

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**“EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR  
LADERAS INESTABLES EN EL TRAMO DE CARRETERA CAJAMARCA –  
GAVILÁN, 2018”**

**TESIS PROFESIONAL**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Presentado por el Bachiller:**

**MICK KENDALL TIRADO SILVA**

**ASESOR:**

**Ing. MARCO WILDER HOYOS SAUCEDO**

**CAJAMARCA – PERU**

**2020**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por fortalecer mi corazón en momentos de debilidad, ya que este trabajo de investigación es una gran bendición, y no cesan mis ganas de decir que gracias a ti esta meta está cumplida.

Al ingeniero Marco Wilder Hoyos Saucedo por acompañarme durante todo este tiempo, brindándome una gran cantidad de conocimientos y guiándome para estructurar y culminar este proyecto de investigación de la manera correcta.

A todos los que fueron mis docentes en mi época universitaria, por su noble y loable trabajo como docentes, donde me impartieron bastante conocimiento relevante y que de algún modo contribuyó para la realización de este proyecto de investigación.

A mi Alma Máter que fue la que me cobijó y me amamantó del conocimiento durante toda mi vida universitaria.

A mi familia que me apoyo y me animó a terminar este proyecto.

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo:

A Dios:

Por haberme permitido llegar hasta este punto, sostenerme y darme la fuerza para poder cumplir cada proyecto que tengo en mente, por cuidar de mi familia aún en los tiempos más difíciles, por su gran bondad y cariño.

A mis hijos Junior y Salvador:

Porque son el mejor regalo que haya podido recibir de Dios, son mi mayor tesoro y mi principal fuente de inspiración, por esto mismo les agradezco por cada momento de felicidad y este trabajo está dedicado a ustedes.

A mis padres Brenilda y José:

Por apoyarme, aconsejarme y ayudarme a lograr todos mis objetivos.

A mi esposa Lessa:

Por su apoyo incondicional y su constante motivación, por cada muestra de amor y cariño que siempre me brinda.

Mick Kendall Tirado Silva

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>III</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>X</b>
<b>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.2.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.3.    HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.4.    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.5.    ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.6.    OBJETIVOS.....	13
1.6.1.    Objetivo General.....	13
1.6.2.    Objetivos Específicos.....	13
1.7.    CONTENIDO DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
<b>CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
2.1.    ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.1.1.    Antecedentes internacionales.....	15
2.1.2.    Antecedentes Nacionales.....	16
2.1.3.    Antecedentes Locales.....	16
2.2.    BASES TEÓRICAS.....	17
2.2.1.    Peligro (P).....	17
2.2.2.    Vulnerabilidad (V).....	21
2.2.3.    Riesgo (R).....	24
2.2.4.    Movimientos en masa.....	25
2.2.5.    Proceso de análisis jerárquico (AHP).....	40
2.3.    DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	40
<b>CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>43</b>
3.1.    UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	43
3.2.    ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.3.    METODOLOGÍA.....	43
3.3.1.    Población.....	43
3.3.2.    Muestra.....	43
3.3.3.    Diseño de Investigación.....	43
3.4.    PROCEDIMIENTO.....	44
3.4.1.    Recolección de Datos.....	44
3.4.2.    Proceso de Análisis Jerárquico (AHP).....	45

3.4.3.	Metodología de evaluación del peligro .....	49
3.4.4.	Evaluación del peligro .....	54
3.4.5.	Metodología de evaluación de la vulnerabilidad .....	55
3.4.6.	Evaluación de la Vulnerabilidad.....	60
3.4.7.	Metodología de evaluación del riesgo.....	61
3.4.8.	Evaluación del riesgo.....	61
<b>CAPITULO 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>		<b>62</b>
4.1.	PELIGRO .....	62
4.2.	VULNERABILIDAD.....	63
4.3.	RIESGO.....	64
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS CONTRASTADOS CON LA HIPÓTESIS .....	64
4.5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS CONTRASTADOS CON ANTECEDENTES TEÓRICOS .....	65
<b>CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>67</b>
5.1.	CONCLUSIONES.....	67
5.2.	RECOMENDACIONES .....	68
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>		<b>69</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>72</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Cajamarca .....	20
<b>Tabla 2.-</b> Tipos de Vulnerabilidad ante Movimientos en masa en Laderas .....	23
<b>Tabla 3.-</b> Clasificación de los movimientos en masa .....	26
<b>Tabla 4.-</b> Escala de Velocidades .....	27
<b>Tabla 5.-</b> Clasificación de los deslizamientos .....	30
<b>Tabla 6.-</b> Rasgos característicos que indican la posibilidad de un derrumbe .....	31
<b>Tabla 7.-</b> Rasgos característicos que indican la posibilidad de flujos de detritos .....	31
<b>Tabla 8.-</b> Rasgos característicos que indican la posibilidad de flujos de detritos .....	32
<b>Tabla 9.-</b> Clasificación de los deslizamientos .....	32
<b>Tabla 10.-</b> Ángulos de fricción para su utilización en anteproyectos (Hough, 1957) .....	39
<b>Tabla 11.-</b> Coordenadas Geográficas del Área de Estudio.....	43
<b>Tabla 12.-</b> Escala de Saaty .....	46
<b>Tabla 13.-</b> Índice de consistencia aleatorio .....	49
<b>Tabla 14.-</b> Formaciones existentes en el área de estudio .....	53
<b>Tabla 15.-</b> Clasificación del suelo – Sistema SUCS y AASHTO .....	53
<b>Tabla 16.-</b> Nivel de peligro en la zona de estudio .....	54
<b>Tabla 17.-</b> Parámetro N°01 de la exposición física y sus descriptores (CENEPRED, 2014).....	57
<b>Tabla 18.-</b> Parámetro N°01 de la fragilidad física y sus descriptores (CENEPRED, 2014).....	58
<b>Tabla 19.-</b> Parámetro N°02 de la fragilidad física y sus descriptores (CENEPRED, 2014).....	58
<b>Tabla 20.-</b> Parámetro N°03 de la fragilidad física y sus descriptores (CENEPRED, 2014).....	59
<b>Tabla 21.-</b> Parámetro N°01 de la resiliencia física y sus descriptores (CENEPRED, 2014).....	60
<b>Tabla 22.-</b> Nivel de vulnerabilidad en la zona de estudio .....	61
<b>Tabla 23.-</b> Nivel de riesgo en la zona de estudio .....	61
<b>Tabla 24.-</b> Precipitaciones Medias Mensuales La Victoria (1996 - 2010).....	72
<b>Tabla 25.-</b> Precipitaciones Medias Mensuales Augusto Weberbauer (1978 – 2010).....	73
<b>Tabla 26.-</b> Precipitaciones Medias Mensuales San Juan (1978 - 2010).....	74
<b>Tabla 27.-</b> Matriz de comparación de pares .....	76
<b>Tabla 28.-</b> Vector de priorización .....	76
<b>Tabla 29.-</b> Relación de consistencia.....	76
<b>Tabla 30.-</b> Factores condicionantes – Método de AHP.....	77
<b>Tabla 31.-</b> Cobertura vegetal– Método de AHP.....	77
<b>Tabla 32.-</b> Pendiente – Método de AHP .....	77
<b>Tabla 33.-</b> Suelos– Método de AHP .....	78
<b>Tabla 34.-</b> Geología – Método de AHP .....	78
<b>Tabla 35.-</b> Precipitación fluvial – Método de AHP.....	78
<b>Tabla 36.-</b> Cálculo del valor del factor condicionante .....	79
<b>Tabla 37.-</b> Cálculo del valor de la susceptibilidad .....	79

<b>Tabla 38.-</b> Cálculo del peligro.....	79
<b>Tabla 39.-</b> Nivel del peligro .....	79
<b>Tabla 40.-</b> Matriz de peligro .....	80
<b>Tabla 41.-</b> Ponderación de factores de la vulnerabilidad .....	81
<b>Tabla 42.-</b> Ponderación de parámetros de la fragilidad física .....	81
<b>Tabla 43.-</b> Exposición física.....	81
<b>Tabla 44.-</b> Valor de la exposición física.....	81
<b>Tabla 45.-</b> Fragilidad física .....	82
<b>Tabla 46.-</b> Valor de la exposición física.....	82
<b>Tabla 47.-</b> Resiliencia física.....	83
<b>Tabla 48.-</b> Valor de la resiliencia física .....	83
<b>Tabla 49.-</b> Calculo de la vulnerabilidad .....	83
<b>Tabla 50.-</b> Nivel de la vulnerabilidad.....	84
<b>Tabla 51.-</b> Matriz de vulnerabilidad.....	84
<b>Tabla 52.-</b> Calculo del riesgo .....	85
<b>Tabla 53.-</b> Nivel del riesgo.....	85
<b>Tabla 54.-</b> Matriz de riesgo.....	86

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Clasificación de Peligros (CENEPRED, 2014).....	18
<b>Figura 2.-</b> Peligros generados por fenómenos de origen natural (CENEPRED, 2014).....	19
<b>Figura 3.-</b> Factores de la Vulnerabilidad (CENEPRED, 2014).....	22
<b>Figura 4.-</b> Proceso de Movimiento en masa (CENEPRED, 2014).....	25
<b>Figura 5.-</b> Etapas de erosión del suelo (CENEPRED, 2014) .....	26
<b>Figura 6.-</b> Nomenclatura de Taludes y Laderas (Suárez Díaz, 2013).....	33
<b>Figura 7.-</b> Partes generales de un talud o ladera (Suárez Díaz, 2013) .....	34
<b>Figura 8.-</b> Esquema de deslizamiento en suelo blando (Suárez Díaz, 2013) .....	35
<b>Figura 9.-</b> Deslizamiento Rotacional y Traslacional (Skinner & Porter, 1992).....	35
<b>Figura 10.-</b> Partes de un Deslizamiento (Suárez Díaz, 2013) .....	37
<b>Figura 11.-</b> Dimensiones de los movimientos en masa (Suárez Díaz, 2013).....	38
<b>Figura 12.-</b> Angulo de desplazamiento (Suárez Díaz, 2013) .....	39
<b>Figura 13.-</b> Proceso de Análisis Jerárquico (CENEPRED, 2014).....	45
<b>Figura 14.-</b> Factores condicionantes y factor desencadenante, con sus respectivos descriptores .....	51
<b>Figura 15.-</b> Factores de la vulnerabilidad física .....	56
<b>Figura 16.-</b> Nivel de peligro en la zona de estudio.....	62
<b>Figura 17.-</b> Nivel de vulnerabilidad en la zona de estudio .....	63
<b>Figura 18.-</b> Nivel de riesgo en la zona de estudio .....	64
<b>Figura 19.-</b> Precipitación mensual (Comparación Anual) - Estación Augusto Weberbauer.....	75
<b>Figura 20.-</b> Precipitación mensual (Comparación Anual) - Estación La Victoria.....	75
<b>Figura 21.-</b> Precipitación mensual (Comparación Anual) - Estación San Juan .....	75

## **RESUMEN**

La investigación se ha realizado con el objetivo de evaluar el riesgo asociado a la vulnerabilidad física por laderas inestables en el tramo de carretera Cajamarca – Gavilán, para lo cual se identificaron los factores condicionantes: pendiente, cobertura vegetal, geología a través de inventarios e información espacial extraída de las entidades técnico científicas y el suelo por medio de la extracción de 5 muestras, así mismo también se identificó el factor desencadenante: la precipitación, ambos factores permiten obtener la susceptibilidad, la cual multiplicada con la frecuencia nos resulta el peligro. Del mismo modo se realizó una encuesta a los moradores de 100 viviendas contiguas al tramo de estudio con el fin de caracterizar la vulnerabilidad; la intersección de ambas posibilidades mediante el software ArcGIS 10.3 nos presenta los 5 niveles de riesgo. Los resultados de la investigación indican que la posibilidad de que se genere un deslizamiento en el tramo de estudio, el cual amenace a los moradores y atente contra sus medios de vida es muy alto (76%), concluyendo que la alta posibilidad de riesgo se debe principalmente a que existe mayor vulnerabilidad, es decir los moradores del área de estudio construyen sus viviendas con materiales de mala calidad y con deficiencias estructurales.

**Palabras Claves: Evaluación, Inestabilidad, Ladera, Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo**

## **ABSTRACT**

The research has been carried out with the objective of evaluating the risk associated with physical vulnerability due to unstable slopes in the Cajamarca - Gavilán road section, for which the conditioning factors were identified: slope, vegetation cover, geology through inventories and information space extracted from the technical scientific entities and the soil by means of the extraction of 5 samples, likewise the triggering factor was also identified: precipitation, both factors allow obtaining the susceptibility, which multiplied with the frequency is the danger. In the same way, a survey was carried out among the inhabitants of 100 houses adjacent to the study section in order to characterize vulnerability; the intersection of both possibilities using the ArcGIS 10.3 software presents us with the 5 levels of risk. The results of the investigation indicate that the possibility of a landslide being generated in the study section, which threatens the inhabitants and threatens their livelihoods, is very high (76%), concluding that the high possibility of risk is It is mainly due to the fact that there is greater vulnerability, that is, the inhabitants of the study area build their homes with poor quality materials and with structural deficiencies.

**Keywords: Assessment, Instability, Slope, Danger, Vulnerability, Risk**

## **CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del Problema**

En la última década, en el Perú se vienen produciendo una serie de fenómenos naturales que causan daños sociales, ambientales y económicos. (Chang Chang & Alva Hurtado, 1991) afirman que la mayor incidencia del fenómeno de deslizamientos está en la sierra y selva alta, por las condiciones existentes de topografía, geología y clima así mismo indican que suceden frecuentemente desde el mes de diciembre hasta abril con algunas excepciones en los meses centrales del año.

En la región de Cajamarca, entre los distritos de Cajamarca y San Juan, específicamente en la carretera Cajamarca - Gavilán entre el Km 160 + 00 al Km 170 + 00, se puede observar constantemente restos de roca y suelo en la capa de rodadura de la carretera producto de las caídas por las fuertes pendientes, la mala conservación de taludes, la deforestación, las vibraciones producidas por vehículos pesados y la composición de estas laderas, en su mayoría son materiales de grano fino a medio y poco cohesivos.

Cada vez el perjuicio aumenta debido a construcciones en zonas geográficas inseguras y deficientes planes de desarrollo urbano por parte de las municipalidades. Estos factores sumados a las precipitaciones muy intensas pueden activar deslizamientos en el tramo de carretera Cajamarca – Gavilán comprendido entre el Km 160 +000 al Km 170 + 000; como se dijo líneas arriba las consecuencias serían muy nefastas.

Según (Zavala C. & Barrantes, 2007) la región Cajamarca presenta un bajo registro de ocurrencia de hechos catastróficos en la época reciente y que la mayor cantidad de movimientos en masa acontecidos en la región se agrupan a eventos hidroclimáticos.

Los deslizamientos de tierra suelen ser eventos geológicos calamitosos que afectan a los humanos, provocando muerte y perjuicio en las propiedades, por un estimado de cantidades significativas de dólares cada año. Según (Oliva Gonzáles & González Olhmeir, 2015) la inestabilidad del terreno en laderas, genera cada año a lo largo del mundo movimientos de masas de roca y suelo que ocasionan pérdidas materiales considerables y perjuicios a las infraestructuras y el medioambiente, provocando disposiciones de emergencia cuya administración y prevención por parte de las autoridades se hacen sumamente arduo.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el nivel de riesgo asociado a la vulnerabilidad física por laderas inestables en el tramo de carretera Cajamarca – Gavilán entre el Km 160 + 00 al Km 170 + 00?

## **1.3. Hipótesis de investigación**

- El nivel de riesgo asociado a la vulnerabilidad física en el tramo del Km 160 al Km 170 de la carretera Cajamarca – Gavilán (PE – 08) es muy alto.

## **1.4. Justificación de la investigación**

A partir de la expedición de la ley de gestión del riesgo de desastres (ley 29664), los municipios del país deben realizar estudios de riesgos naturales como parte esencial de las políticas de planificación del desarrollo seguro y gestión ambiental territorial sostenible.

Conocer el nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo de la zona de estudio permitirá, en cierto grado a la municipalidad, elaborar un plan de desarrollo sostenible, además contribuye como instrumento para decidir la ejecución de proyectos posteriores de manera que le permita asegurar la calidad, seguridad y la vida útil.

Así mismo el trabajo de investigación servirá como punto de partida para estudios más particulares y concientice a los grupos institucionales a realizar aplicaciones metodológicas de reducción de riesgo de desastres en el ámbito de las inversiones públicas.

## **1.5. Alcances de la investigación**

Nuestro estudio se basa en:

Los desastres suscitados por amenazas de origen natural reflejan un enfoque integral de la gestión del riesgo de desastres que pronostican múltiples amenazas y la posible relación entre ellos que puede tener importantes consecuencias en los sistemas culturales, ambientales, económicos y sociales, como se subraya en el marco de Yokohama. (INDECI, 2011)

Actualmente la investigación pretende evaluar el riesgo asociado a la vulnerabilidad física por laderas inestables en los Km 160+00 al Km 170+00, tramo de la carretera Cajamarca –Gavilán, la cual es clasificada por su demanda como carretera de segunda clase.

Los usuarios beneficiados con la presente investigación serán: los formuladores de expedientes de carreteras en el tramo Cajamarca - Gavilán, la municipalidad de Cajamarca, el gobierno regional de Cajamarca, el ministerio de Transportes y Comunicaciones, además de las entidades técnico científicas.

Por consiguiente, el fin de la investigación es ampliar el conocimiento para que puedan entender el riesgo al que está expuesto el tramo de carretera Cajamarca – Gavilán comprendido entre el Km 160+00 al Km 170+00 y de este modo tomar medidas de prevención a fin de mitigar los impactos negativos que puedan ocasionar estos fenómenos de darse el caso.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

- Evaluar el riesgo asociado a la vulnerabilidad física por laderas inestables en el tramo Cajamarca – Gavilán.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Identificar los parámetros para evaluar correctamente el deslizamiento.
- Determinar el nivel de susceptibilidad, la vulnerabilidad y el riesgo ante el peligro de deslizamiento.
- Elaborar los mapas de nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo.
- Proponer alternativas de prevención.

## **1.7. Contenido de la investigación**

El trabajo de investigación está dividido en cinco capítulos los cuales serán descritos muy brevemente a continuación:

**El primer capítulo “INTRODUCCIÓN”** comprende información sobre el contexto, el planteamiento del problema, hipótesis, la justificación o importancia de la investigación, así como sus alcances y objetivos de la investigación.

**El segundo capítulo “MARCO TEÓRICO”** comprende los antecedentes teóricos, bases teóricas y definición de términos básicos del trabajo de investigación.

**El tercer capítulo “MATERIALES Y MÉTODOS”** comprende la ubicación geográfica donde se realizó la investigación, el tiempo en el cual se enmarca, los procesos y métodos utilizados, el tratamiento, análisis de los datos y los resultados del trabajo de investigación.

**El cuarto capítulo “ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS”** comprende la explicación, discusión e interpretación de los resultados obtenidos.

**El quinto capítulo “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”** abarca las conclusiones de la investigación para cada objetivo propuesto; y las recomendaciones que sugieren la ampliación de los conocimientos sobre el problema de investigación.

## CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

**Hernández y Ramírez (2016)** en su tesis magistral: “Risk Assessment of physical vulnerability due to hillside and unstable slopes in the Cay creek watershed, Ibagué, Colombia” tuvo como conclusión más importante que: la geología, la pendiente, la acción antrópica, el uso del suelo y la precipitación son factores preponderantes que suscitan inestabilidad en laderas y, por tanto, potenciales causas de peligro, vulnerabilidad física y riesgos asociados.

**Delgado et al. (2006)** en su tesis magistral: “Evaluación de la susceptibilidad de las laderas a sufrir inestabilidades inducidas por terremotos: aplicación a la cuenca de drenaje del río Serpis, provincia de Alicante, Colombia”; tuvo como conclusión final que: la indagación de la disposición espacial de los lugares de mayor susceptibilidad y su conexión con las vías de comunicación y usos del suelo, ha puesto de manifiesto que hay puntos donde concurren ambos elementos. Ello hace que el riesgo sea evaluado en ese sector en una escala más detallada.

**Bonachea (2006)** en su tesis magistral: “Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos, España” llegó a la conclusión de que: el mejoramiento en los procedimientos estadísticos usados para la elaboración de modelos de susceptibilidad de deslizamientos, ha permitido obtener modelos con mejor capacidad de predicción frente a aquellos modelos de susceptibilidad propuestos por anteriores autores. Como producto de los nuevos modelos obtenidos durante este trabajo, la capacidad de predicción ha incrementado en un 5% respecto a los resultados obtenidos por Remondo (2001). Parte de esa mejora es atribuible al uso de técnicas estadísticas que permiten tratar las variables no categóricas de forma continua (sin ser discretizadas) y al uso de variables más precisas. La combinación de variables que ha demostrado una mayor capacidad de predicción es: litología, usos del suelo, altitud, pendiente y orientación. El uso de variables geométricas derivadas de los Modelos Digitales de Elevaciones (MDEs) de alta resolución, aumenta la capacidad de predicción de los modelos de susceptibilidad.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

**Rodríguez (2011)** en su tesis de grado: “Gestión de riesgos de desastres. Aplicación a la carretera Cañete – Chupaca: Tramo Km 114 + 000 al Km 129 + 000. Determinación de Peligros” llega a la conclusión que: los peligros más significativos que afectan la carretera son los derrumbes o deslizamientos, inundación y los sismos. Producto de ello y de la vulnerabilidad existente presenta riesgo en un nivel alto. Por lo tanto, se debe tomar medidas de prevención y mitigación para evitar que la carretera se deteriore severamente y quedar fuera de servicio.

**Castro (2014)** en su tesis de grado: “Evaluación del riesgo de desastres por peligros naturales y antrópicos del área urbana del distrito de punta Hermosa” llega a la conclusión de que: el nivel de riesgo muy alto considera viviendas con una probabilidad muy alta de sufrir daño estructural severo y/o posible colapso de la edificación, estas viviendas no podrían ser habitadas. Por el contrario, después de una inspección estructural por un profesional o por INDECI podría requerir ser demolida.

**Alcántara (2017)** en su tesis de grado: “Evaluación de riesgos geológicos de la zona urbana, Distrito de Ollachea – Carabaya” llega a la siguiente conclusión, que: los peligros se localizan principalmente en los declives de los cerros, tanto en las zonas de pendientes bajas como en las de pendientes medias, donde las condiciones litológicas han sido afectadas por procesos geológicos como la meteorización física y en algunos casos por acción antrópica. De acuerdo a lo identificado en las Quebradas en la periferia urbana del distrito de Ollachea, es posible inferir que los movimientos en masa de gran magnitud (huaycos) ocurrieron de una manera excepcional, no registrada en gran magnitud en los últimos 10 años, sin embargo, debemos considerar que estos procesos son cíclicos.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

**Alcántara (2016)** en su tesis de grado: “Evaluación geotécnica del deslizamiento el naranjo en Cajamarca” llegó a la conclusión que: las zonas contiguas al deslizamiento muestran propiedades geotécnicas similares; desencadenando así nuevos movimientos en masa en el lugar; asimismo, todo el trayecto del Abra el Gavilán a Magdalena ya muestra señales de inestabilidad (grietas de tracción, fracturamiento, inclinación de árboles).

**Montoya (2014)** en su tesis de grado: “Evaluación geotécnica de los taludes de carretera cruz blanca – el gavilán” llega a la conclusión que: el comportamiento litomorfoestructural de la carretera Cruz Blanca – El Gavilán, es intrincado por la presencia de estructuras muy alteradas, que originan fracturamientos, plegamientos y fallas en los macizos rocosos.

**Toro (2014)** en su tesis de grado: “Evaluación de la inestabilidad de taludes en las carreteras las pirias – cruce Lambayeque” llegó a la conclusión que; los factores que afectan la inestabilidad de taludes son: el ángulo de fricción ( $\Phi$ ), la cohesión ( $c$ ), peso específico ( $\gamma$ ) y los parámetros hidrogeológicos, así como la pendiente del talud (grado de inclinación).

## **2.2. Bases Teóricas**

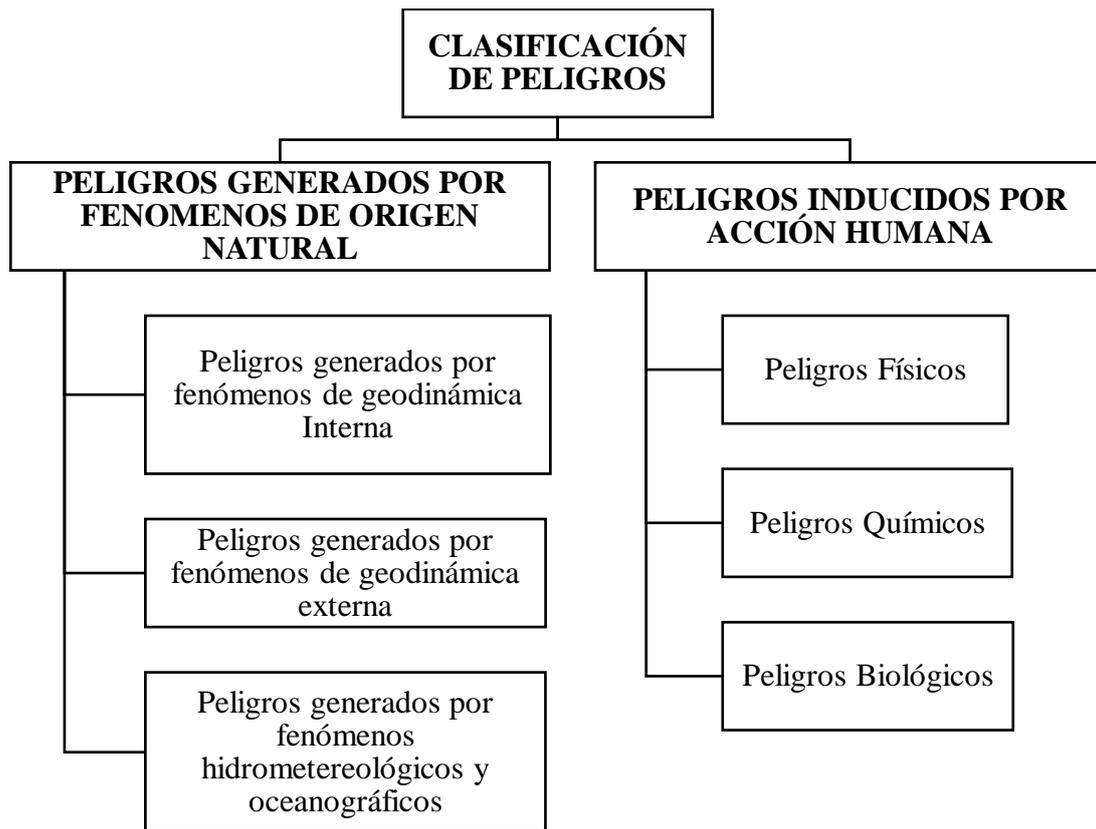
### **2.2.1. Peligro (P)**

El peligro es la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno de origen natural u antrópico de modo accidental, sumamente dañino, de una intensidad dada, dentro de un periodo de tiempo definido, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente (INDECI, 2011).

