

Fuente: BID, 2000

Exposición “E”: Implica el acercamiento, contacto, presencia del objeto con el riesgo, lo cuantificamos de acuerdo al Cuadro 2, de la siguiente manera:

Cuadro 2. Frecuencia de Exposición “E”

FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN	VALOR
Exposición Nula, no exposición	0
Exposición mínima	0.05
Exposición Rara, pocas veces al año	0.1
Exposición Ocasional, Semanal	0.3
Exposición Continua, Diaria	1.0

Fuente: BID, 2000

Consecuencias “C”: Implica el resultado producido por el hecho no deseado en caso de ocurrencia, mismo que cuantificamos de acuerdo al Cuadro 3. Siguiendo, en relación a la salud humana, daños materiales y daños ambientales:

Cuadro 3. Consecuencias “C”

GRAVEDAD	DESCRIPCION DE LAS CONSECUENCIAS	VALOR
Baja	Lesión tratada con Primeros Auxilios (Incapacidad Temporal) Daños Materiales por montos menores al sueldo mínimo de un año Daños Ambientales mínimos y recuperables al corto plazo.	0.1
Seria	Lesiones que provoquen incapacidad parcial y/o permanente Daños Materiales por montos mayores al sueldo mínimo de un año Daños Ambientales recuperables a medio plazo.	1
Desastre	Lesiones que provoquen de una a cinco muertes. Daños Materiales por montos de hasta 30 veces el salario mínimo de un año. Daños Ambientales mitigables.	4
Catástrofe	Lesiones que provoquen más de cinco muertes. Daños Materiales por montos mayores de 30 veces el salario mínimo de un año. Daños Ambientales Irrecuperables.	10

Fuente: BID, 2000

Rango de valores de Magnitud: De acuerdo a la valoración adoptada en los cuadros anteriores, presentamos en el Cuadro 4. Los rangos de magnitud de riesgo y su descripción:

Cuadro 4. Rangos de Magnitud de Riesgo “MR”

DESCRIPCION DEL RIESGO	RANGO
El riesgo es muy alto y requiere aplicación de medidas de seguridad estrictas y especialmente diseñadas o anulación de la actividad y cambio por otra que presente menos riesgos en probabilidad, exposición y consecuencias.	> 400
El Riesgo es Alto y requiere de corrección y seguridad inmediatas	De 200 a 400
El riesgo es sustancial y requiere de corrección y seguridad	De 100 a 200
Existe una posibilidad de riesgo y amerita atención y seguridad	De 20 a 100
El riesgo es aceptable o tolerable, requiere de elementos básicos de seguridad	< 20

Fuente: BID, 2000

### 1.3. Análisis de Riesgos del Proyecto.

Realizaremos la valoración de un conjunto de riesgos o situaciones de riesgo consideradas para el proyecto, mismas que se detallan en el Cuadro 5.

La descripción de los riesgos es detallada en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Análisis de Riesgos en el Proyecto

Riesgo	Probabilidad “P”	Exposición “E”	Consecuencias “C”	Magnitud “MR”
Accidentes Personales (Cortaduras, Caídas, golpes, etc.)	0.6	0.1	0.1	6
Accidentes de Tráfico en general y por transporte de carga	0.3	0.1	1	30
Accidentes con maquinaria pesada	0.3	0.1	1	30
Descontrol de explosiones para movimiento de tierras	0.3	0.05	4	60
Derrumbes, Deslizamientos en masa de taludes	0.3	0.1	4	30
Incendios	0.3	0.05	1	15
Explosiones en depósitos de combustibles y polvorines	0.3	0.05	4	60
Accidentes por consumo de bebidas alcohólicas	0.3	0.1	1	30
Infecciones Intestinales Agudas	0.3	0.1	0.1	3
Enfermedades Respiratorias Agudas	0.3	0.05	0.1	1,5
Condiciones Meteorológicas	0.3	0.1	0.1	3
Tormentas eléctricas	0.05	0.05	1	2,5

Fuente: BID, 2000

Cuadro 6. Descripción de Riesgos en el Proyecto

Riesgo	Magnitud “MR”	Descripción del Riesgo
Accidentes Personales (Cortaduras, caídas, golpes, etc)	6	El riesgo es aceptable o tolerable, requiere de elementos básicos de seguridad
Accidentes de Tráfico en general y por transporte de carga	30	Existe una posibilidad de riesgo y amerita atención y seguridad
Accidentes con maquinaria pesada	30	Existe una posibilidad de riesgo y amerita atención y seguridad
Descontrol de explosiones para movimiento de tierras	60	Existe una posibilidad de riesgo y amerita atención y seguridad
Derrumbes, Deslizamientos en masa de taludes	30	Existe una posibilidad de riesgo y amerita atención y seguridad
Incendios	15	El riesgo es aceptable o tolerable, requiere de elementos básicos de seguridad
Explosiones en depósitos de combustibles y polvorines	60	Existe una posibilidad de riesgo y amerita atención y seguridad
Accidentes por consumo de bebidas alcohólicas	30	Existe una posibilidad de riesgo y amerita atención y seguridad
Infecciones Intestinales Agudas	3	El riesgo es aceptable o tolerable, requiere de elementos básicos de seguridad
Enfermedades Respiratorias Agudas	1,5	El riesgo es aceptable o tolerable, requiere de elementos básicos de seguridad
Condiciones Meteorológicas	3	El riesgo es aceptable o tolerable, requiere de elementos básicos de seguridad
Tormentas eléctricas	2,5	El riesgo es aceptable o tolerable, requiere de elementos básicos de seguridad
<b>RIESGO PROMEDIO</b>	24.63	Existe una posibilidad de riesgo y amerita atención y seguridad

Fuente: BID, 2000

Se deben tomar en cuenta los riesgos en el proyecto y diseñar adecuadamente un Plan de Contingencias y un Programa de prevención de accidentes, pues existe una posibilidad de riesgo y amerita atención y seguridad.

## 2. PLAN DE CONTINGENCIAS Y PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

### 2.1. Introducción.

El Plan de contingencia y programa de prevención de accidentes, está elaborado para evitar en lo posible situaciones de accidentes en el proyecto y en su caso, proporcionar una respuesta inmediata y eficaz a cualquier situación de emergencia durante las operaciones o actividades de construcción de la vía; esto con el propósito de prevenir y evitar impactos a la salud humana, proteger el medio ambiente y el derecho a la propiedad en el área de influencia del proyecto.

El plan de contingencias define específicamente a las personas comprometidas para afrontar estas situaciones, los recursos y procedimientos que se debe seguir.

### 2.2. Objetivo.

Los objetivos del plan de contingencias y programa de prevención de accidentes para la construcción de la vía son:

- Evitar lesiones en el personal y población, evitar daños materiales, evitar daños ambientales.
- En caso de producirse actuar con rapidez y eficacia
- Supervisar continuamente la seguridad física de todo el personal.
- Reducir las situaciones de riesgo durante la construcción de la vía.
- Garantizar la seguridad del personal involucrado en las actividades de emergencia además de terceras personas.
- Evitar que ocurra una cadena de accidentes que cause un problema mayor a la inicial.

### 2.3. Alcances.

El alcance del Plan de Contingencia, consiste en las siguientes acciones:

- Identificar y reconocer riesgos en la salud, seguridad y medio ambiente.

- Planificar e implementar acciones en el manejo de riesgos.
- Revisar y aprobar la preparación y eficiencia del personal regular.
- Entrenar al personal en lo referente a respuestas a emergencias.

#### 2.4. Área de actividades.

El área de actividades del proyecto comprende:

- El área de la vía misma, más su área de influencia.
- Las instalaciones destinadas a campamento, viviendas, talleres, depósitos, laboratorios y otros.
- Las plantas de áridos.
- Sectores de movimiento de tierras.
- Sectores de cauces naturales importantes.

#### 2.5. Programas Específicos

##### 2.5.1 Plan De Contingencias Y Programa De Prevención De Accidentes De Maquinaria Pesada Y Derrumbes O Deslizamientos En Masa

Este plan tiene como objeto la prevención de accidentes de maquinaria pesada y derrumbes o deslizamientos en masa de los taludes en ciertos sectores deleznable del trazo.

Tiene como base el trabajo de la maquinaria pesada en zona montañosa realizando el movimiento de tierras en corte con el consecuente riesgo de deslizamiento de taludes durante o después de realizado el trabajo y prever deslizamientos en ciertas zonas de riesgo para el tránsito de vehículos.

Prevención de accidentes.

- Colocar la señalización necesaria tanto de prevención como de restricción de paso durante horarios de trabajo.
- Preferiblemente el trabajo de corte en sectores de laderas empinadas será realizado en época seca, respetando los taludes recomendados y de estabilidad del terreno, dejando las banquetas correspondientes.

- En caso de sectores deleznablese deben prever la construcción de muros de contención ya sean de gaviones o de hormigón ciclópeo.
- El operador del equipo deberá ser altamente calificado para el trabajo de corte en sectores montañosos, todo el personal del área debe trabajar con el equipo de protección necesario.
- El trabajo de replanteo deberá ser de alta calidad evitando excesos en los volúmenes de movimiento de tierras.
- Se deben definir horarios de trabajo concertados con los pobladores locales y comunicados a todas las poblaciones cercanas y puntos de origen y destino usando los medios más adecuados como difusión radial, televisiva y señalización vertical de horarios de paso.
- Se debe prohibir estrictamente el paso durante horarios de trabajo

Procedimientos de respuesta en casos de emergencia.

- Se deberán realizar charlas de concientización de la situación a todo el personal de la contratista, a su vez esta se encargará de que todo su personal este completamente seguro de sus deberes en caso de emergencia.
- En el caso de un derrumbe o deslizamiento en masa se deberá en primer lugar poner a salvo a todas las personas del área y rescatar a los posibles afectados, posteriormente se debe hacer todo esfuerzo para recuperar las unidades y equipos enterrados.

Autoridad y responsabilidades

Procedimientos específicos.

- Todo el personal deberá reunirse en los lugares predeterminados, de ser estos inseguros, lo harán en el camino de acceso al campamento o a lo largo de la vía. De faltar alguien, el encargado de seguridad deberá iniciar operaciones de búsqueda y rescate, asegurándose de no poner en peligro la vida de los rescatadores.

- Los heridos se atenderán en el lugar, siendo evacuados la Ciudad de Tarija, si su estado es de cuidado.
- Después de asegurarse de tener a todo su personal a salvo, se notificará a Gerente del Proyecto para realizar la evaluación de los daños.
- La limpieza deberá empezar tan pronto el lugar se considere seguro, aunque todavía esté activa la situación de emergencia.

Fuente: Manual básico para la estimación del Riesgo. Argentina. 2006.

## **2do. PROCEDIMIENTO**

### **PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES DE CARRETERAS ASISTIDO POR UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA**

#### **1. INTRODUCCION**

Dentro de las herramientas más utilizadas en la planificación ambiental de programas y proyectos, encontramos las evaluaciones de impacto ambiental, que contribuyen a que las alternativas de inversión se valoren no solo desde el punto de vista financiero, si no también teniendo en cuenta parámetros sociales y ambientales. Gracias a las evaluaciones de impacto ambiental se ha incorporado la dimensión ambiental en la toma de decisiones definitivas para desarrollar todo tipo de proyectos.

En Colombia, por medio de la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1753, se empezaron a desarrollar proyectos que incluían estudios de impacto ambiental con las exigencias de la ley.

En la actualidad los estudios de impacto ambiental se han convertido en la mejor herramienta de predicción, es así como el uso de nuevas tecnologías, como los

sistemas de información geográfica han hecho más ágil y eficaz los estudios ambientales, con el objetivo de sentar bases para las políticas del llamado desarrollo sostenible. Ver tabla 1.

**Tabla 1, Tendencias incorporadas en las evaluaciones de Impacto ambiental**

FECHA	PROCEDIMIENTO
Antes de 1960	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poco énfasis en los criterios de protección de la salud humana y del entorno</li> <li>• Inexistencia en la participación de la comunidad afectada.</li> </ul>
1965 –1970	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énfasis en el análisis económico de beneficios y costos.</li> </ul>
1970 – 1975	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizan estudios de impacto ambiental, enfocados especialmente a la predicción de impactos ecológicos y del uso de la tierra.</li> <li>• Oportunidades para la participación de la sociedad civil.</li> </ul>
1975 – 1980	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios de impacto ambiental interdisciplinarios.</li> <li>• Incorporación del análisis de impactos sociales.</li> <li>• La participación pública es parte integral de la planeación del proyecto.</li> <li>• Se incorpora el análisis de riesgos en la localización y planificación.</li> </ul>
1980 –1990	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Articulación de la evaluación de impacto, la política y la planificación ambiental.</li> <li>• Auditoria posterior a la construcción del proyecto y al proceso de evaluación.</li> <li>• La investigación amplía el alcance a una mayor gama de disciplinas profesionales e incorpora formas de consulta basadas en la negociación y arbitramento</li> </ul>

Fuente: Licencias ambientales (1995)

La literatura disponible sobre el tema presenta abundancia y diversidad de metodologías; algunas muy simples y con pocos requerimientos pero cuyos resultados no son los mejores, y otros muy sofisticados o complicados con grandes necesidades de información y procesamiento; toda esta gama de posibilidades dificulta la solución de un método apropiado.

Un gran limitante, es la falta de criterios para determinar la profundidad y alcance de los estudios de impacto ambiental, que en algunos casos llevan a realizar estudios excesivos donde no se requiere, representando pérdida de dinero y tiempo. En estos estudios no hay una comunicación clara de los efectos del proyecto, en el sentido de

que no se realizan mapas temáticos que muestren claramente y ubiquen espacialmente los impactos, quedando relegada esta información a especialistas o técnicos, sin tener en cuenta que la información debe llegar a todo tipo de público.

Por otra parte, la construcción de una carretera supone siempre un impacto objetivo tanto sobre el medio natural como en el socioeconómico y cultural. En términos generales el paisaje se altera, la traza modifica permanentemente el sustrato sobre el que se asienta e impacta un gran número de elementos del medio (clima, geología, geomorfología, hidrología, suelo, etc.). Ver la tabla 2.

**Tabla 2, Impactos sobre el medio natural generados por proyectos viales.**

<b>MEDIO</b>	<b>ALTERACIÓN</b>
<b>Aire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de niveles de inmisión</li> </ul>
<b>Ruido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de niveles sonoros</li> </ul>
<b>Clima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios micro climáticos.</li> <li>• Cambios meso climáticos por circulación de vientos</li> </ul>
<b>Geología y geomorfología</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destrucción de puntos de interés geológico y yacimientos paleontológicos, aumento de la inestabilidad de laderas.</li> </ul>
<b>Hidrología superficial y subterránea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de la calidad de las aguas (deposición y emisiones).</li> <li>• Variación de los riesgos de inundación.</li> </ul>
<b>Suelo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compactación, destrucción y aumento de contaminación.</li> </ul>
<b>Vegetación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio en productividad, composición florística y destrucción</li> </ul>
<b>Fauna</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destrucción directa, o alteración del hábitat.</li> </ul>
<b>Paisaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en la estructura del paisaje, líneas, formas y colores</li> </ul>

Fuente: Licencias ambientales (1995)

Así, la delimitación del trazado de una carretera exige el desarrollo de un conjunto de fases en los que se va definiendo cada vez más detalladamente su localización concreta,

desde la planificación global hasta el estudio en detalle. A lo largo de este proceso se maneja gran cantidad de información territorial, necesaria para sustentar la toma de decisiones relativas a la elección de la mejor alternativa vial; la utilización de los sistemas de información geográfica (SIG) resulta, pues, de gran utilidad en este caso, ya que constituyen una herramienta idónea para el manejo de datos y su almacenamiento, así como para su procesado mediante algoritmos de cálculo adecuados. De esta manera la utilización de un sistema de información geográfico asociado a un modelo que se acerque a la realidad, es una poderosa herramienta a la hora de la planificación de proyectos, pues el resultado obtenido pone de manifiesto que es posible diseñar o no diseñar un corredor por donde discurra la carretera, de manera que se cumplan todas las condiciones y restricciones impuestas, tanto técnicas, ambientales, económicas y políticas.

Para que los planificadores se aproximen a respuestas concretas hacia la solución de problemas, se debe contar con un fuerte apoyo, desde el punto de vista de manejo de datos. La información, entonces, requiere ser más que una simple colección de datos, para que permita su análisis en forma adecuada. Así los sistemas de información geográfica, se han convertido en una nueva tecnología que permite no solo crear, organizar y manipular en forma simultánea bases de datos gráficas y descriptivas, si no que permiten una serie de posibilidades orientados hacia el análisis multicriterio de dicha información, con el fin de convertirla en elementos de juicio para ayudar a la toma de decisiones.

Desde hace algún tiempo, se escucha hablar de una nueva tecnología denominada Sistemas de Información Geográfica, los cuales se han destacado por ser una herramienta valiosa para el análisis y toma de decisiones, en muchas de las áreas vitales para el desarrollo de los países. Una de estas áreas de aplicación son el Planeamiento y Gestión del Territorio, íntimamente ligado al medio ambiente.

En la puesta en marcha de un proyecto SIG, aparecen problemas, como: escasez de profesionales calificados, no en el manejo de programas, sino en la parte del concepto de los SIG, pues operar un programa no es saber todo lo que se requiere para generar

un proyecto SIG. En este sentido es muy común encontrar proyectos en los cuales se ha implementado un SIG y que no han culminado con éxito, pues solo se han limitado a utilizar un software y han dejado de lado todo lo que implica la planificación sagaz de un proyecto SIG.

Con las superposiciones que se logran mediante un sistema de información geográfica, se puede establecer la interacción de los componentes ambientales y cuantificar efectos tanto positivos como negativos; de acuerdo a la metodología seleccionada, se puede obtener un mapa de zonificación de impactos globales sobre el medio afectado. Una vez obtenido el mapa, éste se constituye en una herramienta para la evaluación detallada de los impactos, la alternativa de trazado más conveniente y el establecimiento de zonas de importancia ambiental que deben ser tenidos en cuenta para el planeamiento y ejecución del plan de manejo, el cual se constituye en la parte programática del estudio de impacto ambiental, y así poder presentar un plan de mitigación de impactos ambientales.

Es de subrayar que la contribución de los sistemas de información geográfica, es de enorme importancia para la realización de trabajos que impliquen la existencia de gran cantidad de información georeferenciada. Prescindir o ignorar estos sistemas, sería una pérdida de productividad en las técnicas de investigación, obligando a una serie de trabajos tediosos e innecesarios con las técnicas actuales y en cierta manera, difícilmente soportables para la viabilidad de ciertos proyectos.

Con base en lo anterior el presente trabajo busca presentar guía metodológica para evaluar impactos ambientales causados por proyectos viales, tomando como herramienta de apoyo los sistemas de información geográfico y hacer la aplicación en un proyecto vial en particular, para así poder analizar los resultados, ventajas e inconvenientes de implementar esta guía metodológica frente a los resultados obtenidos por las metodologías tradicionales.

## **2. CONCEPTOS BASICOS**

## **2.1 METODOLOGÍA BÁSICA PARA ELABORAR ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.**

Establecidos unos objetivos que tienen que cumplirse en todo Estudio de Impacto Ambiental, el primer paso, consiste en hacer el planteamiento general de un esquema metodológico, definido a partir de las etapas y tareas básicas que deben efectuarse a lo largo de un proyecto.

### **2.1.1 Descripción general y análisis del proyecto y su medio ambiente.**

El primer paso en el desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental, consiste en analizar y describir el proyecto y su entorno, con el fin de tener una idea general de las diferentes actividades que hay que realizar, destacando los datos y características que se consideren más importantes.

### **2.1.2 La oferta ambiental de un proyecto.**

El concepto de oferta ambiental es en el sentido de que son los componentes del medio natural los que determinan la capacidad de un ecosistema para satisfacer la demanda ambiental.

### **2.1.3 Demanda ambiental de un proyecto.**

En esta fase del estudio se busca identificar las acciones del proyecto que causan impacto sobre los distintos factores del medio, estableciendo así la relación causa-efecto entre las diferentes actividades y los elementos del medio.

### **2.1.4 Balance oferta-demanda.**

El procedimiento que ha de seguirse deberá desarrollarse de tal manera que pueda hacerse la evaluación global de la situación medioambiental afectada por una actividad o proyecto, para que el análisis de las actividades permita establecer, en términos relativos, los elementos ambientales más susceptibles y las actividades potencialmente impactantes. Ver figura No 1

## **2.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. (SIG).**

Los sistemas de información geográfica están integrados por cinco componentes básicos:

### **2.2.1 Recopilación de datos**

Este componente está constituido por las fases relacionadas con captura de información y calidad de la misma: recolección de datos existentes, procesamiento e interpretación de imágenes, cartografía y control de campo y análisis de laboratorio y control de calidad.

### **2.2.2. Entrada de datos**

Proceso mediante el cual se realiza el proceso de conversión de información en formato análogo a formato digital. Esta actividad se desarrolla con la implementación de equipos de computación como son las tablas de digitalizar, scanner, monitor, software, impresoras y plotter entre otros.

### **2.2.3 Manejo de datos**

Todos los datos de un SIG se almacenan en bases de datos. Aunque el conocimiento de su estructura no es básico para el manejo de dicha herramienta, ayuda a entender cómo trabajan y que limitaciones y ventajas tienen.

### **2.2.4. Análisis de datos**

Constituye la parte más importante de un SIG, en este subsistema es donde se hace la transformación de datos a información útil para el usuario, usando operadores analíticos que trabajan en la base de datos.

### **2.2.5. Salida de datos**

Los resultados de un análisis espacial o el producto del modelo, se presentan a través del componente de salida de datos, estos productos incluyen informes estadísticos, mapas de cobertura. Estos productos pueden ser reales, es decir que son permanentes como mapas en papel o transparencias, o virtuales, que son representaciones no permanentes, como mapas en pantalla. Ver gráfico No 1.

## **2.3 MODELOS DE DISEÑO DE UN SIG.**

La tecnología de los SIG en la mayoría de los casos, se ha desarrollado sin una profundización teórica que sirva de base para su diseño e implementación; para sacar el mayor provecho de esta temática, es necesario ahondar en ciertos aspectos teóricos y prácticos que los especialistas no deben perder de vista, partiendo de que no se debe confundir el SIG con digitalizar y teclear datos en el computador.