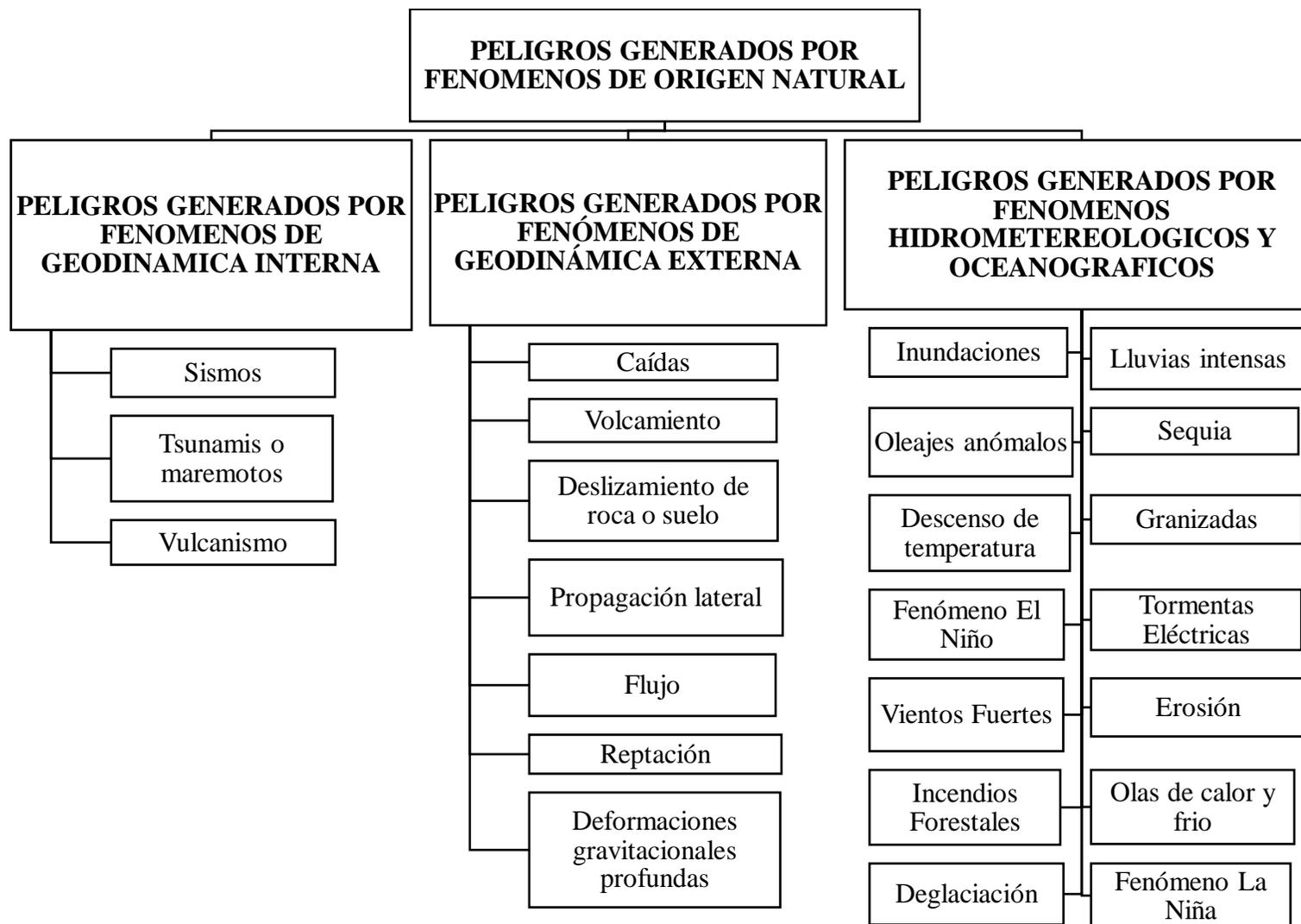
La evaluación consiste en realizar un análisis del impacto potencial que podrían causar fenómenos endógenos como los sismos y sus consecuencias: deslizamientos, tsunamis, licuación del suelo (geodinámica interna) y los procesos exógenos como acción eólica, erosión, precipitaciones pluviales y sus consecuencias (geodinámicas externas), determinando en forma gráfica, en cada caso los sectores rurales que podrían ser afectados por los peligros identificados. (INDECI, 2011)

#### **2.2.1.1. Clasificación del peligro**

El peligro se clasifica en dos clases: en peligros generados por fenómenos de origen natural y peligros inducidos por acción humana. (CENEPRED, 2014)



**Figura 1.-** Clasificación de Peligros (CENEPRED, 2014)



**Figura 2.-** Peligros generados por fenómenos de origen natural (CENEPRED, 2014)

### 2.2.1.2. Desastres frecuentes en la provincia de Cajamarca

Entre los fenómenos naturales que causan los desastres más comunes en la provincia de Cajamarca, tenemos los que se muestran en el cuadro siguiente:

**Tabla 1.- Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Cajamarca**

Área o Sector	Peligros Actuales o Futuros
<b>Carretera entre San Juan y Cajamarca, sectores: Choten, Quebradas Choten y Huyllario (San Juan)</b>	Tramo de 200m con problemas de desplome del talud superior de carretera.
	Deslizamiento en la margen izquierda de la quebrada Huyllario, genera asentamiento en un trecho de 150m de carretera, los asentamientos son periódicos generando el agrietamiento del asfalto.
	Deslizamiento en la margen izquierda de la quebrada Choten ocasiona el asentamiento de la carretera asfaltada.
<b>Pueblo Nuevo – San Juan (San Juan)</b>	Deslizamiento antiguo reactivado en la localidad de Pueblo Nuevo. Asentamiento en el terreno y plataforma de carretera, agrietamientos en viviendas y colegio primario, formación de cárcava con avance retrogresivo debajo de poblado.
<b>Carretera a Cajamarca Km. 104+000 al Km. 107+700 (Magdalena)</b>	Erosión en cárcavas por donde discurren huaycos de manera periódica, afectando un tramo de unos 1300m por sectores, acumulación de material removido en forma de conos. Erosión fluvial en la margen derecha del río Magdalena, puede afectar talud inferior de la carretera en un tramo de 6 Km.
<b>Quebrada Las Viñas (Magdalena)</b>	Quebrada susceptible a huaycos, de manera excepcional; erosión del estribo derecho de puente sobre la carretera, bloques de roca de hasta 3m de diámetro en el cauce, derrumbes en la margen derecha de la quebrada aportan material suelto, intensa erosión en cárcavas. Deslizamiento rotacional activo de avance retrogresivo en la Viña alta que ha causado el asentamiento de terrenos de cultivo, puede generar huayco de gran magnitud.

Continua...

<b>Km. 110 + 500 (Magdalena)</b> <b>Carretera a Cajamarca</b>	Erosión de laderas en forma de cárcavas por las cuales pueden discurrir huaycos de manera ocasional a excepcional. Desplome del talud superior de carretera, asentamientos de la plataforma, disminución de asfalto.
<b>Km. 115 + 000 al 118+000</b> <b>carretera a Cajamarca (Magdalena)</b>	Derrumbes en talud superior de carretera, pérdida de plataforma, asentamientos y agrietamientos, caída de material suelto desde el talud superior. Erosión en cárcavas por donde discurren huaycos de manera ocasional.
<b>Km. 119+900 al 120+500 de la carretera a Cajamarca y el sector: el Mirme (Magdalena)</b>	Erosión de laderas intensa que genera huaycos de manera periódica a ocasional, derrumbes hacia la cara libre de las cárcavas. En el sector el Mirme, se observan derrumbes hacia ambos márgenes de la quebrada; el 2003 huayco daño parte de los gaviones colocados en ambos márgenes de la quebrada.
<b>Entre el sector El Tingo, (Km. 128+500) y la progresiva 130+100 al 130+600 de la carretera hacia Cajamarca (Magdalena)</b>	Deslizamiento antiguo reactivado en el cuerpo, produce asentamientos de terrenos, plataforma de carretera, agrietamientos en el asfalto.
	Deslizamientos y derrumbes en talud superior, produce la caída de material hacia la plataforma.
<b>Km. 133+100</b> <b>carretera a Cajamarca (Magdalena)</b>	Derrumbes y deslizamientos activos y antiguos reactivados, asentamientos de terreno, escarpas en la ladera superior, acumulación de material suelto a manera de conos en la carretera que proviene de los derrumbes.
<b>Km. 137+500 de la carretera a Cajamarca</b>	Deslizamiento antiguo reactivado por encima del talud superior de carretera, asentamientos en la plataforma de carretera, caída de material suelto.

(Zavala C. & Barrantes, 2007)

### 2.2.2. Vulnerabilidad (V)

Es el nivel de decaimiento de un elemento frente al suceso de un peligro natural de cierta magnitud dada. Es la facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político institucional, entre otros), puede sufrir daños materiales y humanos.

Se expresa en términos de posibilidad, en porcentaje de 0 a 100%. La vulnerabilidad, es entonces una condición previa que se muestra durante el desastre, cuando no se ha invertido lo suficiente en medidas de prevención, mitigación y se admite un alto nivel de riesgo. (INDECI, 2011)

### 2.2.2.1. Factores de la Vulnerabilidad

Para analizar correctamente la vulnerabilidad, se debe considerar los tres factores: Exposición, Fragilidad y Resiliencia, los cuales se muestran en el siguiente gráfico. (CENEPRED, 2014)



**Figura 3.-** Factores de la Vulnerabilidad (CENEPRED, 2014)

#### a) Exposición

La exposición está relacionada con las decisiones que ubican al ser humano y su medio de vida en zonas de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se debe a procesos no planificados de crecimiento demográfico, procesos migratorios desordenados, procesos de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. Se entiende que, a mayor exposición, mayor vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014)

#### b) Fragilidad

La fragilidad, está relacionada a las condiciones de debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está enfocada en las condiciones físicas de una comunidad y es endógena, por ejemplo: no aplicar las normativas vigentes de construcción, uso de materiales de mala calidad, procesos constructivos, entre otros. Se entiende que, a mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014)

### c) Resiliencia

La Resiliencia, está asociada al nivel de capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está referida a condiciones sociales y de organización de la población. Se entiende que, a mayor resiliencia, menor vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014)

#### 2.2.2.2. Tipos de Vulnerabilidad (V)

El instituto nacional de defensa civil (INDECI) propone los siguientes tipos de vulnerabilidad como se muestra en el siguiente cuadro.

**Tabla 2.-** Tipos de Vulnerabilidad de Movimientos en masa en Laderas

<b>Tipos de Vulnerabilidad</b>	<b>VARIABLES</b>
<b>Vulnerabilidad Física</b>	Localización de viviendas
	Material de construcción usados en viviendas
	Características geológicas, calidad y tipo de suelo
	Cumplimiento de normativas técnicas vigentes de procedimientos constructivos
<b>Vulnerabilidad Ambiental Ecológica</b>	Explotación de los recursos naturales
<b>Vulnerabilidad Económica</b>	Fuentes emisoras de sustancias peligrosas
	Actividad económica
	Grado de escasez (competividad, servicios e ingresos)
<b>Vulnerabilidad Social</b>	Nivel de organización
	Grado y tipo de relación entre las instituciones y organizaciones locales
<b>Vulnerabilidad Educativa</b>	Existencia de Capacitación en colegios en temas referidos a defensa civil
	Existencia de capacitación de la población civil en temas referidos a defensa civil
	Campañas de difusión (TV, radio y prensa)
<b>Vulnerabilidad Política Institucional</b>	Político y legal
	Organización y capacidad institucional
<b>Vulnerabilidad Cultural e Ideológica</b>	Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros
	Percepción del riesgo
	Carácter frente al riesgo

Continúa...

<b>Vulnerabilidad Científica y Tecnológica</b>	Información y soporte técnico
	Conocimiento y cumplimiento de recomendaciones

(INDECI, 2011)

### a) **Vulnerabilidad Física**

Referida a la calidad del material y tipo de construcción de las viviendas, establecimientos económicos y de servicios (educación, salud, instituciones públicas), e infraestructuras socioeconómicas (puentes, carreteras y canales de riego), para asimilar los efectos del peligro. Otro aspecto a considerarse, es la calidad del suelo y el lugar donde se asienta el centro poblado, cerca de fallas geológicas, ladera de los cerros, riberas del río, faja marginal, laderas de una cuenca hidrográfica, situación que incrementa significativamente su vulnerabilidad. (INDECI, 2011)

En deslizamientos, la vulnerabilidad física se expresa en la ubicación de los centros poblados en zonas expuestas al peligro en cuestión. Las personas que construyen sus viviendas en zonas inseguras, lo han hecho por precisar de opciones y, por tanto, al haber sido empujados a tal decisión por las circunstancias sociales y económicas, difícilmente se podrían alejar de estos riesgos. Para el análisis, es necesario elaborar un cuadro que contenga las principales variables e indicadores, según los materiales de construcción usados en las viviendas y establecimientos, así como en las obras viales de riesgos existentes, su localización, características geológicas donde están asentadas y la normatividad técnica existente. (INDECI, 2011)

### **2.2.3. Riesgo (R)**

Es la posibilidad de daños ambientales, sociales y económicos por un evento natural, en un lugar y durante un tiempo de exposición determinado. El nivel de riesgo comprende una evaluación de los peligros naturales y de la vulnerabilidad para estimar las posibles pérdidas o daños en términos de costos. (Servicio Geológico Colombiano, 2016)

#### **2.2.3.1. Estimación del Riesgo**

Es el conjunto de procesos que se realizan en una zona determinada, cuya finalidad es obtener información sobre la identificación de los peligros naturales y el análisis de la naturaleza de la vulnerabilidad, para determinar el riesgo esperado.

Así mismo recomendar las medidas de prevención (de carácter estructural y no estructural) adecuadas, con la finalidad de disminuir los efectos de los desastres, ante la ocurrencia de un peligro ya identificado. En este caso se propone un peligro hipotético basado principalmente, en su periodo de recurrencia. En ese sentido, solo se habla de riesgo (R) cuando el correspondiente escenario se ha evaluado en función del peligro (P) y la vulnerabilidad (V). (INDECI, 2011)

### 2.2.3.2. Cálculo del nivel de Riesgo

Establecidos los peligros (P) a los que está expuesta el área de estudio y realizado el análisis de vulnerabilidad (V), se procede a una evaluación conjunta, para calcular el riesgo (R), es decir estimar la posibilidad de pérdidas y daños esperados (recursos, bienes y personas) ante la ocurrencia de un fenómeno natural. (INDECI, 2011)

Estimar el riesgo comprende una combinación de datos teóricos y empíricos con respecto a la posibilidad del peligro identificado, es decir la intensidad de ocurrencia; así como el análisis de vulnerabilidad de los elementos expuestos al peligro (infraestructura, población, etc), en una zona determinada. El criterio analítico, se basa fundamentalmente en la aplicación de la siguiente ecuación. (INDECI, 2011)

$$R = P \times V$$

Donde: peligro (P), vulnerabilidad (V) y riesgo (R), se expresan en términos de posibilidad.

### 2.2.4. Movimientos en masa

Agrupar a todos los movimientos ladera abajo de una combinación de detritos, rocas y/o tierras por efecto de la fuerza gravitatoria (Cruden, 1991). Algunos movimientos en masa son imperceptibles, lentos y difusos como la reptación, y otros deslizamientos pueden desarrollar altas velocidades determinados por la superficie de rotura. (Crozier, 2005).

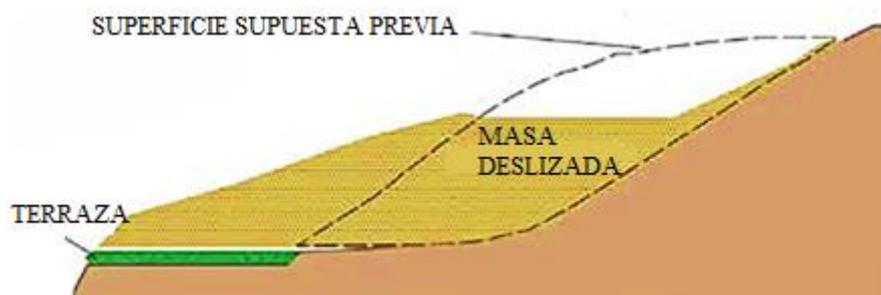


Figura 4.- Proceso de Movimiento en masa (CENEPRED, 2014)

Los deslizamientos consisten en un descenso referentemente rápido, a veces sumamente catastrófico, de materiales a lo largo de una pendiente. La pérdida de cobertura vegetal ayuda a la meteorización y como consecuencia genera el desplazamiento mecánico del material por factores desencadenantes. (CENEPRED, 2014)



**Figura 5.-** Etapas de erosión del suelo (CENEPRED, 2014)

#### 2.2.4.1. Tipos de movimiento en masa

Se presentan las siguientes clases de movimientos en masa: caída, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales, reptaciones; se describe además cierto tipo de deformaciones gravitacionales profundas.

**Tabla 3.-** Clasificación de los movimientos en masa

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (residuos)
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra

Continua...

	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo y/o licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos (Creep)
	Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

(Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007)

Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante que relaciona la intensidad y la amenaza. Asimismo, se muestra la relación del intervalo de velocidades típicas con la escala de velocidades propuesta por (Cruden & Varnes, Landslide Types and Mitigation, 1996), en el siguiente cuadro:

**Tabla 4.-** Escala de Velocidades

Clases de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/s)	Velocidad típica
7	Extremadamente rápido		
		$5 \times 10^3$	5 m/s
6	Muy rápido		
		$5 \times 10^1$	3 m/min
5	Rápido		
		$5 \times 10^{-1}$	1,8 m/h
4	Moderada		
		$5 \times 10^{-3}$	13 m/mes
3	Lenta		
		$5 \times 10^{-5}$	1,6 m/año
2	Muy lenta		
		$5 \times 10^{-7}$	16 mm/año
1	Extremadamente lenta		

(Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007)

#### **2.2.4.2. Generación de los movimientos en masa**

Los movimientos en masa son procesos esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a un nivel por debajo del original. Este tipo de procesos se relacionan con las altas precipitaciones, ya que acrecentan las fuerzas desestabilizadoras y reducen la resistencia del suelo al deslizamiento. La inestabilidad de un movimiento en masa en ladera, es el producto de la relación de factores condicionantes y del impacto de factores desencadenantes. Generalmente se diferencian dos clases de factores: Factores Condicionantes y Factores Desencadenantes, a continuación, se describen ambos factores. (INDECI, 2011)

##### **2.2.4.2.1. Factores Condicionantes**

Son factores inherentes del fenómeno, de acción pasiva, que muestra las debilidades características en rocas y suelos en laderas (INDECI, 2011). Se dividen en:

##### **Geológicos**

- **Comportamiento geodinámico.** – Corresponde a características como: deformabilidad, compresibilidad y cohesión, etc.
- **Estratigrafía.** – Corresponde a la composición de los estratos, espesor, la disposición de las rocas (ángulo de inclinación y orientación), lo que dispone el grado de inestabilidad o estabilidad.
- **Litológicos.** – Corresponde a la composición físico – química y naturaleza de las rocas, por alteración de su capacidad portante según las características de la roca como: compactación, fragilidad, dureza, consolidación, meteorización y adherencia.

##### **Geomorfológicas**

- Corresponde a la proximidad de fallas asimismo también se relaciona con la pendiente, la geometría del talud y la topografía irregular.

##### **Hidrogeológico**

- Corresponde a la alteración de la presión hidrostática por efectos de las lluvias.

##### **2.2.4.2.2. Factores Desencadenantes**

Son aquellos factores activos en la remoción en masas en laderas, que provocan la inestabilidad (INDECI, 2011). Se dividen en:

### **Fenómenos de origen natural:**

- Corresponden a: cambios de temperatura, sismos, variación de la presión hidrostática por acción hidrometeorológica, filtración de aguas pluviales, precipitaciones, erosión por efecto del viento, acción por efectos de la gravedad.

### **Fenómenos incitados por el ser humano:**

- Corresponde a las explotaciones mineras, alteración del talud, deforestación, ubicación de los asentamientos humanos en terrenos de capacidad portante baja o ubicados en zonas peligrosas.
- **Meteorización física.** – Relaciona las propiedades de la roca y las condiciones externas tales como la vegetación, humedad y clima.
- **Meteorización Química.** – Relaciona la descomposición de las rocas por efecto de los factores externos tales como infiltraciones de lluvias, intemperismo, acción eólica, etc.

#### **2.2.4.3. Indicadores Antecedentes y Potenciales**

##### **2.2.4.3.1. Indicadores Antecedentes**

Se denomina así a los que generan cambios en la geomorfología del relieve de la ladera debido a los movimientos en masas, estos ayudan a identificar las zonas que han sido afectadas por un tipo de fenómeno reiterativo en eventos pasados mediante el análisis de data histórica. Estos indicadores nos muestran las zonas que han sido afectadas por recurrencia de eventos anteriores. (INDECI, 2011)

##### **2.2.4.3.2. Indicadores Potenciales**

Se denomina así a los que permiten identificar zonas que posiblemente no han sido afectadas por movimientos en masas en laderas. Los cuales en conjunto a los indicadores antecedentes permiten identificar zonas que no han sido afectadas por movimientos de masas en laderas, pero las cuales de acuerdo a los factores condicionantes que presenta el terreno las hace potencialmente inestables y además permite predecir un posible comportamiento de un evento futuro. (INDECI, 2011)

**Tabla 5.-** Clasificación de los deslizamientos

<b>Clase de factores según naturaleza</b>	<b>Indicadores Antecedentes</b>	<b>Indicadores Potenciales</b>
<b>Geomorfológicos</b>	Terreno en pequeñas depresiones, relieve ondulado, existencia de escarpes con pendiente, etc.	Terreno en pequeñas depresiones, relieve ondulado, existencia de grietas en el terreno.
<b>Geológicos</b>	Brote de rocas turbadas en nichos de arranque, configuración de formas irregulares, etc.	Planos de fracturación a favor de la pendiente, rocas alteradas, estructuras de formas irregulares, material poco consolidado.
<b>Hidrogeológicos</b>	Existencia relativa de agua (zonas con mayor verdor), saturación de suelos, régimen cambiante de manantiales, aparición de pantanos en las cabeceras, en la parte media y al pie de los deslizamientos, desviación de ríos, etc.	Existencia relativa de agua (zonas con mayor verdor), zonas de surgencia de agua. Suelos húmedos continuamente.  Continua...
<b>Vegetales</b>	Existencia de plantas típicas de zonas humedad, troncos torcidos y/o inclinados, raíces tensas y rotas, discontinuidades repentinas en la cobertura vegetal, etc.	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, raíces tensas. Árboles arqueados en la parte baja del tronco.
<b>Estructurales</b>	Cables flojos, postes reclinados, casas/construcciones agrietadas, grietas en los pavimentos, cercos trasladados, etc.	
<b>Toponimia</b>	Nombres de zonas que puede sugerir inestabilidad del terreno como Cerro de Agua, Cerro partido, etc.	Igual a indicadores antecedentes
<b>Historia</b>	Testimonios e información de sucesos pasados	

(INDECI, 2011)

**Tabla 6.-** Rasgos característicos que indican la posibilidad de un derrumbe

<b>Clase de factores según su naturaleza</b>	<b>Indicadores Antecedentes</b>	<b>Indicadores Potenciales</b>
<b>Geomorfológicos</b>	Existencia de conos coluviales o fragmentos angulosos, zonas de acumulación al pie del talud.	Terreno en pequeñas depresiones, relieve ondulado, existencia de grietas en el terreno
<b>Geológicos</b>	Brotos rocosos fuertemente alterados (diaclasas, fallas, juntas).	
<b>Vegetación</b>	Ausencia de cubierta vegetal en zonas activas, por el contrario, en zonas inactivas existe abundante vegetación.	Existencia de árboles sobre las zonas rocosas.
<b>Toponimia</b>	Nombres de zonas que sugieren inestabilidad: El Derrumbadero, El Pedregal, Las Piedras, etc.	
<b>Historia</b>	Testimonios e información de sucesos pasados.	

(INDECI, 2016)

**Tabla 7.-** Rasgos característicos que indican la posibilidad de flujos de detritos

<b>Clases de factores según su naturaleza</b>	<b>Indicadores Antecedentes</b>	<b>Indicadores Potenciales</b>
<b>Geomorfológicos</b>	El escarpe principal tiene forma cóncava con los flancos curvados.	Tierras sobre explotadas con inclinaciones mayores del 30%, en suelos de texturas medias a gruesas.
<b>Geológicos</b>	El talud original puede tener forma curva. El material movilizado es predominante arcilloso.	Tierras sobre explotadas con inclinaciones mayores del 30%, en suelos de texturas medias a finas.
<b>Hidrogeológicos</b>	El escarpe principal tiene forma de V con presencia de estrías. El material movilizado se compone de escombros de rocas y arboles con una matriz de composición areno arcillosa.	Suelos gravosos y/o pedregosos con inclinaciones mayores de 50%, con una matriz de suelo variada, usados para pastoreo o agricultura de sustento.

(INDECI, 2016)

#### 2.2.4.4. Intensidad de los movimientos en masa

##### 2.2.4.4.1. Cálculo del volumen

Para cuantificar el volumen se debe tener en cuenta el factor de esponjamiento del material a movilizarse. Las fórmulas más utilizadas son las siguientes:

**Tabla 8.-** Características que indican la posibilidad de flujo de detritos

Deslizamientos Rotacionales	Deslizamientos Traslacionales
$V = \frac{\pi \cdot Ar \cdot Lr \cdot Pr}{6}$	$V = Ar \cdot Lr \cdot Pr$
<p>Donde:</p> <p>Ar: Ancho de la superficie de rotura</p> <p>Lr: Longitud de la superficie de rotura</p> <p>Pr: Profundidad de la superficie de rotura.</p>	<p>Donde:</p> <p>Ar: Ancho de la superficie de rotura</p> <p>Lr: Longitud de la superficie de rotura</p> <p>Pr: Profundidad de la superficie de rotura.</p>

(INDECI, 2016)

##### 2.2.4.4.2. Determinación de las velocidades

La velocidad puede determinarse mediante los siguientes indicadores de campo, establecidos a partir de sólidos conocimientos teóricos y experiencias (métodos cualitativos). (INDECI, 2011)

**Tabla 9.-** Clasificación de los deslizamientos

Velocidad	Equivalencia	Características	Índice de Peligrosidad
Muy baja	$V < 1\text{mm/año}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>El movimiento del terreno causa ligeras fisuras en viviendas imperceptibles.</li> </ul>	Bajo
Baja	$V = 1 \text{ mm/año} < 5\text{mm/año}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los caminos presentan pequeñas grietas.</li> <li>Zonas de reptación.</li> </ul>	Medio
Media	$V = 5 \text{ mm/año} < 100 \text{ mm/año}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>El movimiento del terreno causa fisuras en paredes y muros.</li> <li>Se observan árboles, postes de luz y teléfonos inclinados.</li> <li>Deformaciones en las tuberías superficiales de agua potable o en los caminos.</li> </ul>	Alto

Continua...

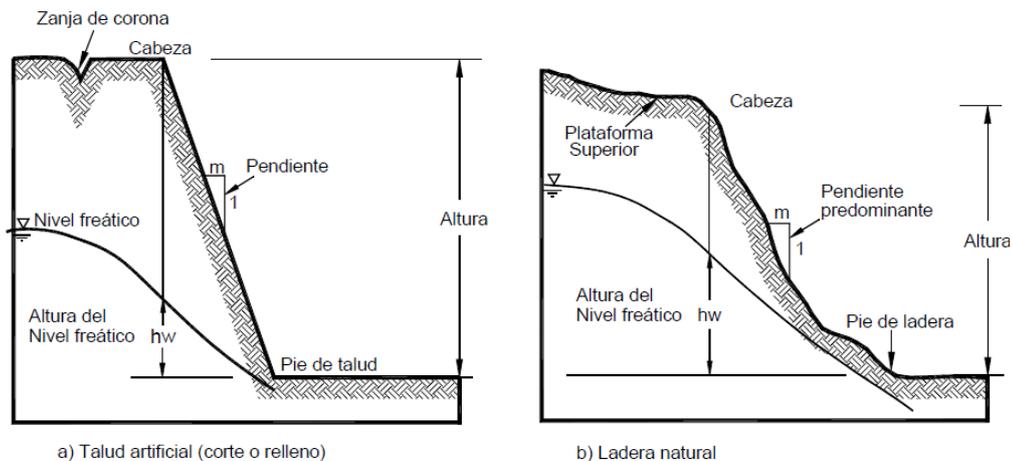
<b>Alta</b>	V > 100 mm/año o Desplazamientos > 1m por evento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infraestructura severamente afectada, fracturada y dañada, presencia de árboles y muros caídos, cambios fuertes en la topografía y geomorfología del terreno (hundimientos) fracturas en el suelo abundancia de manantiales.</li> </ul>	<b>Muy alto</b>
-------------	--	--	-----------------

(INDECI, 2011)

En las zonas en donde no hay evidencia de movimiento, pero que presentan características similares (pendiente, geología, etc.) se puede utilizar la información de los deslizamientos parecidos para estimar velocidades de eventos futuros. (INDECI, 2011)

#### 2.2.4.5. Concepto de talud

(Suárez Díaz, 2013) afirma que un talud o ladera es una masa de tierra no plana, que presenta cambios de altura significativos (pendiente). Técnicamente se define ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente.



**Figura 6.-** Nomenclatura de Taludes y Laderas (Suárez Díaz, 2013)

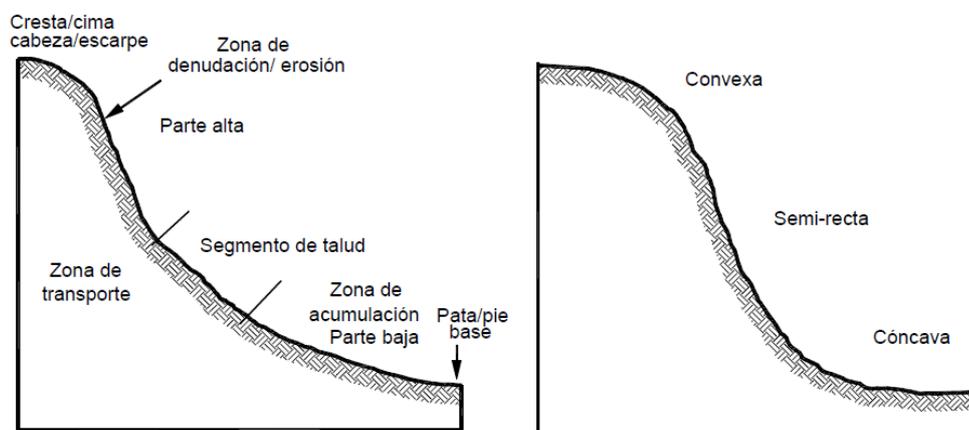
##### 2.2.4.5.1. Elementos del Talud

Suarez, J. (2013) afirma que el talud comprende una parte superior convexa con cresta, donde se llevan a cabo procesos de erosión; una parte intermedia semirecta y una parte inferior cóncava con un pie, en donde ocurren principalmente procesos de depositación. En el talud y/o ladera se definen los siguientes elementos:

- **Pata, base o pie:** Se define como la variación brusca de la inclinación en la parte inferior de la ladera y/o talud, generalmente el pie de una ladera tiene forma cóncava.

- **Escarpe, cresta o cima:** Se define como la variación brusca de la inclinación en la parte superior del talud o ladera, generalmente el escarpe de una ladera tiene forma convexa.
- **Altura:** Se define como la distancia vertical entre la cabeza y el pie.
- **Altura de nivel freático:** Se define como la distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel del agua, generalmente se mide debajo de la cabeza del talud.
- **Pendiente:** Se define como la medida de inclinación de la superficie del talud o ladera. Se expresa en porcentaje o grados.

Cabe recalcar que los suelos más resistentes (rocas) generalmente forman laderas de mayor inclinación (pendiente) y los materiales de baja resistencia, generan laderas de baja inclinación (pendiente).

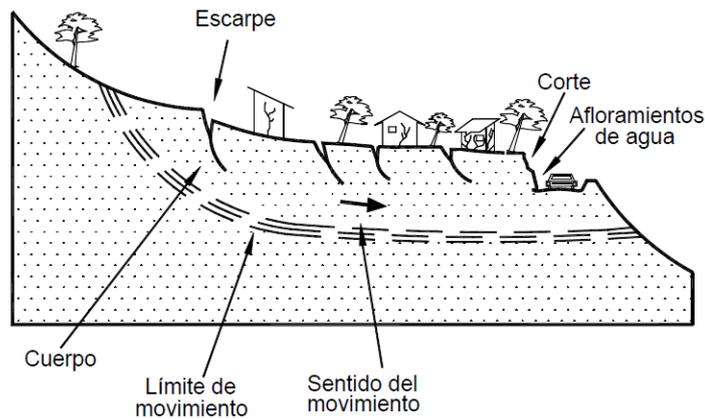


**Figura 7.-** Partes generales de un talud o ladera (Suárez Díaz, 2013)

#### 2.2.4.6. Concepto de Deslizamiento

Según Cruden (1991) los deslizamientos consisten en “movimientos de masas de tierra o roca bajo un talud”. La expresión deslizamiento incluye procesos erosivos y denudacionales.

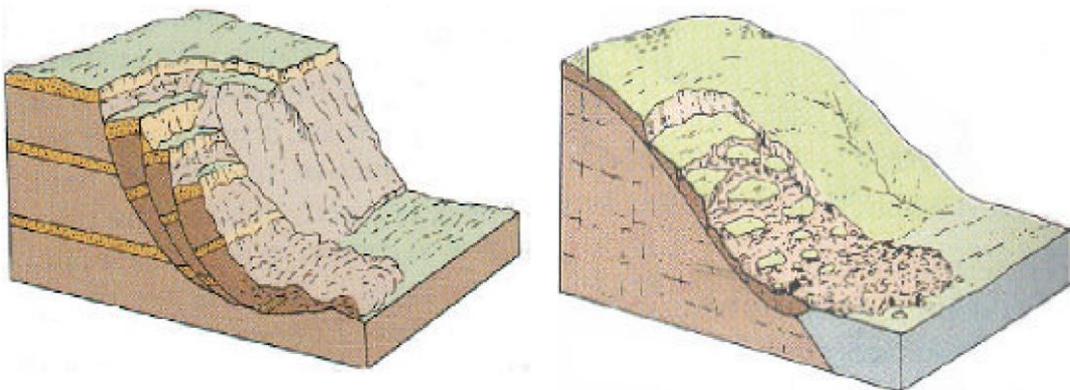
Son movimientos que se producen en suelo, roca o ambos, a lo largo de una superficie cóncava o plana, donde la masa original se desplaza ladera abajo en tramos variables. La velocidad con que suceden es variable, pueden ser lentos (<16mm/año) a extremadamente rápidos (> 5m/seg)



**Figura 8.-** Esquema de deslizamiento en suelo blando (*Suárez Díaz, 2013*)

- a) **Deslizamientos Rotacionales:** Movimiento lento inicialmente de una masa de roca, suelo o ambos, a lo largo de una superficie de rotura en forma cóncava y circular, sobre la cual se desplaza. Ocasionalmente se da en terrenos isotrópicos, cohesivos y homogéneos, presentan poca deformación de los materiales, los cuales a medida que la masa se desplaza gradualmente se van alterando, y se transforman en movimientos más complejos. (INDECI, 2016)
- b) **Deslizamientos Traslacionales:** Movimiento lento o rápido de una masa de roca, suelo o ambos a lo largo de una superficie de deslizamiento planar. Suceden en lugares que presentan discontinuidad, formando placas de estratos cuyas bases carecen de soporte, y se desplazan en sentido de la pendiente.

El encuentro de discontinuidades de masas rocosas puede originar un deslizamiento en cuña, estos se producen generalmente por factores desencadenantes y antrópicos tales como corte de taludes para estructura vial o de canalización. (INDECI, 2011)

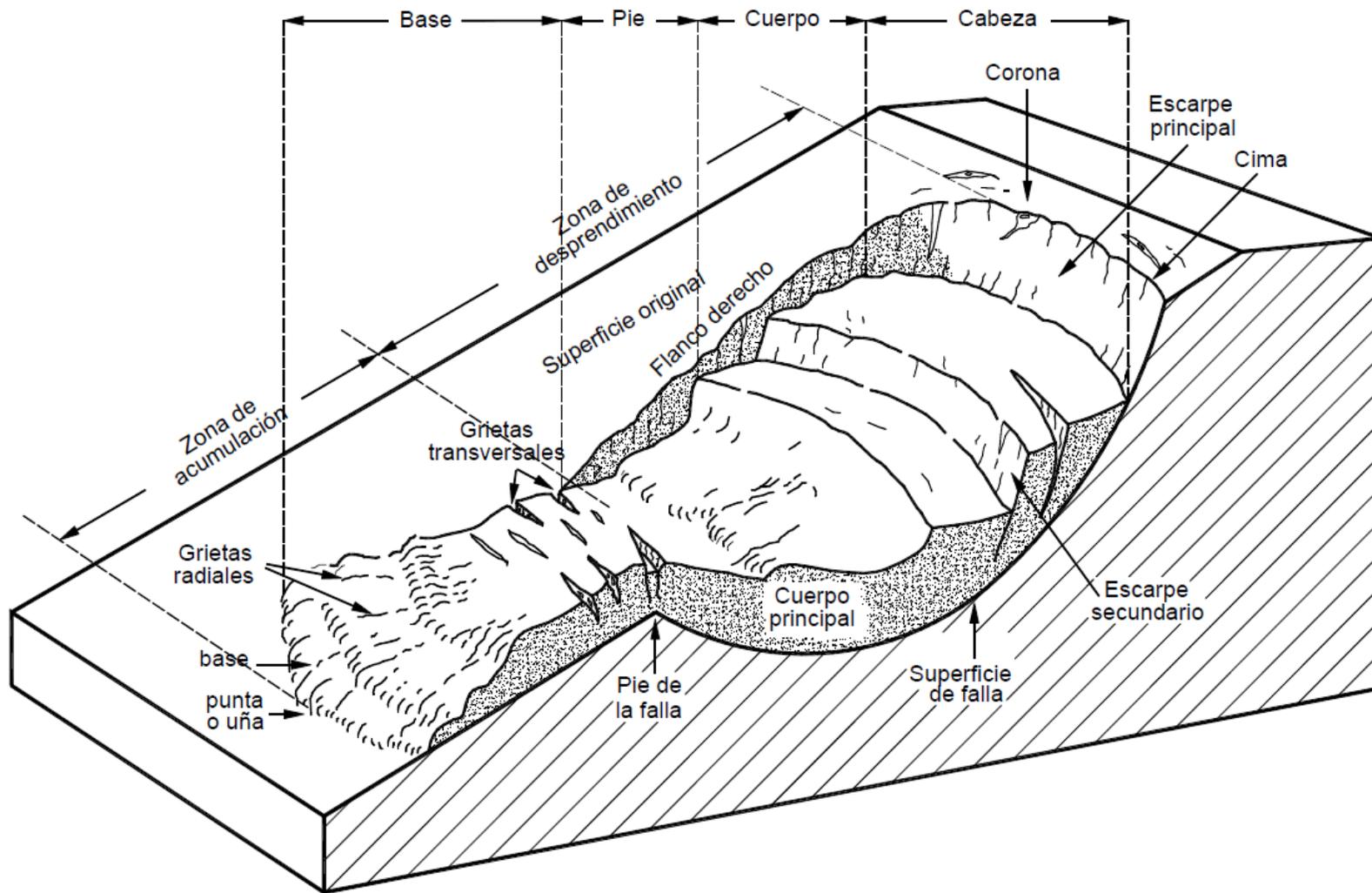


**Figura 9.-** Deslizamiento Rotacional y Traslacional (Skinner & Porter, 1992)

#### 2.2.4.6.1. Partes del deslizamiento

- **Cabeza:** Se define como la parte superior de la masa del material trasladado.
- **Cima:** Se define como el punto más alto de la cabeza.
- **Corona:** Se define como el material (inalterado) que se encuentra adyacente a la parte más alta del escarpe principal.
- **Escarpe principal:** Se define como la superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material.
- **Escarpe secundario:** Se define como el terreno de pendiente elevada generada por el movimiento diferencial dentro de la masa que se desplaza.
- **Superficie de falla:** Se define como el área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. No todos los movimientos poseen superficie de falla.
- **Pie de la superficie de falla:** Se define como el encuentro entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- **Base:** Se define como el área cubierta por el material perturbado bajo del pie de la superficie de falla.
- **Punto o ña:** Se define como el punto de la base que se encuentra más lejano de la cima.
- **Cuerpo principal del deslizamiento:** Definido como el material trasladado que se ubica por arriba de la superficie de falla.
- **Superficie original del terreno:** Se define como la superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- **Flanco o costado:** Se define como el perfil lateral del movimiento.
- **Derecha e izquierda:** Se define como la orientación de un deslizamiento desde la corona hacia la base, asimismo también es aceptable utilizar la orientación geográfica (Norte, Sur, Este, Oeste);

A continuación, se muestra un deslizamiento típico. Las principales partes que lo componen son las siguientes:

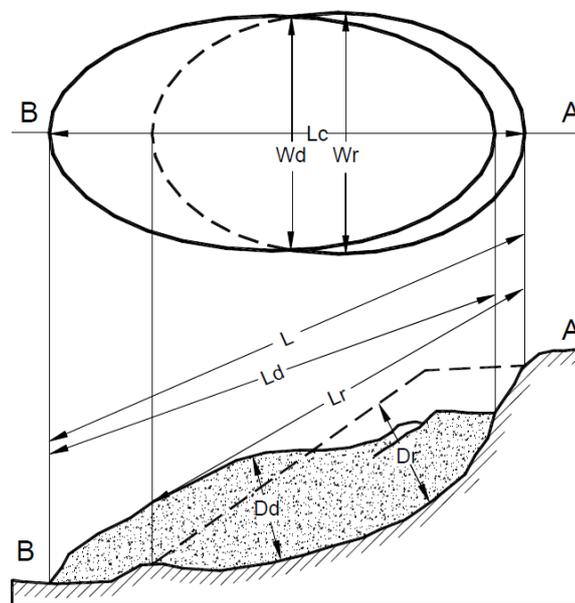


**Figura 10.-** Partes de un Deslizamiento (Suárez Díaz, 2013)

#### 2.2.4.6.2. Dimensiones de los Deslizamientos

Para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología recomendada por el IAEG (International Association of Engineering Geology):

- **Ancho de la masa desplazada  $W_d$ .** Es el ancho máximo de la masa desplazada, perpendicular a  $L_d$ .
- **Ancho de la superficie de falla  $W_r$ .** Es el ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicular a  $L_r$ .
- **Longitud de la masa deslizada  $L_d$ .** Es la menor distancia entre la cabeza y la punta.
- **Longitud de la superficie de falla  $L_r$ .** Es la menor distancia desde el pie de la superficie de falla y la corona.
- **Profundidad de la masa desplazada  $D_d$ .** Es la mayor profundidad de la masa desplazada perpendicular al plano conformado por  $W_d$  y  $L_d$ .
- **Profundidad de superficie de falla  $D_r$ .** Es la mayor profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano.
- **Longitud total  $L$ .** Es la menor distancia desde la punta a la corona del deslizamiento.
- **Longitud de la línea central  $L_c$ .** Es la distancia desde la punta hasta la corona del deslizamiento.



**Figura 11.-** Dimensiones de los movimientos en masa (Suárez Díaz, 2013)

### 2.2.4.6.3. Ángulo de Desplazamiento

El ángulo de desplazamiento “ $\alpha$ ” determina la velocidad y el volumen de material. A menor “ $\alpha$ ”, el volumen total aumenta, pero la velocidad de movimiento disminuye. Sin embargo, la velocidad también depende de la inclinación (pendiente) de la zona de desprendimiento y la longitud del recorrido.

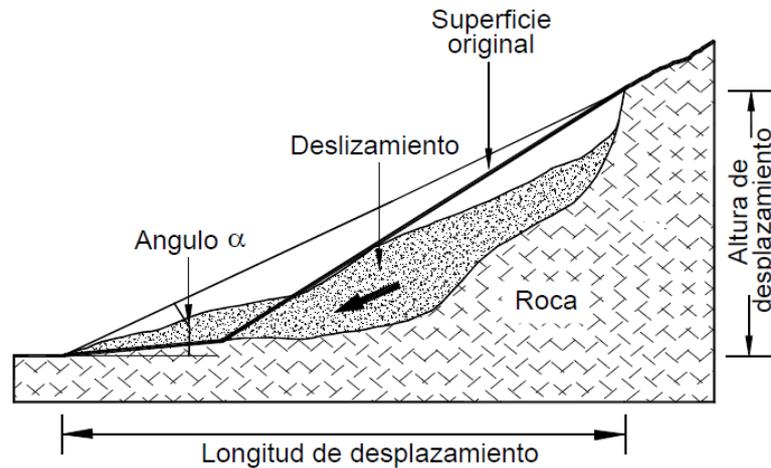


Figura 12.- Ángulo de desplazamiento (Suárez Díaz, 2013)

Según (Hough, 1957) existe una relación directa entre el ángulo de fricción y el ángulo de desplazamiento.

Tabla 10.- Ángulos de fricción para su utilización en anteproyectos (Hough, 1957)

Clasificación	Ángulos de fricción							
	Ángulo de talud natural		Para la resistencia residual	Para la resistencia máxima				
	$i$ (°)	Talud (vert. a hor.)		Compacidad media		Compacta		
		$\phi_{ov}$ (°)	$\text{tg } \phi_{ov}$	$\phi$ (°)	$\text{tg } \phi$	$\phi$ (°)	$\text{tg } \phi$	
Limo (no plástico)	26	1: 2	26	0.488	28	0.532	30	0.577
	a		a		a		a	
Arena uniforme fina a media	30	1: 1.75	30	0.577	32	0.625	34	0.675
	26	1: 2	26	0.488	30	0.577	32	0.675
Arena bien graduada	30	1: 1.75	30	0.577	34	0.675	36	0.726
	30	1: 1.75	30	0.577	34	0.675	38	0.839
Arena y grava	34	1: 1.50	34	0.675	40	0.839	46	1.030
	32	1: 1.60	32	0.625	36	0.726	40	0.900
	a		a		a		a	
	36	1: 1.40	36	0.726	42	0.900	48	1.110

#### **2.2.4.6.4. Tipología y formas de manifestación**

Cruden (1991) afirma que la inestabilidad de laderas se define como el movimiento de masas de roca, detritos, o tierra a favor de la pendiente, principalmente influenciados por la fuerza gravitatoria.

Existen casos de laderas inestables donde no se han producido movimientos por influencia directa de la fuerza de la gravedad, sino que necesita de la acción de otro factor desencadenante para su deslizamiento tales como terremotos, erupciones volcánicas, precipitaciones, aumento del nivel de aguas subterráneas y por actividad humana. (INDECI, 2011)

#### **2.2.5. Proceso de análisis jerárquico (AHP)**

Propuesto por Thomas L. Saaty, está desarrollada para resolver complejos problemas multicriterio. El método implica que el evaluador provea evaluaciones subjetivas con respecto al valor relativo de cada criterio y luego escoga con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.

Las principales ventajas de este método son:

- Presenta un sustento matemático
- Analiza y desglosa un problema por partes
- Mide criterios cualitativos y cuantitativos a través de una escala común.
- Incluye la participación de diferentes personas o grupos de interés y generar una aprobación.

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Desastre.** - Es la intermisión severa de la operatividad de una comunidad causada por el accionamiento de un peligro de origen natural o antrópico, ocasionando pérdidas económicas, humanas, de infraestructura, entre otros. (Ministerio del Ambiente, 2011)

**Peligro.** - Es la posibilidad de que un fenómeno de origen natural o causado por la actividad del hombre se presente en un lugar específico, con cierta intensidad y en un periodo de tiempo determinado. (INDECI, 2016)

**Vulnerabilidad.** - Es la sensibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. (CENEPRED, 2014)

**Susceptibilidad Física.** - Referida a la mayor o menor tendencia que un espacio geográfico sea transformado por eventos naturales. (Ministerio del Ambiente, 2011)

**Riesgo.** – Se define como el daño potencial que puede presentarse debido a procesos peligrosos de origen natural y que se determinan por la vulnerabilidad de los elementos expuestos. (Servicio Geológico Colombiano, 2016)

**Elementos Expuestos.** – El termino incluye a la población, propiedades, edificios, obras de infraestructura, actividades económicas, servicios públicos y medio ambiente, en el área potencialmente afectada por los deslizamientos. (Suárez Díaz, 2013)

**Vulnerabilidad Física.** - Relacionada con las características del material usado y procesos constructivos de las viviendas, establecimientos económicos (industriales y comerciales) y de servicios (instituciones públicas, educación y salud, educación), e infraestructura socioeconómica (canales de riego, puentes, carreteras y centrales hidroeléctricas), para asimilar los efectos del peligro. (Ministerio del Ambiente, 2011)

**Fenómeno Natural.** – Es toda exteriorización de la naturaleza como producto de su funcionamiento interno. (Renda, Rozas Garay, Moscardini, & Torchia, 2017)

**Exposición.** - Esta referida a la disposición y prácticas que localizan a los individuos y sus medios de vida en zonas de impacto de un peligro. La exposición se origina por una relación no adecuada con el ambiente, tales como crecimiento demográfico no planificado, proceso migratorio desenfrenado, procesos de urbanización no sostenibles sin un adecuado manejo del territorio. Si la exposición aumenta, la vulnerabilidad también. (CENEPRED, 2014)

**Fragilidad.** - Referida a la condición de sensibilidad de los individuos y sus medios de vida ante un peligro. En general, está concentrada en el estado físico de una comunidad y es de origen interno, tales como: formas de construcción, incumplimiento de normativa vigente sobre construcción y calidad de materiales, entre otros. Si la fragilidad aumenta, la vulnerabilidad también. (CENEPRED, 2014)

**Resiliencia.** - Es la forma en que una comunidad expuesta a un peligro repele, absorbe, acopla y se recupera de su impacto de manera pertinente y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas. (Renda, Rozas Garay, Moscardini, & Torchia, 2017)

**Movimiento en masa:** Se define como todos los movimientos ladera abajo de un volumen de detritos, tierra o rocas por efectos de la fuerza gravitatoria. (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007)

**Talud.** - Superficie de terreno expuesta situada a un ángulo con la horizontal se llama talud o pendiente no restringida. Si la superficie del terreno no es plana, una componente de la fuerza gravitatoria ocasionara que el suelo se desplace hacia abajo. (Braja M., 1985)

**Ladera.** - Masa de tierra que presenta cambios significativos de altura, y cuya conformación actual tuvo como origen un proceso natural. (Suárez Díaz, 2013)

**Inestabilidad de laderas.** – Se refiere al movimiento de rocas y/o suelo por la acción de la fuerza de la gravedad. (CENAPRED, 2001)

**Intervención correctiva:** Proceso cuyo fin es disminuir el nivel de riesgo existente en la sociedad mediante acciones de mitigación. (Servicio Geológico Colombiano, 2016)

**Intervención prospectiva:** Proceso cuyo fin es garantizar que no se originen nuevas situaciones de riesgo mediante acciones de prevención, impidiendo que los elementos expuestos sean vulnerables. Su principal objetivo es evitar nuevos riesgos y la necesidad de intervenciones correctivas en el futuro. (Servicio Geológico Colombiano, 2016)

**Gestión de Riesgos de Desastres.** - Es un procedimiento social cuyo objetivo es prevenir, reducir y controlar continuamente los factores de riesgo en la sociedad, así como la eficiente preparación y respuesta ante eventos de desastre, considerando las políticas nacionales de modo sostenible. (Ley N° 29664, 2011)

**CENEPRED.** - Es el centro nacional de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres y cuya función es elaborar los lineamientos para el desarrollo de los instrumentos técnicos para que las entidades públicas puedan usarlas en sus labores de planificación, organización, ejecución y seguimiento de las acciones de estimación, prevención y reducción de riesgos de desastres. (Ley N° 29664, 2011)

**INDECI.** -Es el Instituto Nacional de Defensa Civil y tiene como objetivo generar los lineamientos para el desarrollo de los instrumentos técnicos que las entidades públicas puedan utilizar para la planificación, organización, ejecución y seguimiento de las acciones de preparación, respuesta y rehabilitación. (Ley N° 29664, 2011)

## CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación Geográfica

La investigación se realizó en la carretera PE-08 que atraviesa los distritos de Cajamarca y San Juan en la región de Cajamarca, desde el Km 160 al Km 170 de dicha carretera. Geográficamente se ubica al sur de Cajamarca, delimitada por las siguientes coordenadas geográficas, Datum WGS – 84, zona 17S. (Ver Anexo MP – 01)

**Tabla 11.-** Coordenadas Geográficas del Área de Estudio

Punto	Km.	Latitud	Longitud	Altitud
<b>P. Inicio</b>	160 + 00	7°15'8''	78°28'11''	3102 m.s.n.m
<b>P. Final</b>	170 + 00	7°12'44''	78°30'4''	3005 m.s.n.m

### 3.2. Época de la Investigación

La investigación se realizó en el transcurso de los meses de febrero a abril del 2019.

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Población

La población de interés está conformada por todas las viviendas que están contiguas al tramo de estudio que corresponde a 10 Km de la carretera Cajamarca – Gavilán.

#### 3.3.2. Muestra

La selección de la muestra de estudio se realizó utilizando un muestreo no probabilístico por conveniencia y está constituida únicamente por las 100 viviendas aledañas a la carretera PE-08 dentro del área de estudio.

#### 3.3.3. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es no experimental tipo transversal descriptiva ya que tiene como propósito describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado ya que sus manifestaciones ya han ocurrido o debido a que son inherentemente no manipulables.

### **3.4. Procedimiento**

#### **3.4.1. Recolección de Datos**

La metodología usada está acorde a las recomendaciones de los siguientes manuales: “Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa en laderas” generado por el INDECI (2011) y el “Manual para la evaluación de los riesgos originados por fenómenos naturales” generado por el CENEPRED (2014). Así mismo la recolección de información contemplo las siguientes fases:

##### **a) Fase Preliminar**

Durante esta etapa se realizaron trabajos preliminares que consistieron en revisar, recopilar y clasificar información tales como: informes técnicos, artículos de investigación, información vectorial y ráster, imágenes satelitales y/o modelos de elevación, de instituciones públicas como el gobierno regional y local; del mismo modo de instituciones técnico - científicas como (INGEMMET, SENAMHI; INDECI; CENEPRED, entre otros). Como resultado de esta fase se delimito nuestra zona de estudio, se eligió una escala de trabajo apropiada y se obtuvo un mapa base el cual permitió identificar zonas inestables dentro del área de estudio.

##### **b) Fase de campo**

Durante esta fase se recopiló información de campo por medio de encuestas realizadas a los moradores de nuestra área de estudio, así mismo también se inspeccionaron algunas zonas inestables, con la intención de registrar sus características geológicas de rocas y suelos además de sus características físico mecánicas como límites estratigráficos y unidades litológicas, tipos de suelos y rocas, grado de meteorización, elementos estructurales (pliegues, diaclasas, fallas), evidencias de inestabilidad (grietas, cambio de vegetación) y filtraciones. También se estimó el área de afectación y el alcance para posteriormente realizar el análisis de vulnerabilidad. Todo esto quedo registrado en una ficha de campo proporcionada por el “Manual de estimación de riesgo ante movimientos en masa en laderas” del INDECI; complementado a esto se obtuvo un registro fotográfico de las zonas más notables.

##### **c) Fase de Gabinete**

En esta fase se procesó toda la información obtenida de la fase preliminar y la fase de campo mediante el software de información geográfico (ArcGIS 10.3), siguiendo el protocolo que establece el “manual de estimación de riesgo ante movimiento en masa en laderas” propuesto

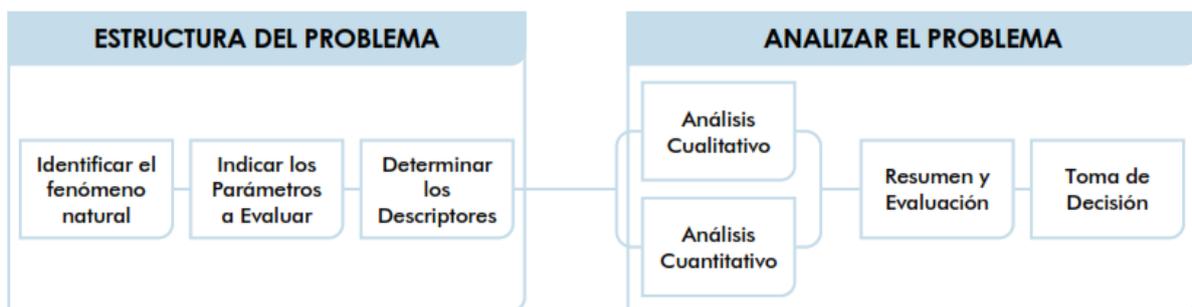
por INDECI y el “Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales” generado por el CENEPRED (2014).