### **2.3.1 Modelo Conceptual.**

Es la conceptualización de la realidad por medio de la definición de objetos de la superficie terrestre (entidades) con sus relaciones espaciales u características (atributos) que se presentan en un esquema describiendo el mundo real. Para obtener el modelo conceptual, el primer paso es el análisis de la información y los datos que se usan y producen en la organización que desarrolla el SIG; el siguiente paso es la determinación de las entidades y los atributos con las relaciones que ellas guardan, de acuerdo con el flujo de información en los diferentes procesos que se llevan a cabo en la empresa.

### **2.3.2 Modelo Lógico.**

Se puede definir como el diseño detallado de las bases de datos que contendrán la información alfa-numérica y los niveles de información gráfica que se capturarán, con los atributos que describen cada entidad, identificadores, conectores, tipo de dato (numérico o carácter) y su longitud; además, se define la geometría (punto, línea o área) de cada una de ellas.

### **2.3.3 Modelo Físico.**

Es la implementación de los anteriores modelos en el programa o software seleccionado, y los equipos específicos en los que se vaya a trabajar y por esto se realiza de acuerdo con sus propias especificaciones. El modelo físico determina en qué forma se debe almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y aprovechando las ventajas del sistema a utilizar.

### 2.3.4 Modelo Cartográfico.

La expresión detallada de la nueva información espacial o mapas creados por las funciones SIG, que será almacenada de manera permanente virtual, para realizar otros análisis espaciales y de esta forma tener la capacidad constante de visualizar una parte de la información del sistema.

## 2.4 INTRODUCCIÓN AL MODELAMIENTO ESPACIAL.

Lo que distingue un SIG de otros sistemas de información son sus funciones de análisis espaciales. Estas funciones utilizan variables espaciales y no espaciales (datos de atributos) para responder preguntas del mundo real. Es importante tener cuenta que un elemento espacial puede tener una realidad física (río, casa) o una realidad conceptual (uso de la tierra). Los diferentes tipos de análisis que un SIG debe realizar son: **contigüidad**: Encontrar áreas en una región determinada, **coincidencia**: Análisis de superposición de puntos, líneas, polígonos y áreas y **conectividad**: Análisis sobre entidades gráficas que representen redes de conducción.

## 2.5 IMPLEMENTACIÓN DE UN SIG

La implementación de un SIG puede verse en seis fases: **conocimiento** por parte de la organización de la tecnología y sus beneficios, **desarrollo y requerimientos** donde se realiza el proceso de recoger información sobre la tecnología, **evaluación**, allí se proponen varias alternativas, **desarrollo de implementación**: ahí se toma la decisión para proceder con la adquisición del sistema, **adquisición e Inicio**: se compra y se instala el sistema, se capacita el personal, **operación** en esta fase la automatización inicial de la base de datos se termina y se desarrollan los procedimientos operacionales.

## 2.6 EL SOFTWARE

**ILWIS™ (Integrated Land and Water Information System)**: es un Sistema de Información Geográfica que integra las técnicas convencionales de un SIG con el procesamiento digital de imágenes y modelamiento espacial basado en la estructura raster y el análisis de bases de datos de atributos. Esta herramienta ofrece ayudas para

coleccionar, almacenar, analizar, transformar y presentar información tanto gráfica como alfanumérica. Mediante la información almacenada en el sistema el usuario puede modelar tanto espacial como temporalmente los procesos que se llevan a cabo en la superficie de la Tierra.

Fuente: Grupo de Investigación en Transporte, Tránsito y Vías. GITTV. Escuela de Ingeniería Civil y Geomatica, Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali, Colombia.

### **3er. PROCEDIMIENTO**

#### **MANUAL DE RIESGOS NATURALES**

En base a las condiciones locales del Departamento de Tarija, específicamente en la Variante Canaletas aplicaremos el manual que se describe a continuación:

#### **SUSCEPTIBILIDAD**

La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

La susceptibilidad se puede evaluar de dos formas diferentes:

##### **1. Sistema de la Experiencia**

Se utiliza la observación directa de la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en el área estudiada y se evalúa la relación entre los deslizamientos y la geomorfología del terreno.

##### **2. Sistema Teórico**

Se mapea el mayor número de factores que se considera que puedan afectar la ocurrencia de deslizamientos y luego se analiza la posible contribución de cada uno de los factores.

A continuación se Presentan las Tablas Propuestas para la Valoración de la Susceptibilidad.

**Tabla 3.1** Criterios para Determinar el Grado de Susceptibilidad a los Deslizamientos

<b>GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD</b>	<b>CRITERIO</b>
Muy Alta	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurra.
Alta	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta o moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Moderada	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Baja	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
Muy Baja	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

Fuente: Zonificación de Amenaza y Riesgo, Jaime Suarez Diaz

**Tabla 3.2** Valoración de Factores para Evaluación de Susceptibilidad a Deslizamiento debida a LLuvia (Asian Technical Committee on Geotechnology for Natural Hazards in ISSMFE, 1997)

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Altura del Talud	$\geq 10\text{m}$	7
	$< 10\text{m}$	3

Inclinación del Talud	$\geq 45^\circ$	1
	$< 45^\circ$	0
Salientes topográficas (Everhangs)	Presentes	3
	Ausentes	0
Espesor del suelo artificial	$\geq 0.5\text{m}$	1
	$< 0.5\text{m}$	0
Nacimientos de Agua	Presentes	1
	Ausentes	0
Fallas alrededor del área	Presentes	3
	Ausentes	0

Fuente: Zonificación de Amenaza y Riesgo, Jaime Suarez Diaz

**Tabla 3.3** Valores Relativos para la Susceptibilidad a Deslizamiento Debida a Factores Geológicos y Geotécnicos

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>EJEMPLO</b>	
Formación Geológica	0 a 5 dependiendo de la calidad de la formación	un coluvión matriz soportado	calificación = 5
		Una arcillolita susceptible	calificación = 4
		Un granito	calificación = 3
		Una arenisca competente	calificación = 0
Estructura	0 a 3 dependiendo en el rumbo buzamiento y resistencia al cortante de las discontinuidades	Estructura favorable a los deslizamientos	calificación = 3
		Estructura algo favorable	calificación = 2
		Estructura No favorable	calificación = 0
Grado de meteorización	0 a 3	Muy meteorizado	calificación = 3
		Roca sana	calificación = 0
Fracturación	0 a 3	Muy fracturada	calificación = 3
		Sin fracturas importantes	calificación = 0
Nivel freático	0 a 5	Superficial	calificación = 5
		No hay nivel freático	calificación = 0
Susceptibilidad Geológica y Geotécnica	Suma de todas las calificaciones		

Fuente: Zonificación de Amenaza y Riesgo, Jaime Suarez Diaz

**Tabla 3.4** Pesos para Evaluar la Susceptibilidad de Rocas a los Deslizamientos

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
---------------	-----------------------	-------------

Espaciamiento de las discontinuidades	>2m	2
	600 mm - 2m	8
	200 - 600 mm	16
	60 - 200 mm	28
	<60 mm	35
Abertura de las discontinuidades (mm)	Cerrada - 0.1 mm	1
	0.1 - 0.5 mm	3
	0.5 - 1.0 mm	7
	1.0 - 5.0 mm	13
	> 5.0 mm	15
Resistencia de la roca intacta Mpa.	> 200	2
	100 - 200	5
	50 - 100	10
	12.5 - 50	18
	5 - 12.5	27
	<5	35
Meteorización	Roca Sana	1
	Roca algo meteorizada	5
	Roca moderad. meteorizada	10
	Roca altamente meteorizada	14
	Roca completamente meteorizada	15
<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>		
<b>CLASE</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD</b>
1	0 - 20	Muy baja
2	20 - 40	baja
3	40 - 60	Moderada
4	60 - 80	Alta
5	>80	Muy alta

Fuente: Zonificación de Amenaza y Riesgo, Jaime Suarez Diaz

### **AMENAZA**

Amenaza natural es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor, en un área específica dentro de un determinado período de tiempo. La

amenaza a los deslizamientos generalmente, se muestra en planos que indican la distribución espacial de los diversos tipos de amenaza.

La zonificación de amenazas requiere tener en cuenta varios elementos:

1. Un inventario detallado de los deslizamientos y procesos de inestabilidad que han ocurrido en el pasado.
2. Un conocimiento detallado de los procesos y de los factores que los producen.
3. El análisis de la susceptibilidad a la ocurrencia de esos fenómenos, relacionada con las condiciones ambientales existentes.
4. El estudio de las probabilidades reales de que se presenten, las condiciones para la ocurrencia de los fenómenos. (por ejemplo, de que ocurra una lluvia o un sismo de tal magnitud que pueda activar los posibles deslizamientos de tierra).

La zonificación es el resultado de la aplicación de un modelo en el que se involucren todos los factores que intervienen en el fenómeno.

**Tabla 3.5** Peso de los Diferentes Factores a tener en Cuenta en la Evaluación de Amenaza a Deslizamiento Debida a Factores Geológicos

<b>FACTORES GEOLÓGICOS</b>
----------------------------

FACTOR	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	PESO	OBSERVACIONES
Litología	Tipo de Material	Tipo I		
		Cuarcita y Caliza	0,2	Muy meteorizada multiplicar por 4
		Granito y Gauggo	0,3	Algo meteorizada multiplicar por 3
		Neiss	0,4	Poco meteorizada multiplicar por 2
		Tipo II		
		Areniscas	1	Muy meteorizada multiplicar por 1.5
		Areniscas con algo de lutita	1,3	Algo meteorizada multiplicar por 1.25
		Tipo III		
		Pizarra y Filita	1,2	Poco meteorizada multiplicar por 1.1
		Esquiste	1,3	
		Lutitas no arcillosas	1,8	
		Lutitas, esquistas y filitas muy meteorizadas	2	
	Materiales aluviales antiguos muy bien consolidados	0,8		
	Suelos Arcillosos	1		
	Suelos arenosos blandos	1,4		
	Coluviones antiguos	1,2		
	Coluviones jóvenes	2		
Estructura	Relación de paralelismo entre el talud y las discontinuidades	Más de 30°	0,2	Se mide el ángulo que forman la dirección del talud y la dirección de las discontinuidades más representativas
		21° a 30°	0,25	
		11° a 20°	0,3	
		6° a 10°	0,4	
		Menos de 5°	0,5	
	Relación entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud	Más de 10°	0,3	Si el del buzamiento es mayor que el del talud el ángulo es positivo y si es menor que el del talud el ángulo es negativo
		0° a 10°	0,5	
		0°	0,7	
		0° a -10°	0,8	
		Más de -10°	1	
	Buzamiento de la discontinuidad	Menos de 15°	0,2	
		16° a 25°	0,25	
		26° a 35°	0,3	
36° a 45°		0,4		
Más de 45°		0,5		
Espesor de la capa del suelo	Menos de 5 metros	0,65		
	6 a 10 metros	0,85		
	11 a 15 metros	1,3		
	16 a 20 metros	2		
	Más de 20 metros	1,2		

Fuente: Zonificación de Amenaza y Riesgo, Jaime Suarez Diaz

**Tabla 3.6** Peso de los Diferentes Factores a tener en Cuenta en la Evaluación de Amenaza a Deslizamiento Debida a Factores Topográficos y Ambientales

<b>FACTORES TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO</b>
Morfometría Pendiente de los taludes	Más de 45°	2
	36° a 45°	1,5
	26° a 35°	1,2
	36° a 25°	0,8
	Menos de 15°	0,5
Relieve relativo Diferencia de altura entre la divisoria de aguas y el valle	Menos de 100 m	0,3
	101 a 300 metros	0,8
	Más de 300 metros	1
Uso de la tierra	Área urbana	2
	Cultivos anuales	2
	Vegetación intensa	0,8
	Vegetación moderada	1,2
	Vegetación escasa	1,5
	Terrenos áridos	2
Aguas Subterráneas	Inundable	1
	Pantanoso	0,8
	Muy Húmedo	0,5
	Húmedo	0,2
	Seco	0
<b>SUMATORIA O AMENAZA TOTAL</b>		
<b>Amenaza Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Suma de los Pesos</b>
I	Amenaza muy baja	3,5
II	Amenaza baja	3.5 a 5
III	Amenaza moderada	5.1 a 6.0
IV	Amenaza alta	6.1 a 3.5
V	Amenaza muy alta	3,5

Fuente: Zonificación de Amenaza y Riesgo, Jaime Suarez Diaz

### **Análisis de Probabilidad de Deslizamientos**

La probabilidad de la ocurrencia de deslizamientos puede expresarse en los siguientes términos:

- a. El número de deslizamientos de ciertas características que puede ocurrir en un área por año.
- b. La probabilidad de que una ladera o talud particular presente deslizamientos en un determinado tiempo.
- c. Las fuerzas actuantes que exceden las fuerzas resistentes en términos de probabilidad sin tener en cuenta su frecuencia anual. (factor de seguridad)

### **Métodos de Cálculo de Probabilidad de Ocurrencia**

Existen varias formas de calcular la probabilidad de ocurrencia:

- a. Datos históricos en el área de estudio o en áreas de características similares.
- b. Métodos empíricos basados en correlaciones de acuerdo con sistemas de clasificación en estabilidad de taludes.
- c. Uso de evidencia geomorfológica junto con datos históricos o basada en criterio de los profesionales.
- d. Relación con la frecuencia e intensidad de los eventos detonantes, por ejemplo lluvias o sismos.
- e. Valoración directa basada en el criterio de un experto.
- f. Modelación de variables primarias como por ejemplo presiones fisiométricas contra eventos detonantes, junto con conocimiento de las características físicas.
- g. Aplicación de métodos formales probabilísticos, tomando en cuenta la incertidumbre en geometría, resistencia al cortante, mecanismos de deslizamiento y presiones piezométricas.

Es importante unir la información subjetiva con la información medida, lo cual puede hacerse formalmente o informalmente. Debe anotarse que existen una serie de datos importantes, los cuáles no están disponibles para el análisis y cualquier valoración puede resultar incorrecta si no se tienen en cuenta.

### **VULNERABILIDAD**

La vulnerabilidad es el grado de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada.

El análisis de vulnerabilidad requiere de un conocimiento detallado de la densidad de población, infraestructura, actividades económicas y los efectos de un determinado fenómeno sobre estos elementos en riesgo. Este tipo de trabajo es generalmente, realizado por profesionales de disciplinas diferentes a las ciencias de la tierra.

La vulnerabilidad es afectada por la naturaleza del sitio, si está arriba o abajo el deslizamiento, y la naturaleza del elemento en riesgo. La velocidad del movimiento también afecta la vulnerabilidad, a mayores velocidades generalmente, las vulnerabilidades son mayores. Esto puede conducir a diferentes grados de daño en el camino o trayectoria de un deslizamiento. Para estructuras y personas, a mayor profundidad del deslizamiento, generalmente el daño es mayor y la vulnerabilidad mayor.

Para estructuras, la valoración del daño y la vulnerabilidad depende de la modelación de la interacción del deslizamiento de la estructura. Este factor se puede documentar fácilmente para caídos de roca cuando las estructuras han sido diseñadas para resistir los impactos, y en menor extensión para flujos de detritos y movimientos lentos.

Para deslizamientos de gran velocidad no existe una guía para evaluar la vulnerabilidad y es necesario utilizar criterios relativamente subjetivos.

**Tabla 3.7** Valores de Vulnerabilidad Recomendados

--

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca	0,1 – 0,7	0,5	Puede ser herido, pero rara vez causa la muerte
2.- Es sepultado por un flujo de detritos	0,8 – 1,0	1	Muerte por Asfixia
3.- No es sepultado	0,1 – 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
Nota:(1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle			
<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el vehículo es sepultado o destruido	0,9 -1,0	1	La muerte es casi segura
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia
<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN EDIFICIO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el edificio colapsa	0,9 – 1,0	1	La muerte es casi segura
2.- Si el edificio es inundado con residuos del deslizamiento y la persona sepultada	0,8 – 1,0	1	La muerte es muy probable
3.- Si el edificio es inundado con residuos del deslizamiento y la persona no es sepultada	0,0 – 0,5	0,2	Alta probabilidad de supervivencia
4.- Si los residuos golpean al edificio solamente	0,0 – 0,1	0,05	Virtualmente no hay peligro
Nota:(:) Debe tenerse en cuenta la proximidad de la persona a la parte del edificio afectada por el deslizamiento.			

Fuente: Zonificación de Amenaza y Riesgo, Jaime Suarez Diaz

La valoración de la vulnerabilidad puede definirse como el nivel potencial de daño o grado de pérdida de un determinado elemento expresado en una escala de 0 a 1.

$$V = V_s \times V_t \times V_l$$

$V_s$  = Probabilidad del impacto espacial del deslizamiento sobre el elemento.

$V_t$  = Probabilidad en el tiempo (donde se encuentre el elemento durante el impacto).

$V_l$  = Probabilidad de pérdida de vida o proporción del valor del elemento.

Para valorar la vulnerabilidad debe tenerse en cuenta el tipo, proximidad y distribución espacial de las facilidades afectadas o población, grado de protección ofrecida a las personas por la naturaleza de la facilidad, escala o volumen probable de la falla, grado de prevención o alarma, velocidad del movimiento y su respuesta, así como la posibilidad de efectos secundarios.

Finlay presenta un ejemplo de un enfoque directo donde los valores de vulnerabilidad son asignados directamente por referencia a los datos históricos, pero sin consideración de los diversos componentes que afectan la vulnerabilidad. Se asignan valores de 0 a 1 de acuerdo a la experiencia histórica que se tiene en el manejo de una determinada amenaza.

## **RIESGO**

Riesgo es el número esperado de vidas humanas perdidas, personas heridas, daño a la propiedad, y pérdidas económicas relacionadas con la ocurrencia de un determinado fenómeno.

Para la implementación de medidas de prevención y control es conveniente identificar los niveles de riesgo. El análisis de riesgo se fundamenta en la observación y registro de los indicadores tanto naturales como los producidos por acción antrópica, analizados desde el punto de vista de las consecuencias resultantes en el caso de formación o progreso de procesos de deslizamiento. Estas consecuencias deben analizarse no solamente para las áreas urbanizadas sino teniendo en cuenta la posibilidad de ocupación o urbanización de las áreas aledañas.

Para el análisis de riesgo es importante que sean definidos los tipos y procesos, sus parámetros de formación y progreso y la previsión de las consecuencias resultantes. A partir de este procedimiento es posible caracterizar las situaciones de riesgo incluyendo sus dimensiones.

En este sentido se puede concluir que se trata de varias situaciones de riesgo localizado, afectando solamente a algunos sitios específicos del área ocupada o una situación de riesgo generalizado que afecta a toda el área ocupada. Esta caracterización es fundamental para definir la mejor forma de enfrentar un problema de deslizamientos.

#### **a).- Análisis Cualitativo del Riesgo**

Esta es la forma más simple de realizar un estudio de riesgo a deslizamientos, el cuál incluye el adquirir el conocimiento de las amenazas, los elementos en riesgo y sus vulnerabilidades, pero expresando los resultados en forma cualitativa. Los diversos atributos pueden clasificarse o calificarse en tal forma que se expresa el riesgo en una forma prácticamente verbal.

#### **b).- Análisis Cuantitativo del Riesgo**

El análisis cuantitativo del Riesgo incluye las siguientes actividades:

##### ***a. Análisis de las Amenazas***

Se determina la distribución probable de los deslizamientos en términos del número y características de los taludes y deslizamientos para un proyecto particular. Este puede realizarse como una distribución frecuencia – magnitudes.

##### ***b. Elementos en Riesgo***

El objetivo es determinar la distribución probable del número, la naturaleza y características de los elementos en riesgo (personas y propiedades). Debe tenerse en

cuenta la localización de los elementos en riesgo con relación a la amenaza (por ejemplo si se encuentran abajo del deslizamiento); si el elemento en riesgo está en una posición fija (ejemplo una casa) o es móvil (ejemplo personas o automóviles) y la posibilidad de medidas de mitigación como sistemas de alarma, etc.

### ***c. Análisis de Vulnerabilidad***

El objetivo es medir el grado de daño o probabilidad de pérdida de vidas debida a la interacción del elemento en riesgo en cuánto al deslizamiento.

### ***d. Análisis de Riesgo***

El objetivo es determinar la distribución probable de las consecuencias del deslizamiento. El cálculo primario es una operación matemática basada en la amenaza, los elementos en riesgo y la vulnerabilidad de esos elementos, utilizando álgebra probabilística o métodos de simulación. Un estudio completo de riesgo debe definir el número de personas amenazadas así como las propiedades. Se propone una tabla para evaluar el valor total del riesgo de acuerdo a la posición de las personas o propiedades, con relación al deslizamiento en la forma indicada en la tabla.

### **Mitigación del Riesgo**

El análisis del riesgo es a menudo interactivo con los efectos de las medidas de mitigación del riesgo que se valoren. Esto puede influenciar la probabilidad o características de los deslizamientos (ejemplo reducir su volúmen a velocidad), elementos en riesgo (ejemplo sistemas de alarma) o la vulnerabilidad. La efectividad de las medidas de mitigación del riesgo puede valorarse en un sentido económico o en una reducción potencial de muertes.

### **Limitaciones del Análisis y Valoración del Riesgo**

El grupo de Deslizamientos del IUGS indica una serie de limitaciones al análisis y valoración del riesgo para taludes y deslizamientos, los cuáles se indican a continuación:

- a. El contenido de criterio o prejuicio en los datos utilizados para el análisis puede resultar en que los valores de los riesgos valorados tengan una incertidumbre inherente.
- b. La variedad de formas en que se puede analizar los problemas puede significar una diferencia muy grande en los resultados si el mismo problema es considerado por diferentes profesionales.
- c. La revisión de una valoración puede traer un cambio significativo en los resultados debido a que existe cada día mayor información.
- d. La inhabilidad para reconocer una amenaza conduce a una subestimación del riesgo.
- e. Los resultados de una valoración rara vez son verificables.
- f. Las metodologías generalmente, no son ampliamente aceptadas y muchas veces existe aversión a su utilización.
- g. Es muy posible que el costo de la valoración puede superar el beneficio de la técnica en la elaboración de la decisión, especialmente cuando se requiere información muy compleja de obtener.
- h. Los criterios de riesgo aceptable y tolerable para taludes y deslizamientos no están bien establecidos.
- i. Es difícil valorar con precisión el riesgo para eventos de baja probabilidad.