#### d) Instrumentos y Equipos

- GPS Navegador (Garmin Etrex H), este dispositivo fue utilizado para la toma de coordenadas en la zona de estudio.
- Brújula tipo Brunton, este dispositivo se utilizó para determinar el rumbo y el buzamiento de las discontinuidades.
- Mapas topográficos y geológicos (1/10 000)
- Ficha de campo (mapeo geo mecánico y geotécnico), fue utilizado para recolectar datos de campo referente a las características geológicas y geo mecánicas de cada talud.
- Cámara fotográfica digital (Canon 12 mega pixeles), para fotografiar las zonas de interés.
- Flexómetro para obtener las dimensiones de los taludes y las discontinuidades de los macizos rocosos.

#### 3.4.2. Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)

Según el matemático (Saaty, 1980) el proceso necesita el analizador proporcione evaluaciones subjetivas frente a la importancia relativa de cada uno de los criterios y después precise su preferencia con respecto a cada alternativa de decisión y para cada criterio. El resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que presentan la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.



**Figura 13.-** Proceso de Análisis Jerárquico (*CENEPRED, 2014*)

Se utilizó el AHP (Saaty, 1980) por la flexibilidad y facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión, la escala es la que se muestra a continuación:

**Tabla 12.-** Escala de Saaty

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

(Saaty, 1980)

Para ponderar se necesita respuestas numéricas a una secuencia de preguntas que comparan dos parámetros o descriptores. El AHP trabaja directamente con pares ordenados de prioridades de relevancia en función de atributos comunes representados en la jerarquía de decisión. (Saaty, 1980)

Sea “A” una matriz  $n \times n$ , donde  $n \in \mathbb{Z}^+$ . Sea  $a_{ij}$  el elemento  $(i,j)$  de A, para  $i = 1, 2, \dots, n$ ; y  $j = 1, 2, \dots, n$ . Decimos que “A” es una matriz de preferencia de la alternativa en el renglón “i” cuando se le compara con la alternativa de la columna “j”. Cuando  $i = j$ , el valor de  $a_{ij}$  será igual a 1, pues se está comparando la alternativa consigo misma. (Saaty, 1980)

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Así mismo, se cumple que:  $a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$ ; equivale a decir:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

El AHP se sustenta en los axiomas siguientes:

**Axioma 1:** Si “A” es una matriz de comparaciones pares se cumple que  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ .

**Axioma 2:** Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud o jerarquía.

**Axioma 3:** Existe dependencia jerárquica en los elementos de dos niveles consecutivos.

**Axioma 4:** Las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas.

Terminada la matriz de comparaciones se calcula la prioridad de cada uno de los elementos que se comparan.

	Meta
	Global
<i>Criterio 1</i>	$P'_1$
<i>Criterio 2</i>	$P'_2$
...	...
<i>Criterio m</i>	$P'_m$

Donde “m” es el número de criterios y  $P'_i$  es la prioridad del criterio “i” con respecto a la meta global, para  $i= 1, 2, \dots, m$ . Se denomina matriz de prioridades a la que resume las prioridades para cada alternativa en términos de cada criterio. Para “m” criterios y “n” alternativas tenemos:

	<i>Criterio 1</i>	<i>Criterio 2</i>	...	<i>Criterio m</i>
<i>Alternativa 1</i>	$P_{11}$	$P_{12}$	...	$P_{1m}$
<i>Alternativa 2</i>	$P_{21}$	$P_{22}$	...	$P_{2m}$
...	...	...	...	...
<i>Alternativa n</i>	$P_{n1}$	$P_{n2}$	...	$P_{nm}$

Donde  $P_{ij}$  es la prioridad de la alternativa “i” con respecto al criterio “j”, para  $i= 1, 2, \dots, m$ . La prioridad global para cada alternativa de decisión se resume en el vector columna que resulta del producto de la matriz de prioridades con el vector de prioridades de los criterios.

$$\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Pg_1 \\ Pg_2 \\ \dots \\ Pg_n \end{pmatrix}$$

Donde  $Pg_i$  es la prioridad global (respecto a la meta global) de la alternativa  $i$  ( $i= 1, 2, \dots, n$ ). El AHP ofrece un método para medir el grado de consistencia entre las opiniones pareadas que proporciona el evaluador. Si el grado de consistencia es aceptable, puede continuarse con el proceso de decisión.

De forma matemática, decimos que una matriz de comparación “A”  $n \times n$  es consistente si:  $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$ , para  $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ . Para determinar si un nivel de consistencia es razonable necesitamos desarrollar una medida cuantificable para la matriz de comparación “A”. Se sabe que si la matriz “A” es perfectamente consistente produce una matriz “N” normalizada de elementos  $W_{ij}$  (para  $i, j = 1, 2, \dots, n$ ) tal que todas las columnas son idénticas.

$$\mathbf{N} = \begin{pmatrix} W_1 & W_1 & \dots & W_1 \\ W_2 & W_2 & \dots & W_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_n & W_n & \dots & W_n \end{pmatrix}$$

Se concluye entonces que la matriz de comparación correspondiente “A” se puede determinar a partir de “N”, dividiendo los elementos de la columna “i” entre “ $w_i$ ”, se tiene que:

$$\begin{pmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}$$

Decimos que “A” es consistente si y solo si:

$$A.W = n.W$$

Donde  $W$  es un vector columna de pesos relativos  $W_i$  se aproxima con el promedio de los  $n$  elementos del renglón en la matriz normalizada  $N$ . Haciendo  $\bar{W}$  el estimado calculado, se puede mostrar que:

$$A \cdot \bar{W} = n_{max} \cdot \bar{W}$$

Donde  $n_{max} \geq n$ . En este caso entre más cercana sea  $n_{max}$  a  $n$ , más consistente será la matriz de comparación  $A$ . Como resultado el AHP calcula la razón de consistencia (RC) como el cociente entre el índice de consistencia de  $A$  y el índice de consistencia aleatorio.

$$RC = IC / IA$$

Donde  $IC$  es el índice de consistencia de  $A$  y se calcula como sigue:

$$IC = \frac{n_{max} - n}{n - 1}$$

$IA$  es el índice de consistencia aleatoria de  $A$ , es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria. Se puede mostrar que el  $IA$  depende del número de elementos que se comparan, y se asume los siguientes valores:

**Tabla 13.-** Índice de consistencia aleatorio

Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

(Saaty, 1980)

Este cociente indica que los valores que exceden de 0.10 son juicios inconsistentes, por lo tanto, el evaluador reconsiderará y modificará los valores originales de la matriz de comparaciones pareadas. (Saaty, 1980)

### 3.4.3. Metodología de evaluación del peligro

El estudio se enmarca en los peligros generados por fenómenos de origen natural, específicamente en peligros generados por fenómenos de geodinámica externa del orden de movimientos en masa (deslizamientos). Asimismo, la provincia de Cajamarca está afectada por una diversidad de fenómenos, el trabajo de investigación se centrará en recoger información sobre los deslizamientos en la zona de estudio, ya sea a través de fuentes primarias y secundarias.

El manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (CENEPRED, 2014) considera la siguiente metodología:

- ✚ Identificar los factores condicionantes (F.C), es decir aquellos que representan debilidades inherentes en suelos y/o rocas en las laderas. Luego identificar el factor desencadenante (F.D), el cual activa el deslizamiento y origina la inestabilidad. La ecuación N° 01 muestra el cálculo del valor del factor condicionante.

**Ecuación 1.-** Cálculo del Valor del Factor Condicionante

$$Valor = P_{PAR} * P_{DES}$$

Donde  $P_{PAR}$ : peso del parámetro y  $P_{DES}$ : peso del descriptor

- ✚ La figura N°18 muestra los factores condicionantes y el factor desencadenante, definidos durante la fase de campo, así mismo también se presentan sus respectivos descriptores.
- ✚ Posteriormente con los factores condicionantes y el factor desencadenante definido se procede al cálculo de la susceptibilidad según la ecuación N° 02. El manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (CENEPRED, 2014) señala que el valor de los pesos (P1 y P2) lo define el evaluador en base a la fase de campo.

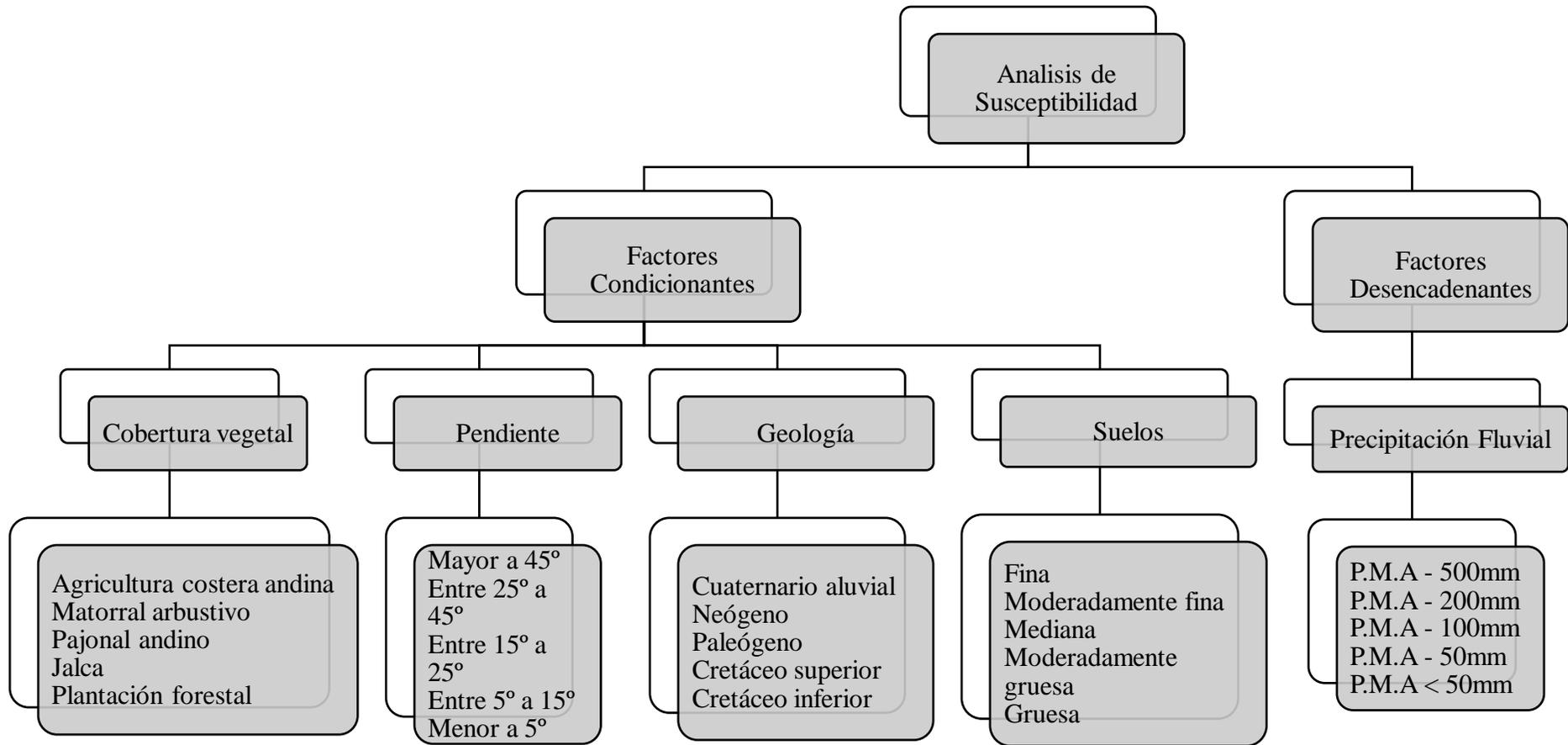
**Ecuación 2.-** Ecuación de la Susceptibilidad

$$Susceptibilidad = F.C * P1 + F.D * P2$$

- ✚ Finalmente se debe conocer la frecuencia del factor desencadenante, esta frecuencia junto con la susceptibilidad nos permite calcular el peligro según la ecuación N° 03. El manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (CENEPRED, 2014) señala que el valor de los pesos (P1 y P2) lo define el evaluador en base a la fase de campo.

**Ecuación 3.-** Ecuación del Peligro

$$Peligro = Susceptibilidad * P1 + Frecuencia * P2$$



**Figura 14.-** Factores condicionantes y factor desencadenante, con sus respectivos descriptores

### **3.4.3.1. Factores Condicionantes**

#### **a) Cobertura Vegetal**

El crecimiento poblacional que durante los últimos años se viene registrando, está reduciendo las áreas naturales de la zona de estudio; el área de estudio presenta las siguientes clases de cobertura vegetal. (Ver anexo MP – 02)

##### **a.1. Matorral Arbustivo (Ma)**

En el área de estudio el matorral arbustivo está presente desde el Km 160 hasta el Km 164, el tipo que más abunda es el arbusto de Schinus molle o también conocido como “molle”, Este tipo de vegetación se ubica en tierras con aptitud forestal y en tierras de protección, además esta cobertura vegetal constituye una cubierta protectora de los suelos.

##### **a.2. Agricultura Costera Andina (AGRI)**

En el área de estudio la cobertura vegetal correspondiente a agricultura costera andina está presente desde el Km 164 hasta el Km 170, esta cobertura corresponde a todas las áreas donde se realiza actividad agropecuaria, así mismo comprenden los cultivos bajo riego y en seco, tanto anuales como permanentes, los cultivos más recurrentes fueron: papa, maíz y menestras; este tipo de cultivos no ayudan a proteger el suelo.

#### **b) Pendiente**

En el área de estudio se pueden encontrar diferentes pendientes, se clasifico la pendiente en las siguientes escalas y en grados: Menor a 5°, Entre 5° a 15°, Entre 15° a 25°, Entre 25° a 45° y Mayor a 45° tal como nos recomienda el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (CENEPRED, 2014). (Ver anexo MP – 03)

#### **c) Geología**

En nuestra zona de estudio que está comprendida del tramo del km 160 + 00 hasta el km 170 + 00, encontramos formaciones pertenecientes al cretáceo inferior entre ellas destacan las pertenecientes a la formación inca, formación chulec y al grupo Goyllarisquizga que está conformado por las Formaciones Farrat, Carhuaz, Santa y Chimú (Cruzado & Crisólogo, 2009). (Ver anexo MP – 05)

**Tabla 14.-** Formaciones existentes en el área de estudio

Ubicación de la formación			Formación
Km 160 + 000	hasta	Km 164 + 600	Formación chimú (Ki – Chim)
Km 164 + 600	hasta	Km 164 + 800	Formación santa (Ki – sa)
Km 164 + 800	hasta	Km 165 + 800	Formación Carhuaz (Ki – ca)
Km 165 + 800	hasta	Km 167 + 700	Formación farrat (Ki – f)
Km 167 + 700	hasta	Km 168 + 000	Formación inca (Ki – in)
Km 168 + 000	hasta	Km 169 + 700	Formación chulec (Ki-chu)
Km 169 + 700	hasta	Km 170 + 000	Formación chimú (Ki – Chim)

**d) Suelos**

Se obtuvieron cinco (05) muestras representativas de suelo, se identificaron y colocaron en bolsas plásticas; posteriormente fueron llevadas al laboratorio donde se realizaron los siguientes ensayos: análisis granulométrico (NTP 339.128), límite líquido y límite plástico (NTP 339.129), con los resultados se clasificó el suelo mediante el sistema American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS).

Según Poma y Alcántara (2011) un suelo con grano fino es más susceptible a deslizarse que un suelo con grano grueso, entonces según la clasificación SUCS y el tamaño de grano se distinguen las siguientes clases de suelo. (Ver anexo MP – 04)

En la tabla N°15 se indica el resultado de la plasticidad y análisis granulométrico, con los cuales se clasificó el suelo según la clasificación SUCS y AASHTO.

**Tabla 15.-** Clasificación del suelo – Sistema SUCS y AASHTO

Muestra	% pasa 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
M – 1	0.44	26	22	4	SM - SC	A – 4 (2)
M – 2	0.35	35	25	10	SC	A – 2 – 4 (0)
M – 3	0.58	46	28	18	CL	A – 7 – 6 (5)
M – 4	0.32	38	24	14	GC	A – 2 – 6 (1)
M – 5	0.32	39	25	14	SC	A – 2 – 6 (1)

### **d.1. Limos y arcillas**

En el área de estudio se encontraron arcillas inorgánicas con débil o mediana plasticidad desde el Km 165 hasta el Km 167, asimismo el tamaño de los granos que componen este suelo es fino.

### **d.2. Arenas**

En el área de estudio se encontraron arenas limo arcillosas desde el Km 160 hasta el Km 165 y arenas arcillosas desde el Km 169 hasta el Km 170, asimismo el tamaño de los granos que componen este suelo es moderadamente fino.

### **d.3. Gravav**

En el área de estudio se encontraron gravas arcillosas desde el Km 167 hasta el Km 169, asimismo el tamaño de los granos que componen este suelo es moderadamente grueso.

### **3.4.3.2. Factores Desencadenantes**

La precipitación fluvial se consideró como factor desencadenante porque desencadena el deslizamiento de laderas.

#### **a) Precipitación Fluvial**

Las precipitaciones presentadas en los anexos se basan en los registros de la estación Augusto Weberbauer de Cajamarca, La Victoria y San Juan registradas en 33 años desde el año de 1978 hasta el año de 2010. (Ver anexo MP – 06).

### **3.4.4. Evaluación del peligro**

Con la información proporcionada y el procedimiento descrito en el ítem 3.4.3 se evaluó el peligro al que están expuestos los moradores del área de estudio, con la ayuda del software ArcGIS 10.3. Los resultados correspondientes a los niveles de peligro se muestran en la tabla N° 16 y el mapa MP – 07.

**Tabla 16.- Nivel de peligro en la zona de estudio**

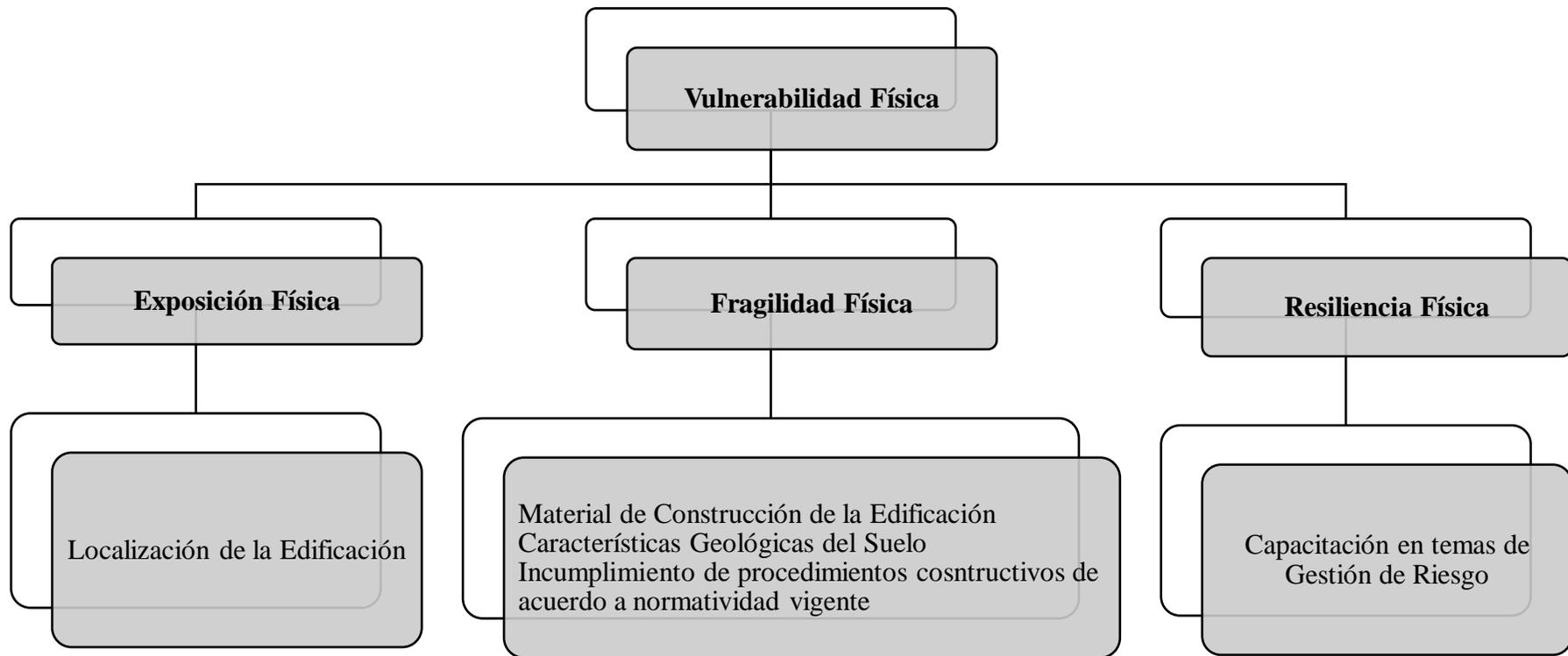
<b>NIVEL DE PELIGRO</b>	<b>AREA (Ha)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Alto	186.82	68 %
Muy alto	88.99	32 %
<b>TOTAL</b>	<b>275.81</b>	<b>100 %</b>

### **3.4.5. Metodología de evaluación de la vulnerabilidad**

Cabe resaltar que este proyecto de investigación evaluara únicamente la vulnerabilidad física, debido a que durante la etapa de campo se observó la mayor cantidad de deficiencias en ese tipo de vulnerabilidad.

Según el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (CENEPRED, 2014) se considera la siguiente metodología:

- ✚ Identificar los elementos expuestos en zonas susceptibles al peligro por deslizamiento de laderas. En el área de estudio se identificaron mediante las fichas de peligro y las encuestas directa a los moradores del área de estudio. La figura N°15 muestra los factores de la vulnerabilidad física, con sus respectivos parámetros para cada factor.



**Figura 15.-** Factores de la vulnerabilidad física

- La exposición física está definida por el parámetro: localización de la edificación, la tabla N° 17 indica sus descriptores y sus respectivos pesos según el manual para la evaluación de riesgos por fenómenos naturales (CENEPRED, 2014). El valor de la exposición física se determina usando la ecuación N°04.

**Ecuación 4.-** Valor de la exposición física

$$V_{EXPFIS} = P_{PAR} * P_{DES}$$

Donde  $P_{PAR}$ : peso del parámetro y  $P_{DES}$ : peso del descriptor

**Tabla 17.-** Parámetro N°01 de la exposición física y sus descriptores (CENEPRED, 2014)

Parámetro N°01				
Localización de la edificación				
<b>DESCRIPTORES</b>	<b>D1</b>	Muy cercana 0 Km – 0.2 Km	<b>PD1</b>	0.503
	<b>D2</b>	Cercana 0.2 Km – 1 Km	<b>PD2</b>	0.260
	<b>D3</b>	Medianamente cerca 1 Km – 3 Km	<b>PD3</b>	0.134
	<b>D4</b>	Alejada 3 Km – 5 Km	<b>PD4</b>	0.068
	<b>D5</b>	Muy alejada > 5 Km	<b>PD5</b>	0.035

- La fragilidad física está definida por los parámetros: material de construcción utilizada en viviendas, características geológicas del suelo e incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente. Las tablas N° 18, 19 y 20 indican sus descriptores para cada parámetro y sus respectivos pesos según el manual para la evaluación de riesgos por fenómenos naturales (CENEPRED, 2014). El valor de la fragilidad física se determina usando la ecuación N°05.

**Ecuación 5.-** Valor de la fragilidad física

$$V_{FRAFIS} = P_{PAR1} * P_{DES1} + P_{PAR2} * P_{DES2} + P_{PAR3} * P_{DES3}$$

Donde  $P_{PAR}$ : peso del parámetro y  $P_{DES}$ : peso del descriptor

**Tabla 18.-** Parámetro N°01 de la fragilidad física y sus descriptores (CENEPRED, 2014)

<b>Parámetro N°01 de fragilidad física</b>				
Material de construcción utilizada en viviendas				
<b>DESCRIPTORES</b>	<b>D1</b>	Estera/Cartón	<b>PD1</b>	0.503
	<b>D2</b>	Madera	<b>PD2</b>	0.260
	<b>D3</b>	Quincha (caña con barro)	<b>PD3</b>	0.134
	<b>D4</b>	Adobe o tapial	<b>PD4</b>	0.068
	<b>D5</b>	Ladrillo o bloque de cemento	<b>PD5</b>	0.035

**Tabla 19.-** Parámetro N°02 de la fragilidad física y sus descriptores (CENEPRED, 2014)

<b>Parámetro N°02 de fragilidad física</b>				
Características geológicas del suelo				
<b>DESCRIPTORES</b>	<b>D1</b>	Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, napa freática alta, turba, material inorgánico, etc)	<b>PD1</b>	0.503
	<b>D2</b>	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante.	<b>PD2</b>	0.260
	<b>D3</b>	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante.	<b>PD3</b>	0.134
	<b>D4</b>	Zona ligeramente fracturada, suelos de alta capacidad portante.	<b>PD4</b>	0.068
	<b>D5</b>	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas.	<b>PD5</b>	0.035

**Tabla 20.-** Parámetro N°03 de la fragilidad física y sus descriptores (CENEPRED, 2014)

<b>Parámetro N°03 de fragilidad física</b>				
Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente				
<b>DESCRIPTORES</b>	<b>D1</b>	80% - 100%	<b>PD1</b>	0.503
	<b>D2</b>	60% - 80%	<b>PD2</b>	0.260
	<b>D3</b>	40% - 60%	<b>PD3</b>	0.134
	<b>D4</b>	20% - 40%	<b>PD4</b>	0.068
	<b>D5</b>	0% - 20%	<b>PD5</b>	0.035

- La resiliencia física está definida por el parámetro: capacitación en temas de gestión de riesgo, la tabla N° 21 indica sus descriptores y sus respectivos pesos según el manual para la evaluación de riesgos por fenómenos naturales (CENEPRED, 2014). El valor de la resiliencia física se determina usando la ecuación N°06.

**Ecuación 6.-** Valor de la Resiliencia Física

$$V_{RESFIS} = P_{DESC} * P_{PAR}$$

Donde  $P_{PAR}$ : peso del parámetro y  $P_{DES}$ : peso del descriptor

**Tabla 21.-** Parámetro N°01 de la resiliencia física y sus descriptores (CENEPRED, 2014)

<b>Parámetro N°01 de resiliencia física</b>				
Capacitación en temas de gestión de riesgo				
<b>DESCRIPTORES</b>	<b>D1</b>	La totalidad de la población no cuenta ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en temas concernientes a gestión de riesgo.	<b>PD1</b>	0.503
	<b>D2</b>	La población esta escasamente capacitada en temas concernientes a gestión de riesgo, siendo su difusión y cobertura escasa.	<b>PD2</b>	0.260
	<b>D3</b>	La población es capacitada con regular frecuencia en temas concernientes a gestión de riesgo, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	<b>PD3</b>	0.134
	<b>D4</b>	La población es capacitada constantemente en temas concernientes a gestión de riesgo, siendo su difusión y cobertura total.	<b>PD4</b>	0.068
	<b>D5</b>	La población es capacitada constantemente en temas concernientes a gestión de riesgo, actualizándose, participando en simulacros, siendo su difusión y cobertura total.	<b>PD5</b>	0.035

✚ El valor de la vulnerabilidad se obtiene a través de la ecuación N°07.

**Ecuación 7.-** Ecuación de la Vulnerabilidad

$$Vulnerabilidad = V_{EXP FIS} * P_{EXP FIS} + V_{FRAFIS} * P_{FRAFIS} + V_{RES FIS} * P_{RES FIS}$$

**3.4.6. Evaluación de la Vulnerabilidad**

Con la información proporcionada y el procedimiento descrito en el ítem 3.4.5 se evaluó la vulnerabilidad con la ayuda del software ArcGIS 10.3. Los resultados correspondientes a los niveles de vulnerabilidad se muestran en la tabla N° 22 y en los mapas MP – 08 hasta MP – 13.

**Tabla 22.-** Nivel de vulnerabilidad en la zona de estudio

NIVEL DE VULNERABILIDAD	CANTIDAD (VIVIENDAS)	PORCENTAJE (%)
Alto	22	22 %
Muy alto	78	78 %
<b>TOTAL</b>	100	100 %

### 3.4.7. Metodología de evaluación del riesgo

✚ El valor del riesgo se obtiene a través de la ecuación N°08.

**Ecuación 8.-** Calculo del riesgo

$$Riesgo = Peligro * Vulnerabilidad$$

### 3.4.8. Evaluación del riesgo

Con el peligro y la vulnerabilidad determinados, la evaluación del riesgo se determinó multiplicando vectorialmente los parámetros mencionados anteriormente en el software ArcGIS 10.3, el cual nos muestra los siguientes niveles de riesgo a los que se encuentran sometidos los moradores del área de estudio y su medio físico. Los mapas correspondientes al riesgo son MP – 14 hasta MP – 19.

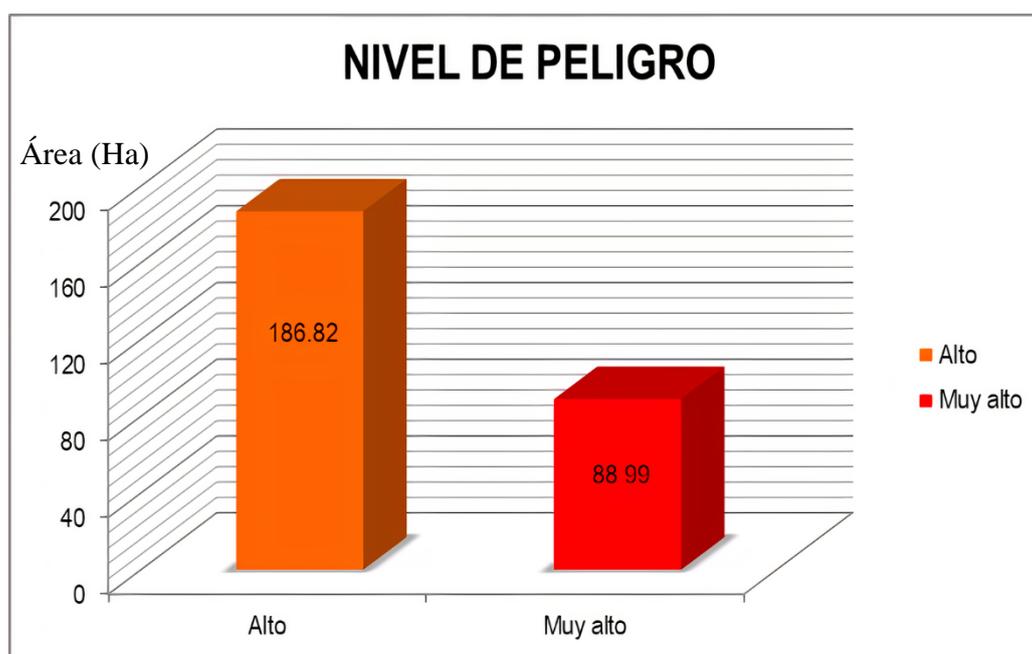
**Tabla 23.-** Nivel de riesgo en el área de estudio

NIVEL DE RIESGO	CANTIDAD (VIVIENDAS)	PORCENTAJE (%)
Alto	24	24 %
Muy alto	76	76 %
<b>TOTAL</b>	100	100 %

## CAPITULO 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Peligro

La tabla N° 16 y la figura N° 16 muestran el nivel de peligro que presenta la zona de estudio, se observa que de un total de 275.81 Ha, el 68% (186.82 Ha) presenta un nivel de peligro **MUY ALTO** y el 32% (88.99 Ha) presenta un nivel de peligro **ALTO**.

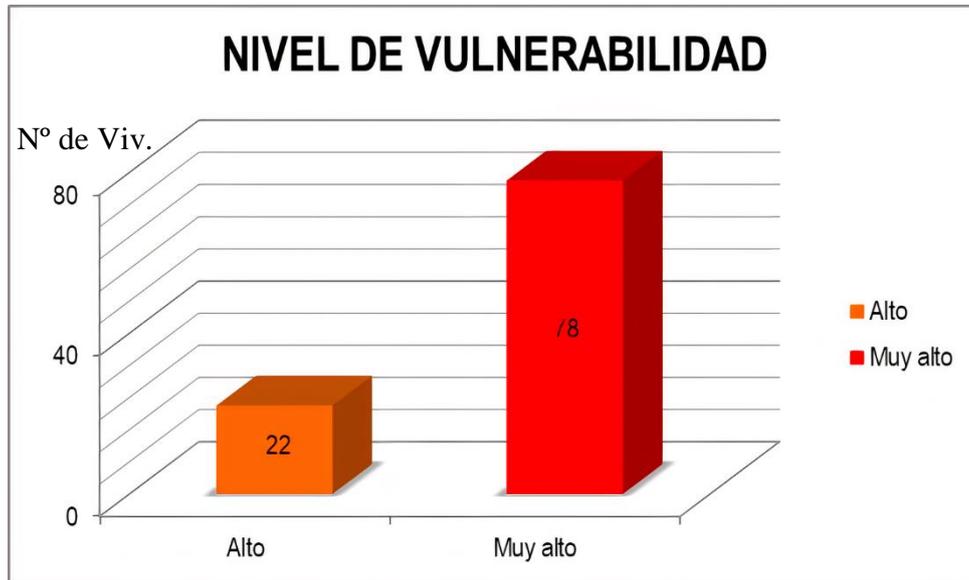


**Figura 16.-** Nivel de peligro en la zona de estudio

Un nivel de peligro MUY ALTO y ALTO implica un terreno abrupto, asimismo sus laderas están compuestas por materiales finos (arenas y limos) además poseen zonas de falla con presencia de meteorización y escasa cobertura vegetal. Estos factores las vuelven zonas muy inestables y por ende, los moradores de esta área de estudio están en la posibilidad (MUY ALTA) de ser afectados por un deslizamiento debido a la inestabilidad de laderas. Todos los datos registrados en la tabla N° 16 y la figura N° 16 se muestran en el mapa MP – 07 en la parte de anexos.

## 4.2. Vulnerabilidad

La tabla N° 22 y la figura N° 17 muestran el nivel de vulnerabilidad que presentan los moradores y su entorno físico (viviendas), se observa que, de un total de 100 viviendas evaluadas, el 78% presenta un nivel de vulnerabilidad **MUY ALTO** y el 22% presenta un nivel de vulnerabilidad **ALTO**.



**Figura 17.-** Nivel de vulnerabilidad en la zona de estudio

Un nivel de vulnerabilidad **MUY ALTO** y **ALTO** implica que el material predominante en la construcción de las viviendas es adobe, asimismo el proceso constructivo de estas viviendas difiere del reglamento actual (R.N.E). Cabe resaltar que las viviendas están ubicadas en zonas inestables y los moradores de estas viviendas poseen casi o ningún conocimiento sobre la gestión de riesgo de desastres. En caso de producirse un deslizamiento, los moradores y su entorno físico (viviendas) están en la posibilidad (**MUY ALTA**) de ser perjudicados por este peligro (deslizamiento). Todos los datos registrados en la tabla N° 22 y la figura N° 17 se muestran en los mapas MP – 08 al MP - 13 en la parte de anexos.

### 4.3. Riesgo

La tabla N° 23 y la figura N° 18 muestran el nivel de riesgo que presentan los moradores y su entorno físico (viviendas) en la zona de estudio, se observa que, de un total de 100 viviendas, el 76% presenta un nivel de riesgo **MUY ALTO** y el 24% presenta un nivel de riesgo **ALTO**.



**Figura 18.-** Nivel de riesgo en la zona de estudio

Un nivel de riesgo **MUY ALTO** y **ALTO** implica que de presentarse un deslizamiento habría pérdidas de vidas humanas y económicas (viviendas inhabitables, carreteras dañadas y alumbrado público severamente dañado). Todos los datos registrados en la tabla N° 23 y la figura N° 18 se muestran en los mapas MP – 14 al MP - 19 en la parte de anexos.

### 4.4. Discusión de resultados contrastados con la hipótesis

Los factores condicionantes como la cobertura vegetal, la pendiente, los suelos, la geología; generan una zona con ciertas características de inestabilidad, que al interactuar con las intensas precipitaciones características (factor desencadenante) y vibraciones que generan los vehículos de transporte pesado; dan como resultado una inestabilidad de taludes, y esto combinado con la vulnerabilidad física de las edificaciones existente en el área de estudio genera un alto riesgo de daño y pérdida de vidas humanas. La hipótesis planteada es aceptada como válida.

#### 4.5. **Discusión de resultados contrastados con antecedentes teóricos**

- Según Suarez (2013) en su libro “Deslizamientos – Análisis Geotécnico” concluye que las laderas o taludes que han persistido estables durante muchos años pueden fallar debido a cambios sísmicos, topográficos, resistencia del suelo, flujos de agua subterránea, meteorización, factores antrópicos o naturales que transformen su estado natural de estabilidad. Estos resultados se cotejan con los obtenidos en la presente investigación, en el cual durante una temporada de precipitaciones altas el peligro aumenta debido al aumento del nivel freático, cambios de relieve.
- Según Delgado et al. (2006) en su tesis magistral: “Evaluación de la susceptibilidad de las laderas a sufrir inestabilidades inducidas por terremotos: aplicación a la cuenca de drenaje del río Serpis, provincia de Alicante”; obtuvieron como resultado final que: El análisis de la distribución espacial de las zonas de mayor susceptibilidad y su relación con las vías de comunicación y usos del suelo, pone al descubierto que existen puntos donde concurren ambos elementos. Como consecuencia el riesgo necesitará ser evaluado en este sector, integrando más datos y, a una escala de detalle mayor. Este resultado contrasta con los resultados obtenidos, ya que la mayoría de las edificaciones estudiadas están cerca de taludes peligrosos esto hace que el riesgo sea muy alto.
- Según Rodríguez (2011) en su tesis de grado: “Gestión de riesgos de desastres. Aplicación a la carretera Cañete – Chupaca: Tramo Km 114 + 000 al Km 129 + 000. Determinación de Peligros” concluye que los peligros más importantes que afectan la carretera son los siguientes: los derrumbes o deslizamientos, inundación y los sismos. Producto de ello y de la vulnerabilidad existente se presenta un nivel de riesgo alto. Por lo tanto, se debe tomar medidas de prevención y mitigación para evitar que la carretera se deteriore severamente y quede fuera de servicio. Este resultado coincide con el de la presente investigación ya que la carretera Cajamarca – Gavilán cuenta con poco o nada de mantenimiento de los taludes y esto pone en alto riesgo a los moradores de las zonas aledañas a la carretera y a su medio físico.

- Según Castro (2017) en su tesis de grado: “Evaluación de riesgos geológicos de la zona urbana, Distrito de Ollachea – Carabaya” llega a la siguiente conclusión, que: Los peligros se ubican principalmente en las faldas de los cerros, así como en lugares de pendientes bajas a medias, donde las condiciones litológicas han sido afectadas por procesos geológicos como la meteorización física y en algunos casos por acción antrópica. De acuerdo a lo identificado en las Quebradas en la periferia urbana del distrito de Ollachea, es posible inferir que los movimientos en masa de gran magnitud (huaycos) se dieron de manera excepcional, no registrada en gran magnitud en los últimos 10 años, sin embargo, debemos tener en cuenta que estos procesos son cíclicos. Este resultado coincide con el de la presente investigación ya que mientras más nos acercamos a la zona del Gavilán el riesgo de las edificaciones también aumenta producto de la falta de cobertura vegetal, la variación de la pendiente, el material de los suelos y las formaciones geológicas.
- Según Alcántara (2016) en su tesis de grado: “Evaluación geotécnica del deslizamiento el naranjo en Cajamarca” llegó a la conclusión que: Las zonas contiguas al deslizamiento presentan propiedades geotécnicas parecidas, esto puede desencadenar nuevos movimientos en masa en la zona; así mismo, todo el trayecto del Abra el Gavilán a Magdalena ya muestra señales de inestabilidad (grietas de tracción, fracturamiento, inclinación de árboles). Este resultado coincide con el resultado de esta investigación ya que todas las formaciones geológicas de la zona de estudio son antiguas y presentan fracturamientos y grietas produciendo así inestabilidad en las laderas de la zona de estudio.

## CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- ✓ De 100 viviendas evaluadas en la zona de estudio, 76 viviendas están en MUY ALTO riesgo y 24 en ALTO riesgo de sufrir daños socioeconómicos a causa de un deslizamiento.
- ✓ Los parámetros usados para evaluar el deslizamiento fueron: la cobertura vegetal, la pendiente, los suelos y la geología; estos parámetros fueron escogidos en base al análisis de campo en la zona de estudio.
- ✓ La susceptibilidad, peligro, vulnerabilidad y riesgo en la zona de estudio están entre los niveles alto y muy alto.
- ✓ La zona de estudio es geodinámicamente activa, durante la fase de campo se identificaron deslizamientos los cuales se ubican principalmente en las laderas tanto en zonas de pendientes medias a bajas, donde las cualidades litológicas han sido afectadas por la meteorización física y por acción antrópica.
- ✓ Las viviendas en el área de estudio poseen deficiencias estructurales, esto sumado a la incapacidad de reacción de los moradores ante un peligro elevan la vulnerabilidad.
- ✓ El peligro, la vulnerabilidad y el riesgo se relacionan entre si mediante la siguiente ecuación:  $R = P \times V$ , esta ecuación es interpretada por el software ArcGIS como un proceso, el cual nos indica mediante colores (verde, amarillo, naranja y rojo) las zonas de bajo, medio, alto y muy alto riesgo respectivamente.
- ✓ El proceso de análisis jerárquico (AHP) es fundamental en este tipo de investigaciones ya que permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común, asimismo permite verificar el índice de consistencia y realizar correcciones respecto a la importancia relativa de un parámetro sobre otro.
- ✓ Proteger los taludes inestables contra la erosión y el deslizamiento mediante forestación y la variación en las prácticas agrícolas de riego por inundación mediante sistemas tecnificados como el sistema por goteo o sistema de aspersion pueden generar un fortalecimiento de las capas superiores de la zona con tendencia a deslizarse, aminorando el impacto a mediano plazo.

- ✓ Resaltar la importancia de la prevención en este tipo de peligros (deslizamientos) que atentan contra la vida de las personas, en ese sentido se proponen algunas medidas para disminuir estos niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo:
  - Modificar la forma del talud y su pendiente mediante un sistema de pircas o andenerías para generar mayor estabilidad.
  - Construir muros de contención (concreto armado) en la parte inferior de las zonas deslizantes, para así evitar un deslizamiento mayor.
  - Reducir y controlar la infiltración de las aguas en los terrenos abruptos propensos a deslizarse mediante la impermeabilización a fin de disminuir el nivel freático y aumentar la fricción en la superficie de falla.
  - Concientizar a los moradores del área de estudio sobre los peligros a los que se exponen al ubicar sus viviendas en zonas inseguras y emplear procesos constructivos deficientes.

## **5.2. Recomendaciones**

- ✓ Extender los estudios expuestos en esta tesis a una escala de detalle, considerando más parámetros para caracterizar el peligro, y realizando estudios geotécnicos, geofísicos e hidrogeológicos permitirá determinar el tipo de medida correctiva a ser aplicada, asimismo se debe realizar monitoreos de la zona con la intención de prevenir perjuicios que atenten contra la vida de los pobladores.
- ✓ La presente investigación solo analizo la vulnerabilidad física por lo que se recomienda complementar con estudios de la vulnerabilidad social, educativas, económica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcántara Quispe, E. R. (2016). *Evaluación Geotécnica del Deslizamiento El Naranjo - Distrito de Magdalena, Provincia de Cajamarca*. Cajamarca, Perú: Gobierno Regional de Cajamarca.
- Bonachea Pico, J. (2006). *Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos*. Santander.
- Brabb, E. E., & Harrod, B. L. (1989). *Landslides: Extent and economic significance: Proc. 28th International Geological Congress: Symposium on landslides*. Rotterdam, Netherlands.
- Braja M., D. (1985). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Sacramento, California.
- Castro Mendoza, R. (2014). *Evaluación del riesgo de desastres por peligros naturales y antrópicos del área urbana del distrito de Punta Hermosa*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Castro Quispe, M. (2017). *Evaluación de Riesgos Geológicos de la Zona Urbana, Distrito de Ollachea - Carabaya*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- CENAPRED. (2001). *Inestabilidad de laderas*. México.
- CENEPRED. (2014). *Manual para elaboración de riesgos originados por fenómenos naturales, 2da versión*. Lima.
- Cerdán Moreno, C. A. (2018). *Estudio de Evaluación del Riesgo de Desastres y Vulnerabilidad al Cambio Climático*. Cajamarca, Perú: Gobierno Regional de Cajamarca.
- Chang Chang, L., & Alva Hurtado, J. (1991). *Deslizamientos y aluviones en el Perú*. Lima: Centro peruano-japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres.
- Cruden, D. (1991). *A Simple Definition of a Landslide Bulletin of the International Association of Engineering Geology*.
- Cruden, D., & Varnes, D. (1996). *Landslide Types and Mitigation*. Washington.
- Cruzado, G., & Crisólogo, M. (2009). *Estudio de Geología*. Cajamarca.

- Delgado; et al. (2006). *Evaluación de la susceptibilidad de las laderas a sufrir inestabilidades inducidas por terremotos. Aplicación a la cuenca de drenaje del río Serpis*. Alicante, España.
- Hernández Atencia, Y., & Ramirez Arcía, H. (2016). *Risk Assessment of Physical Vulnerability due to hillside and unstable slopes in the Cay creek watershed, Ibagué*. Tolima, Colombia.
- Hough, B. (1957). *Basic Soils Engineering*. Nueva York: The Ronal Press Company.
- INDECI. (2011). *Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa en laderas*. Lima.
- INDECI. (2016). *Manual para la elaboración del mapa comunitario de riesgo, Nivel Intermedio*. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente. (2011). *Memoria descriptiva del Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú*. Lima, Perú: Biblioteca Nacional.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal: Memoria Descriptiva*. Lima, Perú.
- Montoya Toroverero, F. R. (2014). *Evaluación Geotécnica de los Taludes de la carretera Cruz Blanca - El Gavilán*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Oliva Gonzáles, A. O., & González Olhmeir, J. A. (2015). *Evaluación del riesgo por inestabilidad de laderas*. Tijuana.
- Poma Rojas, W., & Alcántara Boñon, G. (2011). *Estudio de Suelos y Capacidad de Uso mayor del Departamento de Cajamarca*. Cajamarca, Perú.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional.
- Renda, E., Rozas Garay, M., Moscardini, O., & Torchia, N. P. (2017). *Manual para la elaboración de mapas de Riesgo*. Buenos Aires: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo.

- Rodríguez Portocarrero, H. A. (2011). *Gestión de riesgos de desastres. Carretera Cañete - Chupaca, Análisis de Riesgos aplicado al tramo del Km. 114+000 al Km. 129+000*. Lima, Perú: Universidad Nacional de ingeniería.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. N.Y.: McGraw-Hill Book Co.
- Servicio Geológico Colombiano. (2016). *Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa*. Bogotá, Colombia.
- Suárez Díaz, J. (2013). *Deslizamientos. Tomo I: Análisis Geotécnico*. Bucaramanga, Colombia.
- Toro Irureta, J. (2014). *Evaluación de la Inestabilidad de Taludes en la Carretera Las Pirias - Cruce Lambayeque, San Ignacio*. Jaén, Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Zavala C., B., & Barrantes, R. (2007). *Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Cajamarca*. Lima, Perú: Instituto Geológico Minero y Metalurgico.

## ANEXOS

### Anexo N° 01.- Datos meteorológicos - precipitaciones

**Tabla 24.-** Precipitaciones Medias Mensuales La Victoria (1996 - 2010)

ESTACION		Distrito:		Cajamarca			Latitud:		7.1864	Max (mm)	134.4	
LA VICTORIA		Provincia:		Cajamarca			Longitud:		78.4575	Min (mm)	31.1	
		Departamento:		Cajamarca			Altitud:			Periodo	1996 - 2010	
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1996	59.8	100.5	-	54.0	21.0	-	0.3	12.4	10.1	74.9	29.2	38.0
1997	68.0	107.0	33.1	-	9.4	10.5	0.0	0.0	44.4	63.7	62.2	134.4
1998	88.2	1.9	89.9	69.1	15.5	4.5	0.0	10.4	18.8	52.6	17.0	67.3
1999	71.0	173.2	53.6	70.4	43.4	26.2	24.9	2.7	66.3	32.4	46.6	44.9
2000	38.0	102.8	99.0	85.9	34.7	13.9	-	14.8	38.3	0.5	27.6	99.5
2001	194.8	65.0	190.3	41.6	43.8	2.5	5.9	0.0	35.6	48.9	43.8	113.5
2002	22.7	50.8	174.6	74.1	9.7	8.9	6.8	0.0	13.1	94.1	72.6	74.5
2003	62.4	58.2	101.8	34.2	18.4	20.8	1.6	3.8	11.7	41.2	62.1	39.9
2004	30.5	66.3	54.5	41.4	28.6	2.6	9.7	7.7	16.8	61.2	-	-
2005	43.1	48.3	148.8	56.9	1.6	0.8	1.0	0.5	11.3	74.3	8.7	53.0
2006	96.5	65.7	166.8	22.8	6.3	12.7	0.7	8.1	-	-	62.5	106.2
2007	59.8	13.6	111.4	96.5	21.4	1.1	5.8	5.7	7.2	69.8	67.7	69.8
2008	77.6	81.4	69.3	49.8	20.7	11.0	1.8	12.1	35.9	34.6	44.2	36.0
2009	139.5	65.6	96.8	23.6	29.5	10.2	14.9	4.1	9.5	40.5	51.0	67.6
2010	38.1	96.8	73.1	-	19.0	8.5	1.2	1.5	16.3	32.0	42.8	31.1

ZEEOT Región Cajamarca

**Tabla 25.-** Precipitaciones Medias Mensuales Augusto Weberbauer (1978 – 2010)

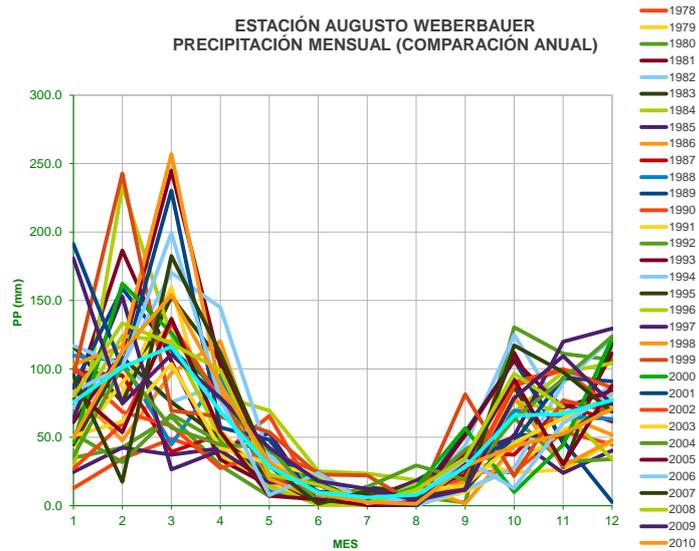
ESTACIÓN		Distrito:		Cajamarca			Latitud:		7.1666	Max (mm)	129.4	
AUGUSTO WEBERBAUER		Provincia:		Cajamarca			Longitud:		78.4848	Min (mm)	2.7	
		Departamento:		Cajamarca			Altitud:			Periodo	1978 - 2010	
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1978	12.7	34.4	48.8	37.0	65.6	3.9	4.4	3.8	25.0	24.4	54.0	44.8
1979	84.1	81.6	159.7	37.1	16.3	1.8	7.5	15.7	33.6	24.4	26.3	46.6
1980	34.9	42.4	65.0	29.3	6.9	15.1	3.2	6.7	2.3	130.4	111.0	106.7
1981	78.2	186.5	105.7	33.7	14.7	6.6	7.2	12.7	22.0	111.9	45.6	111.3
1982	71.7	102.9	75.7	88.7	38.2	7.8	2.1	6.6	43.9	124.8	67.3	87.4
1983	116.6	75.7	152.8	105.7	31.1	10.1	9.6	2.7	19.2	86.9	28.1	118.4
1984	24.7	233.6	123.8	80.0	69.5	25.1	23.4	18.7	36.7	68.6	97.6	104.1
1985	24.6	42.4	37.2	41.9	53.0	0.4	4.8	18.3	37.3	50.0	23.9	40.3
1986	84.4	47.7	96.8	120.2	16.2	0.6	1.2	14.6	1.3	43.6	66.2	51.8
1987	98.2	95.2	39.2	52.2	9.1	4.0	10.8	12.3	39.5	37.2	74.3	61.5
1988	109.7	105.5	44.8	95.6	10.6	5.4	0.0	0.4	32.9	69.4	65.2	63.4
1989	87.0	158.8	113.5	85.4	18.8	16.7	3.2	5.9	53.5	106.6	47.1	2.7
1990	101.8	68.5	58.3	27.4	39.5	24.6	0.8	7.1	20.1	87.6	99.1	72.3
1991	43.8	90.0	133.7	55.2	17.9	0.7	0.4	0.3	10.2	28.2	55.1	71.9
1992	52.6	31.8	66.6	46.5	18.9	21.2	4.6	10.0	40.8	64.0	32.0	34.1
1993	61.0	112.2	245.0	102.9	30.2	1.9	3.3	2.9	51.4	106.3	71.4	84.1
1994	116.9	103.1	170.2	144.9	35.3	3.3	0.0	0.2	11.9	27.2	89.8	122.6
1995	44.7	108.3	75.7	49.7	20.6	1.7	13.2	10.8	11.5	51.8	50.5	76.4
1996	65.2	124.0	120.1	50.4	13.7	0.8	0.5	15.8	13.9	76.2	68.8	34.1
1997	63.8	152.9	26.5	40.4	17.0	15.4	0.2	0.0	27.4	50.8	119.9	129.4
1998	103.0	116.5	257.0	83.9	19.6	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	47.9
1999	94.8	242.7	69.5	65.0	53.7	22.8	22.1	1.2	81.4	21.7	77.0	68.8
2000	46.0	162.3	126.3	77.3	40.5	15.6	2.1	13.4	56.6	9.9	44.5	122.3
2001	191.2	100.8	230.2	57.2	48.1	2.3	13.9	0.0	34.4	46.2	93.4	90.9
2002	27.0	60.0	133.1	77.2	23.0	8.8	10.7	3.4	14.6	90.3	99.9	86.1
2003	51.1	61.4	103.6	42.1	30.7	22.3	1.8	10.6	14.8	46.0	63.8	80.7
2004	36.1	102.0	56.9	44.5	42.4	2.1	13.8	29.4	19.0	63.4	92.6	123.7
2005	84.9	53.7	136.6	54.0	7.2	4.5	0.6	3.5	31.2	92.3	30.0	87.8
2006	83.2	101.6	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7
2007	95.4	17.5	182.4	111.5	29.0	1.4	10.7	6.4	11.6	117.2	97.6	68.8
2008	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.4	2.3	11.7	34.7	96.5	72.2	-
2009	180.7	74.6	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2
2010	49.5	112.9	154.0	88.4	31.6	8.6	2.6	1.3	28.9	43.4	52.5	70.8