**Tabla 3.8** Análisis del Riesgo con Relación a las Personas

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A Número de personas</b>	<b>B Factor de Presencia</b>	<b>Población Amenazada AxB</b>
<b>Residentes</b>			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0,3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0,5	
Pacientes en hospitales (Nº de camas)		1	
Pacientes en ancianatos (Nº de camas)		1	
<b>Visitantes de Día</b>			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegio		0,35	
Número promedio de clientes de almacenes y centros comerciales		0,008	
Otros visitantes ocasionales		0,008	
<b>Personas en automóviles y autobuses</b>			
Más de 5000 vehículos promedio día		0,01	
500 a 5000 vehículos por día		0,005	
Menos de 500 vehículos por día		0,001	

Fuente: Zonificación de Amenaza y Riesgo, Jaime Suarez Diaz

### Situación Legal Frente al Riesgo

Los municipios y las entidades territoriales según el caso tienen el deber legal de prevenir los riesgos especialmente contra eventos previsible, a veces producto de la ineficiencia de los servicios públicos a su cargo. Con base en los resultados de los análisis de riesgo los municipios, corporaciones, empresas de servicios públicos, etc, deben tomar las medidas administrativas o judiciales con el objeto de minimizar o eliminar el riesgo a la pérdida de vidas humanas o bienes materiales.

En una situación de riesgo inminente debido a lluvias intensas por ejemplo, se puede obligar a un morador a salir de su casa de habitación incluso con el uso de la policía, si es necesario y el Municipio debe velar por la seguridad de los bienes abandonados en virtud de ésta relocalización para prevenir saqueos, por ejemplo. Superada la situación de riesgo el Municipio debe autorizar el regreso de los moradores y exigir la realización de las obras de seguridad, de acuerdo a las responsabilidades de cada entidad o personas.

Generalmente estas obras deben ser realizadas por los propios Municipios. En el caso de riesgo grave se puede recurrir a declaratoria de “Emergencia Manifiesta”, la cuál le da herramientas administrativas que permiten agilidad en la contratación de consultoría y construcción de obras de prevención y control.

### **CONCLUSION:**

De los 3 procedimientos mencionados, elegimos el 3er procedimiento (Manual de Riesgos Naturales) Porque es una metodología que se puede aplicar a las condiciones de la Variante Canaletas – Entre Ríos, utilizando 4 Indicadores de Riesgos como son. Susceptibilidad, Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo. Determinando estos indicadores por parámetros requeridos en tablas dentro de cada indicador.

### **3.5. CONDICIONES DEL MANUAL**

Se definen una serie de términos para la utilización del manual en un análisis cuantitativo de amenaza y riesgo los cuales se indican a continuación:

**Riesgo**

Es una medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o el ambiente. Se mide en vidas humanas y propiedades X consecuencias.

**Peligro**

El deslizamiento geoméricamente y mecánicamente caracterizado se le define como peligro.

**Amenaza**

Una condición con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Una descripción de amenaza a deslizamientos debe incluir las características de los deslizamientos, incluyendo el volumen o áreas de los movimientos y su probabilidad de ocurrencia. También es importante describir las velocidades y las velocidades diferenciales de los deslizamientos. Alternativamente la amenaza es la probabilidad de que ocurra un deslizamiento particular en un determinado tiempo.

**Elementos en riesgo**

Se incluye la población, edificios, obras de infraestructura, actividades económicas, servicios públicos en el área potencialmente afectada por los deslizamientos.

**Probabilidad**

La posibilidad de un resultado específico como la relación de los resultados específicos sobre el número total posible de resultados. La probabilidad se expresa como un número entre 0 y 1 indicando con 0 la imposibilidad de ocurrencia y con 1 la certeza.

**3.6. ELEMENTOS DE APROPIACIÓN**

Los elementos de apropiación son cuatro los cuales se describen a continuación:

## **SUSCEPTIBILIDAD**

La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

## **AMENAZA**

Amenaza natural es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor, en un área específica dentro de un determinado periodo de tiempo.

La amenaza a los deslizamientos generalmente, se muestra en planos que indican la distribución espacial de los diversos tipos de amenaza.

## **VULNERABILIDAD**

La vulnerabilidad es el grado de pérdida de un determinado elemento grupo de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada.

El análisis de vulnerabilidad requiere de un conocimiento detallado de la densidad de población, infraestructura, actividades económicas y los efectos de un determinado fenómeno sobre estos elementos en riesgo. Este tipo de trabajos es generalmente, realizado por profesionales de disciplinas diferentes a las ciencias de la tierra.

La vulnerabilidad es afectada por la naturaleza del sitio, si está arriba o abajo el deslizamiento, y la naturaleza del elemento en riesgo. La velocidad del movimiento también afecta la vulnerabilidad, a mayores velocidades generalmente, las vulnerabilidades son mayores. Esto puede conducir a diferentes grados de daño en el camino o trayectoria de un deslizamiento. Para estructuras y personas, a mayor profundidad del deslizamiento, generalmente el daño es mayor y la vulnerabilidad mayor.

**RIESGO**

Riesgo es el número esperado de vidas humanas perdidas, personas heridas, daño a la propiedad, y pérdidas económicas relacionadas con la ocurrencia de un determinado fenómeno.

Para la implementación de medidas de prevención y control es conveniente identificar los niveles de riesgo. El análisis de riesgo se fundamenta en la observación y registro de los indicadores tanto naturales como los producidos por acción antrópica, analizados desde el punto de vista de las consecuencias resultantes en el caso de formación o progreso de procesos de deslizamientos. Estas consecuencias deben analizarse no solamente para las áreas urbanizadas sino teniendo en cuenta la posibilidad de ocupación o urbanización de la áreas aledañas.

## APLICACIÓN PRÁCTICA

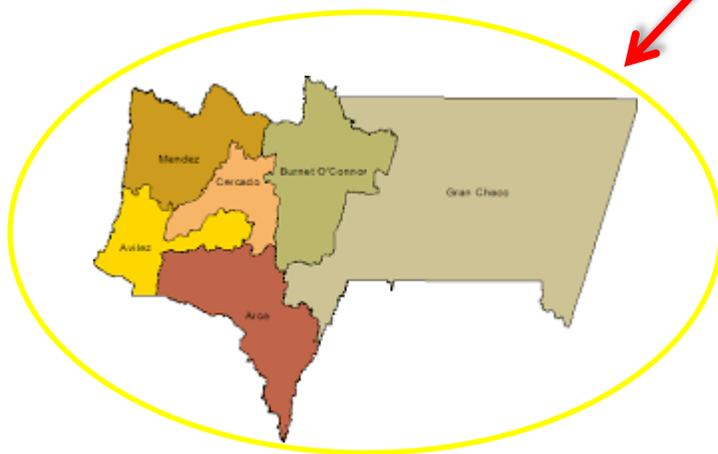
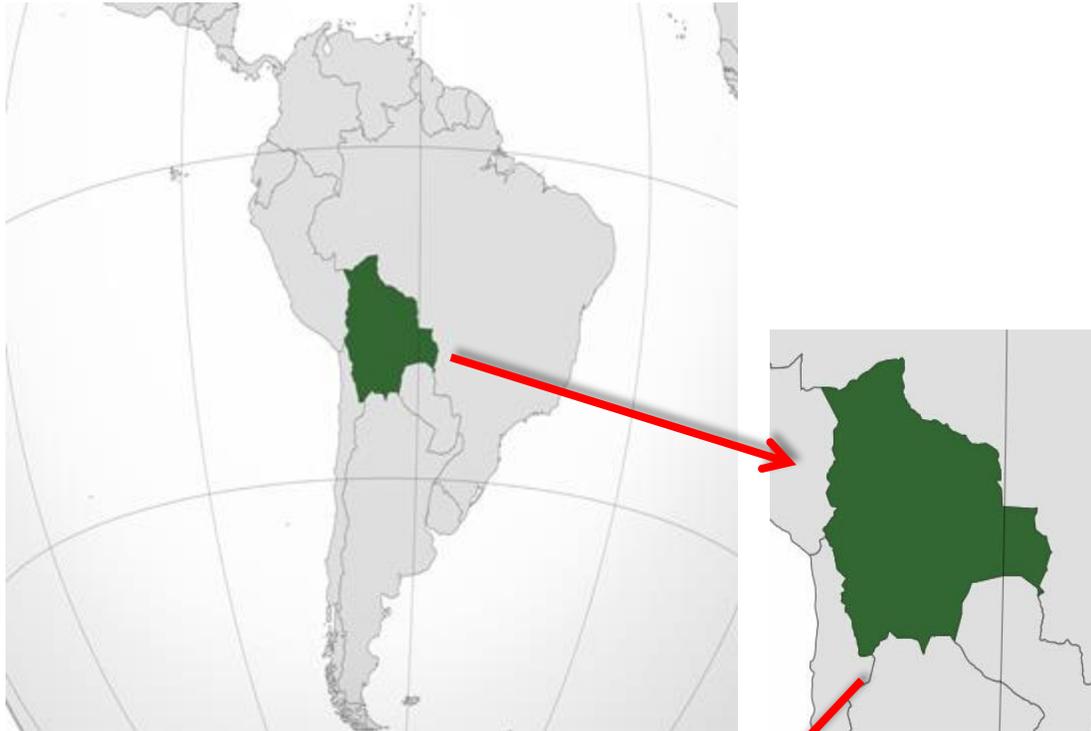
### 4.1. UBICACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO

El área de estudio está ubicada al oeste de la ciudad de Tarija, principalmente en un subtramo de la carretera Tarija – Entre Ríos, entre las progresivas 2+400 (Puente Quebrada los Yugos) a 20+100 (Puente Rio Santa Ana) y cuyas alturas oscilan entre los 1600 a 2000 m.s.n.m. El trazo de la carretera se inicia desde la localidad de Canaletas a lo largo de un cañadón muy estrecho de topografía bastante escabrosa por la margen derecha del rio Tambo que luego cambia de nombre a rio Santa Ana al llegar a Entre Ríos.

La Variante Canaletas – Entre Ríos es en su mayor parte una pendiente de bajada suave que pasa por las comunidades de Gareca y San Francisco, llegando a Entre Ríos por Moreta y Las Lomas con un desarrollo de 23.3 Km.

El tramo es una alternativa muy utilizada para trasladarse de Tarija a Entre Ríos, en este sentido la carretera es muy transitada por diferentes vehículos que hacen el recorrido a diario, no existe mucha circulación de personas del lugar notándose escasas casas debido a la geología de la zona ya que se encuentra entre un cañadón y un rio denominado Tambo. La zona presenta un paisaje muy peculiar que es agradable a las vista en épocas de lluvia, y los diferentes cortes de taludes a gran altura hacen mayor emoción la sensación de pasar por el lugar.

## UBICACIÓN DEL PROYECTO





#### **4.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO EN ESTUDIO**

Se escogió este tramo porque desde su puesta en servicio presentó problemas en movimientos de tierra por diversos factores que son característicos de la zona, los cuales son el motivo de mi análisis, en este sentido ubicamos una serie de taludes que se encuentran propensos a deslizamientos por sus características rocosas entre materiales arenosos y arcillas.

La característica principal de este tramo es su alto volumen de excavación no clasificada debido a que se trata de un camino de tipo alta montaña con cortes de hasta 120 metros de altura.

La zona tiene una fisiografía subandina, constituida por un conjunto de paisajes denominados por serranías, colinas y valles estrechos. La geología de la zona no presenta demasiada discontinuidad en sus materiales, donde la mayoría de los materiales es roca, considerando a la zona de Canaletas una llanura fluvio lacustre no consolidada. Entre las unidades de terreno existentes en la zona tenemos conglomerados, areniscas, limonitas y arcillitas.

La zona tiene una vegetación característica, que van desde matorrales xeromórficos y arbustivos hasta la vegetación herbácea graminoide baja. Es una zona que se encuentra constantemente en humedad desde el comienzo de la variante en el puente quebrada los Yugos que tiene el cruce con la localidad de Narvéez hasta el cruce a la localidad de San Diego, zonas donde constantemente llueve.

De manera global la zona se caracteriza por el uso de producción agrícola intensiva lo cual hace inmediata la necesidad de contar con el tramo que se encuentre sin dificultades además de añadirse la alteración del relieve producto de la construcción civil.

Diez taludes que se toman como parte del análisis los cuales se describe la valoración del material que ha sido utilizado:

## VALORACIÓN DEL MUESTREO DE MATERIAL UTILIZADO

**Fig. 4.2 Material Talud N° 1**



La obtención del material para el Talud N° 1 ubicado en la progresiva 2+900 se obtuvo desde la parte del pie del talud un metro hacia arriba, debido a que el material es rocoso necesitamos la ayuda de una pala.

Luego de una inspección visual en la ubicación del talud determinamos que la formación del talud desde el pie del talud, cuerpo del talud y corona del talud es del mismo material.

Y analizando el material en laboratorio se determinó en la clasificación AASTHO que es un suelo A – 1 – a (0) grava mal graduada con limo con arena y en la clasificación SUCS un suelo GP, GM.

**Fig. 4.3 Material Talud N° 2**



El Talud N° 2 se encuentra ubicado en la progresiva 4+840 en una zona geológicamente inestable, la extracción del material se realizó desde la parte del pie del talud un metro hacia arriba y excavando varios puntos para la obtención del material adecuado.

La visualización en la zona del talud nos indica que es un material arenoso con piedra de diferentes diámetros, por lo que el pie del talud, el cuerpo del talud y la corona del talud son del mismo material.

Y finalmente determinamos en laboratorio que el material en la clasificación AASTHO corresponde a un suelo A – 1 – b (0) arena limosa con grava y en la clasificación SUCS es un suelo SM.

**Fig. 4.4 Material Talud N° 3**



El Talud N° 3 se encuentra ubicado en la progresiva 8+108 donde la obtención del material se realizó en la parte del pie del talud un metro hacia arriba, debido a que el material es de conformación dura se realizó la excavación con pala manual para su extracción.

En la zona de ubicación se visualizó que el talud está conformado de un mismo material por lo que el suelo extraído es el mismo desde el pie del talud, cuerpo del talud y corona del talud.

Y realizando el análisis del material en laboratorio se determinó en la clasificación AASTHO que es un suelo A – 1 – b (0) arena mal graduada con limo y en la clasificación SUCS es un material SP, SM.

**Fig. 4.5 Material Talud N° 4**



La obtención del material para el Talud N° 4 ubicado en la progresiva 8+820 se obtuvo desde la parte del pie del talud un metro hacia arriba, debido a que el material es duro necesitamos la ayuda de una pala.

Luego de una inspección visual en la ubicación determinamos que la formación del talud desde el pie del talud, cuerpo del talud y corona del talud es del mismo material.

Y analizando el material en laboratorio se determinó en la clasificación AASTHO que es un suelo A – 2 – 4 (0) arena limosa con grava y en la clasificación SUCS un suelo SM.

**Fig. 4.6 Material Talud N° 5**



El Talud N° 5 se encuentra ubicado en la progresiva 11+580 en una zona geológicamente inestable, la extracción del material se realizó desde la parte del pie del talud un metro hacia arriba y excavando varios puntos para la obtención del material adecuado.

La visualización en la zona del talud nos indica que es un material arenoso con piedra de diferentes diámetros, por lo que el pie del talud, el cuerpo del talud y la corona del talud son del mismo material.

Y finalmente determinamos en laboratorio que el material en la clasificación AASTHO corresponde a un suelo A – 2 – 4 (0) arena limosa con grava y en la clasificación SUCS es un suelo SM.

**Fig. 4.7 Material Talud N° 6**



El Talud N° 6 se encuentra ubicado en la progresiva 14+630 donde la obtención del material se realizó en la parte del pie del talud un metro hacia arriba, debido a que el material es de conformación dura se realizó la excavación con pala manual para su extracción.

En la zona de ubicación se visualizó que el talud está conformado de un mismo material por lo que el suelo extraído es el mismo desde el pie del talud, cuerpo del talud y corona del talud.

Y realizando el análisis del material en laboratorio se determinó en la clasificación AASTHO que es un suelo A – 1 – b (0) arena mal graduada con limo con grava y en la clasificación SUCS es un material SP, SM.

**Fig. 4.8 Material Talud N° 7**

La obtención del material para el Talud N° 7 ubicado en la progresiva 15+800 se obtuvo desde la parte del cuerpo del talud, debido a que el material es duro necesitamos la ayuda de una pala.

Luego de una inspección visual en la ubicación determinamos que la formación del talud desde el pie del talud, cuerpo del talud y corona del talud es del mismo material.

Y analizando el material en laboratorio se determinó en la clasificación AASTHO que es un suelo A – 2 – 4 (0) arena limosa con grava y en la clasificación SUCS un suelo SM.

**Fig. 4.9 Material Talud N° 8**



El Talud N° 8 se encuentra ubicado en la progresiva 18+080 donde la obtención del material para el análisis se obtuvo desde el pie del talud un metro hacia arriba, cuyo material era duro, el procedimiento para su extracción fue el uso de una pala manual.

Realizando una inspección visual en todo el talud se determinó que el material que lo conforma desde el pie del talud, cuerpo del talud y corona del talud es el mismo.

Y finalmente determinamos en laboratorio por medio de la clasificación AASTHO que es un suelo A – 4 (0) arcilla de baja plasticidad y en la clasificación SUCS es un suelo CL.

**Fig. 4.10 Material Talud N° 9**



El Talud N° 9 se encuentra ubicado en la progresiva 18+450 donde la obtención del material para el análisis se obtuvo desde el pie del talud un metro hacia arriba, cuyo material era duro, el procedimiento para su extracción fue el uso de una pala manual.

Realizando una inspección visual en todo el talud se determinó que el material que lo conforma desde el pie del talud, cuerpo del talud y corona del talud es el mismo.

Y finalmente determinamos en laboratorio por medio de la clasificación AASTHO que es un suelo A – 4 (0) arena limosa y en la clasificación SUCS es un suelo SM.

**Fig. 4.11 Material Talud N° 10**



El Talud N° 10 se encuentra ubicado en la progresiva 18+800 donde la obtención del material para el análisis se obtuvo desde el pie del talud un metro hacia arriba, cuyo material era duro, el procedimiento para su extracción fue el uso de una pala manual.

Realizando una inspección visual en todo el talud se determinó que el material que lo conforma desde el pie del talud, cuerpo del talud y corona del talud es el mismo.

Y finalmente determinamos en laboratorio por medio de la clasificación AASTHO que es un suelo A – 4 (0) arena limosa y en la clasificación SUCS es un suelo SM.

## EVALUACIÓN DEL CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN DE LOS TALUDES CONVENCIONALES

### ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Método Fellenius: Calcula el Factor de Seguridad

$$F.S. = \frac{\sum [C' b \operatorname{Sec} \alpha + (W \operatorname{Cos} \alpha - u b \operatorname{Sec} \alpha) \operatorname{Tan} \phi]}{\sum W \operatorname{Sen} \alpha}$$

Dónde:

$\alpha$  = Angulo del radio del circulo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada.

W = Peso total de cada tajada

$\mu$  = Presión de poros

b = Ancho de la tajada

$C', \theta$  = Parámetros de resistencia del suelo

### TALUD N° 1

Dovela	alfa	Peso	Presión	Ancho	cohesión	Fricción
1	12°17'	1200	1800	2	0,11	38°30'
2	27°29'	1200	3600	2	0,11	38°30'
3	34°11'	1200	5400	2	0,11	38°30'
4	44°36'	1200	3600	2	0,11	38°30'
5	58°33'	1200	1800	2	0,11	38°30'

F.S. = 2,405

Fuente: Elaboración Propia

## TALUD N° 2

Dovela	alfa	Peso	Presión	Ancho	cohesión	Fricción
1	12°17'	1516	1800	2	0,12	44°00'
2	27°29'	1516	3600	2	0,12	44°00'
3	34°11'	1516	5400	2	0,12	44°00'
4	44°36'	1516	3600	2	0,12	44°00'
5	58°33'	1516	1800	2	0,12	44°00'

F.S. = 2,840

Fuente: Elaboración Propia

## TALUD N° 3

Dovela	alfa	Peso	Presión	Ancho	cohesión	Fricción
1	12°17'	1480	2220	2	0,19	33°30'
2	27°29'	1480	3700	2	0,19	33°30'
3	34°11'	1480	6660	2	0,19	33°30'
4	44°36'	1480	3700	2	0,19	33°30'
5	58°33'	1480	2220	2	0,19	33°30'

F.S. = 2,865

Fuente: Elaboración Propia

## TALUD N° 4

Dovela	alfa	Peso	Presión	Ancho	cohesión	Fricción
1	12°17'	1200	1800	2.0	0.11	35°30'
2	27°29'	1200	3600	2.0	0.11	35°30'
3	34°11'	1200	5400	2.0	0.11	35°30'
4	44°36'	1200	3600	2.0	0.11	35°30'
5	58°33'	1200	1800	2.0	0.11	35°30'

F.S. = 2,212

Fuente: Elaboración Propia

## TALUD N° 5

Dovela	alfa	Peso	Presión	Ancho	cohesión	Fricción
1	12°17'	1516	1800	2	0,12	40°00'
2	27°29'	1516	3600	2	0,12	40°00'
3	34°11'	1516	5400	2	0,12	40°00'
4	44°36'	1516	3600	2	0,12	40°00'
5	58°33'	1516	1800	2	0,12	40°00'

F.S. = 2,695

Fuente: Elaboración Propia

## TALUD N° 6

Dovela	alfa	Peso	Presión	Ancho	cohesión	Fricción
1	12°17'	1480	2220	2	0,19	30°30'
2	27°29'	1480	3700	2	0,19	30°30'
3	34°11'	1480	6660	2	0,19	30°30'
4	44°36'	1480	3700	2	0,19	30°30'
5	58°33'	1480	2220	2	0,19	30°30'

F.S. = 2,717

Fuente: Elaboración Propia

## TALUD N° 7

Dovela	alfa	Peso	Presión	Ancho	cohesión	Fricción
1	12°17'	1200	1800	2	0,11	36°30'
2	27°29'	1200	3600	2	0,11	36°30'
3	34°11'	1200	5400	2	0,11	36°30'
4	44°36'	1200	3600	2	0,11	36°30'
5	58°33'	1200	1800	2	0,11	36°30'

F.S. = 2,352

Fuente: Elaboración Propia

## TALUD N° 8

Dovela	alfa	Peso	Presión	Ancho	cohesión	Fricción
1	12°17'	1480	2220	2	0,19	31°30'
2	27°29'	1480	3700	2	0,19	31°30'
3	34°11'	1480	6660	2	0,19	31°30'
4	44°36'	1480	3700	2	0,19	31°30'
5	58°33'	1480	2220	2	0,19	31°30'

F.S. = 2,786

Fuente: Elaboración Propia

## TALUD N° 9

Dovela	alfa	Peso	Presión	Ancho	cohesión	Fricción
1	12°17'	1516	1800	2	0,12	42°00'
2	27°29'	1516	3600	2	0,12	42°00'
3	34°11'	1516	5400	2	0,12	42°00'
4	44°36'	1516	3600	2	0,12	42°00'
5	58°33'	1516	1800	2	0,12	42°00'

F.S. = 2,524

Fuente: Elaboración Propia

## TALUD N° 10

Dovela	alfa	Peso	Presión	Ancho	cohesión	Fricción
1	12°17'	1480	2220	2	0,19	39°30'
2	27°29'	1480	3700	2	0,19	39°30'
3	34°11'	1480	6660	2	0,19	39°30'
4	44°36'	1480	3700	2	0,19	39°30'
5	58°33'	1480	2220	2	0,19	39°30'

F.S = 2,572

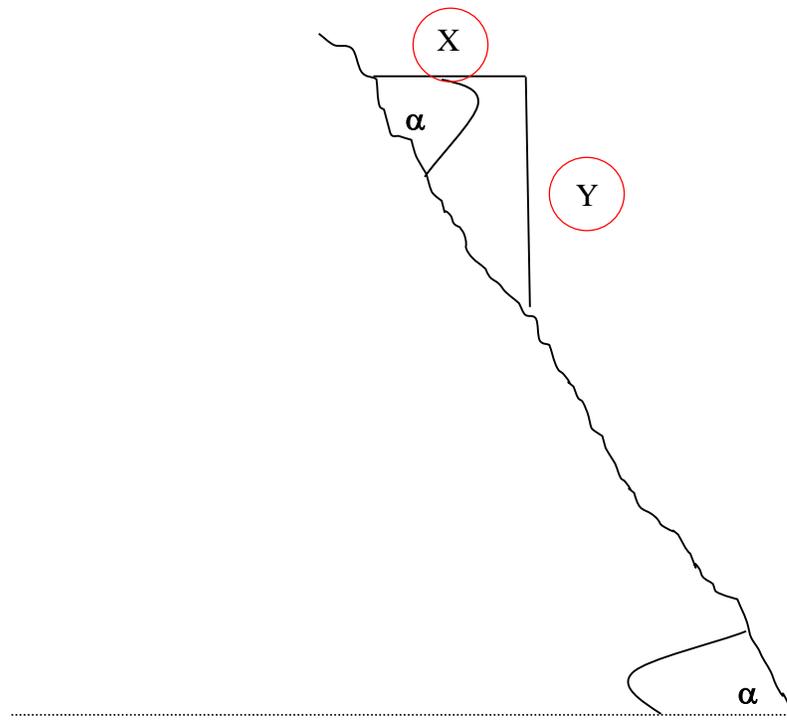
Fuente: Elaboración Propia

Debido a la complejidad y sobre todo a la no disponibilidad de datos en la zona, el Factor de Seguridad de la estabilidad de talud ha sido evaluado con el modelo de Fellenius modelo generado en otros países, pero que ha dado resultados más o menos parecidos, aplicando las características propias de cada talud estudiado.

Los diez taludes estudiados nos dan Factores de Seguridad no muy altos, teniendo un máximo valor de 2.865 en el Talud N° 3 y un valor mínimo de 2.212 en el Talud N° 4, atribuyendo esto en gran medida a las condiciones de los taludes estudiados.

Los taludes estudiados presentan valores en el factor de seguridad no muy altos dentro de rangos establecidos en diferentes bibliografías pero si se recomienda hacer una protección de acuerdo a las características propias del talud.

#### CALCULO INCLINACION TALUD N° 1



$X = 0.5 \text{ m}$  (Distancia horizontal medida desde la corona del talud)

$Y = 7.150 \text{ m}$  (Distancia vertical medida con cinta)

$$\text{TAN } \alpha = \frac{Y}{X}$$

$$\alpha = \text{TAN}^{-1} \left( \frac{7.150}{0.5} \right)$$

$$\alpha = 86^\circ$$

En la siguiente tabla se resumen los ángulos calculados de los taludes convencionales para cada talud del tramo en estudio.

	X	Y	$\alpha$ (°)
TALUD N° 1	0,5	7,15	86
TALUD N° 2	0,5	4,76	84
TALUD N° 3	0,5	7,15	86
TALUD N° 4	0,5	4,76	84
TALUD N° 5	0,5	0,64	52
TALUD N° 6	0,5	14,32	88
TALUD N° 7	0,5	5,72	85
TALUD N° 8	0,5	14,32	88
TALUD N° 9	0,5	9,54	87
TALUD N° 10	0,5	5,72	85

Fuente: Elaboración propia

### **4.3. EVALUACIÓN DE RIESGOS EN EL TRAMO DE ESTUDIO**

La necesidad de integración entre dos ciudades importantes como lo son Tarija y la provincia Gran Chaco y por ende a la República Argentina, ha dado como resultado la construcción de una importante Variante en el tramo Canaletas – Entre Ríos y por consiguiente la modificación del equilibrio del terreno, generando la exposición de considerables superficies a fenómenos atmosféricos, que son uno de los principales causantes del problema de inestabilidad. Este tramo presenta a lo largo de su curso zonas con deslizamiento de tierras lo que favorece al estudio y apropiación de un manual de riesgos naturales a esas condiciones.

Los dos primeros kilómetros presentan suelos de grava mal graduada con limo con arena como así mismo taludes rocosos pero no tienen mucha susceptibilidad al deslizamiento, entre las progresivas 4+840 a 8+108 se presentan deslizamientos sucesivos en material arenoso limoso con grava debido a la zona que es geológicamente inestable y las dimensiones de las rocas son muy grandes las cuales pueden causar daños extremos, como también existe un talud el cual está constantemente desprendiendo granos de roca por los vientos que se producen en esa zona, posteriormente hacia las progresivas 8+820 a 15+800 se presentan suelos arenosos con material limoso y grava como así mismo taludes compuestos de material coluvial, observando mayor incidencia de derrumbes con la colmatación de cunetas y gran invasión de material a la calzada de la carretera pero que estos taludes no tienen ninguna protección para evitar desprendimientos ya que son taludes de pendientes muy fuertes y de gran altura, y finalmente hacia la progresiva 18+080 a 18+800 se observa una leve incidencia de derrumbes con la colmatación de cunetas y la invasión de material a la calzada de la carretera, compuesto principalmente los taludes por material arcilloso con mezcla de arenas.

No se cuenta con estudios puntuales y concretos acerca del estudio y aplicación del manual de riesgos naturales aplicado a las condiciones de la variante Canaletas, lo que ha generado inquietud y preocupación debido a que los deslizamientos son causantes

de diversos problemas que traen consigo un costo adicional en el mantenimiento de la vía, falta de transitabilidad, deterioro de obras menores y de la estructura misma de la carretera.

Lo que obliga a la realización de estudios de prevención, ayudados por metodologías que brinda el manual que pueden ser de gran ayuda en estudios preliminares para la posterior toma de decisiones.

#### **4.3.1. ELEMENTOS DE EVALUACIÓN**

El recorrido de campo básicamente consistió en la recopilación de información de los diferentes taludes, teniendo en cuenta información geológica, geotécnica, morfométrica, factores antrópicos, hidrología, uso de la tierra, propiedades afectadas y población afectada, cuantificando posteriormente el riesgo a deslizamiento por medio de tablas realizadas por el IUGS, Grupo de trabajo en deslizamientos, Comité en la valoración del riesgo (1997); elaborado en el taller Internacional del gran riesgo en Honolulu, Hawai, EEUU. Y que se dividen en cuatro factores fundamentales como lo son la Susceptibilidad, Amenaza, Vulnerabilidad y el Riesgo.

El primer Factor lo constituye la “**Susceptibilidad**”, compuesta de tres tablas.

**Tabla N°1.-** Relacionada a la susceptibilidad a deslizamiento debida a lluvia.

**Tabla N° 2.-** Relacionada a la susceptibilidad a deslizamiento debida a factores geológicos y geotécnicos.

**Tabla N° 3.-** Relacionada la susceptibilidad a deslizamiento de rocas.

Este primer factor es cuantificado por medio de éstas tres tablas realizando la sumatoria de los pesos obtenidos de acuerdo a información recabada en la inspección visual o inspección de campo y se determina la descripción de la susceptibilidad que va desde muy baja a muy alta de acuerdo a valores estipulados en tablas. Nos permite determinar

la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir teniendo en cuenta las condiciones a las que está expuesto el terreno.

El segundo factor lo constituye la “**Amenaza**”, compuesta de dos tablas.

**Tabla N°1.-** Relacionada a la amenaza a deslizamiento debida a factores geológicos.

**Tabla N° 2.-** Relacionada a la susceptibilidad a deslizamiento debida a factores topográficos y ambientales.

Este factor es cuantificado por medio de las tablas citadas anteriormente, realizando la sumatoria de los diferentes pesos, que se obtienen de acuerdo a la información recabada en la inspección visual ó inspección de campo y se determina la descripción de la Amenaza que así mismo varía de muy baja a muy alta de acuerdo a valores estipulados en tablas. Nos permite observar que probabilidad existe acerca de la ocurrencia de un fenómeno de gran magnitud.

El tercer factor lo constituye la “**Vulnerabilidad**”, compuesta de una tabla.

**Tabla N° 1.-** Relacionada con la vulnerabilidad de una persona en un área abierta, en un vehículo y en un edificio.

Nos permite determinar cuál será el grado de pérdida de un determinado grupo de elementos o elemento en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno.

El cuarto factor lo constituye el “**Riesgo**”, compuesto de dos tablas.

**Tabla N° 1.-** Relacionada con el riesgo cuantificado en función de la población afectada.

**Tabla N° 2.-** Relacionada con el riesgo cuantificado en función a propiedades afectadas.

Nos permite determinar el número esperado de vidas humanas perdidas, personas heridas, daño a la propiedad, y pérdidas económicas relacionadas con la ocurrencia de un determinado fenómeno.

#### 4.4. PROCESO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

La realización del estudio ha logrado estimar las zonas con riesgo a deslizamiento ubicados en el tramo Canaletas – Entre Ríos, concretamente entre las progresivas 2+800 a 18+900 mediante la metodología planteada por el IUGS, Grupo de trabajo en deslizamientos, Comité en la valoración del riesgo (1997); elaborado en el taller Internacional del gran riesgo en Honolulu, Hawaii, EEUU.

Con la metodología empleada se pudo obtener los siguientes resultados de acuerdo al tabulado de las siguientes tablas.

#### CLASIFICACIÓN PENDIENTE DEL TERRENO

CLASIFICACIÓN	PENDIENTE (ÁNGULO DE INCLINACIÓN)
Muy baja	0 a 5% ( 0a 8.5 Grados)
Baja	15 a 30% ( 8.5 a 16.7 Grados)
Mediana	30 a 50% ( 16.7 a 26.6 Grados)
Alta	50 a 100% ( 26.6 a 45 Grados)
Muy Alta	Más de 100% ( más de 45 Grados)

Fuente: Zonificación de Amenaza y Riesgo, Jaime Suarez Diaz

### GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD

GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD	CRITERIO
Muy Alta	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurra.
Alta	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta o moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Moderada	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Baja	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permiten predecir deslizamientos.
Muy Baja	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

Fuente: Zonificación de Amenaza y Riesgo, Jaime Suarez Diaz

**TALUD N° 1****1. SUSCEPTIBILIDAD**

**TABLA N° 1**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA A LLUVIA**

**TALUD N° 1**

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Altura del Talud	8 m	7
Inclinación del Talud	86°	1
Salientes topográficas (Everhangs)	Presentes	3
Espesor del suelo artificial	0,5 m	1
Nacimientos de Agua	Presentes	1
Fallas alrededor del área	Ausentes	0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>13</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA**  
**A FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS**

**TALUD N° 1**

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Formación Geológica	0 a 5 dependiendo de la calidad de la formación	Un Granito <span style="float: right;">calificación = 3</span>
<b>SUMATORIA =</b>		<b>3</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Estructura	0 a 3 dependiendo en el rumbo buzamiento y resistencia al cortante de las discontinuidades	Estructura algo favorable <span style="float: right;">calificación = 2</span>
<b>SUMATORIA =</b>		<b>2</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Grado de meteorización	0 a 3	Muy meteorizado <span style="float: right;">calificación = 3</span>
Fracturación	0 a 3	
Nivel freático	0 a 5	Superficial <span style="float: right;">calificación = 5</span>
<b>SUMATORIA =</b>		<b>8</b>

<b>SUMATORIA DE TODAS LAS CALIFICACIONES</b>	<b>13</b>
--	-----------

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 3**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE ROCAS**

**TALUD N° 1**

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Espaciamiento de las discontinuidades	280 mm	16
Abertura de las discontinuidades (mm)	6 mm	15
Resistencia de la roca intacta Mpa.	220 Mpa	2
Meteorización	Roca moderadamente meteorizada	10
<b>SUMATORIA =</b>		<b>43</b>

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>		
<b>CLASE</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD</b>
1	0 - 20	Muy baja
2	20 - 40	baja
3	40 - 60	Moderada
4	60 - 80	Alta
5	>80	Muy alta

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y N° 3 y con ese valor se entrará a la tabla de Valor total de Susceptibilidad

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD ALTA =</b>	<b>69</b>

Fuente: Elaboración propia

## 2. AMENZA

**TABLA N° 1**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES GEOLÓGICOS**  
**TALUD N° 1**

FACTORES GEOLÓGICOS				
FACTOR	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	OBSERVACIONES	PESO
Litología	Tipo de Material			
		Areniscas	Muy meteorizado multiplicar por 1,50	1,5
Estructura	Relación de paralelismo entre el talud y las discontinuidades	13°		0,3
	Relación entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud	13°		0,3
	Buzamiento de la discontinuidad Espesor de la capa del suelo	88° 0,6 m		0,5 0,65
<b>SUMATORIA =</b>				<b>3,25</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES**  
**TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES**

**TALUD N° 1**

<b>FACTORES TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO</b>
Morfometría Pendiente de los taludes	86°	2
Relieve relativo Diferencia de altura entre la divisoria de aguas y el valle	8 m	0,3
Uso de la tierra	Vegetación moderada	1,2
Aguas Subterráneas	Muy Húmedo	0,5
<b>SUMATORIA</b>		<b>= 4</b>

<b>SUMATORIA O AMENAZA TOTAL</b>		
<b>Amenaza Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Suma de los Pesos</b>
I	Amenaza muy baja	3,5
II	Amenaza baja	3,5 a 5
III	Amenaza moderada	5,1 a 6,0
IV	Amenaza alta	6,1 a 7,5
V	Amenaza muy alta	7,5

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y con ese valor se entrará a la tabla de Sumatoria o Amenaza Total.

<b>VALOR TOTAL DE AMENAZA</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>AMENAZA ALTA =</b>	<b>7,25</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3. VULNERABILIDAD

**TABLA N° 1  
VULNERABILIDAD**

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca			
2.- Es sepultado por un flujo de detritos			
3.- No es sepultado	0,1 – 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
Nota:(1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle			

<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el vehículo es sepultado o destruido			
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4. RIESGO

**TABLA N° 1**  
**RIESGO CUANTIFICADO EN FUNCIÓN DE LA POBLACIÓN**  
**AFECTADA**

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A</b> <b>Número</b> <b>de</b> <b>personas</b>	<b>B</b> <b>Factor de</b> <b>Presencia</b>	<b>Población</b> <b>Amenazada</b> <b>AxB</b>
<b>Residentes</b>			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0,3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0,5	
Pacientes en hospitales (N° de camas)		1	
Pacientes en ancianatos (N° de camas)		1	
<b>Visitantes de Día</b>			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegio		0,35	
Número promedio de clientes de almacenes y centros comerciales		0,008	
Otros visitantes ocasionales		0,008	
<b>Personas en automóviles y autobuses</b>			
Más de 5000 vehículos promedio día		0,01	
500 a 5000 vehículos por día		0,005	
Menos de 500 vehículos por día	660	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En base a lo que indica el Manual se determinaron los valores para cada elemento de análisis. El Talud N° 1 tiene el Grado de Susceptibilidad Alta que en su criterio nos indica que son Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta o moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la

posibilidad de que ocurran. Con una Amenaza Alta, Vulnerabilidad Alta de probabilidad de supervivencia de las personas que transitan por la carretera y un Factor de Riesgo de 0.66 % que es menos del 1 % de la población amenazada por el fenómeno.

## TALUD N° 2

### 1. SUSCEPTIBILIDAD

**TABLA N° 1**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA A LLUVIA**

## TALUD N° 2

FACTOR	CARACTERÍSTICA	PESO
Altura del Talud	8 m	7
Inclinación del Talud	84°	1
Salientes topográficas (Everhangs)	Presentes	3
Espesor del suelo artificial	0,5 m	1
Nacimientos de Agua	Presentes	1
Fallas alrededor del área	Presentes	3
<b>SUMATORIA =</b>		<b>16</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA**  
**A FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS**

**TALUD N° 2**

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Formación Geológica	0 a 5 dependiendo de la calidad de la formación	Arenisca Competente calificación = 0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>0</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Estructura	0 a 3 dependiendo en el rumbo buzamiento y resistencia al cortante de las discontinuidades	Estructura favorable a los deslizamientos calificación = 3
<b>SUMATORIA =</b>		<b>3</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Grado de meteorización	0 a 3	
Fracturación	0 a 3	Muy fracturada calificación = 3
Nivel freático	0 a 5	Superficial calificación = 5
<b>SUMATORIA =</b>		<b>8</b>

<b>SUMATORIA DE TODAS LAS CALIFICACIONES</b>	<b>11</b>
--	-----------

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 3  
SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE ROCAS**

**TALUD N° 2**

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Espaciamiento de las discontinuidades Abertura de las discontinuidades (mm) Resistencia de la roca intacta Mpa. Meteorización		
<b>SUMATORIA =</b>		<b>0</b>

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>		
<b>CLASE</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD</b>
1	0 - 20	Muy baja
2	20 - 40	baja
3	40 - 60	Moderada
4	60 - 80	Alta
5	>80	Muy alta

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y N° 3 y con ese valor se entrará a la tabla de Valor total de Susceptibilidad

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD BAJA =</b>	<b>27</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## 2. AMENAZA

**TABLA N° 1**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES GEOLÓGICOS**  
**TALUD N° 2**

FACTORES GEOLÓGICOS				
FACTOR	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	OBSERVACIONES	PESO
Litología	Tipo de Material			
		Suelos arenosos, blandos		1,4
Estructura	Relación de paralelismo entre el talud y las discontinuidades			
	Relación entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud			
	Buzamiento de la discontinuidad Espesor de la capa del suelo	0,8 m		0,65
<b>SUMATORIA =</b>				<b>2,05</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES**  
**TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES**

**TALUD N° 2**

<b>FACTORES TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO</b>
Morfometría Pendiente de los taludes	84°	2
Relieve relativo Diferencia de altura entre la divisoria de aguas y el valle	8 m	0,3
Uso de la tierra	Vegetación moderada	1,2
Aguas Subterráneas	Muy Húmedo	0,5
<b>SUMATORIA</b>		<b>= 4</b>

<b>SUMATORIA O AMENAZA TOTAL</b>		
<b>Amenaza Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Suma de los Pesos</b>
I	Amenaza muy baja	3,5
II	Amenaza baja	3,5 a 5
III	Amenaza moderada	5,1 a 6,0
IV	Amenaza alta	6,1 a 7,5
V	Amenaza muy alta	7,5

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y con ese valor se entrará a la tabla de Sumatoria o Amenaza Total.

<b>VALOR TOTAL DE AMENAZA</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>AMENAZA ALTA =</b>	<b>6,1</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3. VULNERABILIDAD

**TABLA N° 1  
VULNERABILIDAD**

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca	0,1 - 0,7	0,5	Puede ser herido, pero rara vez causa la muerte
2.- Es sepultado por un flujo de detritos			
3.- No es sepultado			
Nota:(1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle			

<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el vehículo es sepultado o destruido			
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4. RIESGO

**TABLA N° 1**  
**RIESGO CUANTIFICADO EN FUNCIÓN DE LA POBLACIÓN**  
**AFECTADA**

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A</b> <b>Número</b> <b>de</b> <b>personas</b>	<b>B</b> <b>Factor de</b> <b>Presencia</b>	<b>Población</b> <b>Amenazada</b> <b>AxB</b>
<b>Residentes</b>			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0,3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0,5	
Pacientes en hospitales (N° de camas)		1	
Pacientes en ancianatos (N° de camas)		1	
<b>Visitantes de Día</b>			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegio		0,35	
Número promedio de clientes de almacenes y centros comerciales		0,008	
Otros visitantes ocasionales		0,008	
<b>Personas en automóviles y autobuses</b>			
Más de 5000 vehículos promedio día		0,01	
500 a 5000 vehículos por día		0,005	
Menos de 500 vehículos por día	660	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En base a lo que indica el Manual se determinaron los valores para cada elemento de análisis. El Talud N° 2 tiene el Grado de Susceptibilidad Baja que en su criterio nos indica que son Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permiten

predecir deslizamientos. Con una Amenaza Alta, Vulnerabilidad Alta de probabilidad de supervivencia de las personas que transitan por la carretera y un Factor de Riesgo de 0.66 % que es menos del 1 % de la población amenazada por el fenómeno.