ZEEOT Región Cajamarca

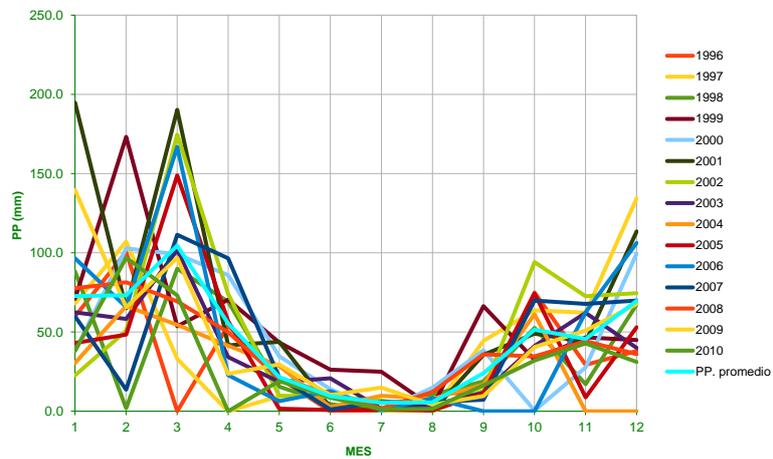
**Tabla 26.- Precipitaciones Medias Mensuales San Juan (1978 - 2010)**

ESTACION		Distrito:		Cajamarca			Latitud:		7.2881	Max (mm)	279.9	
SAN JUAN		Provincia:		Cajamarca			Longitud:		78.4911	Min (mm)	0	
		Departamento		Cajamarca			Altitud:			Periodo	1978 - 2010	
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1978	16.3	131.1	115.2	61.1	58.5	0.0	5.3	0.0	31.1	22.7	32.6	62.4
1979	99.5	125.8	282.7	35.0	7.4	1.0	0.0	5.2	23.8	0.0	19.6	23.0
1980	36.8	50.5	135.6	73.6	2.0	6.4	0.0	2.6	3.3	123.9	73.1	79.5
1981	133.3	311.5	180.9	26.3	8.5	0.0	0.0	4.8	0.0	87.9	77.2	98.2
1982	98.5	110.8	111.7	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	78.2	38.0	106.2
1983	123.0	72.4	276.9	166.6	9.2	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96.8
1984	52.6	318.5	182.8	56.4	59.3	16.2	8.5	0.0	0.0	35.9	0.0	38.4
1985	33.6	65.5	20.7	25.0	15.1	0.0	0.0	0.0	19.0	0.8	20.8	88.1
1986	141.7	107.6	181.8	204.8	16.0	0.0	0.0	9.6	0.0	34.4	103.8	279.9
1987	234.9	182.2	82.1	96.9	2.7	0.0	0.0	9.0	13.3	9.5	64.3	61.0
1988	183.7	171.7	54.8	123.5	4.1	3.7	0.0	6.2	13.1	56.2	98.2	62.9
1989	158.3	289.6	245.3	90.9	15.2	15.2	0.0	1.5	41.3	124.1	9.4	0.0
1990	126.4	115.3	155.7	51.7	30.5	26.9	3.3	0.5	0.7	75.1	134.7	94.8
1991	26.7	91.8	194.3	82.3	8.1	2.0	0.0	0.0	3.9	50.0	38.2	87.1
1992	139.3	55.9	141.5	177.6	46.6	30.3	0.9	2.3	92.3	158.9	46.6	30.5
1993	103.9	199.6	286.5	141.1	27.6	1.2	5.3	2.0	33.8	109.4	80.2	174.6
1994	194.4	199.9	270.7	154.8	38.6	4.2	0.0	0.0	13.9	9.6	65.3	215.7
1995	120.5	211.3	126.2	78.5	26.0	2.9	3.4	0.4	7.4	54.9	52.0	119.8
1996	164.3	204.7	301.4	75.5	10.1	13.0	0.0	6.0	12.1	64.1	32.6	31.7
1997	70.0	182.2	66.5	107.4	21.2	11.7	0.0	0.0	49.1	80.2	136.1	272.4
1998	300.8	421.4	359.5	153.0	47.0	12.3	0.0	5.4	12.1	56.8	20.0	56.1
1999	118.6	520.3	151.5	94.6	67.7	48.0	13.1	0.5	59.8	20.6	74.3	139.6
2000	113.8	302.4	293.1	144.9	71.9	42.7	1.8	5.6	62.6	12.7	49.6	155.5
2001	323.3	128.9	461.8	68.1	42.8	0.6	0.0	0.0	14.0	48.1	125.5	68.9
2002	34.4	211.0	337.3	108.0	13.1	8.6	9.7	0.0	7.4	128.0	106.6	182.8
2003	104.5	118.4	173.1	80.1	37.9	30.2	5.0	1.6	4.6	28.0	49.3	90.4
2004	33.9	226.5	102.5	89.5	35.8	2.5	6.0	1.0	13.7	73.5	71.6	128.8
2005	135.1	114.1	285.5	46.1	9.1	4.0	0.0	1.5	10.6	72.2	24.3	109.1
2006	156.6	195.0	448.6	131.3	5.4	23.9	4.5	5.8	37.6	6.6	76.7	153.8
2007	164.0	72.3	366.8	130.8	13.9	1.5	1.5	6.2	1.6	93.9	86.4	57.4
2008	271.0	301.5	229.4	195.5	30.0	5.2	0.6	10.6	32.7	69.4	101.9	18.4
2009	333.2	268.7	391.8	118.7	50.7	9.6	14.6	2.0	2.0	103.6	114.4	124.5
2010	81.1	188.3	220.4	101.9	42.2	9.6	5.2	0.0	25.8	21.7	64.3	65.7

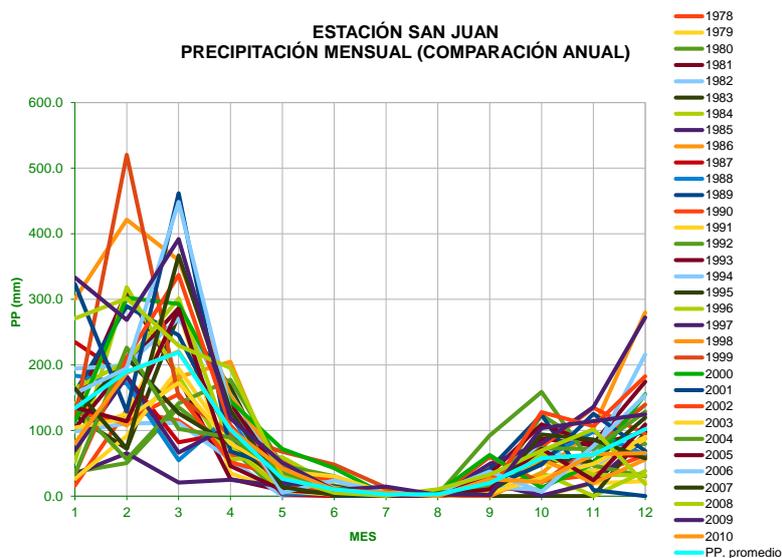
ZEEOT Región Cajamarca



**Figura 19.-** Precipitación mensual (Comparación Anual) - Estación Augusto Weberbauer



**Figura 20.-** Precipitación mensual (Comparación Anual) - Estación La Victoria



**Figura 21.-** Precipitación mensual (Comparación Anual) - Estación San Juan

**Anexo N° 02.- Método de cálculo del proceso de análisis jerárquico (AHP) para elaborar los mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo**

- Según la tabla N° 12 (escala de Saaty) se evalúa la importancia de un parámetro frente a otro.
- El método inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna). La diagonal de la matriz siempre será igual a la unidad.

**Tabla 27.- Matriz de comparación de pares**

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES				
PARÁMETRO	Cobertura Vegetal	Pendiente	Suelos	Geología
Cobertura Vegetal	1.000	3.000	4.000	5.000
Pendiente	0.333	1.000	3.000	5.000
Suelos	0.250	0.333	1.000	3.000
Geología	0.200	0.200	0.333	1.000
Suma	1.783	4.533	8.333	14.000
1/Suma	0.561	0.221	0.120	0.071

- La matriz de normalización muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro.

**Tabla 28.- Vector de priorización**

PARÁMETRO	Cobertura Vegetal	Pendiente	Suelos	Geología	Vector Priorización	Vector Priorización
Cobertura Vegetal	0.561	0.662	0.480	0.357	0.515	51.49 %
Pendiente	0.187	0.221	0.360	0.357	0.281	28.12 %
Suelos	0.140	0.074	0.120	0.214	0.137	13.70 %
Geología	0.112	0.044	0.040	0.071	0.067	6.69 %
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	100.00 %

- Se calcula la relación de consistencia, el cual debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ )

**Tabla 29.- Relación de consistencia**

PARÁMETRO	Suelos	Pendiente	Geología	Cobertura Vegetal	Vector Priorización	Vector Suma Ponderada	$\lambda_{m\acute{a}x}$	Índice de Consistencia (IC)	Relación de Consistencia (RC)
Suelos	1.000	3.000	4.000	5.000	0.515	2.241	4.352		
Pendiente	0.333	1.000	3.000	5.000	0.281	1.198	4.262		
Geología	0.250	0.333	1.000	3.000	0.137	0.560	4.089		
Cobertura Vegetal	0.200	0.200	0.333	1.000	0.067	0.272	4.061		
							4.191	0.064	<b>0.072</b>

- Finalmente se tiene:

**Tabla 30.-** Factores condicionantes – Método de AHP

Factor Condicionante	Cobertura Vegetal	Pendiente	Suelos	Geología	Vector Priorización
Cobertura Vegetal	0.561	0.662	0.480	0.357	0.515
Pendiente	0.187	0.221	0.360	0.357	0.281
Suelos	0.140	0.074	0.120	0.214	0.137
Geología	0.112	0.044	0.040	0.071	0.067

- Según el cálculo anterior se tienen los siguientes resultados para evaluar el peligro:

**Tabla 31.-** Cobertura vegetal– Método de AHP

Cobertura vegetal	Plantación Forestal	Matorral Arbustivo	Jalca	Pajonal Andino	Agricultura costera andina	Vector Priorización
Plantación Forestal	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Matorral Arbustivo	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Jalca	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Pajonal Andino	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Agricultura costera andina	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

**Tabla 32.-** Pendiente – Método de AHP

Pendiente	Menor a 5°	Entre 5° a 15°	Entre 15° a 25°	Entre 25° a 45°	Mayor a 45°	Vector Priorización
Menor a 5°	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Entre 5° a 15°	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Entre 15° a 25°	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Entre 25° a 45°	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Mayor a 45°	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

**Tabla 33.- Suelos– Método de AHP**

Suelos	Fina	Moderadamente Fina	Mediana	Moderadamente Gruesa	Gruesa	Vector Priorización
Fina	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Moderadamente Fina	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Mediana	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Moderadamente Gruesa	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Gruesa	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

**Tabla 34.- Geología – Método de AHP**

Geología	Cretáceo Inferior	Cretáceo Superior	Paleógeno	Neógeno	Cuaternario Aluvial	Vector Priorización
Cretáceo Inferior	0.560	0.428	0.315	0.306	0.360	0.457
Cretáceo Superior	0.280	0.214	0.210	0.184	0.200	0.257
Paleógeno	0.187	0.107	0.105	0.122	0.120	0.150
Neógeno	0.112	0.071	0.052	0.061	0.080	0.087
Cuaternario Aluvial	0.062	0.043	0.035	0.031	0.040	0.049

**Tabla 35.- Precipitación fluvial – Método de AHP**

Precipitación Fluvial	P.M.A – 500mm	P.M.A – 200mm	P.M.A – 100mm	P.M.A – 50mm	P.M.A – Menor a 50mm	Vector Priorización
P.M.A – 500mm	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
P.M.A – 200mm	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
P.M.A – 100mm	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
P.M.A – 50mm	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
P.M.A – Menor a 50mm	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

**Tabla 36.-** Cálculo del valor del factor condicionante

Factores Condicionantes (F.C)							
Cobertura Vegetal (CV)		Pendiente (PEND)		Suelos (S)		Geología (GEOL)	
P_PARCV	P_DESCV	P_PARPEND	P_DESCPEND	P_PARS	P_DESCS	P_PARGEOL	P_DESCGEOL
0.515	0.503	0.281	0.503	0.137	0.503	0.067	0.457
0.515	0.260	0.281	0.260	0.137	0.260	0.067	0.257
0.515	0.134	0.281	0.134	0.137	0.134	0.067	0.150
0.515	0.068	0.281	0.068	0.137	0.068	0.067	0.087
0.515	0.035	0.281	0.035	0.137	0.035	0.067	0.049

**Tabla 37.-** Cálculo del valor de la susceptibilidad

Factores Condicionantes (F.C)		Factor Desencadenante (F.D)		Susceptibilidad	
		Precipitación			
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso
0.500	0.8	0.503	0.2	0.497	0.9
0.260	0.8	0.260	0.2	0.258	0.9
0.135	0.8	0.134	0.2	0.134	0.9
0.069	0.8	0.068	0.2	0.068	0.9
0.036	0.8	0.035	0.2	0.035	0.9

**Tabla 38.-** Cálculo del peligro

Susceptibilidad		Parámetro de Evaluación - Frecuencia		Peligro
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.497	0.9	0.503	0.1	0.501
0.258	0.9	0.260	0.1	0.260
0.134	0.9	0.134	0.1	0.135
0.068	0.9	0.068	0.1	0.069
0.035	0.9	0.035	0.1	0.035

**Tabla 39.-** Nivel del peligro

Nivel	Peligro
Peligro Muy Alto	$0.260 \leq R \leq 0.501$
Peligro Alto	$0.135 \leq R \leq 0.260$
Peligro Medio	$0.069 \leq R \leq 0.135$
Peligro Bajo	$0.035 \leq R \leq 0.069$

**Tabla 40.- Matriz de peligro**

Nivel	Descripción	Rango
<p style="text-align: center;"><b>Peligro Muy Alto</b></p>	<p>Relieve abrupto, escarpado y rocoso. Ausencia de cobertura vegetal 60 – 100 %. Precipitaciones anómalas positivas y negativas mayores a 300%, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).</p>	<p style="text-align: center;"><math>0.260 \leq R \leq 0.501</math></p>
<p style="text-align: center;"><b>Peligro Alto</b></p>	<p>El relieve está formado por mesetas andinas y abundantes lagunas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo. Ausencia de cobertura vegetal 40 - 60 %. Terrenos cultivados de forma permanente. Intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.</p>	<p style="text-align: center;"><math>0.135 \leq R \leq 0.260</math></p>
<p style="text-align: center;"><b>Peligro Medio</b></p>	<p>Relieve rocoso, escarpado y empinado. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Ausencia de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso de suelo: Plantaciones forestales. Precipitaciones anómalas positivas y negativas 50% a 100%, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados</p>	<p style="text-align: center;"><math>0.069 \leq R \leq 0.135</math></p>
<p style="text-align: center;"><b>Peligro Bajo</b></p>	<p>Generalmente plano y ondulado. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Ausencia de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas y negativas menores a 50%, intensidad media en una hora (mm/h) Moderadas: menor a 15. Pendiente menor a 20°, Laderas con materiales poco alterados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.</p>	<p style="text-align: center;"><math>0.035 \leq R \leq 0.069</math></p>

- Según el cálculo anterior se tienen los siguientes resultados para evaluar la vulnerabilidad:

**Tabla 41.- Ponderación de factores de la vulnerabilidad**

<b>Dimensión Física</b>	<b>Vector Priorización</b>
Exposición Física	0.633
Fragilidad Física	0.261
Resiliencia Física	0.106

**Tabla 42.- Ponderación de parámetros de la fragilidad física**

<b>Fragilidad Física</b>	<b>Vector Priorización</b>
Material de construcción de la edificación	0.633
Características geológicas del suelo	0.261
Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente	0.106

**Tabla 43.- Exposición física**

<b>Localización de la Edificación</b>	<b>P_DESC</b>	<b>P_PAR</b>
<b>Muy cercana 0 km - 0.2 km</b>	0.503	1.000
<b>Cercana 0.2 km - 1 km</b>	0.260	1.000
<b>Medianamente cerca 1 - 3 km</b>	0.134	1.000
<b>Alejada 3 km - 5 km</b>	0.068	1.000
<b>Muy alejada &gt; 5 km</b>	0.035	1.000

**Tabla 44.- Valor de la exposición física**

<b>EXPOSICION FISICA</b>	<b>V_EXPFIS</b>	<b>P_EXPFIS</b>
	0.503	0.633
	0.260	0.633
	0.134	0.633
	0.068	0.633
	0.035	0.633

**Tabla 45.-** Fragilidad física

Material de construcción de la edificación	P_DESC	P_PAR	Características geológicas del suelo	P_DESC	P_PAR	Procedimientos Constructivos	P_DESC	P_PAR
Estera / Cartón	0.503	0.633	Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, napa freática alta, material inorgánico)	0.503	0.261	80 % - 100 %	0.503	0.106
Madera	0.260	0.633	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante.	0.260	0.261	60 % - 80 %	0.260	0.106
Quincha (caña con barro)	0.134	0.633	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante.	0.134	0.261	40 % - 60 %	0.134	0.106
Adobe o Tapial	0.068	0.633	Zona ligeramente fracturada, suelos de alta capacidad portante.	0.068	0.261	20 % - 40 %	0.068	0.106
Ladrillo o Bloque de cemento	0.035	0.633	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas.	0.035	0.261	0 % - 20 %	0.035	0.106

**Tabla 46.-** Valor de la exposición física

FRAGILIDAD FISICA	V_FRAFIS	P_FRAFIS
	0.503	0.261
	0.260	0.261
	0.134	0.261
	0.068	0.261
	0.035	0.261

**Tabla 47.- Resiliencia física**

CAPACITACIÓN EN TEMAS DE GESTIÓN DE RIESGO	P_DESC	P_PAR
La totalidad de la población no cuenta ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en temas concernientes a Gestión de Riesgo.	0.503	1.000
La población esta escasamente capacitada en temas concernientes a Gestión de Riesgo, siendo su difusión y cobertura escasa.	0.260	1.000
La población es capacitada con regular frecuencia en temas concernientes a Gestión de Riesgo, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	0.134	1.000
La población es capacitada constantemente en temas concernientes a Gestión de Riesgo, siendo su difusión y cobertura total.	0.068	1.000
La población es capacitada constantemente en temas concernientes a Gestión de Riesgo, actualizándose, participando en simulacros, siendo su difusión y cobertura total.	0.035	1.000

**Tabla 48.- Valor de la resiliencia física**

RESILIENCIA FISICA	V_RESFIS	P_RESFIS
	0.503	0.106
	0.260	0.106
	0.134	0.106
	0.068	0.106
	0.035	0.106

**Tabla 49.- Calculo de la vulnerabilidad**

EXPOSICION FISICA	V_EXPFIS	P_EXPFIS	FRAGILIDAD FISICA	V_FRAFIS	P_FRAFIS	RESILIENCIA FISICA	V_RESFIS	P_RESFIS	NIVEL
	0.503	0.633		0.503	0.261		0.503	0.106	0.503
	0.260	0.633		0.260	0.261		0.260	0.106	0.260
	0.134	0.633		0.134	0.261		0.134	0.106	0.134
	0.068	0.633		0.068	0.261		0.068	0.106	0.068
	0.035	0.633		0.035	0.261		0.035	0.106	0.035

**Tabla 50.- Nivel de la vulnerabilidad**

Nivel	Vulnerabilidad
Vulnerabilidad Muy Alta	$0.260 \leq R \leq 0.503$
Vulnerabilidad Alta	$0.134 \leq R \leq 0.260$
Vulnerabilidad Media	$0.068 \leq R \leq 0.134$
Vulnerabilidad Baja	$0.035 \leq R \leq 0.068$

**Tabla 51.- Matriz de vulnerabilidad**

Nivel	Descripción	Rango
Vulnerabilidad Muy Alto	Material de construcción: cartón/estera. Estado de conservación de la edificación: Muy malo. Topografía del terreno: $50\% \leq P \leq 80\%$ . Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: mayor a 80%. Localización de la edificación: Muy cerca 0 a 0.20km. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: mayor a 75. Servicio de empresas de transporte expuesto: mayor a 75%. Área agrícola: mayor a 75%. Antigüedad de construcción: de 40 a 50 años. PEA desocupada: escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo. Organización y capacitación institucional: presentan poca eficacia en su gestión, desprestigio y aprobación popular. Deforestación: áreas sin vegetación, terrenos eriazos. Flora y fauna: 76 a 100% expuesta. Pérdida de suelo: erosión provocada por lluvias.	$0.260 \leq R \leq 0.503$
Vulnerabilidad Alto	Material de construcción: madera. Estado de conservación de la edificación: Malo. Topografía del terreno: $30\% \leq P \leq 50\%$ . Actitud frente al riesgo: escasamente provisoria de la mayoría de la población. Localización de la edificación: cercana 0.20 a 1km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual 75% y mayor a 50% del servicio expuesto. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor a 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de transporte expuesto: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicios de telecomunicación: menor o igual 75% y mayor a 50%. Área agrícola: menor o igual 75% y mayor a 50%.	$0.134 \leq R \leq 0.260$
Vulnerabilidad Medio	Materia de construcción: quincha (caña con barro). Estado de conservación de la edificación: Regular. Topografía del terreno: $20\% \leq P \leq 30\%$ . Actitud frente al riesgo: parcialmente provisoria de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medidas para prevenir. Localización de la edificación: medianamente cerca 1 a 3km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual 50% y mayor a 25% del servicio expuesto.	$0.068 \leq R \leq 0.134$

	Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor o igual a 25% y mayor a 10%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual a 50% y mayor a 25%.	
Vulnerabilidad Bajo	Grupo etario: de 15 a 50 años. Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 20% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: ladrillo o bloque de cemento. Estado de conservación de la edificación: Bueno a muy bueno. Topografía del terreno: $P \leq 10\%$ . Configuración de elevación de la edificación: menos de 2 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: menor a 40%. Actitud frente al riesgo: parcial y/o provisoria de la mayoría o totalidad de la población, implementando medidas para prevenir el riesgo. Localización de la edificación: alejada a muy alejada mayor a 3km.	$0.035 \leq R \leq 0.068$

**Tabla 52.-** Calculo del riesgo

Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
0.501	0.503	0.252
0.260	0.260	0.068
0.135	0.134	0.018
0.069	0.068	0.005
0.035	0.035	0.001

**Tabla 53.-** Nivel del riesgo

Nivel	Riesgo
Riesgo Muy Alto	$0.068 \leq R \leq 0.252$
Riesgo Alto	$0.018 \leq R \leq 0.068$
Riesgo Medio	$0.005 \leq R \leq 0.018$
Riesgo Bajo	$0.001 \leq R \leq 0.005$

**Tabla 54.- Matriz de riesgo**

Nivel	Descripción	Rango
<p><b>Riesgo Muy Alto</b></p>	<p>Organización poblacional nula. No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre Gestión del Riesgo. Edificaciones en muy mal estado. Estructura de quincha, caña y otros de menor resistencia, en estado precario. Edificaciones con más de 31 años. Ambiental: terrenos sin vegetación. Erosión provocada por lluvias con pendientes pronunciadas. Demanda agrícola y perdida por contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Geología del suelo: zona muy fracturada, falla, etc. Localización de centros poblados muy cercana de 0 a 0.20km. Relieve abrupto y escarpado, rocoso. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Ausencia de cobertura vegetal 60 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Reducción de Temperatura: Menor a -7°C, altitud 4000 - 6000msnm, nubosidad N = 0. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequia: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).</p>	<p><math>0.067 \leq R \leq 0.250</math></p>
<p><b>Riesgo Alto</b></p>	<p>Organización poblacional efímera. Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión de Riesgo. Edificaciones en mal estado. Estructuras de madera, sin refuerzos estructurales. Edificaciones de 21 a 30 años. Ambiental: áreas de cultivo. Deforestación agravada, uso indiscriminado de suelos. Geología del suelo: zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante. Localización de centros poblados cercana de 0.20 a 1km. Existe poco interés en el desarrollo planificado del territorio del área en estudio que se presenta en casi todo el territorio. El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Ausencia de cobertura vegetal 40 - 60 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Reducción de Temperatura: - 7 y -3°C, altitud 4000 - 4500msnm, nubosidad N es mayor o igual que 0.125 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequia: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Pendiente 25°</p>	<p><math>0.018 \leq R \leq 0.067</math></p>

Continua...

	a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	
Riesgo Medio	Organización social limitada. Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo. Edificaciones en regular estado. Estructura de adobe y piedra, sin refuerzos estructurales. Edificaciones de 16 a 20 años. Vivienda con solo abastecimiento de agua. Ambiental: tierras dedicadas al cultivo de pastos. Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua. Consumo industrial y minero, perdidas de evaporación y otros. Geología del suelo: zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante. Localización de centros poblados medianamente cercana de 1 a 3km. Existe un interés tenue en el desarrollo planificado del territorio. Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Descenso de Temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 - 4000msnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Sequia: ligera, precipitaciones anómalas negativas 50% a 100%. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados	$0.005 \leq R \leq 0.018$
Riesgo Bajo	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Clase de suelo brote de estratos de grava. Ausencia de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias y/o Sin uso / improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad. Descenso de Temperatura: 0°C a 6°C, altitud menor a 3500msnm, nubosidad N es mayor o igual a 6/8 y menor o igual que 7/8, el cielo estará muy nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas menor a 50%, cercanía a la fuente de agua mayor a 1000m, intensidad media en una hora (mm/h) Moderadas: menor a 15. Sequia: incipiente, precipitaciones anómalas negativas menor a 50%. Inclinación	$0.001 \leq R \leq 0.005$

Continua...