### TALUD N° 3

#### 1. SUSCEPTIBILIDAD

**TABLA N° 1**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA A**  
**LLUVIA**

### TALUD N° 3

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Altura del Talud	12 m	7
Inclinación del Talud	86°	1
Salientes topográficas (Everhangs)	Presentes	3
Espesor del suelo artificial	0,5 m	1
Nacimientos de Agua	Presentes	1
Fallas alrededor del área	Ausentes	0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>13</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA**  
**A FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS**

**TALUD N° 3**

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Formación Geológica	0 a 5 dependiendo de la calidad de la formación	Arenisca Competente <span style="float: right;">calificación = 0</span>
<b>SUMATORIA =</b>		<b>0</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Estructura	0 a 3 dependiendo en el rumbo buzamiento y resistencia al cortante de las discontinuidades	Estructura favorable a los deslizamientos <span style="float: right;">calificación = 3</span>
<b>SUMATORIA =</b>		<b>3</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Grado de meteorización	0 a 3	Muy meteorizado <span style="float: right;">calificación = 3</span>
Fracturación	0 a 3	
Nivel freático	0 a 5	Superficial <span style="float: right;">calificación = 5</span>
<b>SUMATORIA =</b>		<b>8</b>

<b>SUMATORIA DE TODAS LAS CALIFICACIONES</b>	<b>11</b>
--	-----------

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 3  
SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE ROCAS**

**TALUD N° 3**

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Espaciamiento de las discontinuidades	300 mm	16
Abertura de las discontinuidades (mm)	7 mm	15
Resistencia de la roca intacta Mpa.	210 Mpa	2
Meteorización	Roca altamente meteorizada	14
<b>SUMATORIA =</b>		<b>47</b>

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>		
<b>CLASE</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD</b>
1	0 - 20	Muy baja
2	20 - 40	baja
3	40 - 60	Moderada
4	60 - 80	Alta
5	>80	Muy alta

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y N° 3 y con ese valor se entrará a la tabla de Valor total de Susceptibilidad

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD ALTA =</b>	<b>71</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## 2. AMENAZA

**TABLA N° 1**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES GEOLÓGICOS**  
**TALUD N° 3**

FACTORES GEOLÓGICOS				
FACTOR	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	OBSERVACIONES	PESO
Litología	Tipo de Material			
		Areniscas	Muy meteorizada multiplicar por 1,5	1,5
Estructura	Relación de paralelismo entre el talud y las discontinuidades	14°		0,3
	Relación entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud	14°		0,3
	Buzamiento de la discontinuidad	88°		0,5
	Espesor de la capa del suelo	0,7 m		0,65
<b>SUMATORIA =</b>				<b>3,25</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES**  
**TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES**

**TALUD N° 3**

<b>FACTORES TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO</b>
Morfometría	86°	2
Pendiente de los taludes	12 m	0,3
Relieve relativo		
Diferencia de altura entre la divisoria de aguas y el valle		
Uso de la tierra	Vegetación moderada	1,2
Aguas Subterráneas	Muy Húmedo	0,5
<b>SUMATORIA</b>		<b>= 4</b>

<b>SUMATORIA O AMENAZA TOTAL</b>		
<b>Amenaza Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Suma de los Pesos</b>
I	Amenaza muy baja	3,5
II	Amenaza baja	3,5 a 5
III	Amenaza moderada	5,1 a 6,0
IV	Amenaza alta	6,1 a 7,5
V	Amenaza muy alta	7,5

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y con ese valor se entrará a la tabla de Sumatoria o Amenaza Total.

<b>VALOR TOTAL DE AMENAZA</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>AMENAZA ALTA =</b>	<b>7,25</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3. VULNERABILIDAD

**TABLA N° 1  
VULNERABILIDAD**

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca			
2.- Es sepultado por un flujo de detritos			
3.- No es sepultado	0,1 – 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
Nota:(1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle			

<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el vehículo es sepultado o destruido			
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4. RIESGO

**TABLA N° 1**  
**RIESGO CUANTIFICADO EN FUNCIÓN DE LA POBLACIÓN**  
**AFECTADA**

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A</b> <b>Número</b> <b>de</b> <b>personas</b>	<b>B</b> <b>Factor de</b> <b>Presencia</b>	<b>Población</b> <b>Amenazada</b> <b>AxB</b>
<b>Residentes</b>			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0,3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0,5	
Pacientes en hospitales (N° de camas)		1	
Pacientes en ancianatos (N° de camas)		1	
<b>Visitantes de Día</b>			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegio		0,35	
Número promedio de clientes de almacenes y centros comerciales		0,008	
Otros visitantes ocasionales		0,008	
<b>Personas en automóviles y autobuses</b>			
Más de 5000 vehículos promedio día		0,01	
500 a 5000 vehículos por día		0,005	
Menos de 500 vehículos por día	660	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En base a lo que indica el Manual se determinaron los valores para cada elemento de análisis. El Talud N° 3 tiene el Grado de Susceptibilidad Alta que en su criterio nos indica que son Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta o moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existen la

posibilidad de que ocurran.. Con una Amenaza Alta, Vulnerabilidad Alta de probabilidad de supervivencia de las personas que transitan por la carretera y un Factor de Riesgo de 0.66 % que es menos del 1 % de la población amenazada por el fenómeno.

#### TALUD N° 4

### 1. SUSCEPTIBILIDAD

**TABLA N° 1**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA A LLUVIA**

#### TALUD N° 4

FACTOR	CARACTERÍSTICA	PESO
Altura del Talud	13 m	7
Inclinación del Talud	84°	1
Salientes topográficas (Everhangs)	Presentes	3
Espesor del suelo artificial	0,5 m	1
Nacimientos de Agua	Presentes	1
Fallas alrededor del área	Ausentes	0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>13</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA**  
**A FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS**

**TALUD N° 4**

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Formación Geológica	0 a 5 dependiendo de la calidad de la formación	Arenisca Competente      calificación = 0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>0</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Estructura	0 a 3 dependiendo en el rumbo buzamiento y resistencia al cortante de las discontinuidades	Estructura algo favorable      calificación = 2
<b>SUMATORIA =</b>		<b>2</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Grado de meteorización	0 a 3	
Fracturación	0 a 3	
Nivel freático	0 a 5	Superficial      calificación = 5
<b>SUMATORIA =</b>		<b>5</b>

<b>SUMATORIA DE TODAS LAS CALIFICACIONES</b>	<b>7</b>
--	----------

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 3**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE ROCAS**

**TALUD N° 4**

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Espaciamiento de las discontinuidades	300 mm	16
Abertura de las discontinuidades (mm)	12 mm	15
Resistencia de la roca intacta Mpa.	240 Mpa	2
Meteorización		
<b>SUMATORIA =</b>		<b>33</b>

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>		
<b>CLASE</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD</b>
1	0 - 20	Muy baja
2	20 - 40	baja
3	40 - 60	Moderada
4	60 - 80	Alta
5	>80	Muy alta

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y N° 3 y con ese valor se entrará a la tabla de Valor total de Susceptibilidad

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD MODERADA =</b>	<b>53</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## 2. AMENAZA

**TABLA N° 1**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES GEOLÓGICOS**  
**TALUD N° 4**

<b>FACTORES GEOLÓGICOS</b>				
<b>FACTOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>PESO</b>
Litología	Tipo de Material			
		Suelos arenosos, blandos		1,4
Estructura	Relación de paralelismo entre el talud y las discontinuidades	12°		0,3
	Relación entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud	12°		0,3
	Buzamiento de la discontinuidad	87°		0,5
	Espesor de la capa del suelo	0,6 m		0,65
<b>SUMATORIA =</b>				<b>3,15</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES**  
**TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES**

**TALUD N° 4**

<b>FACTORES TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO</b>
Morfometría	84°	2
Pendiente de los taludes		
Relieve relativo	13 m	0,3
Diferencia de altura entre la divisoria de aguas y el valle		
Uso de la tierra	Vegetación moderada	1,2
Aguas Subterráneas	Muy Húmedo	0,5
	<b>SUMATORIA</b> =	<b>4</b>

<b>SUMATORIA O AMENAZA TOTAL</b>		
<b>Amenaza Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Suma de los Pesos</b>
I	Amenaza muy baja	3,5
II	Amenaza baja	3,5 a 5
III	Amenaza moderada	5,1 a 6,0
IV	Amenaza alta	6,1 a 7,5
V	Amenaza muy alta	7,5

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y con ese valor se entrará a la tabla de Sumatoria o Amenaza Total.

<b>VALOR TOTAL DE AMENAZA</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>AMENAZA ALTA</b> =	<b>7,15</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3. VULNERABILIDAD

**TABLA N° 1  
VULNERABILIDAD**

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca			
2.- Es sepultado por un flujo de detritos			
3.- No es sepultado	0,1 – 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
Nota:(1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle			

<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el vehículo es sepultado o destruido			
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4. RIESGO

**TABLA N° 1**  
**RIESGO CUANTIFICADO EN FUNCIÓN DE LA POBLACIÓN**  
**AFECTADA**

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A</b> <b>Número</b> <b>de</b> <b>personas</b>	<b>B</b> <b>Factor de</b> <b>Presencia</b>	<b>Población</b> <b>Amenazada</b> <b>AxB</b>
<b>Residentes</b>			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0,3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0,5	
Pacientes en hospitales (N° de camas)		1	
Pacientes en ancianatos (N° de camas)		1	
<b>Visitantes de Día</b>			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegio		0,35	
Número promedio de clientes de almacenes y centros comerciales		0,008	
Otros visitantes ocasionales		0,008	
<b>Personas en automóviles y autobuses</b>			
Más de 5000 vehículos promedio día		0,01	
500 a 5000 vehículos por día		0,005	
Menos de 500 vehículos por día	660	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En base a lo que indica el Manual se determinaron los valores para cada elemento de análisis. El Talud N° 4 tiene el Grado de Susceptibilidad Moderada que en su criterio nos indica que son Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa

seguridad de que no ocurran. Con una Amenaza Alta, Vulnerabilidad Alta de probabilidad de supervivencia de las personas que transitan por la carretera y un Factor de Riesgo de 0.66 % que es menos del 1 % de la población amenazada por el fenómeno.

### TALUD N° 5

#### 1. SUSCEPTIBILIDAD

**TABLA N° 1**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA A**  
**LLUVIA**

### TALUD N° 5

FACTOR	CARACTERÍSTICA	PESO
Altura del Talud	7 m	7
Inclinación del Talud	52°	1
Salientes topográficas (Everhangs)	Presentes	3
Espesor del suelo artificial	0,5 m	1
Nacimientos de Agua	Presentes	1
Fallas alrededor del área	Ausentes	0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>13</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA**  
**A FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS**

**TALUD N° 5**

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Formación Geológica	0 a 5 dependiendo de la calidad de la formación	Arenisca Competente      calificación = 0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>0</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Estructura	0 a 3 dependiendo en el rumbo buzamiento y resistencia al cortante de las discontinuidades	Estructura favorable a los deslizamientos      calificación = 3
<b>SUMATORIA =</b>		<b>3</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Grado de meteorización	0 a 3	
Fracturación	0 a 3	Muy fracturada      calificación = 3
Nivel freático	0 a 5	Superficial      calificación = 5
<b>SUMATORIA =</b>		<b>8</b>

<b>SUMATORIA DE TODAS LAS CALIFICACIONES</b>	<b>11</b>
--	-----------

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 3**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE ROCAS**

**TALUD N° 5**

FACTOR	CARACTERÍSTICA	PESO
Espaciamiento de las discontinuidades Abertura de las discontinuidades (mm) Resistencia de la roca intacta Mpa. Meteorización		
<b>SUMATORIA =</b>		<b>0</b>

VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD		
CLASE	VALOR	DESCRIPCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD
1	0 - 20	Muy baja
2	20 - 40	baja
3	40 - 60	Moderada
4	60 - 80	Alta
5	>80	Muy alta

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y N° 3 y con ese valor se entrará a la tabla de Valor total de Susceptibilidad

VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD	PESO TOTAL
<b>SUSCEPTIBILIDAD BAJA =</b>	<b>24</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## 2. AMENAZA

**TABLA N° 1**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES GEOLÓGICOS**  
**TALUD N° 5**

<b>FACTORES GEOLÓGICOS</b>				
<b>FACTOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>PESO</b>
Litología	Tipo de Material			
		Suelos arenosos, blandos		1,4
Estructura	Relación de paralelismo entre el talud y las discontinuidades			
	Relación entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud			
	Buzamiento de la discontinuidad Espesor de la capa del suelo	0,7 m		0,65
<b>SUMATORIA =</b>				<b>2,05</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES**  
**TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES**

**TALUD N° 5**

<b>FACTORES TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO</b>
Morfometría	52°	2
Pendiente de los taludes		
Relieve relativo	7 m	0,3
Diferencia de altura entre la divisoria de aguas y el valle		
Uso de la tierra	Vegetación moderada	1,2
Aguas Subterráneas	Muy Húmedo	0,5
	<b>SUMATORIA</b> =	4

<b>SUMATORIA O AMENAZA TOTAL</b>		
<b>Amenaza Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Suma de los Pesos</b>
I	Amenaza muy baja	3,5
II	Amenaza baja	3,5 a 5
III	Amenaza moderada	5,1 a 6,0
IV	Amenaza alta	6,1 a 7,5
V	Amenaza muy alta	7,5

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y con ese valor se entrará a la tabla de Sumatoria o Amenaza Total.

<b>VALOR TOTAL DE AMENAZA</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>AMENAZA ALTA</b> =	<b>6,1</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3. VULNERABILIDAD

**TABLA N° 1  
VULNERABILIDAD**

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca			
2.- Es sepultado por un flujo de detritos			
3.- No es sepultado	0,1 – 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
Nota:(1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle			

<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el vehículo es sepultado o destruido			
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4. RIESGO

**TABLA N° 1**  
**RIESGO CUANTIFICADO EN FUNCIÓN DE LA POBLACIÓN**  
**AFECTADA**

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A</b> <b>Número</b> <b>de</b> <b>personas</b>	<b>B</b> <b>Factor de</b> <b>Presencia</b>	<b>Población</b> <b>Amenazada</b> <b>AxB</b>
<b>Residentes</b>			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0,3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0,5	
Pacientes en hospitales (N° de camas)		1	
Pacientes en ancianatos (N° de camas)		1	
<b>Visitantes de Día</b>			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegio		0,35	
Número promedio de clientes de almacenes y centros comerciales		0,008	
Otros visitantes ocasionales		0,008	
<b>Personas en automóviles y autobuses</b>			
Más de 5000 vehículos promedio día		0,01	
500 a 5000 vehículos por día		0,005	
Menos de 500 vehículos por día	660	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En base a lo que indica el Manual se determinaron los valores para cada elemento de análisis. El Talud N° 5 tiene el Grado de Susceptibilidad Baja que en su criterio nos indica que son Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan

predecir deslizamientos. Con una Amenaza Alta, Vulnerabilidad Alta de probabilidad de supervivencia de las personas que transitan por la carretera y un Factor de Riesgo de 0.66 % que es menos del 1 % de la población amenazada por el fenómeno.

## TALUD N° 6

### 1. SUSCEPTIBILIDAD

**TABLA N° 1**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA A LLUVIA**  
**TALUD N° 6**

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Altura del Talud	11 m	7
Inclinación del Talud	88°	1
Salientes topográficas (Everhangs)	Presentes	3
Espesor del suelo artificial	0,5 m	1
Nacimientos de Agua	Presentes	1
Fallas alrededor del área	Ausentes	0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>13</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA**  
**A FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS**

**TALUD N° 6**

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Formación Geológica	0 a 5 dependiendo de la calidad de la formación	Arenisca Competente      calificación = 0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>0</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Estructura	0 a 3 dependiendo en el rumbo buzamiento y resistencia al cortante de las discontinuidades	Estructura favorable a los deslizamientos      calificación = 3
<b>SUMATORIA =</b>		<b>3</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Grado de meteorización	0 a 3	Muy meteorizado      calificación = 3
Fracturación	0 a 3	Muy fracturada      calificación = 3
Nivel freático	0 a 5	Superficial      calificación = 5
<b>SUMATORIA =</b>		<b>11</b>

<b>SUMATORIA DE TODAS LAS CALIFICACIONES</b>	<b>14</b>
--	-----------

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 3**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE ROCAS**

**TALUD N° 6**

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Espaciamiento de las discontinuidades	320 mm	16
Abertura de las discontinuidades (mm)	6 mm	15
Resistencia de la roca intacta Mpa.	210 Mpa	2
Meteorización	Roca algo meteorizada	5
<b>SUMATORIA =</b>		<b>38</b>

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>		
<b>CLASE</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD</b>
1	0 - 20	Muy baja
2	20 - 40	baja
3	40 - 60	Moderada
4	60 - 80	Alta
5	>80	Muy alta

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y N° 3 y con ese valor se entrará a la tabla de Valor total de Susceptibilidad

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD ALTA =</b>	<b>65</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## 2. AMENAZA

**TABLA N° 1**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES GEOLÓGICOS**  
**TALUD N° 6**

<b>FACTORES GEOLÓGICOS</b>				
<b>FACTO R</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>OBSERVACIONE S</b>	<b>PES O</b>
Litología	Tipo de Material			
		Suelos arenosos, blandos		1,4
Estructura	Relación de paralelismo entre el talud y las discontinuidades	16°		0,3
	Relación entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud	16°		0,3
	Buzamiento de la discontinuidad Espesor de la capa del suelo	89° 0,8 m		0,5 0,65
<b>SUMATORIA =</b>				<b>3,15</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES**  
**TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES**

**TALUD N° 6**

<b>FACTORES TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO</b>
Morfometría	87°	2
Pendiente de los taludes		
Relieve relativo	11 m	0,3
Diferencia de altura entre la divisoria de aguas y el valle		
Uso de la tierra	Vegetación moderada	1,2
Aguas Subterráneas	Muy Húmedo	0,5
	<b>SUMATORIA</b> =	4

<b>SUMATORIA O AMENAZA TOTAL</b>		
<b>Amenaza Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Suma de los Pesos</b>
I	Amenaza muy baja	3,5
II	Amenaza baja	3,5 a 5
III	Amenaza moderada	5,1 a 6,0
IV	Amenaza alta	6,1 a 7,5
V	Amenaza muy alta	7,5

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y con ese valor se entrará a la tabla de Sumatoria o Amenaza Total.

<b>VALOR TOTAL DE AMENAZA</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>AMENAZA ALTA</b> =	<b>7,15</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**TABLA N° 1  
VULNERABILIDAD**

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca			
2.- Es sepultado por un flujo de detritos			
3.- No es sepultado	0,1 – 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
Nota:(1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle			

<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el vehículo es sepultado o destruido			
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4. RIESGO

**TABLA N° 1**  
**RIESGO CUANTIFICADO EN FUNCIÓN DE LA POBLACIÓN**  
**AFECTADA**

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A</b> <b>Número</b> <b>de</b> <b>personas</b>	<b>B</b> <b>Factor de</b> <b>Presencia</b>	<b>Población</b> <b>Amenazada</b> <b>AxB</b>
<b>Residentes</b>			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0,3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0,5	
Pacientes en hospitales (N° de camas)		1	
Pacientes en ancianatos (N° de camas)		1	
<b>Visitantes de Día</b>			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegio		0,35	
Número promedio de clientes de almacenes y centros comerciales		0,008	
Otros visitantes ocasionales		0,008	
<b>Personas en automóviles y autobuses</b>			
Más de 5000 vehículos promedio día		0,01	
500 a 5000 vehículos por día		0,005	
Menos de 500 vehículos por día	660	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En base a lo que indica el Manual se determinaron los valores para cada elemento de análisis. El Talud N° 6 tiene el Grado de Susceptibilidad Alta que en su criterio nos indica que son Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta o moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existen la

posibilidad de que ocurran.. Con una Amenaza Alta, Vulnerabilidad Alta de probabilidad de supervivencia de las personas que transitan por la carretera y un Factor de Riesgo de 0.66 % que es menos del 1 % de la población amenazada por el fenómeno.

### TALUD N° 7

#### 1. SUSCEPTIBILIDAD

**TABLA N° 1**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA A LLUVIA**

### TALUD N° 7

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Altura del Talud	13 m	7
Inclinación del Talud	85°	1
Salientes topográficas (Everhangs)	Presentes	3
Espesor del suelo artificial	0,5 m	1
Nacimientos de Agua	Presentes	1
Fallas alrededor del área	Ausentes	0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>13</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA**  
**A FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS**

**TALUD N° 7**

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Formación Geológica	0 a 5 dependiendo de la calidad de la formación	Arenisca Competente      calificación = 0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>0</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Estructura	0 a 3 dependiendo en el rumbo buzamiento y resistencia al cortante de las discontinuidades	Estructura favorable a los deslizamientos      calificación = 3
<b>SUMATORIA =</b>		<b>3</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Grado de meteorización	0 a 3	
Fracturación	0 a 3	
Nivel freático	0 a 5	Superficial      calificación = 5
<b>SUMATORIA =</b>		<b>5</b>

<b>SUMATORIA DE TODAS LAS CALIFICACIONES</b>	<b>8</b>
--	----------

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 3**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE ROCAS**

**TALUD N° 7**

FACTOR	CARACTERÍSTICA	PESO
Espaciamiento de las discontinuidades Abertura de las discontinuidades (mm) Resistencia de la roca intacta Mpa. Meteorización		
<b>SUMATORIA =</b>		<b>0</b>

VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD		
CLASE	VALOR	DESCRIPCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD
1	0 - 20	Muy baja
2	20 - 40	baja
3	40 - 60	Moderada
4	60 - 80	Alta
5	>80	Muy alta

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y N° 3 y con ese valor se entrará a la tabla de Valor total de Susceptibilidad

VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD	PESO TOTAL
<b>SUSCEPTIBILIDAD BAJA =</b>	<b>21</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## 2. AMENAZA

**TABLA N° 1**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES GEOLÓGICOS**  
**TALUD N° 7**

<b>FACTORES GEOLÓGICOS</b>				
<b>FACTO R</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>PES O</b>
Litología	Tipo de Material			
		Suelos arenosos, blandos		1,4
Estructura	Relación de paralelismo entre el talud y las discontinuidades			
	Relación entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud			
	Buzamiento de la discontinuidad Espesor de la capa del suelo	0,6 m		0,65
<b>SUMATORIA =</b>				<b>2,05</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES**  
**TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES**

**TALUD N° 7**

<b>FACTORES TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO</b>
Morfometría	84°	2
Pendiente de los taludes		
Relieve relativo	13 m	0,3
Diferencia de altura entre la divisoria de aguas y el valle		
Uso de la tierra	Vegetación moderada	1,2
Aguas Subterráneas	Pantanosos	0,8
	<b>SUMATORIA</b> =	4,3

<b>SUMATORIA O AMENAZA TOTAL</b>		
<b>Amenaza Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Suma de los Pesos</b>
I	Amenaza muy baja	3,5
II	Amenaza baja	3,5 a 5
III	Amenaza moderada	5,1 a 6,0
IV	Amenaza alta	6,1 a 7,5
V	Amenaza muy alta	7,5

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y con ese valor se entrará a la tabla de Sumatoria o Amenaza Total.

<b>VALOR TOTAL DE AMENAZA</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>AMENAZA ALTA</b> =	<b>6,35</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3. VULNERABILIDAD

**TABLA N° 1  
VULNERABILIDAD**

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca			
2.- Es sepultado por un flujo de detritos			
3.- No es sepultado	0,1 – 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
Nota:(1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle			

<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el vehículo es sepultado o destruido			
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4. RIESGO

**TABLA N° 1**  
**RIESGO CUANTIFICADO EN FUNCIÓN DE LA POBLACIÓN**  
**AFECTADA**

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A</b> <b>Número</b> <b>de</b> <b>personas</b>	<b>B</b> <b>Factor de</b> <b>Presencia</b>	<b>Población</b> <b>Amenazada</b> <b>AxB</b>
<b>Residentes</b>			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0,3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0,5	
Pacientes en hospitales (N° de camas)		1	
Pacientes en ancianatos (N° de camas)		1	
<b>Visitantes de Día</b>			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegio		0,35	
Número promedio de clientes de almacenes y centros comerciales		0,008	
Otros visitantes ocasionales		0,008	
<b>Personas en automóviles y autobuses</b>			
Más de 5000 vehículos promedio día		0,01	
500 a 5000 vehículos por día		0,005	
Menos de 500 vehículos por día	660	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En base a lo que indica el Manual se determinaron los valores para cada elemento de análisis. El Talud N° 7 tiene el Grado de Susceptibilidad Baja que en su criterio nos indica que son Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan

predecir deslizamientos. Con una Amenaza Alta, Vulnerabilidad Alta de probabilidad de supervivencia de las personas que transitan por la carretera y un Factor de Riesgo de 0.66 % que es menos del 1 % de la población amenazada por el fenómeno.

### TALUD N° 8

#### 1. SUSCEPTIBILIDAD

**TABLA N° 1**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA A LLUVIA**

### TALUD N° 8

FACTOR	CARACTERÍSTICA	PESO
Altura del Talud	11 m	7
Inclinación del Talud	88°	1
Salientes topográficas (Everhangs)	Presentes	3
Espesor del suelo artificial	0,5 m	1
Nacimientos de Agua	Presentes	1
Fallas alrededor del área	Ausentes	0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>13</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA**  
**A FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS**

**TALUD N° 8**

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Formación Geológica	0 a 5 dependiendo de la calidad de la formación	Una arcillolita susceptible calificación = 4
<b>SUMATORIA =</b>		4

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Estructura	0 a 3 dependiendo en el rumbo buzamiento y resistencia al cortante de las discontinuidades	Estructura favorable a los deslizamientos calificación = 2
<b>SUMATORIA =</b>		2

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Grado de meteorización	0 a 3	
Fracturación	0 a 3	
Nivel freático	0 a 5	Superficial calificación = 5
<b>SUMATORIA =</b>		5

<b>SUMATORIA DE TODAS LAS CALIFICACIONES</b>	<b>11</b>
--	-----------

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 3**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE ROCAS**

**TALUD N° 8**

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Espaciamiento de las discontinuidades	350 mm	16
Abertura de las discontinuidades (mm)	8 mm	15
Resistencia de la roca intacta Mpa.	230 Mpa	2
Meteorización	Roca algo meteorizada	5
<b>SUMATORIA =</b>		<b>38</b>

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>		
<b>CLASE</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD</b>
1	0 - 20	Muy baja
2	20 - 40	baja
3	40 - 60	Moderada
4	60 - 80	Alta
5	>80	Muy alta

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y N° 3 y con ese valor se entrará a la tabla de Valor total de Susceptibilidad

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD ALTA =</b>	<b>62</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## 2. AMENAZA

**TABLA N° 1**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES GEOLÓGICOS**  
**TALUD N° 8**

FACTORES GEOLÓGICOS				
FACTOR	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	OBSERVACIONES	PESO
Litología	Tipo de Material			
		Suelo arcilloso		1
Estructura	Relación de paralelismo entre el talud y las discontinuidades	15°		0,3
	Relación entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud	15°		1
	Buzamiento de la discontinuidad	85°		0,5
	Espesor de la capa del suelo	0,7 m		0,65
<b>SUMATORIA =</b>				<b>3,45</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES**  
**TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES**

**TALUD N° 8**

<b>FACTORES TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO</b>
Morfometría	88°	2
Pendiente de los taludes		
Relieve relativo	11 m	0,3
Diferencia de altura entre la divisoria de aguas y el valle		
Uso de la tierra	Vegetación moderada	1,2
Aguas Subterráneas	Muy Húmedo	0,5
	<b>SUMATORIA</b> =	4

<b>SUMATORIA O AMENAZA TOTAL</b>		
<b>Amenaza Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Suma de los Pesos</b>
I	Amenaza muy baja	3,5
II	Amenaza baja	3,5 a 5
III	Amenaza moderada	5,1 a 6,0
IV	Amenaza alta	6,1 a 7,5
V	Amenaza muy alta	7,5

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y con ese valor se entrará a la tabla de Sumatoria o Amenaza Total.

<b>VALOR TOTAL DE AMENAZA</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>AMENAZA ALTA</b> =	<b>7,45</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3. VULNERABILIDAD

**TABLA N° 1  
VULNERABILIDAD**

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca			
2.- Es sepultado por un flujo de detritos			
3.- No es sepultado	0,1 – 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
Nota:(1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle			

<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el vehículo es sepultado o destruido			
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4. RIESGO

**TABLA N° 1**  
**RIESGO CUANTIFICADO EN FUNCIÓN DE LA POBLACIÓN**  
**AFECTADA**

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A</b> <b>Número</b> <b>de</b> <b>personas</b>	<b>B</b> <b>Factor de</b> <b>Presencia</b>	<b>Población</b> <b>Amenazada</b> <b>AxB</b>
<b>Residentes</b>			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0,3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0,5	
Pacientes en hospitales (N° de camas)		1	
Pacientes en ancianatos (N° de camas)		1	
<b>Visitantes de Día</b>			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegio		0,35	
Número promedio de clientes de almacenes y centros comerciales		0,008	
Otros visitantes ocasionales		0,008	
<b>Personas en automóviles y autobuses</b>			
Más de 5000 vehículos promedio día		0,01	
500 a 5000 vehículos por día		0,005	
Menos de 500 vehículos por día	660	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En base a lo que indica el Manual se determinaron los valores para cada elemento de análisis. El Talud N° 8 tiene el Grado de Susceptibilidad Alta que en su criterio nos indica que son Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta o moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existen la

posibilidad de que ocurran.. Con una Amenaza Alta, Vulnerabilidad Alta de probabilidad de supervivencia de las personas que transitan por la carretera y un Factor de Riesgo de 0.66 % que es menos del 1 % de la población amenazada por el fenómeno.

### TALUD N° 9

#### 1. SUSCEPTIBILIDAD

**TABLA N° 1**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA A**  
**LLUVIA**  
**TALUD N° 9**

FACTOR	CARACTERÍSTICA	PESO
Altura del Talud	11 m	7
Inclinación del Talud	87°	1
Salientes topográficas (Everhangs)	Presentes	3
Espesor del suelo artificial	0,5 m	1
Nacimientos de Agua	Presentes	1
Fallas alrededor del área	Ausentes	0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>13</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA**  
**A FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS**

**TALUD N° 9**

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Formación Geológica	0 a 5 dependiendo de la calidad de la formación	Arenisca Competente      calificación = 0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>0</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Estructura	0 a 3 dependiendo en el rumbo buzamiento y resistencia al cortante de las discontinuidades	Estructura algo favorable      calificación = 2
<b>SUMATORIA =</b>		<b>2</b>

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Grado de meteorización	0 a 3	
Fracturación	0 a 3	
Nivel freático	0 a 5	Superficial      calificación = 5
<b>SUMATORIA =</b>		<b>5</b>

<b>SUMATORIA DE TODAS LAS CALIFICACIONES</b>	<b>7</b>
--	----------

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 3**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE ROCAS**

**TALUD N° 9**

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Espaciamiento de las discontinuidades	300 mm	16
Abertura de las discontinuidades (mm)	8 mm	15
Resistencia de la roca intacta Mpa.	220 Mpa	2
Meteorización	Roca algo meteorizada	5
<b>SUMATORIA =</b>		<b>38</b>

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>		
<b>CLASE</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD</b>
1	0 - 20	Muy baja
2	20 - 40	baja
3	40 - 60	Moderada
4	60 - 80	Alta
5	>80	Muy alta

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y N° 3 y con ese valor se entrará a la tabla de Valor total de Susceptibilidad

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD MODERADA =</b>	<b>58</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## 2. AMENAZA

**TABLA N° 1**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES GEOLÓGICOS**  
**TALUD N° 9**

FACTORES GEOLÓGICOS				
FACTOR	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	OBSERVACIONES	PESO
Litología	Tipo de Material			
		Areniscas	Algo meteorizada multiplicar por 1,25	1,25
Estructura	Relación de paralelismo entre el talud y las discontinuidades	16°		0,3
	Relación entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud	16°		0,3
	Buzamiento de la discontinuidad	88°		0,5
	Espesor de la capa del suelo	0,7 m		0,65
<b>SUMATORIA =</b>				<b>3</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES**  
**TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES**

**TALUD N° 9**

<b>FACTORES TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO</b>
Morfometría	87°	2
Pendiente de los taludes		
Relieve relativo	11 m	0,3
Diferencia de altura entre la divisoria de aguas y el valle		
Uso de la tierra	Vegetación escasa	1,5
Aguas Subterráneas	Húmedo	0,2
	<b>SUMATORIA</b> =	4

<b>SUMATORIA O AMENAZA TOTAL</b>		
<b>Amenaza Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Suma de los Pesos</b>
I	Amenaza muy baja	3,5
II	Amenaza baja	3,5 a 5
III	Amenaza moderada	5,1 a 6,0
IV	Amenaza alta	6,1 a 7,5
V	Amenaza muy alta	7,5

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y con ese valor se entrará a la tabla de Sumatoria o Amenaza Total.

<b>VALOR TOTAL DE AMENAZA</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>AMENAZA ALTA</b> =	<b>7</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3. VULNERABILIDAD

**TABLA N° 1  
VULNERABILIDAD**

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca			
2.- Es sepultado por un flujo de detritos			
3.- No es sepultado	0,1 - 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
Nota:(1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle			

<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el vehículo es sepultado o destruido			
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4. RIESGO

**TABLA N° 1**  
**RIESGO CUANTIFICADO EN FUNCIÓN DE LA POBLACIÓN**  
**AFECTADA**

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A</b> <b>Número</b> <b>de</b> <b>personas</b>	<b>B</b> <b>Factor de</b> <b>Presencia</b>	<b>Población</b> <b>Amenazada</b> <b>AxB</b>
<b>Residentes</b>			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0,3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0,5	
Pacientes en hospitales (N° de camas)		1	
Pacientes en ancianatos (N° de camas)		1	
<b>Visitantes de Día</b>			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegio		0,35	
Número promedio de clientes de almacenes y centros comerciales		0,008	
Otros visitantes ocasionales		0,008	
<b>Personas en automóviles y autobuses</b>			
Más de 5000 vehículos promedio día		0,01	
500 a 5000 vehículos por día		0,005	
Menos de 500 vehículos por día	660	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En base a lo que indica el Manual se determinaron los valores para cada elemento de análisis. El Talud N° 9 tiene el Grado de Susceptibilidad Moderada que en su criterio nos indica que son Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa

seguridad de que no ocurran. Con una Amenaza Alta, Vulnerabilidad Alta de probabilidad de supervivencia de las personas que transitan por la carretera y un Factor de Riesgo de 0.66 % que es menos del 1 % de la población amenazada por el fenómeno.

### TALUD N° 10

#### 1. SUSCEPTIBILIDAD

**TABLA N° 1**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA A**  
**LLUVIA**

### TALUD N° 10

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Altura del Talud	12 m	7
Inclinación del Talud	85°	1
Salientes topográficas (Everhangs)	Presentes	3
Espesor del suelo artificial	0,5 m	1
Nacimientos de Agua	Presentes	1
Fallas alrededor del área	Ausentes	0
<b>SUMATORIA =</b>		<b>13</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DEBIDA**  
**A FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS**

**TALUD N° 10**

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Formación Geológica	0 a 5 dependiendo de la calidad de la formación	Un Granito <span style="float: right;">calificación = 3</span>
<b>SUMATORIA =</b>		3

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Estructura	0 a 3 dependiendo en el rumbo buzamiento y resistencia al cortante de las discontinuidades	Estructura algo favorable <span style="float: right;">calificación = 2</span>
<b>SUMATORIA =</b>		2

<b>FACTOR</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Grado de meteorización	0 a 3	
Fracturación	0 a 3	
Nivel freático	0 a 5	Superficial <span style="float: right;">calificación = 5</span>
<b>SUMATORIA =</b>		5

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 3  
SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE ROCAS**

**TALUD N° 10**

<b>FACTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Espaciamiento de las discontinuidades	400 mm	16
Abertura de las discontinuidades (mm)	11 mm	15
Resistencia de la roca intacta Mpa.	230 Mpa	2
Meteorización	Roca algo meteorizada	5
<b>SUMATORIA =</b>		<b>38</b>

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>		
<b>CLASE</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD</b>
1	0 - 20	Muy baja
2	20 - 40	baja
3	40 - 60	Moderada
4	60 - 80	Alta
5	>80	Muy alta

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y N° 3 y con ese valor se entrará a la tabla de Valor total de Susceptibilidad

<b>VALOR TOTAL DE SUSCEPTIBILIDAD</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD ALTA =</b>	<b>61</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## 2. AMENAZA

**TABLA N° 1**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES GEOLÓGICOS**  
**TALUD N° 10**

<b>FACTORES GEOLÓGICOS</b>				
<b>FACTOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>PESO</b>
Litología	Tipo de Material			1,25
		Areniscas	Algo meteorizada multiplicar por 1,25	
Estructura	Relación de paralelismo entre el talud y las discontinuidades	13°		0,3
	Relación entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud	13°		0,3
	Buzamiento de la discontinuidad	87°		0,5
	Espesor de la capa del suelo	0,6 m		0,65
<b>SUMATORIA =</b>				<b>3</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 2**  
**AMENAZA A DESLIZAMIENTO DEBIDA A FACTORES**  
**TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES**

**TALUD N° 10**

<b>FACTORES TOPOGRÁFICOS Y AMBIENTALES</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>PESO</b>
Morfometría	85°	2
Pendiente de los taludes		
Relieve relativo	12 m	0,3
Diferencia de altura entre la divisoria de aguas y el valle		
Uso de la tierra	Vegetación moderada	1,2
Aguas Subterráneas	Muy Húmedo	0,5
	<b>SUMATORIA</b> =	4

<b>SUMATORIA O AMENAZA TOTAL</b>		
<b>Amenaza Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Suma de los Pesos</b>
I	Amenaza muy baja	3,5
II	Amenaza baja	3,5 a 5
III	Amenaza moderada	5,1 a 6,0
IV	Amenaza alta	6,1 a 7,5
V	Amenaza muy alta	7,5

**NOTA:** Se realiza la sumatoria total de las tablas N° 1, N° 2 y con ese valor se entrará a la tabla de Sumatoria o Amenaza Total.

<b>VALOR TOTAL DE AMENAZA</b>	<b>PESO TOTAL</b>
<b>AMENAZA ALTA</b> =	<b>7</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3. VULNERABILIDAD

**TABLA N° 1  
VULNERABILIDAD**

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca			
2.- Es sepultado por un flujo de detritos			
3.- No es sepultado	0,1 – 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
Nota:(1) La proximidad de la persona debe considerarse en más detalle			

<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Si el vehículo es sepultado o destruido			
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4. RIESGO

**TABLA N° 1**  
**RIESGO CUANTIFICADO EN FUNCIÓN DE LA POBLACIÓN**  
**AFECTADA**

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A</b> <b>Número</b> <b>de</b> <b>personas</b>	<b>B</b> <b>Factor de</b> <b>Presencia</b>	<b>Población</b> <b>Amenazada</b> <b>AxB</b>
<b>Residentes</b>			
Personas que viven permanentemente		1	
Personas que vienen los fines de semana (cabañas)		0,3	
Personas que permanecen en hoteles (Número de camas)		0,5	
Pacientes en hospitales (N° de camas)		1	
Pacientes en ancianatos (N° de camas)		1	
<b>Visitantes de Día</b>			
Número de empleados de oficinas o fábricas, alumnos y niños en colegio		0,35	
Número promedio de clientes de almacenes y centros comerciales		0,008	
Otros visitantes ocasionales		0,008	
<b>Personas en automóviles y autobuses</b>			
Más de 5000 vehículos promedio día		0,01	
500 a 5000 vehículos por día		0,005	
Menos de 500 vehículos por día	660	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En base a lo que indica el Manual se determinaron los valores para cada elemento de análisis. El Talud N° 10 tiene el Grado de Susceptibilidad Alta que en su criterio nos indica que son Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta o moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existen la

posibilidad de que ocurran.. Con una Amenaza Alta, Vulnerabilidad Alta de probabilidad de supervivencia de las personas que transitan por la carretera y un Factor de Riesgo de 0.66 % que es menos del 1 % de la población amenazada por el fenómeno.

#### 4.5. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN

La realización del estudio ha logrado estimar el riesgo a deslizamiento en 10 taludes, ubicados en el tramo Variante Canaletas – Entre Ríos, entre las progresivas 2+800 a 18+900 mediante la metodología de cuantificación basada en 4 factores de análisis; La Susceptibilidad, Amenaza, Vulnerabilidad y El Riesgo, obteniéndose diferentes valores para cada talud. La gran actividad deslizante en esta zona se debe principalmente a la pendiente del talud, agresividad de la lluvia, erosionabilidad de los suelos, a la falta de medidas de control y a la ausencia de vegetación, constituyendo a los taludes desnudos en muchos de los casos. El hecho que no existan prácticas de control y prevención agrava el proceso de deslizamientos.

**Tabla 4.1** Resumen Grado Susceptibilidad

CUADRO RESUMEN										
TALUD	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9	N° 10
<b>PESO TOTAL</b>	69	27	71	53	24	65	21	62	58	61
<b>SUSCEPTIBILIDAD</b>	<b>ALTA</b>	<b>BAJA</b>	<b>ALTA</b>	<b>MODERADA</b>	<b>BAJA</b>	<b>ALTA</b>	<b>BAJA</b>	<b>ALTA</b>	<b>MODERADA</b>	<b>ALTA</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.2** Resumen Grado de Amenaza

<b>CUADRO RESUMEN</b>										
<b>TALUD</b>	<b>N° 1</b>	<b>N° 2</b>	<b>N° 3</b>	<b>N° 4</b>	<b>N° 5</b>	<b>N° 6</b>	<b>N° 7</b>	<b>N° 8</b>	<b>N° 9</b>	<b>N° 10</b>
<b>PESO TOTAL</b>	7,25	6,1	7,25	7,15	6,1	7,15	6,35	7,45	7	7
<b>AMENAZA</b>	<b>ALTA</b>									

**Fuente:** Elaboración propia

Debemos añadir que los taludes estudiados fueron aquellos con notorio deterioro en su estructura en los que se pudo observar escasa y abultada presencia de vegetación y una pendiente elevada, ya que en la zona son muy pocos los taludes con pendiente suave, por lo que estas condiciones favorecen de gran manera a la actividad deslizante.

Con respecto a la vulnerabilidad los resultados obtenidos son iguales a lo largo del tramo, solo en el Talud N° 2 varia por la zona geológicamente inestable. Para cada talud se pudo evidenciar los siguientes resultados:

**Tabla 4.3** Cuantificación de la Vulnerabilidad

Vulnerabilidad para Taludes N° 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
3.- No es sepultado	0,1 – 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
2.- Si el vehículo es dañado Solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente:** Elaboración propia

Vulnerabilidad para Talud N° 2

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca	0,1 - 0,7	0,5	Puede ser herido, pero rara vez causa la muerte
<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente:** Elaboración propia

La cuantificación del Riesgo se representa en la siguiente tabla la cual involucra el Trafico Promedio Diario TDP y la población afectada

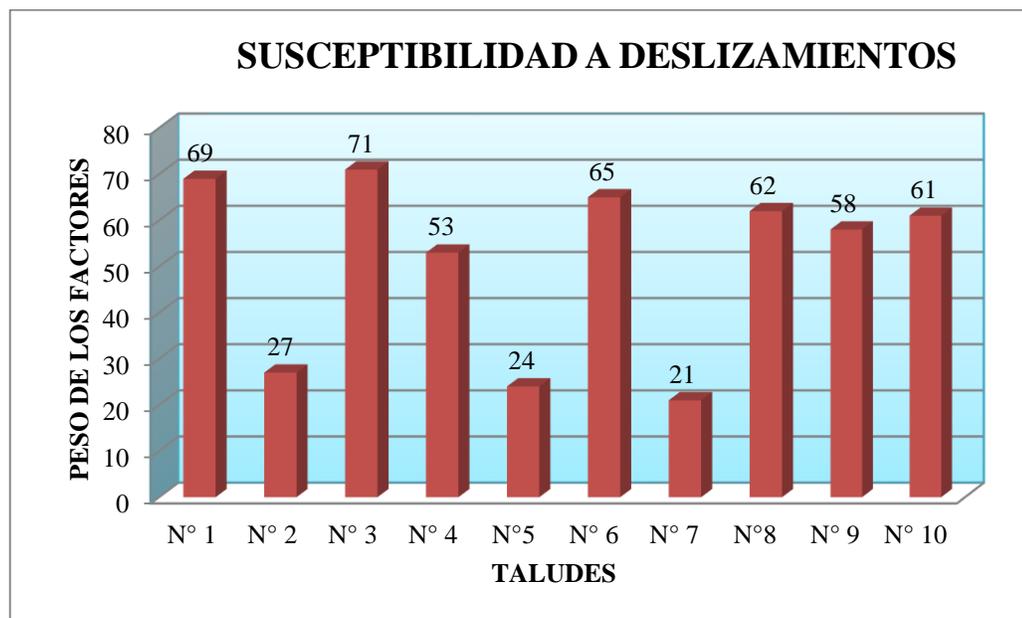
**Tabla 4.4** Cuantificación del Riesgo

<b>RIESGO</b>			
<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A Número de personas</b>	<b>B Factor de Presencia</b>	<b>Población Amenazada A x B</b>
Menos de 500 vehículos por día	$165 * 4 = 660$	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente:** Elaboración propia

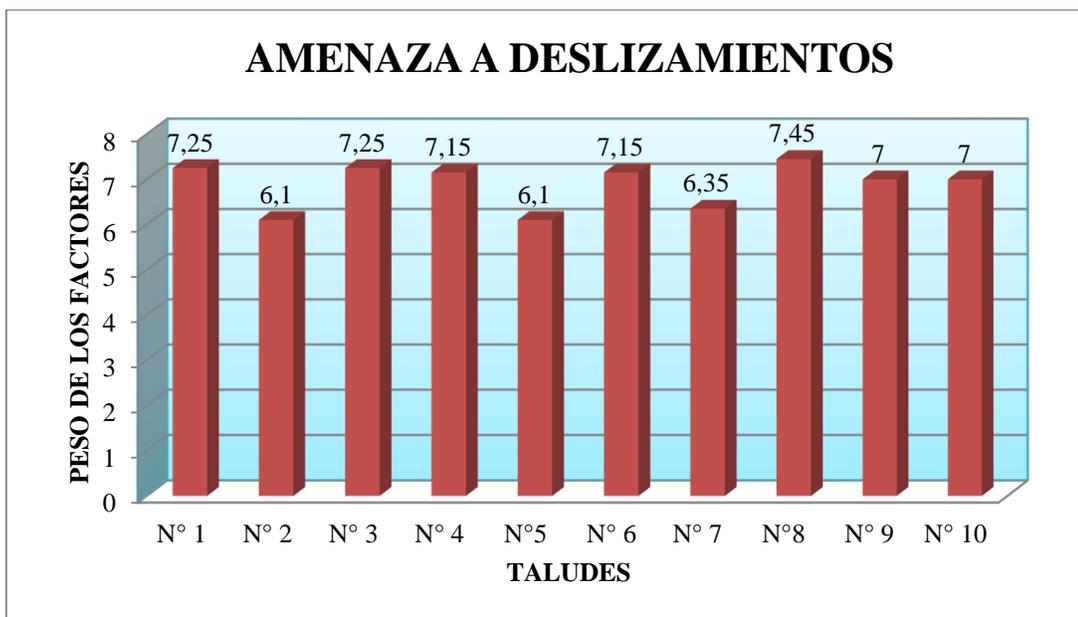
#### 4.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN EL TRAMO

**Fig. 4.12** Grado o Nivel de Susceptibilidad de los Diferentes Taludes



En la **Fig. 4.12** Observamos los valores obtenidos en la cuantificación de la susceptibilidad, obteniendo para los taludes N° 2, 5 y 7 Susceptibilidad Baja conformadas por laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos. Para los Taludes N° 4 y 9 se obtuvo susceptibilidad Moderada, Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no ocurran y por último para los Taludes N° 1, 3, 6, 8 y 10 se obtuvo susceptibilidad Alta, conformado por laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.