	<p>menor a 20°, Laderas con materiales poco alterados y meteorizados, parcialmente erosionadas, no saturados. Organización social activa. Población económicamente sostenible. Difusión masiva y frecuente en medios de comunicación en temas de Gestión del Riesgo. Edificaciones en buen estado. Estructura de concreto armado y acero, con adecuadas técnicas de construcción. Edificaciones menores a 15 años. Viviendas con abastecimiento de agua y desagüe. Sistema de producción del área en estudio presenta importante inserción a la competitividad. Ambiental: áreas de bosques. Factor cultivo y contenido en sales ocasiona pérdidas por desertificación. Geología del suelo: zona sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas. Localización de centros poblados muy alejada mayor a 5km. Actitud previsor de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo. El desarrollo planificado del territorio, es un eje estratégico de desarrollo.</p>	
--	--	--

## Anexo N° 03.- Fichas de Datos del peligro para movimientos en masa del orden de deslizamientos

<b>I. DATOS BÁSICOS</b>							
<b>a) Datos de registro</b>							
N° de registro:	01	Fecha de colección de datos (día/mes/año):	04/03/2019				
Profesional:	Bach. Mick K. Tirado Silva						
Institución:	Universidad Nacional de Cajamarca						
<b>b) Localización del movimiento:</b>							
Zona: -							
Localidad: -							
Distrito: Cajamarca							
Provincia: Cajamarca							
Departamento: Cajamarca							
Forma de acceso: Carretera Cajamarca - Gavilán							
Coordenadas (UTM): E: 779580.820, N: 9197696.511							
Nombre y cuadrante del mapa geológico: 15-f							
Escala: 1:2500							
Observaciones: -							
<b>II. DATOS TÉCNICOS</b>							
<b>a) Características del movimiento de remoción de masas en laderas</b>							
<b>Tipo</b>		<b>Subtipo</b>					
<input type="checkbox"/>	Deslizamientos de roca o suelo	<input type="checkbox"/>	Deslizamientos traslacionales				
		<input type="checkbox"/>	Deslizamiento en cuña				
		<input checked="" type="checkbox"/>	Deslizamiento Rotacional				
<b>Observaciones:</b>							
<input checked="" type="checkbox"/>	Área inestable	<input type="checkbox"/>	Movimiento Localizado				
<b>Edad del movimiento:</b>							
<input checked="" type="checkbox"/>	Reciente	<input type="checkbox"/>	Histórico	<input type="checkbox"/>	Fósil		
<b>Grado de Actividad:</b>							
<input checked="" type="checkbox"/>	Activo	<input type="checkbox"/>	Poco	<input type="checkbox"/>	Inactivo		
<b>Grado de desarrollo:</b>							
<input type="checkbox"/>	Nulo	<input checked="" type="checkbox"/>	Incipiente	<input type="checkbox"/>	Avanzado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado
<b>b) Factores condicionantes</b>							
<input checked="" type="checkbox"/>	Materiales blandos, meteorizados o alterados						
<input type="checkbox"/>	Alternancia de materiales de distinta competencia						
<input type="checkbox"/>	Alternancia o contacto de materiales permeables e impermeables						
<input type="checkbox"/>	Estructura desfavorable						
<input checked="" type="checkbox"/>	Presencia de litologías plásticas (arcillas, margas, etc)						
<input type="checkbox"/>	Geometría del talud						

<input type="checkbox"/>	Topografía irregular						
<input type="checkbox"/>	Pendientes pronunciadas						
<input checked="" type="checkbox"/>	Cercanía a fallas o fisuras progresivas						
<input type="checkbox"/>	Otros						
<b>c) Factores Desencadenantes</b>							
<input type="checkbox"/>	Precipitaciones intensas (Máximas intensidades)						
<input checked="" type="checkbox"/>	Precipitaciones prolongadas (horas/días de lluvias y cantidad en mm)						
<input type="checkbox"/>	Erosión o socavamiento en la base de la ladera o del talud						
<input type="checkbox"/>	Movimientos sísmicos						
<input type="checkbox"/>	Actividad volcánica						
<input type="checkbox"/>	Actividad biológica (vegetación y organismos subterráneos)						
<input type="checkbox"/>	Actividad antrópica (rellenos, cambios en prácticas agrícolas, obra civil, etc)						
<input type="checkbox"/>	Corte de talud						
<input type="checkbox"/>	Sobrecargas en la ladera						
<input type="checkbox"/>	Explotaciones mineras						
<input type="checkbox"/>	Socavaciones						
<input type="checkbox"/>	Otros						
<b>Observaciones:</b> Material conformado por limos y arcillas							
<b>d) Características morfológicas y geológicas del área inestable</b>							
<b>Materiales afectados por la remoción de masa en ladera:</b>							
<input type="checkbox"/>	Roca	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelo	<input type="checkbox"/>	Relleno		
Tipo:	Arenas arcillosas		Espesor:	0.50m aprox			
<b>Estructura:</b>							
<input checked="" type="checkbox"/>	Estratificación						
Dirección, ángulo de inclinación y buzamiento: 28° aproximadamente							
<input type="checkbox"/>	<b>Otras discontinuidades</b>						
<b>Condiciones de la roca o suelo:</b>							
<b>Grado de saturación:</b>							
<input type="checkbox"/>	Muy Alto	<input checked="" type="checkbox"/>	Alto	<input type="checkbox"/>	Medio	<input type="checkbox"/>	Bajo
<b>Meteorización:</b>							
<input checked="" type="checkbox"/>	Muy Alto	<input type="checkbox"/>	Alto	<input type="checkbox"/>	Medio	<input type="checkbox"/>	Bajo
<b>Humedad:</b>							
<input type="checkbox"/>	Seco	<input checked="" type="checkbox"/>	Semi saturado			<input type="checkbox"/>	Saturado
<b>Observaciones:</b> El suelo presenta humedad							
<b>e) Estado de Conservación y Rasgos presentes sobre el deposito</b>							
<b>Presencia de vegetación en la cicatriz</b>							
<input type="checkbox"/>	Desnuda	<input type="checkbox"/>	Semi vegetada	<input checked="" type="checkbox"/>	Herbácea		
<input type="checkbox"/>	Arbustiva			<input type="checkbox"/>	Arbórea		

<b>Cobertura</b>					
<input type="checkbox"/>	>70%	<input type="checkbox"/>	70 – 40 %	<input checked="" type="checkbox"/>	<40%
<b>Presencia de vegetación sobre el depósito:</b>					
<input checked="" type="checkbox"/>	Desnudo	<input type="checkbox"/>	Semi vegetada	<input type="checkbox"/>	Herbacea
<input type="checkbox"/>	Arbustiva	<input type="checkbox"/>	Arborea	<input type="checkbox"/>	Agrícola
<b>Cobertura:</b>					
<input type="checkbox"/>	>70%	<input type="checkbox"/>	70 – 40 %	<input checked="" type="checkbox"/>	<40%
<b>Cabecera/Corona</b>					
<input type="checkbox"/>	Conservada	<input checked="" type="checkbox"/>	Erosionada	<input type="checkbox"/>	Reforestada
<b>Depósito</b>					
<input checked="" type="checkbox"/>	Sin erosión perceptible	<input type="checkbox"/>	Con erosión perceptible	<input type="checkbox"/>	Estructura incoherente
<b>Rasgos observables:</b>					
<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpes frescos				
<input type="checkbox"/>	Escarpes degradados				
<input type="checkbox"/>	Escarpes múltiples				
<input type="checkbox"/>	Escarpes sencillos				
<input type="checkbox"/>	Diques laterales conservado				
<input type="checkbox"/>	Escalones visibles				
<input type="checkbox"/>	Superficie del depósito irregular				
<input type="checkbox"/>	Superficie del depósito plana				
<input type="checkbox"/>	Grietas laterales abiertas				
<input type="checkbox"/>	Grietas transversales abiertas				
<input checked="" type="checkbox"/>	Signos de reptación				
<input type="checkbox"/>	Coronas menores				
<input type="checkbox"/>	Re movilización antrópica				
<input type="checkbox"/>	Afectado por otros movimientos				
<b>Observaciones:</b> Troncos de árboles y arbustos torcidos					
<b>f) Geometría y forma de la ladera</b>					
<b>Forma de la ladera:</b>					
<input type="checkbox"/>	Cóncava	<input checked="" type="checkbox"/>	Convexa	<input type="checkbox"/>	Plana
				<input type="checkbox"/>	Natural Inducida
Altura:	29 m	Cota cabecera:	3163 m.s.n.m	Cota pie:	3134 m.s.n.m
Desnivel máximo de la ladera:			29 m		
Angulo de la ladera previo a la rotura:			84°		
Angulo de la ladera con rotura:			45°		
Pendiente media de la ladera:			25.12°		
Ubicación de la rotura en la ladera:					
<input checked="" type="checkbox"/>	Cabecera	<input type="checkbox"/>	Parte intermedia	<input type="checkbox"/>	Pie desconocida
<b>Dimensiones:</b>					

<b>Superficie de ruptura:</b>					
Longitud, Lr (m): 68.31 m					
Ancho, Ar (m): 33.15 m					
Profundidad, Pr (m): 0.50 m					
<b>Masa desplazada:</b>					
Longitud, Ld (m): -					
Ancho, Ad (m): -					
Profundidad, Pd (m): -					
Longitud Total, L (m) -					
Longitud de la línea central, Lc (m): -					
Superficie (m2): 2264.47 m2					
Volumen (m3): 592 m3					
<b>Observaciones:</b>					
<b>g) Condiciones hidrogeológicas</b>					
Fuentes o manantiales en la ladera:	<input type="checkbox"/>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	
Aparición de surgencias nuevas:	<input type="checkbox"/>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	
Desaparición, manantiales o fuentes:	<input type="checkbox"/>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	
Existencia de pozos de agua próximos:	<input type="checkbox"/>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	
Coordenadas UTM:					
<b>Comportamiento hidrogeológico de los materiales:</b>					
<input type="checkbox"/>	Permeables	<input type="checkbox"/>	Semipermeables	<input type="checkbox"/>	Impermeables
<b>Condiciones de drenaje:</b>					
<input type="checkbox"/>	Existencia de arroyos o torrentes en la ladera				
<input type="checkbox"/>	Existencia de zonas encharcadas en la ladera. Ubicación (cabecera, pie, etc)				
<input type="checkbox"/>	Existencia de replanos, zonas llanas o endorreicas en la ladera				
<input type="checkbox"/>	Existencia de pantanos o lagunetas				
<input checked="" type="checkbox"/>	Otras circunstancias del drenaje				
<b>h) Caracterización temporal del fenómeno</b>					
Edad del movimiento: -					
Fecha del último movimiento (dd/mes/año): -					
Hora del movimiento: -					
Fecha de movimientos anteriores (periodos de actividad) (dd/mes/año): -					
<b>i) Uso del suelo:</b>					
<input type="checkbox"/>	Urbano edificado	<input type="checkbox"/>	Urbano no edificado	<input type="checkbox"/>	Forestal
<input type="checkbox"/>	Industria/infraestructura	<input type="checkbox"/>	Cultivos	<input checked="" type="checkbox"/>	Malezas
<input type="checkbox"/>	Pastos naturales	<input type="checkbox"/>	Pasto mejorado	<input type="checkbox"/>	natural
<b>Confrontación de uso</b>					
<input checked="" type="checkbox"/>	Adecuado	<input type="checkbox"/>	Subutilizado	<input type="checkbox"/>	Sobre utilizado
<b>Descripción breve:</b> Suelos cercanos a la cabecera del talud					
<b>j) Tipos de medidas adoptadas:</b> Cambiar la forma del talud y la pendiente mediante andenerías.					

**Anexo N° 04.- Fichas de Datos de la Vulnerabilidad Física de las Viviendas**

	Exposición Física		Fragilidad Física				Resiliencia Física			
	Localización de la edificación		Material de construcción de la edificación		Características geológicas del suelo		Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente		Capacitación en temas de gestión de Riesgo	
Vivienda N°	A	Muy cercana 0 – 0.2 Km	A	Estera/Cartón	A	Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, napa freática alta, turba, material inorgánico, etc.)	A	80 – 100 %	A	La totalidad de la población no cuenta ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en temas concernientes a gestión de riesgo.
	B	Cercana 0.2 – 1 Km	B	Madera	B	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante.	B	60 – 80 %	B	La población esta escasamente capacitada en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura escasa.
	C	Medianamente cercana 1 – 3 Km	C	Quincha (caña con barro)	C	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante.	C	40 – 60 %	C	La población se capacita con regular frecuencia en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.
	D	Alejada 3 – 5 Km	D	Adobe o Tapial	D	Zonas ligeramente fracturadas, suelos de alta capacidad portante.	D	20 – 40 %	D	La población se capacita constantemente en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura total.
	E	Muy alejada > 5 Km	E	Ladrillo o bloque de cemento	E	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas.	E	0 – 20 %	E	La población se capacita constantemente en temas concernientes a Gestión de Riesgos, actualizándose participando en simulacros, siendo su difusión y cobertura total.
	001	A		D		B		B		B
002	A		D		B		C		B	
003	A		D		B		D		B	
004	A		D		B		B		B	
005	B		D		B		B		B	
006	B		D		B		C		B	
007	B		D		B		C		B	
008	A		E		B		C		B	
009	A		E		B		C		B	
010	A		D		B		B		B	

011	A	D	B	A	B
012	A	D	B	A	B
013	A	D	B	B	B
014	A	D	B	B	B
015	A	E	C	E	B
016	A	D	C	B	B
017	A	D	C	A	B
018	A	D	C	A	B
019	A	D	C	B	B
020	A	D	C	B	B
021	A	E	C	C	B
022	A	D	C	C	B
023	A	D	C	C	B
024	A	D	C	C	B
025	A	D	C	C	B
026	A	D	C	C	B
027	A	D	C	C	B
028	A	D	C	C	B
029	A	D	C	C	B
030	B	D	C	C	B
031	B	D	C	C	B
032	B	D	C	C	B
033	B	D	C	C	B
034	A	D	C	C	B
035	A	D	C	C	B
036	A	D	C	B	B
037	A	D	C	B	B
038	A	D	C	B	B
039	A	D	C	C	B
040	A	D	C	C	B
041	A	D	C	B	B
042	A	D	C	B	B
043	A	D	C	C	B

044	B	D	C	B	B
045	A	D	C	B	B
046	A	E	C	C	B
047	A	D	C	B	B
048	A	D	C	B	B
049	A	E	A	B	B
050	A	D	B	B	B
051	A	D	B	B	B
052	A	D	B	B	B
053	A	D	B	C	B
054	B	D	B	C	B
055	B	D	B	B	B
056	B	D	B	C	B
057	A	E	B	D	B
058	A	D	B	B	B
059	A	D	B	B	B
060	A	D	B	C	B
061	A	D	B	B	B
062	A	D	B	C	B
063	A	D	B	C	B
064	A	D	B	C	B
065	A	D	B	C	B
066	A	D	B	B	B
067	B	D	B	B	B
068	B	D	B	B	B
069	A	D	B	B	B
070	A	D	B	C	B
071	A	D	B	B	B
072	A	D	B	B	A
073	B	D	B	C	A
074	B	D	B	C	A
075	B	D	B	B	A
076	A	E	B	C	A

077	A	D	B	C	A
078	A	D	B	B	A
079	A	D	B	C	A
080	A	D	B	B	A
081	B	D	B	B	A
082	B	D	B	B	A
083	A	D	B	B	A
084	A	D	C	B	A
085	A	D	C	B	A
086	B	E	C	D	A
087	A	D	C	C	A
088	A	D	C	B	A
089	A	D	C	B	A
090	A	E	C	B	A
091	A	D	C	B	A
092	A	E	C	C	A
093	B	D	C	B	A
094	B	D	C	B	A
095	B	D	C	B	A
096	A	D	C	B	A
097	A	D	C	C	A
098	A	D	C	B	A
099	A	D	C	C	A
100	A	D	C	B	A

**Anexo N° 05.- Fichas de Datos de Identificación, Evaluación y Análisis de Riesgos**

<b>UBICACIÓN:</b>		KM 160 + 000 AL KM 160 + 030		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		Probable ocurrencia de deslizamiento, lado izquierdo de la vía en una longitud de 30 m		
	<b>ANALISIS DE PELIGRO</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>EFFECTOS DIRECTOS</b>	<b>EFFECTOS INDIRECTOS</b>
	<b>DESLIZAMIENTOS</b>	Ocurrencia de derrumbe, que se puede activar ante precipitaciones muy fuertes.	Pérdidas humanas, daños de vehículos, destrucción del tramo de carretera.	Mayores costos en mantenimiento de la capa de rodadura.
	<b>ANALISIS DE VULNERABILIDAD FISICA</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>EXPOSICION</b>	<b>FRAGILIDAD</b>	<b>RESILIENCIA</b>
	<b>CALZADA</b>	La calzada se encuentra al pie del talud del sector donde ocurriría el derrumbe.	La capa asfáltica tiene 10mm de espesor y es fácilmente erosionable.	La vía está bajo constante mantenimiento por niveles de servicio.
	<b>ANALISIS DE RIESGOS</b>			
	<b>DAÑO PRINCIPAL</b>	<b>GRADO DE AMENAZA</b>	<b>GRADO DE VULNERABILIDAD</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
	<b>CALZADA</b>	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO

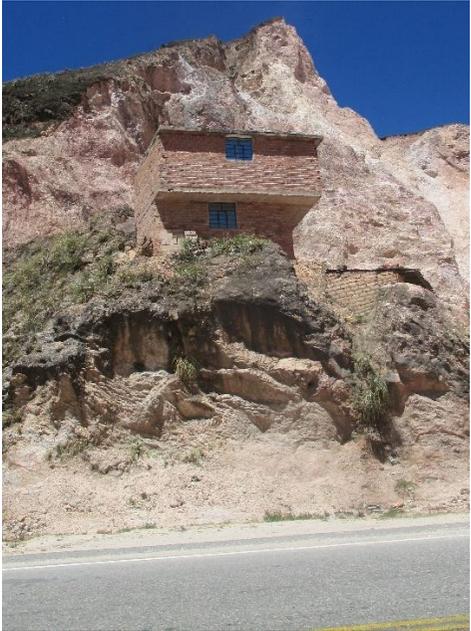
El talud está compuesto de material fino y granular, el cual se encuentra muy meteorizado. También se observa pendientes muy altas y restos de material en la capa de rodadura y en las cunetas de la carretera.

<b>UBICACIÓN:</b>	KM 160 + 200 AL KM 160 + 240			
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	El terreno da indicios de que se está deslizando de manera lenta, pero puede ser más veloz en épocas de lluvia, el deslizamiento está ocurriendo en unos 40 m de la vía.			
 <p>Gran parte del terreno se está deslizando debido a la gran cantidad de finos y las infiltraciones, esto sumando a las precipitaciones intensas causarían un gran deslizamiento.</p>	<b>ANALISIS DE PELIGRO</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>EFFECTOS DIRECTOS</b>	<b>EFFECTOS INDIRECTOS</b>
	<b>DESLIZAMIENTOS</b>	El agua de escorrentía transportara el material suelto del talud sobre la calzada.	Erosión de calzada por sedimentos durante el tránsito vehicular	Mayores costos en mantenimiento de la capa de rodadura.
	<b>ANALISIS DE VULNERABILIDAD FISICA</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>EXPOSICION</b>	<b>FRAGILIDAD</b>	<b>RESILIENCIA</b>
	<b>CALZADA</b>	La calzada se encuentra al pie del talud del sector donde ocurriría el derrumbe.	La capa asfáltica tiene 10mm de espesor y es fácilmente erosionable.	La vía está bajo constante mantenimiento por niveles de servicio.
	<b>ANALISIS DE RIESGOS</b>			
	<b>DAÑO PRINCIPAL</b>	<b>GRADO DE AMENAZA</b>	<b>GRADO DE VULNERABILIDAD</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
	<b>CALZADA</b>	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO

<b>UBICACIÓN:</b>	KM 160 + 200 AL KM 160 + 240			
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	El terreno se encuentra muy erosionado, las raíces de los árboles se encuentran expuestas así mismo el suelo es muy fino, en el caso de presentarse un deslizamiento este afectaría a 40 m de la vía.			
 <p>El talud está deslizando ya que el material que lo compone en su mayoría son finos, estos contribuyen a la inestabilidad del talud junto con la pendiente.</p>	<b>ANÁLISIS DE PELIGRO</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>EFFECTOS DIRECTOS</b>	<b>EFFECTOS INDIRECTOS</b>
	<b>DESLIZAMIENTOS</b>	Los suelos son muy erosionables debido a que presentan materiales finos en su composición.	Erosión de calzada por sedimentos durante el tránsito vehicular	Mayores costos en mantenimiento de la superficie de rodadura.
	<b>ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>EXPOSICIÓN</b>	<b>FRAGILIDAD</b>	<b>RESILIENCIA</b>
	<b>CALZADA</b>	La calzada se encuentra al pie del talud del sector donde ocurriría el deslizamiento.	La capa asfáltica tiene 10mm de espesor y es fácilmente erosionable.	La vía está bajo constante mantenimiento por niveles de servicio.
	<b>ANÁLISIS DE RIESGOS</b>			
	<b>DAÑO PRINCIPAL</b>	<b>GRADO DE AMENAZA</b>	<b>GRADO DE VULNERABILIDAD</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
<b>CALZADA</b>	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	

<b>UBICACION:</b>	KM 163 + 500 AL KM 163 + 550			
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Probable ocurrencia de deslizamiento, lado izquierdo de la vía en una longitud de 50 m			
 <p>El terreno se está deslizando gradualmente debido a los siguientes factores: el relieve, la meteorización y las lluvias intensas.</p>	<b>ANALISIS DE PELIGRO</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>EFFECTOS DIRECTOS</b>	<b>EFFECTOS INDIRECTOS</b>
	<b>DESLIZAMIENTOS</b>	Ocurrencia de derrumbe, que se puede activar ante precipitaciones muy fuertes.	Perdida de la transitabilidad de la vía debido al material deslizado.	Alto costo de mantenimiento de la capa de rodadura.
	<b>ANALISIS DE VULNERABILIDAD FISICA</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>EXPOSICION</b>	<b>FRAGILIDAD</b>	<b>RESILIENCIA</b>
	<b>CALZADA</b>	La calzada se encuentra al pie del talud del sector donde ocurriría el derrumbe.	La capa asfáltica tiene 10mm de espesor y es fácilmente erosionable.	La vía está bajo constante mantenimiento por niveles de servicio.
	<b>ANALISIS DE RIESGOS</b>			
	<b>DAÑO PRINCIPAL</b>	<b>GRADO DE AMENAZA</b>	<b>GRADO DE VULNERABILIDAD</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
<b>CALZADA</b>	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	

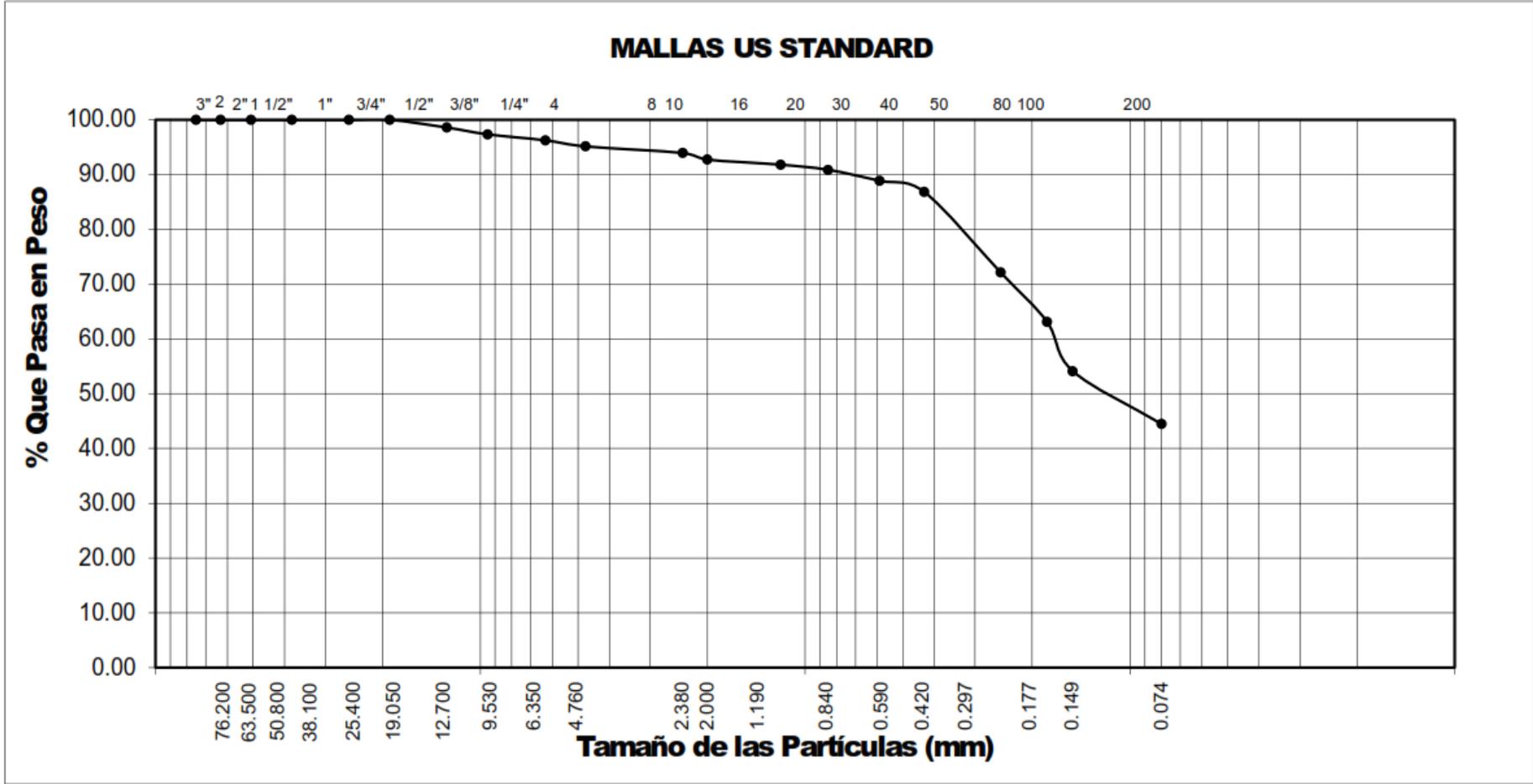
<b>UBICACIÓN:</b>	KM 160 + 300			
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Probable afectación a vivienda al presentarse un deslizamiento			
 <p>Las viviendas presentan deficiencias estructurales tales como: falta de sobrecimiento, excesiva cantidad de vanos, irregularidad en planta, falta de refuerzo horizontal y la inexistencia de una viga collar para amarrar el techo.</p>	<b>ANALISIS DE PELIGRO</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>EFFECTOS DIRECTOS</b>	<b>EFFECTOS INDIRECTOS</b>
	<b>DESLIZAMIENTOS</b>	Ocurrencia de derrumbe, que se puede activar ante precipitaciones muy fuertes.	Pérdidas humanas y materiales, aledaños a la zona del peligro.	Costos de reconstrucción, reubicación y ayuda.
	<b>ANALISIS DE VULNERABILIDAD FISICA</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>EXPOSICION</b>	<b>FRAGILIDAD</b>	<b>RESILIENCIA</b>
	<b>VIVIENDAS</b>	Las viviendas se encuentran cercanas a lugares peligrosos donde pueden ocurrir deslizamientos.	Las viviendas están construidas de adobe y se encuentran en malas condiciones.	Las personas ignoran la gestión de riesgos de desastres.
	<b>ANALISIS DE RIESGOS</b>			
	<b>DAÑO PRINCIPAL</b>	<b>GRADO DE AMENAZA</b>	<b>GRADO DE VULNERABILIDAD</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
<b>VIVIENDAS</b>	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	

<b>UBICACIÓN:</b>	KM 165 + 200			
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Probable pérdida de vidas humanas y materiales ante un posible deslizamiento			
 <p>La construcción está ubicada en una zona peligrosa además esta no cuenta con elementos estructurales capaces de proveerle rigidez ante un deslizamiento.</p>	<b>ANALISIS DE PELIGRO</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>EFEKTOS DIRECTOS</b>	<b>EFEKTOS INDIRECTOS</b>
	<b>DESLIZAMIENTOS</b>	Ocurrencia de derrumbe, el cual puede activarse ante precipitaciones muy fuertes y al continuo tránsito de vehículos pesados.	Pérdidas humanas y pérdidas económicas.	Costos de reconstrucción, reubicación y ayuda.
	<b>ANALISIS DE VULNERABILIDAD FISICA</b>			
	<b>NOMBRE</b>	<b>EXPOSICION</b>	<b>FRAGILIDAD</b>	<b>RESILIENCIA</b>
	<b>VIVIENDAS</b>	Las viviendas se encuentran en zonas muy erosionadas y muy cercanas a taludes inestables.	Las viviendas no cumplen en su totalidad los procedimientos constructivos propuestos por el RNE.	Los habitantes al producirse un deslizamiento no saben cómo reaccionar ni mucho menos como enfrentarlo.
	<b>ANALISIS DE RIESGOS</b>			
	<b>DAÑO PRINCIPAL</b>	<b>GRADO DE AMENAZA</b>	<b>GRADO DE VULNERABILIDAD</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
<b>CALZADA</b>	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	