**Fig. 4.13** Grado o Nivel de Amenaza de los Diferentes Taludes



En la **Fig. 4.13** Se observa una cierta correlación entre los resultados y una semejanza entre los valores obtenidos.

Se observa que los taludes estudiados presentan Amenaza Alta a deslizamiento,

concretamente se percibe que el tramo casi en su totalidad es propenso a actividades de deslizamiento.

A continuación se detalla el análisis para la cuantificación de la Vulnerabilidad tomando en cuenta todos los valores en cada una de las tablas.

**Tabla 4.5** Análisis Cuantificación de la Vulnerabilidad

Vulnerabilidad para Taludes N° 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
3.- No es sepultado	0,1 – 0,5	0,1	Alta probabilidad de supervivencia
<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente:** Elaboración propia

Vulnerabilidad para Talud N° 2

<b>VULNERABILIDAD DE UNA PERSONA EN UN ÁREA ABIERTA</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
1.- Es golpeado por un caído de roca	0,1 - 0,7	0,5	Puede ser herido, pero rara vez causa la muerte
<b>VULNERABILIDAD DE LA PERSONA EN UN VEHÍCULO</b>			
<b>Caso</b>	<b>Rango de valores históricos</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Comentarios</b>
2.- Si el vehículo es dañado solamente	0,0 – 0,3	0,3	Alta probabilidad de supervivencia

**Fuente:** Elaboración propia

Podemos observar en estos resultados que la vulnerabilidad ha sido cuantificada en función a dos parámetros, cuando la persona se halla en un área abierta y cuando se halla en un vehículo, los resultados fueron adoptados de acuerdo a un rango de valores debido a la falta de información de esta naturaleza en el mencionado tramo, los valores nos indican para los Taludes N° 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 tienen una alta probabilidad de supervivencia de las personas que transitan por la carretera, siendo solo para el Talud N° 2 nos indica que existe la probabilidad de que se caiga una roca.

Así mismo es importante recalcar que la zona no es apta para la construcción de edificios, presenta zonas escarpadas de pendientes elevadas, y por lo tanto el parámetro de vulnerabilidad de una persona en un edificio es nulo.

Y por último realizamos el análisis de la cuantificación del Riesgo.

**Tabla 4.6** Análisis Cuantificación del Riesgo

<b>RIESGO</b>			
<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>A Número de personas</b>	<b>B Factor de Presencia</b>	<b>Población Amenazada A x B</b>
Menos de 500 vehículos por día	$165 * 4 = 660$	0,001	<b>0,66</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Con respecto a la cuantificación del riesgo, el porcentaje de población amenazada arroja un valor de 0.66 %, es decir menos del 1 % de la población es amenazada por el fenómeno. Esto debido a que el Tráfico promedio diario (TPD) de la vía es bajo.

Así mismo es importante recalcar que el riesgo cuantificado en función a propiedades afectadas es nula debido a que en el trayecto no se evidencia construcción de casas, edificios, no se cuenta con estructuras especiales, tales como puentes, estaciones

eléctricas e instalaciones de agua, gas natural, etc. Y peor aún la existencia de áreas diversas que engloban jardines, calles parqueaderos y áreas agrícolas.

#### **4.7. PLANTEAMIENTO DE ACCIONES ANTE RIESGOS EN EL TRAMO**

A lo largo del tramo se pudo observar que no existe ninguna protección para los taludes, esto nos llama la atención porque la zona tiende a sufrir deslizamientos cuando existe precipitación y otros factores que influyen al movimiento de tierra.

En este sentido propuse la aplicación de un manual de Riesgos Naturales llevándolo a condiciones propias de la Variante Canaletas – Entre Ríos, dicho manual analiza la cuantificación de varios factores como ser la pendiente del talud, altura, discontinuidades, relieve del terreno, el tipo de suelo del que está compuesto el talud y otros. Llevando todos esos factores a utilizarlos en tablas para determinar el grado de Susceptibilidad, Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo.

De los valores obtenidos podemos determinar que en la mayoría de los taludes analizados (que en nuestro caso fueron 10) son susceptibles al deslizamiento con un alto grado de amenaza. Nos llama mucho la atención ya que por esta carretera circulan vehículos de todo tipo de tonelaje como también sirve para la comunicación con la localidad de Entre Ríos, la circulación de automóviles hacia Tarija es considerable. Siendo así un peligro al momento de producirse un deslizamiento por lo que debemos recomendar algunas acciones para la prevención y reducción de estos movimientos.

Para ello se realiza un planteamiento de acciones ante riesgo en cada talud específicamente descrito a continuación:

## **ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

### **1ra. ALTERNATIVA**

#### **CONCRETO LANZADO**

El criterio técnico para el Concreto Lanzado en la protección de taludes es que se convierte en un muro de retención, y a su vez como recubrimiento superficial sin arrastre de partículas, en taludes rocosos altamente fracturados, protegiéndolos de la erosión el cual ocasiona desprendimientos. Y la recomendación es que se puede usar en taludes de gran altura para lograr su estabilización sin que se produzcan desprendimientos, garantizando su seguridad.

### **2da. ALTERNATIVA**

#### **MALLA ANCLADA**

Se utiliza la protección de taludes por el método de la Malla Anclada porque determina varios criterios entre ellos el de evitar o reducir la meteorización de la superficie del talud, elimina los problemas derivados de las caídas de piedras en los taludes rocosos, aumenta la seguridad del talud frente a pequeñas roturas superficiales.

La Malla Anclada cubre la superficie de taludes rocosos para controlar la caída de fragmentos de roca, lo cual es siempre peligroso para el usuario.

### **3ra. ALTERNATIVA**

#### **HIDROSIEMBRA**

Los principales objetivos de la Hidrosiembra son el control y prevención de la erosión y la restauración del paisaje. La Hidrosiembra estabiliza el terreno, sobretodo en superficies de elevada pendiente y terrenos pobres con muy bajas concentraciones de materia orgánica. También alcanzan grandes alturas en taludes difícilmente asequibles.

Se recomienda la aplicación de Hidrosiembra en zonas con precipitaciones altas, en superficies de elevada pendiente, en terrenos poco consolidados y zonas donde no puede acceder la maquinaria convencional.

## EVALUACIÓN DEL PLANTEAMIENTO DE ACCIONES ANTE RIESGOS

**Fig. 4.14 Planteamiento de Acciones ante Riesgos Talud N° 1**



El planteamiento de acciones ante el Riesgo para el Talud N° 1 ubicado en la progresiva 2+900 es la protección con Malla Anclada debido a que este talud tiene un alto grado de susceptibilidad al deslizamiento, es muy meteorizado por lo que requiere acciones que contrarresten el movimiento de este tipo de suelo además que la pendiente es muy alta, no tiene suficiente espacio desde el pie del talud a la calzada lo que hace dificultoso la protección como por ejemplo muro de contención o trincheras.

El procedimiento de la Malla Anclada consiste en cubrir el talud con una malla de acero debidamente fijada al terreno, existen mallas de toda dimension, la malla no permite

que los pequeños derrumbes o caídos , invadan la superficie de rodamiento de via y la ventaja del anclado de malla es que es facil la tecnica de colocado y se la puede realizar en este tipo de taludes.

**Fig. 4.15 Planteamiento de Acciones ante Riesgos Talud N° 2**



El Talud N° 2 se encuentra en una zona geologicamente inestable lo que hace aun mas dificultosa la prevencion y operacion de limpieza, en este sentido el planteamiento de acciones ante el Riesgo para el talud ubicado en la progresiva 4+840 es la proteccion con Malla Anclada debido a que este talud tiene un bajo grado de susceptibilidad al deslizamiento, no es muy meteorizado por lo que requiere acciones leves pero que aseguren la seguridad de la carretera y que contrarresten el movimiento de este tipo de suelo además que la pendiente del talud es muy alta, no tiene suficiente espacio desde el pie del talud a la calzada lo que hace dificultoso la proteccion como por ejemplo Muro de Contension o Trincheras.

El procedimiento de la Malla Anclada consiste en cubrir el talud con una malla de acero debidamente fijada al terreno, existen mallas de toda dimension, la malla no permite

que los pequeños derrumbes o caídos , invadan la superficie de rodamiento de via y la ventaja del anclado de malla es que es facil la tecnica de colocado y se la puede realizar en este tipo de taludes.

**Fig. 4.16 Planteamiento de Acciones ante Riesgos Talud N° 3**



El planteamiento de acciones ante el Riesgo para el Talud N° 3 ubicado en la progresiva 8+108 es la protección con Concreto Lanzado debido a que este talud tiene un alto grado de susceptibilidad al deslizamiento, es muy meteorizado por lo que requiere acciones que contrarresten el movimiento de este tipo de suelo además que la pendiente del talud es muy alta, no tiene suficiente espacio desde el pie del talud a la calzada lo que hace dificultoso la protección como por ejemplo trincheras.

El Concreto Lanzado se define como mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumaticamente a gran velocidad sobre una superficie. La

fuerza del chorro, que produce un impacto sobre la superficie, compacta el material. Normalmente el material fresco colocado tiene una consistencia cero y puede colocarse hacia arriba, en una sola operación en espesores hasta 50 mm. Es la creación de una película proyectando concreto contra el frente, esta película tendrá el espesor que se desee, de manera que evite la alteración de la superficie del terreno.

**Fig. 4.17 Planteamiento de Acciones ante Riesgos Talud N° 4**



En el Talud N° 4 el Grado de Susceptibilidad al deslizamiento es Moderada por lo que el planteamiento de acciones ante el Riesgo para este Talud ubicado en la progresiva 8+108 es la protección con Concreto Lanzado, ya que no presenta meteorización pero si tiende a ser inestable al movimiento de tierra porque esta compuesto de suelo arenoso con limo y grava por lo que requiere acciones que contrarresten el movimiento de este tipo de suelo además que la pendiente del talud es muy alta, no tiene suficiente espacio desde el pie del talud a la calzada lo que hace dificultoso la protección como por ejemplo trincheras.

El Concreto Lanzado se define como mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie. La fuerza del chorro, que produce un impacto sobre la superficie, compacta el material. Normalmente el material fresco colocado tiene una consistencia cero y puede colocarse hacia arriba, en una sola operación en espesores hasta 50 mm. Es la creación de una película proyectando concreto contra el frente, esta película tendrá el espesor que se desee, de manera que evite la alteración de la superficie del terreno.

**Fig. 4.18 Planteamiento de Acciones ante Riesgos Talud N° 5**



El Talud N° 5 se encuentra en una zona geologicamente inestable lo que hace aun mas dificultosa la prevención y operación de limpieza, en este sentido el planteamiento de acciones ante el Riesgo para el talud ubicado en la progresiva 11+580 es la protección Hidrosiembra. Debido a que este talud tiene un bajo grado de susceptibilidad al deslizamiento, no es muy meteorizado por lo que requiere acciones leves pero que aseguren la seguridad de la carretera y que contrarresten el movimiento de este tipo de

suelo, además que la pendiente del talud es muy alta, en este caso se puede hacer otro tipo de protección como ser el de trincheras pero eso ya depende del costo.

La Hidrosiembra es un metodo mediante el cual se mezclan semilla de plantas ( que por lo general se optan por plantas del lugar), agua, fertilizante, fibras y el mulch (es una cubierta protectora del suelo, un buen mulch suministra nutrientes lentamente al suelo a medida que se descompone); se colocan directamente sobre el suelo manualmente. De esta manera se siembra, abona y se cubre el suelo.

**Fig. 4.19 Planteamiento de Acciones ante Riesgos Talud N° 6**



El planteamiento de acciones ante el Riesgo para el Talud N° 6 ubicado en la progresiva 14+630 es la protección con Concreto Lanzado debido a que este talud tiene un alto grado de susceptibilidad al deslizamiento, es muy meteorizado por lo que requiere acciones que contrarresten el movimiento de este tipo de suelo además que la

pendiente es muy alta, no tiene suficiente espacio desde el pie del talud a la calzada lo que hace dificultoso la protección como por ejemplo trincheras.

El Concreto Lanzado se define como mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie. La fuerza del chorro, que produce un impacto sobre la superficie, compacta el material. Normalmente el material fresco colocado tiene una consistencia cero y puede colocarse hacia arriba, en una sola operación en espesores hasta 50 mm. Es la creación de una película proyectando concreto contra el frente, esta película tendrá el espesor que se desee, de manera que evite la alteración de la superficie del terreno.

**Fig. 4.20 Planteamiento de Acciones ante Riesgos Talud N° 7**



El Talud N° 7 se encuentra en una zona inestable lo que hace dificultosa la prevención y operación de limpieza ya que contiene suelo arenoso con limo y grava en este sentido el planteamiento de acciones ante el Riesgo para el talud ubicado en la progresiva 11+580 es la protección con Malla Anclada debido a que este talud tiene un bajo grado de susceptibilidad al deslizamiento, no es muy meteorizado por lo que requiere

acciones leves pero que aseguren la seguridad de la carretera y que contrarresten el movimiento de este tipo de suelo, además que la pendiente es muy alta, en este caso se puede hacer otro tipo de protección como ser el de trincheras pero eso ya depende del costo.

El procedimiento de la Malla Anclada consiste en cubrir el talud con una malla de acero debidamente fijada al terreno, existen mallas de toda dimension, la malla no permite que los pequeños derrumbes o caidos , invadan la superficie de rodamiento de via y la ventaja del anclado de malla es que es facil la tecnica de colocado y se la puede realizar en este tipo de taludes.

**Fig. 4.21 Planteamiento de Acciones ante Riesgos Talud N° 8**



El planteamiento de acciones ante el Riesgo para el Talud N° 8 ubicado en la progresiva 18+080 es la protección con Concreto Lanzado debido a que este talud tiene un alto grado de susceptibilidad al deslizamiento, la clasificación del suelo nos indica una arcilla de baja plasticidad, es muy meteorizado por lo que requiere acciones que contrarresten el movimiento de este tipo de suelo además que la pendiente es muy alta, no tiene suficiente espacio desde el pie del talud a la calzada lo que hace dificultoso la protección como por ejemplo trincheras.

El Concreto Lanzado se define como mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie. La fuerza del chorro, que produce un impacto sobre la superficie, compacta el material. Normalmente el material fresco colocado tiene una consistencia cero y puede colocarse hacia arriba, en una sola operación en espesores hasta 50 mm. Es la creación de una película proyectando concreto contra el frente, esta película tendrá el espesor que se desee, de manera que evite la alteración de la superficie del terreno.

**Fig. 4.22 Planteamiento de Acciones ante Riesgos Talud N° 9**



En el Talud N° 9 el Grado de Susceptibilidad al deslizamiento es Moderada por lo que el planteamiento de acciones ante el Riesgo para este Talud ubicado en la progresiva 18+450 es la protección con Malla Anclada, ya que no presenta meteorización pero si tiende a ser inestable al movimiento de tierra porque esta compuesto de suelo arenoso con limo por lo que requiere acciones que contrarresten el movimiento de este tipo de suelo además que la pendiente del talud es muy alta, no tiene suficiente espacio desde el pie del talud a la calzada lo que hace dificultoso la protección como por ejemplo trincheras.

El procedimiento de la Malla Anclada consiste en cubrir el talud con una malla de acero debidamente fijada al terreno, existen mallas de toda dimension, la malla no permite que los pequeños derrumbes o caidos , invadan la superficie de rodamiento de via y la ventaja del anclado de malla es que es facil la tecnica de colocado y se la puede realizar en este tipo de taludes.

**Fig. 4.23 Planteamiento de Acciones ante Riesgos Talud N° 10**



El planteamiento de acciones ante el Riesgo para el Talud N° 10 ubicado en la progresiva 18+800 es la protección con Concreto Lanzado debido a que este talud tiene un alto grado de susceptibilidad al deslizamiento, la clasificación del suelo nos indica que es una grava limosa con arena, es muy meteorizado por lo que requiere acciones que contrarresten el movimiento de este tipo de suelo además que la pendiente es muy alta, no tiene suficiente espacio desde el pie del talud a la calzada lo que hace dificultoso la protección como por ejemplo trincheras.

El Concreto Lanzado se define como mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie. La fuerza del chorro, que produce un impacto sobre la superficie, compacta el material. Normalmente el material fresco colocado tiene una consistencia cero y puede colocarse hacia arriba, en una sola operación en espesores hasta 50 mm. Es la creación de una película proyectando concreto contra el frente, esta película tendrá el espesor que se desee, de manera que evite la alteración de la superficie del terreno.

## ANÁLISIS DE COSTOS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

### 1ra. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

PLANILLA DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>DATOS GENERALES:</b>					
<b>Proyecto:</b>	Proyecto de Grado II (M. Vías)	<b>Item:</b>	1		
<b>Actividad:</b>	Malla Anclada				
<b>Cantidad:</b>	1				
<b>Unidad:</b>	m <sup>2</sup>				
<b>Moneda:</b>	Bs.				
<b>1. MATERIALES</b>					
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Malla hexagonal	m <sup>2</sup>	1	98	98,00
2	Fierro Corrugado	Kg	1,6	8,3	13,28
<b>TOTAL MATERIALES</b>					<b>111,28</b>
<b>2.MANO DE OBRA</b>					
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Ayudante	Hra.	0,33	10	3,3
2	Especialista	Hra.	0,33	15	4,95
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>8,25</b>
Cargas Sociales = (% del subtotal de la mano de obra) ( 55% - 71.18%)				65	5,36
Impuestos IVA mano de obra = (% de Carga Social + Subtotal mano de obra)				14,94	2,03
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>15,65</b>
<b>3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>					
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
Herramientas =( % del total de mano de obra)				5	0,78
<b>TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>					<b>0,78</b>
<b>4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					
				PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
Gastos generales = % de 1+2+3				10	12,77
<b>TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					<b>12,77</b>
<b>5. UTILIDAD</b>					
				PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
Utilidad= % de 1+2+3+4				10	14,05
<b>COSTO TOTAL UTILIDAD</b>					<b>14,05</b>
<b>6. IMPUESTOS</b>					
				PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
Impuestos IT= % de 1+2+3+4+5				3,09	4,77
<b>COSTO TOTAL IMPUESTOS</b>					<b>4,77</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO (1+2+3+4+5+6)</b>					<b>159,30</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO</b>					<b>160,00</b>

Las técnicas de mitigación de deslizamientos se dividen en dos grandes áreas: Reducción de las Fuerzas Actuantes e Incremento de las Fuerzas Resistentes. En cuanto a las primeras, puede hablarse de modificar la pendiente del talud, construir drenajes, proteger la superficie con un revestimiento o reducir el peso del talud; sin embargo, no bastaría con modificar la pendiente del talud, ya que cuando éste no sea vertical y se evite la exfoliación o caída en capas, el problema de la erosión persistirá, por lo que dicha medida deberá ir acompañada de la protección de la superficie con un revestimiento, ya sea con un geosintético, una gramínea o una capa de mortero o concreto lanzado.

Por otra parte, dentro de las técnicas que tienen como objetivo incrementar las fuerzas resistentes, la construcción de cualquier obra de retención como muros de piedra, concreto, tierra armada, unidades prefabricadas, etc., no resultan funcionales, tanto por las características propias de las mismas como por su alto costo, además de que se hace necesario contar con una cimentación adecuada para los mismos, lo que implica disponer de un mayor espacio en el pie del talud. Sumado a lo anterior, existe el riesgo de un mal diseño o construcción, lo que afectaría la funcionalidad de la carretera.

Por lo anterior, las alternativas que considero viables y funcionales como solución al problema de estabilidad de taludes en la Variante Canaletas – Entre Ríos; es la protección con Malla Anclada o Geomanta con Malla, ya que estos métodos se los puede aplicar al tipo de talud estudiado, no necesitan mucho espacio en el pie del talud que es con lo que no se cuenta en nuestro caso y la aplicación es relativamente sencilla ya se va anclando la malla y lo puede realizar un albañil y un ayudante supervisado por un técnico.

## 2da. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

PLANILLA DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>DATOS GENERALES:</b>					
Proyecto:	Proyecto de Grado II (M. Vías)			Item:	2
Actividad:	Hidrosiembra				
Cantidad:	1				
Unidad:	m <sup>2</sup>				
Moneda:	Bs.				
<b>1. MATERIALES</b>					
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Hidrosiembra	m <sup>2</sup>	400	42,44	16976,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>					<b>16976,00</b>
<b>2.MANO DE OBRA</b>					
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Ayudante	Hra.	0,33	10	3,3
	Especialista	Hra.	0,33	15	4,95
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>8,25</b>
Cargas Sociales = (% del subtotal de la mano de obra) ( 55% - 71.18%)				65	5,36
Impuestos IVA mano de obra = (% de Carga Social + Subtotal mano de obra)				14,94	2,03
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>15,65</b>
<b>3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>					
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
	Carro cisterna	Hra.	0,703	154,33	108,49399
Herramientas =( % del total de mano de obra)				5	0,78
<b>TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>					<b>109,28</b>
<b>4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					
				PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
Gastos generales = % de 1+2+3				10	1710,09
<b>TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					<b>1710,09</b>
<b>5. UTILIDAD</b>					
				PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
Utilidad= % de 1+2+3+4				10	1881,10
<b>COSTO TOTAL UTILIDAD</b>					<b>1881,10</b>
<b>6. IMPUESTOS</b>					
				PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
Impuestos IT= % de 1+2+3+4+5				3,09	639,39
<b>COSTO TOTAL IMPUESTOS</b>					<b>639,39</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO (1+2+3+4+5+6)</b>					<b>21331,50</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO</b>					<b>21332,00</b>

Las técnicas de mitigación de deslizamientos se dividen en dos grandes áreas: Reducción de las Fuerzas Actuantes e Incremento de las Fuerzas Resistentes. En cuanto a las primeras, puede hablarse de modificar la pendiente del talud, construir drenajes, proteger la superficie con un revestimiento o reducir el peso del talud; sin embargo, no bastaría con modificar la pendiente del talud, ya que cuando éste no sea vertical y se evite la exfoliación o caída en capas, el problema de la erosión persistirá, por lo que dicha medida deberá ir acompañada de la protección de la superficie con un revestimiento, ya sea con un geosintético, una gramínea o una capa de mortero o concreto lanzado.

Por otra parte, dentro de las técnicas que tienen como objetivo incrementar las fuerzas resistentes, la construcción de cualquier obra de retención como muros de piedra, concreto, tierra armada, unidades prefabricadas, etc., no resultan funcionales, tanto por las características propias de las mismas como por su alto costo, además de que se hace necesario contar con una cimentación adecuada para los mismos, lo que implica disponer de un mayor espacio en el pie del talud. Sumado a lo anterior, existe el riesgo de un mal diseño o construcción, lo que afectaría la funcionalidad de la carretera.

Por lo anterior, las alternativas que considero viables y funcionales como solución al problema de estabilidad de taludes en la Variante Canaletas – Entre Ríos; son la de protección del talud con Hidrosiembra debido a que el talud estudiado no cuenta con una significativa pendiente y el suelo es apto para implementar esta técnica.

## 3ra. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

PLANILLA DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>DATOS GENERALES:</b>					
<b>Proyecto:</b>	Proyecto de Grado II (M. Vías)			<b>Item:</b>	3
<b>Actividad:</b>	Concreto Lanzado				
<b>Cantidad:</b>	1				
<b>Unidad:</b>	m <sup>3</sup>				
<b>Moneda:</b>	Bs.				
<b>1. MATERIALES</b>					
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Concreto Lanzado	m <sup>3</sup>	0,16	3631,23	581,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>					<b>581,00</b>
<b>2.MANO DE OBRA</b>					
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Albañil	Hra.	0,598	49,01	29,31
2	Ayudante	Hra.	0,598	34,49	20,63
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>49,93</b>
Cargas Sociales = (% del subtotal de la mano de obra) ( 55% - 71.18%)				65	32,46
Impuestos IVA mano de obra = (% de Carga Social + Subtotal mano de obra)				14,94	12,31
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>94,70</b>
<b>3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>					
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Lanzador de Concreto CV	Hra.	0,703	154,33	108,49
Herramientas =( % del total de mano de obra)				5	4,73
<b>TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>					<b>113,23</b>
<b>4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					
				PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
Gastos generales = % de 1+2+3				10	78,89
<b>TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					<b>78,89</b>
<b>5. UTILIDAD</b>					
				PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
Utilidad= % de 1+2+3+4				10	86,78
<b>COSTO TOTAL UTILIDAD</b>					<b>86,78</b>
<b>6. IMPUESTOS</b>					
				PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
Impuestos IT= % de 1+2+3+4+5				3,09	29,50
<b>COSTO TOTAL IMPUESTOS</b>					<b>29,50</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO (1+2+3+4+5+6)</b>					<b>984,10</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO</b>					<b>985,00</b>

Las técnicas de mitigación de deslizamientos se dividen en dos grandes áreas: Reducción de las Fuerzas Actuantes e Incremento de las Fuerzas Resistentes. En cuanto a las primeras, puede hablarse de modificar la pendiente del talud, construir drenajes, proteger la superficie con un revestimiento o reducir el peso del talud; sin embargo, no bastaría con modificar la pendiente del talud, ya que cuando éste no sea vertical y se evite la exfoliación o caída en capas, el problema de la erosión persistirá, por lo que dicha medida deberá ir acompañada de la protección de la superficie con un revestimiento, ya sea con un geosintético, una gramínea o una capa de mortero o concreto lanzado.

Por otra parte, dentro de las técnicas que tienen como objetivo incrementar las fuerzas resistentes, la construcción de cualquier obra de retención como muros de piedra, concreto, tierra armada, unidades prefabricadas, etc., no resultan funcionales, tanto por las características propias de las mismas como por su alto costo, además de que se hace necesario contar con una cimentación adecuada para los mismos, lo que implica disponer de un mayor espacio en el pie del talud. Sumado a lo anterior, existe el riesgo de un mal diseño o construcción, lo que afectaría la funcionalidad de la carretera.

Por lo anterior, las alternativas que considero viables y funcionales como solución al problema de estabilidad de taludes en la Variante Canaletas Entre Ríos; son las de recubrimiento de la superficie del talud, ya sea utilizando mortero o concreto lanzado, ya que con estos métodos la mezcla queda adherida al suelo por la fuerza con que se aplica, evitando así que existan flujos de agua por el talud (nivel freático no superficial), disminuyendo la erosión del mismo.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

<b>HIDROSIEMBRA</b>	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
1.- La vegetación se establece más rápido que con las siembras manuales.	1.- El cubrimiento de la superficie del talud es parcial (60 70 % máximo).
2.- Se ahorran costos de mano de obra (en un día una o dos personas pueden hidrosebrar dos hectáreas con un equipo de 6.000 litros de capacidad.	2.- El éxito requiere acertar en las dosis de semillas y en los otros componentes.
3.- La precisión con que se proyectan los ingredientes de la hidrosiembra es elevada.	3.- El éxito depende de las condiciones climáticas (lluvias fuertes que lavan el suelo, periodos de sequía).
4.- La vegetación se establece un 20 ó 25 % que con cualquier otra alternativa mecánica o siembra manual.	4.- Requiere mantenimiento para su establecimiento.
5.- Con éste método se pueden alcanzar grandes alturas en taludes difícilmente accesibles.	5.- A medida que aumenta la pendiente, pierde eficacia la hidrosiembra, debido a que disminuye la adherencia.

**Fuente: Elaboración propia**

<b>MALLA ANCLADA</b>	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
1.- Utiliza la capacidad del suelo o roca donde se instalan como medio de soporte.	1.- La existencia de ambientes que puedan dañar los componentes del bulbo o anclaje si estos no Están protegidos adecuadamente.
2.- En áreas urbanas con construcciones aledañas es más practico debido a que ocupa menos espacio durante su instalación comparado con sistemas equivalentes (apuntalamiento de gran magnitud, taludes temporales).	2.- Los taludes anclados no son efectivos en suelos blandos, ya que pueden causar deformaciones excesivas en la masa del suelo.
3.- Mantiene la estabilidad en taludes y cortes en situaciones especiales donde se constituyen la única solución posible.	3.- La zona donde son instalados los anclajes queda limitada al desarrollo en el futuro.
4.- Su proceso constructivo se realiza de arriba para abajo, por lo que no necesita rellenos artificiales o reduce el volumen de excavación.	4.- En algunas situaciones puede llegar a afectar o interferir con estructuras vecinas o adyacentes al lugar del proyecto.
5.- No necesitan de ningún tipo de fundación para su realización.	5.- Condiciones inadecuadas para la protección con malla anclada es en suelos cohesivos blandos porque tienen con frecuencia problemas de Capacidad a largo plazo.

**Fuente: Elaboración propia**

<b>CONCRETO LANZADO</b>	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
1.- Mayor seguridad en edificaciones contiguas, esto elimina los movimientos habituales en muros de contención.	1.- En ocasiones requiere drenajes que algunas veces pueden ser difíciles de construir y es difícil de asegurar su efectividad a largo plazo.
2.- Se logra racionalizar y acortar los tiempos de construcción, ya que la excavación queda totalmente limpia.	2.- El impacto visual es muy elevado.
3.- Menores plazos para ejecución del concreto proyectado.	3.- Para mejorar su integración paisajística se puede complementar con hidrosiembras en los terrenos colindantes.
4.- Permite adaptarse a cualquier geometría del terreno.	4.- se debe garantizar la estabilidad del recubrimiento.
5.- No requiere fundaciones.	5.- Su efecto directo sobre la estabilidad generalmente es limitado.

**Fuente: Elaboración propia**

Cada alternativa de solución tiene sus ventajas y desventajas, dentro de este análisis los taludes estudiados fueron analizados de acuerdo al tipo de material, inclinación del talud, altura del talud y factores que influyen al momento de tomar una decisión para aplicar una protección.

Evaluando desde el criterio técnico y las características de los taludes, determinamos que los taludes N° 1, 2, 7 y 9 se recomienda una protección con malla anclada ya que el material que conforma estos taludes cumplen con el requerimiento de esta técnica, debido a que son materiales que se desintegran y acumulan suelo rocoso al pie del talud, y la inclinación de estos taludes permiten realizar dicha protección. Económicamente resultan favorables ya que el material que se utiliza se encuentra disponible comercialmente y la mano de obra la realiza un especialista y un ayudante.

El Talud N° 5 es el único al que se le podría aplicar la protección con Hidrosiembra debido a su inclinación que no es muy empinada, como también la altura de dicho talud. En cuanto al tipo de material que lo conforma es arenoso, por lo que la aplicación de la hidrosiembra se haría efectiva ya que el lugar es propenso a precipitación constante. Económicamente resultaría factible porque el material que compone la hidrosiembra es accesible en el mercado, las semillas tienen que ser nativas de la región y los demás

componentes pueden ser importados, un ejemplo de hidrosiembra en el departamento de Tarija se encuentra en la carretera a Bermejo dando así buenos resultados.

Y por último desde el criterio técnico la protección con concreto lanzado es adecuado para los taludes N° 3, 4, 6, 8 y 10 debido a las características de material que componen cada Talud que en general es rocoso siendo muy favorable para la implementación de esta técnica, debido a que el concreto es proyectado se aplica de forma rápida, pero en algunos casos se debería utilizar el anclaje por medio de un cálculo estructural para que sea estable, que en el caso de los taludes analizados no se necesita una protección severa ya que son materiales rocosos con meteorización moderada. Económicamente la aplicación de esta técnica es factible ya que no se requiere de mucho material y en nuestro medio existen fabricas que preparan el concreto para puesta en obra, con la utilización de un lanzador de concreto supervisado por un especialista se realizaría la técnica de manera rápida para que la carretera se encuentre bien conservada para la circulación de los usuarios.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- ❖ La ubicación del tramo de aplicación para este estudio fue la Variante Canaletas que se encuentra ubicada en la carretera que une Tarija – Entre Ríos. Se eligió este tramo porque desde su puesta en servicio tiene problemas de deslizamiento de los taludes con alto riesgo para vehículos, peatones y animales que circulan por la carretera.
- ❖ Para poder aplicar la metodología del manual de Riesgos Naturales con mayor exactitud se eligió la Variante Canaletas – Entre Ríos porque reúne las condiciones que propone el manual, al ser una zona tropical montañosa con gran humedad donde el movimiento de los taludes están expuestos a deslizamientos severos y estas condiciones se asemeja a las características que propone el manual.
- ❖ La caracterización de los materiales de cada uno de los taludes analizados nos sirvió para determinar la clasificación de los suelos con los que están compuestos los taludes y la resistencia de los mismos. Dentro de la clasificación AASHTO agrupamos los taludes de acuerdo al tipo de suelo que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 5.1** Tipos de Suelos

Suelo A - 1a (0)	Suelos A- 1b (0)	Suelos A - 2 - 4 (0)	Suelos A - 4
Talud N° 1	Talud N° 2	Talud N° 4	Talud N° 8
	Talud N° 3	Talud N° 5	Talud N° 9
	Talud N° 6	Talud N° 7	Talud N° 10

Y dentro de la clasificación Unificada SUCS el Talud N° 1 es un suelo de Grava mal graduada con limo con arena, los Taludes N° 2, 3 y 6 corresponden a suelos con Arena limosa con mal graduada con limo con grava, los Taludes N° 4, 5 y 7 compuestos por Arena limosa con grava y los Taludes N° 8, 9 y 10 Arena limosa con grava.

- ❖ Las principales causas que originan deslizamientos en la zona son las precipitaciones constantes, que originan presiones de poros e inestabilidades y posterior colapso, la pendiente de los mismos y sin lugar a duda el material componente de los taludes.

**Tabla 5.2** Altura de Precipitación

<b>ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)</b>
500 a 800 mm

**Tabla 5.3** Pendientes

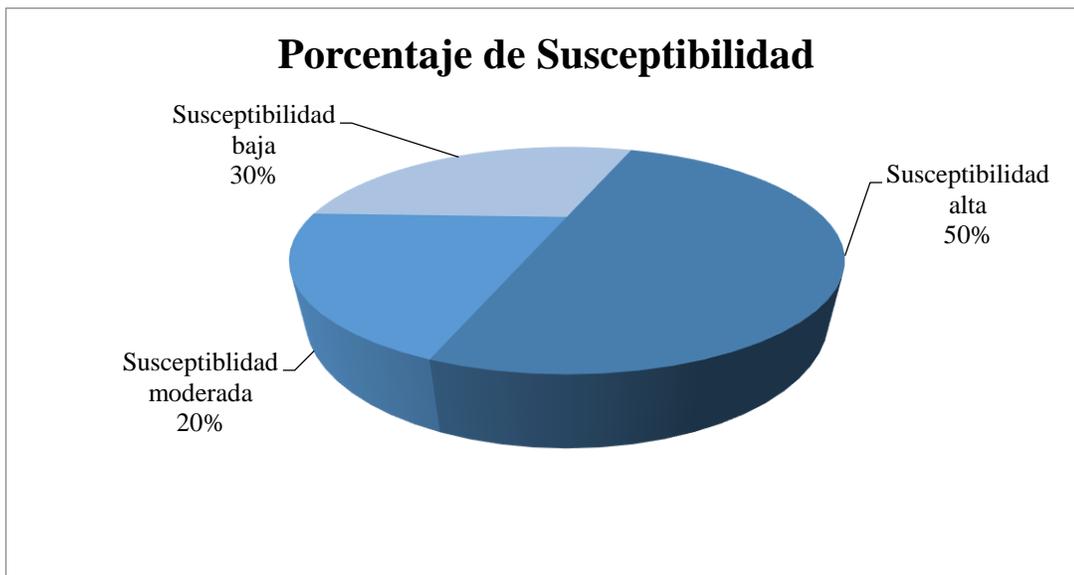
<b>PENDIENTES ( ° )</b>	
<b>Talud N° 1</b>	86 °
<b>Talud N° 2</b>	84 °
<b>Talud N° 3</b>	86 °
<b>Talud N° 4</b>	84 °
<b>Talud N° 5</b>	52 °
<b>Talud N° 6</b>	88 °
<b>Talud N° 7</b>	85 °
<b>Talud N° 8</b>	88 °
<b>Talud N° 9</b>	87 °
<b>Talud N° 10</b>	85 °

- ❖ Debido a la complejidad y sobre todo a la no disponibilidad de datos en la región, las zonas de riesgo han sido evaluadas por medio de cuatro factores importantes como lo son la susceptibilidad, la amenaza, vulnerabilidad y el riesgo por medio de tablas estipuladas por el comité de deslizamientos IUGS, se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 5.4** Resumen de Susceptibilidad y Amenaza (\*)

CUADRO RESUMEN		
TALUD N° 1	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	69
	AMENAZA ALTA	7,25
TALUD N° 2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	27
	AMENAZA ALTA	6,1
TALUD N° 3	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	71
	AMENAZA ALTA	7,25
TALUD N° 4	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	53
	AMENAZA ALTA	7,15
TALUD N° 5	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	24
	AMENAZA ALTA	6,1
TALUD N° 6	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	65
	AMENAZA ALTA	7,15
TALUD N° 7	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	21
	AMENAZA ALTA	6,35
TALUD N° 8	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	62
	AMENAZA ALTA	7,45
TALUD N° 9	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	58
	AMENAZA ALTA	7
TALUD N° 10	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	61
	AMENAZA ALTA	7

**Fig. 5.1** Porcentaje de Susceptibilidad



- ❖ Se constató que el 50% del total de los taludes de estudio presentan Susceptibilidad Alta, situación que nos refleja la posibilidad de poder cuantificar a simple vista cualquier actividad deslizante, lo cual genera gran certeza acerca de la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno.
- ❖ En cuanto a la amenaza, el 100% de los taludes estudiados presentan Amenaza Alta a deslizamiento, por lo cual, se evidencia que en su totalidad el tramo está amenazado con la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor.
- ❖ En cuanto a la vulnerabilidad ésta nos ofrece ciertos parámetros para su cuantificación, de los cuáles la vulnerabilidad de una persona en un edificio y en un área abierta son parámetros o variables no cuantificados debido a la no existencia de edificios a lo largo de la zona de estudio y de personas que circulen frecuentemente por la vía o la zona. Con respecto a la vulnerabilidad a la que está expuesta una persona en un vehículo, se observa alta probabilidad

de supervivencia debido a que se presentan casos aislados de accidentes severos que puedan afectar tanto a personas como a vehículos.

- ❖ De igual manera el riesgo en función de la población afectada representa un 0.66 %, lo cual nos refleja el bajísimo porcentaje de personas que son amenazadas por el riesgo, que es casi nulo.
- ❖ En el tramo estudiado se evidenció dos zonas de mayor Riesgo donde puede producirse deslizamientos es decir las zonas más críticas, la primera zona crítica se encuentra en las progresivas 2+900 - 8+108 y la segunda zona se encuentra ubicada entre las progresivas 18+080 – 18+800 por lo que se requiere medidas de mitigación para poder contrarrestar el fenómeno. Como también se evidenció la zona de menor riesgo donde puede producirse deslizamientos pero en grado menor de Susceptibilidad, la cual se encuentra en la progresiva 14+630 que en esta zona no se requiere mucho tratamiento pero si mantenimiento como limpieza de cunetas, alcantarillas y otros.
- ❖ La Metodología planteada en el presente estudio es aplicable a diferentes tramos, ya que la misma engloba factores geológicos, geotécnicos, topográficos y ambientales los cuáles fueron desarrollados teniendo en cuenta las diferentes condicionantes que se pudieran cumplir en el terreno, haciendo de que el desarrollo de la presente metodología se efectúe de acuerdo a situaciones particulares existentes en un determinado lugar y, a la vez teniendo en cuenta la variabilidad de situaciones que se presentan en diferentes tramos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- ❖ El trabajo realizado deja la experiencia de haber estudiado taludes de gran dimensión con pendientes muy fuertes propias de la zona del tramo Variante Canaletas – Entre Ríos que en varias ocasiones se pudo observar cómo cambia el terreno en diferentes estados del clima.



- ❖ Como se observa en la imagen a consecuencia de la precipitación y por el tipo de material se producen este tipo de movimientos de tierras en esa ladera. Lo preocupante es el daño que pueda ocurrir al momento de producirse el deslizamiento y que esté circulando algún vehículo. Para ello se plantean acciones de prevención y mitigación ante tales riesgos de acuerdo a la metodología del manual que nos brinda parámetros con sus respectivos valores en pesos, los cuales engloban ciertas variables y condicionantes.
- ❖ A su vez ahora enfatizando la metodología en cuánto al Riesgo, se pudo observar que también ciertos parámetros o variables no se los considera en el análisis, concretamente debido a la inexistencia de propiedades (Casas, Edificios, Estructuras especiales y áreas diversas) que pudieran ser afectadas, a su vez la población afectada o amenazada es mínima debido a la baja densidad

demográfica que fluctúa entre 0 a 5 hab/km<sup>2</sup>, por lo que se considera solamente a las personas en automóviles.

- ❖ Desde el punto de vista técnico como medidas preventivas y/o correctivas en taludes críticos se pretende realizar la estabilización de taludes por medio de Concreto Lanzado y en taludes de menor riesgo realizar protección con Hidrosiembra.



- ❖ Como se pudo observar en los diferentes análisis de taludes éstos requieren suficientes espacios desde el pie del talud a la calzada para poder implementar alguna protección, por ello el método del Concreto Lanzado es favorable ya que no requiere mucho espacio y se puede colocar a grandes alturas con fuertes pendientes como es el caso, además que su costo no es muy elevado.

- ❖ La Hidrosiembra representa un tratamiento ambientalmente muy favorable y por sus características, se puede obtener buenos resultados, pudiendo ser una buena opción para fijar vegetación en los taludes estudiados.
  
- ❖ La elección de la restauración por medio de una cubierta vegetal no sólo nos permitiría controlar la erosión en su conjunto sino también brindar mayor estabilidad al talud, por medio del entramado mecánico de sus raíces y la respectiva reducción de presión de poros.