**Anexo N° 06.- Ensayos de Laboratorio: Contenido de Humedad, Granulometría y  
Límites de Atterberg**

• **Resultados de la Muestra del KM 161 + 060**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
SOLICITANTE		: Bach. Mick K. Tirado Silva					
PROYECTO		: EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR LADERAS INESTABLES EN EL TRAMO DE CARRETERA CAJAMARCA - GAVILÁN, 2018					
UBICACION		: Km 161 + 060					
FECHA		: 03.03.2020					
CALICATA N° 1				MUESTRA N° 1			
Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	CLASIFICACION SUCS
Pulg.	mm.						
3"	75.00	---	---	---	100.00		
2 1/2"	63.00	---	---	---	100.00		
2"	50.80	---	---	---	100.00		SM-SC, arenas limoarcillosas, mezcla de arena, limo y arcilla.
1 1/2"	38.10	---	---	---	100.00		
1"	25.40	---	---	---	100.00		
3/4"	19.00	---	---	---	100.00		LL. : 26.00
1/2"	12.70	12.70	1.41	1.41	98.59		LP. : 22.00
3/8"	9.50	11.20	1.24	2.66	97.34		IP. : 4.00
CLASIFICACION							
1/4"	6.30	---	---	2.66	97.34		AASHTO : A - 4 (2)
N° 04	4.75	19.80	2.20	4.86	95.14		
N° 08	2.38	---	---	4.86	95.14		
N° 10	2.00	21.70	2.41	7.27	92.73		
N° 16	1.19	---	---	7.27	92.73		OBSERVACIONES:
N° 20	0.85	16.80	1.87	9.13	90.87		
N° 30	0.59	---	---	9.13	90.87		PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20 m.
N° 40	0.43	36.20	4.02	13.16	86.84		
N° 60	0.25	132.40	14.71	27.87	72.13		
N° 80	0.18	---	---	27.87	72.13		
N° 100	0.15	162.00	18.00	45.87	54.13		
N° 200	0.08	86.80	9.64	55.51	44.49		
Cazoleta		400.40	44.49	100.00	0.00		
Peso Seco Inicial		900.00	Peso Menor N° 200		400.40	Peso Seco Final	499.60



## LIMITES DE ATTERBERG

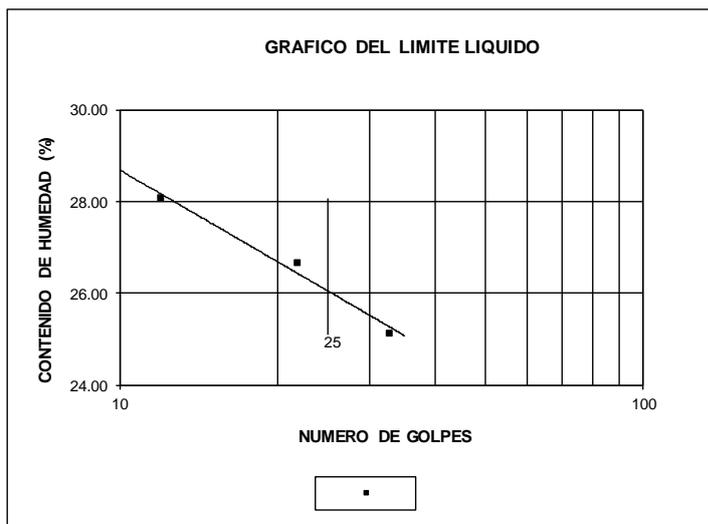
**SOLICITANTE** : Bach. Mick K. Tirado Silva  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR LADERAS INESTABLES EN EL TRAMO DE CARRETERA CAJAMARCA - GAVILÁN, 2018  
**UBICACION** : Km 161 + 060  
**FECHA** : 03.03.2020

### LIMITE LIQUIDO

CALICATA N°	CALICATA 1			---		
MUESTRA N°	MUESTRA 1			---		
PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20 m.			---		
Número de golpes	12	22	33	---	---	---
1. Recipiente N°	6	7	8	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	34.50	39.50	32.90	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	33.00	37.10	31.50	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	27.69	27.98	25.96	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	1.50	2.40	1.40	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	5.31	9.12	5.54	---	---	---
7. Humedad (%)	28.25	26.32	25.27	---	---	---

### LIMITE PLASTICO

CALICATA N°	CALICATA 1			---		
MUESTRA N°	MUESTRA 1			---		
1. Recipiente N°	9	10	---	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	30.30	30.30	---	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	29.20	29.10	---	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	24.04	23.58	---	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	1.10	1.20	---	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	5.16	5.52	---	---	---	---
7. Humedad (%)	21.32	21.74	---	---	---	---

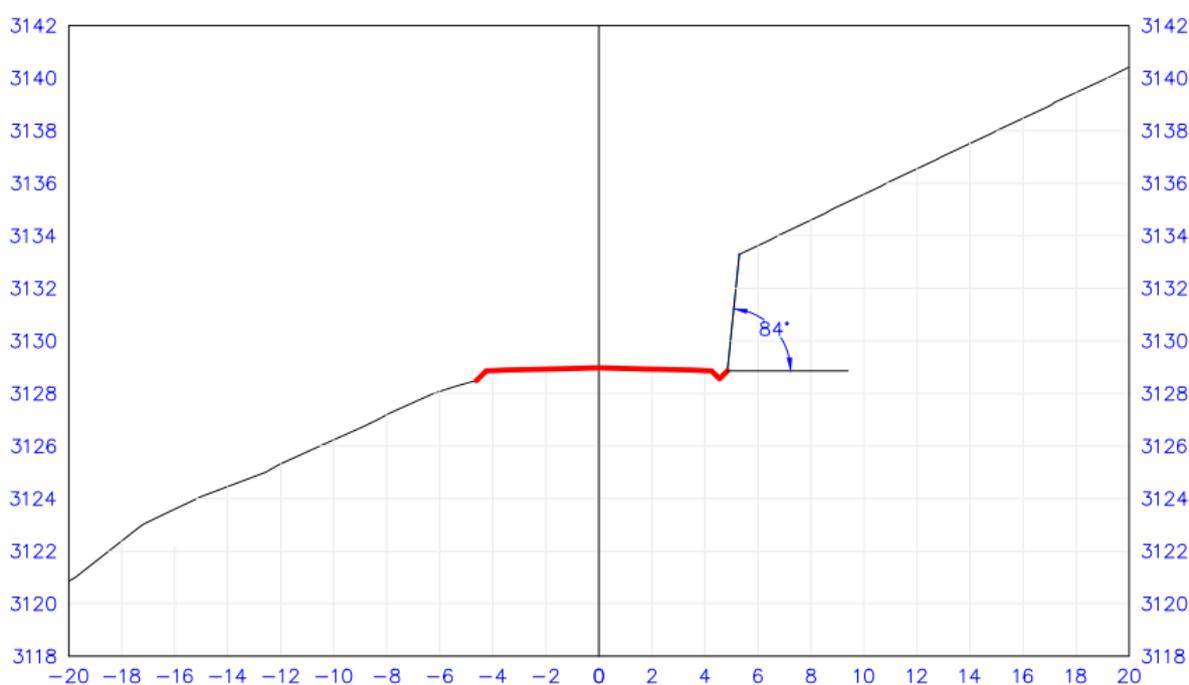


MUESTRA		
<b>L.L.</b>	26.00	
<b>L.P.</b>	22.00	
<b>I.P.</b>	4.00	

CLASIFICACION		
<b>MUESTRA</b>	<b>SUCS</b>	<b>AASHTO</b>
	<b>SM-SC</b>	<b>A - 4 ( 2 )</b>

Contenido de Humedad (W%) - ASTM D2216			
NUMERO DE ENSAYOS		1	2
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (g)	931.1	931.2
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (g)	813.7	811.5
3	Peso del Agua Contenida (g)	117.4	119.7
4	Peso del Frasco (g)	62.19	60.18
5	Peso del Suelo Seco (g)	751.51	751.32
6	Contenido de Humedad (%)	15.62 %	15.93 %
7	PROMEDIO (%)	15.78 %	

### Sección del Talud en el Km 161 + 060



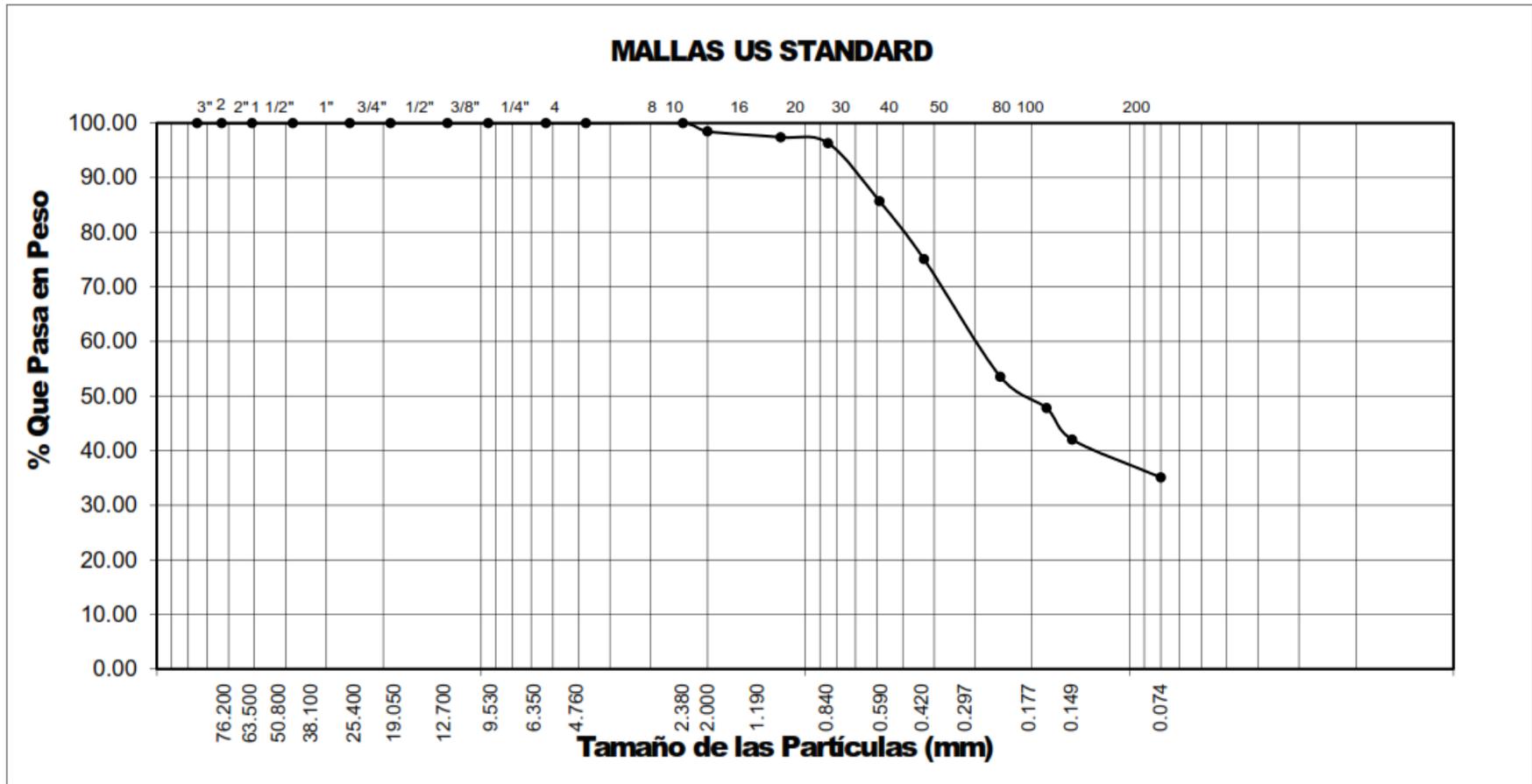
### Relación entre el Ángulo de Fricción y la Pendiente del Talud

AASHTO	SUCS	Material del Talud	Ángulo de fricción ( $\phi$ ) (*)	Pendiente del Talud ( $^{\circ}$ )	Efecto	Nivel de Peligro
A - 4 (2)	SM - SC	Arenas Limosas	36 $^{\circ}$	84 $^{\circ}$	Deslizamiento	Muy Alto

(\*) El ángulo de fricción se obtuvo a partir de la Tabla N° 10 y corresponde a un valor aproximado.

• **Resultados de la Muestra del KM 163 + 320**

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
SOLICITANTE		: Bach. Mick K. Tirado Silva					
PROYECTO		: EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR LADERAS INESTABLES EN EL TRAMO DE CARRETERA CAJAMARCA - GAVILÁN, 2018					
UBICACION		: Km 163 + 320					
FECHA		: 03.03.2020					
CALICATA Nº 1				MUESTRA Nº 1			
Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	CLASIFICACION SUCS
Pulg.	mm.						
3"	75.00	---	---	---	100.00		
2 1/2"	63.00	---	---	---	100.00		SC, arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla.
2"	50.80	---	---	---	100.00		
1 1/2"	38.10	---	---	---	100.00		
1"	25.40	---	---	---	100.00		LL. : 35.00
3/4"	19.00	---	---	---	100.00		LP. : 25.00
1/2"	12.70	---	---	---	100.00		LP. : 10.00
3/8"	9.50	---	---	---	100.00		CLASIFICACION
1/4"	6.30	---	---	---	100.00		AASHTO : A - 2 - 4 (0)
Nº 04	4.75	---	---	---	100.00		
Nº 08	2.38	---	---	---	100.00		
Nº 10	2.00	7.67	1.53	1.53	98.47		
Nº 16	1.19	---	---	1.53	98.47		OBSERVACIONES:
Nº 20	0.85	10.66	2.13	3.67	96.33		
Nº 30	0.59	---	---	3.67	96.33		PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20 m.
Nº 40	0.43	106.24	21.25	24.91	75.09		
Nº 60	0.25	107.67	21.53	46.45	53.55		
Nº 80	0.18	---	---	46.45	53.55		
Nº 100	0.15	57.67	11.53	57.98	42.02		
Nº 200	0.08	34.66	6.93	64.91	35.09		
Cazoleta		175.43	35.09	100.00	0.00		
Peso Seco Inicial		500.00	Peso Menor Nº 200		175.43	Peso Seco Final	324.57



## LIMITES DE ATTERBERG

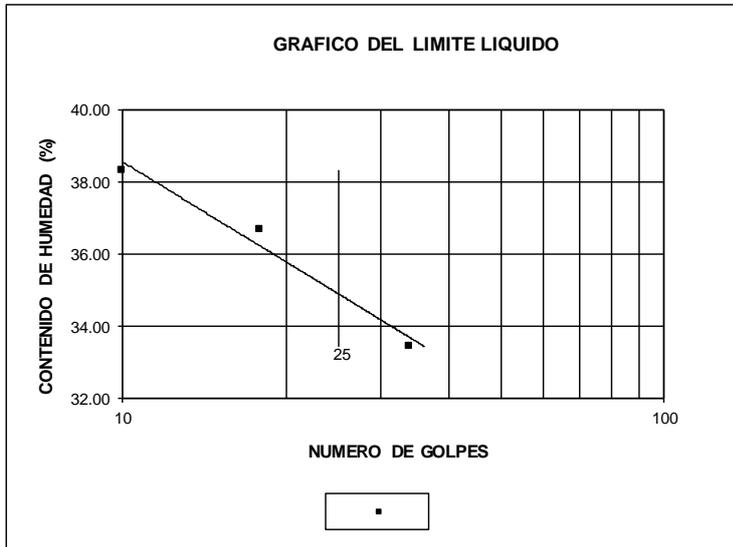
**SOLICITANTE** : Bach. Mick K. Tirado Silva  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR LADERAS INESTABLES EN EL TRAMO DE CARRETERA CAJAMARCA - GAVILÁN, 2018  
**UBICACION** : Km 163 + 320  
**FECHA** : 03.03.2020

### LIMITE LIQUIDO

CALICATA N°	CALICATA 1			---		
MUESTRA N°	MUESTRA 1			---		
PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20 m.			---		
Número de golpes	10	18	34	---	---	---
1. Recipiente N°	6	7	8	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	39.20	42.70	40.20	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	36.20	38.70	37.17	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	28.50	27.50	28.20	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	3.00	4.00	3.03	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	7.70	11.20	8.97	---	---	---
7. Humedad (%)	38.96	35.71	33.78	---	---	---

### LIMITE PLASTICO

CALICATA N°	CALICATA 1			---		
MUESTRA N°	MUESTRA 1			---		
1. Recipiente N°	9	10	---	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	38.00	39.40	---	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	36.10	37.00	---	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	28.50	27.50	---	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	1.90	2.40	---	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	7.60	9.50	---	---	---	---
7. Humedad (%)	25.00	25.26	---	---	---	---

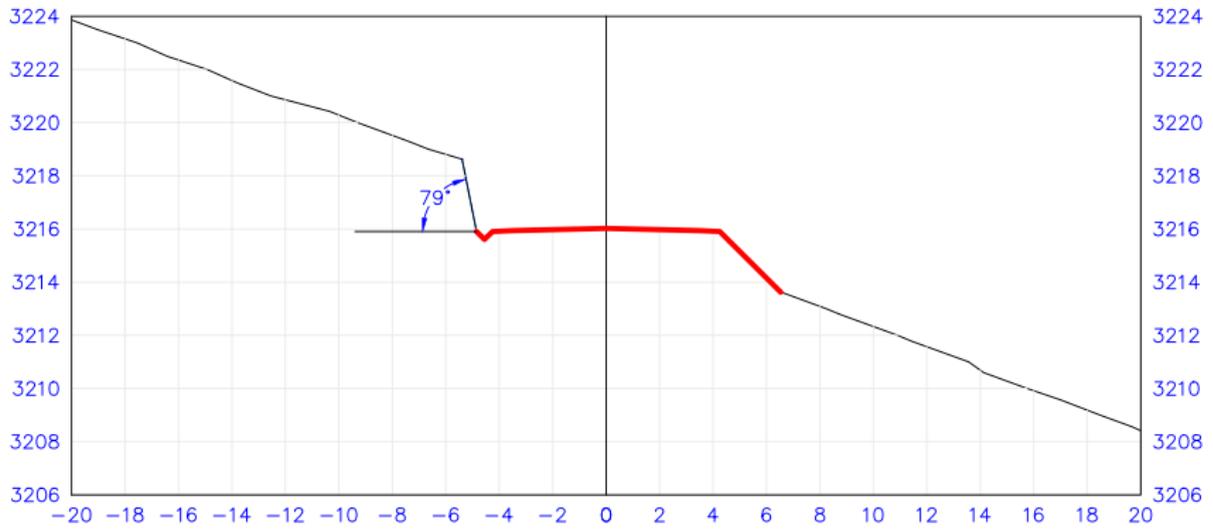


MUESTRA		
<b>L.L.</b>	35.00	
<b>L.P.</b>	25.00	
<b>I.P.</b>	10.00	

CLASIFICACION		
<b>MUESTRA</b>	<b>SUCS</b>	<b>AASHTO</b>
	SC	A - 2 - 4 ( 0 )

Contenido de Humedad (W%) - ASTM D2216			
NUMERO DE ENSAYOS		1	2
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (g)	204.08	205.04
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (g)	201.53	202.65
3	Peso del Agua Contenida (g)	2.55	2.39
4	Peso del Frasco (g)	27.41	28.51
5	Peso del Suelo Seco (g)	174.12	174.14
6	Contenido de Humedad (%)	1.46 %	1.37 %
7	PROMEDIO (%)	1.42 %	

### Sección del Talud en el Km 163 + 320



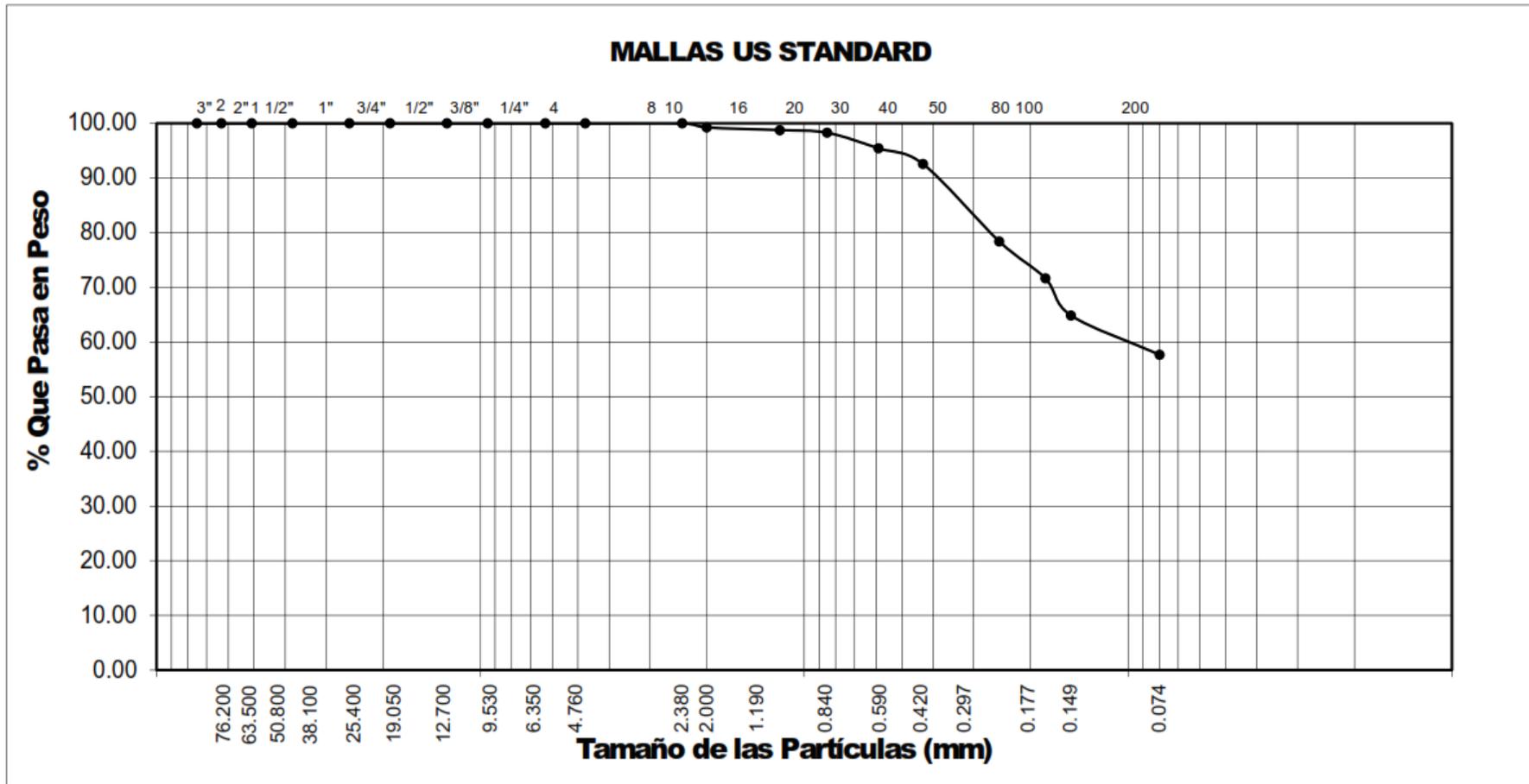
### Relación entre el Angulo de Fricción y la Pendiente del Talud

AASHTO	SUCS	Material del Talud	Angulo de fricción ( $\phi$ ) (*)	Pendiente del Talud ( $^{\circ}$ )	Efecto	Nivel de Peligro
A - 2 - 4	SC	Arenas Arcillosa	36 $^{\circ}$	79 $^{\circ}$	Deslizamiento	Muy Alto

(\*) El ángulo de fricción se obtuvo a partir de la Tabla N° 10 y corresponde a un valor aproximado.

• **Resultados de la Muestra del KM 165 + 110**

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
SOLICITANTE		: Bach. Mick K. Tirado Silva					
PROYECTO		: EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR LADERAS INESTABLES EN EL TRAMO DE CARRETERA CAJAMARCA - GAVILÁN, 2018					
UBICACION		: Km 165 + 110					
FECHA		: 03.03.2020					
CALICATA Nº 1				MUESTRA Nº 1			
Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	CLASIFICACION SUCS
Pulg.	mm.						
3"	75.00	---	---	---	100.00		
2 1/2"	63.00	---	---	---	100.00		CL, arcillas inorgánicas con debil o mediana plasticidad.
2"	50.80	---	---	---	100.00		
1 1/2"	38.10	---	---	---	100.00		
1"	25.40	---	---	---	100.00		
3/4"	19.00	---	---	---	100.00		LL. : 46.00
1/2"	12.70	---	---	---	100.00		LP. : 28.00
3/8"	9.50	---	---	---	100.00		IP. : 18.00
1/4"	6.30	---	---	---	100.00		<b>CLASIFICACION</b>
Nº 04	4.75	---	---	---	100.00		AASHTO : A - 7 - 6 (5)
Nº 08	2.38	---	---	---	100.00		
Nº 10	2.00	3.81	0.76	0.76	99.24		
Nº 16	1.19	---	---	0.76	99.24		<b>OBSERVACIONES:</b>
Nº 20	0.85	4.81	0.96	1.72	98.28		
Nº 30	0.59	---	---	1.72	98.28		<b>PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20 m.</b>
Nº 40	0.43	28.52	5.70	7.43	92.57		
Nº 60	0.25	70.81	14.16	21.59	78.41		
Nº 80	0.18	---	---	21.59	78.41		
Nº 100	0.15	67.81	13.56	35.15	64.85		
Nº 200	0.08	35.80	7.16	42.31	57.69		
Cazoleta		288.44	57.69	100.00	0.00		
Peso Seco Inicial		500.00	Peso Menor Nº 200		288.44	Peso Seco Final	211.56



## LIMITES DE ATTERBERG

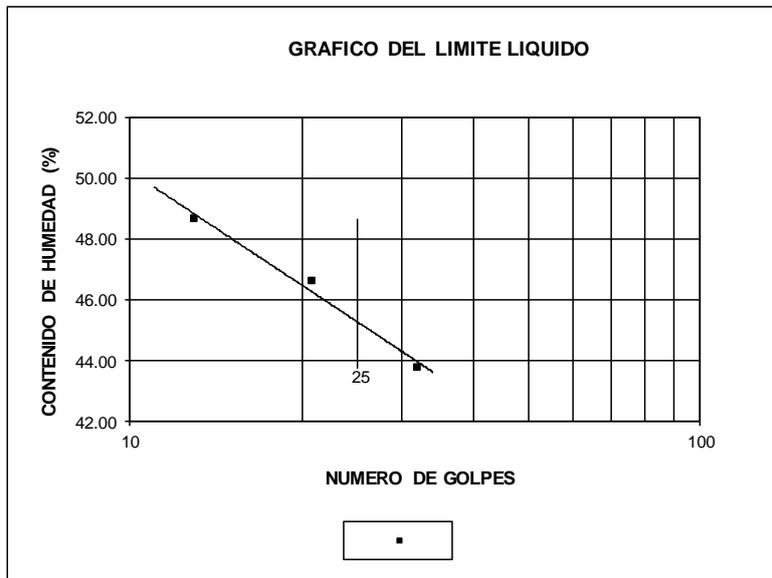
**SOLICITANTE** : Bach. Mick K. Tirado Silva  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR LADERAS INESTABLES EN EL TRAMO DE CARRETERA CAJAMARCA - GAVILÁN, 2018  
**UBICACION** : Km 165 + 110  
**FECHA** : 03.03.2020

### LIMITE LIQUIDO

CALICATA N°	CALICATA 1			---		
MUESTRA N°	MUESTRA 1			---		
PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20 m.			---		
Número de golpes	13	21	32	---	---	---
1. Recipiente N°	6	7	8	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	43.51	38.01	38.22	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	38.62	34.62	34.94	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	28.51	27.42	27.41	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	4.89	3.39	3.28	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	10.11	7.20	7.53	---	---	---
7. Humedad (%)	48.37	47.08	43.56	---	---	---

### LIMITE PLASTICO

CALICATA N°	CALICATA 1			---		
MUESTRA N°	MUESTRA 1			---		
1. Recipiente N°	9	10	---	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	39.12	38.61	---	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	36.81	36.32	---	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	28.52	28.12	---	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	2.31	2.29	---	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	8.29	8.20	---	---	---	---
7. Humedad (%)	27.86	27.93	---	---	---	---

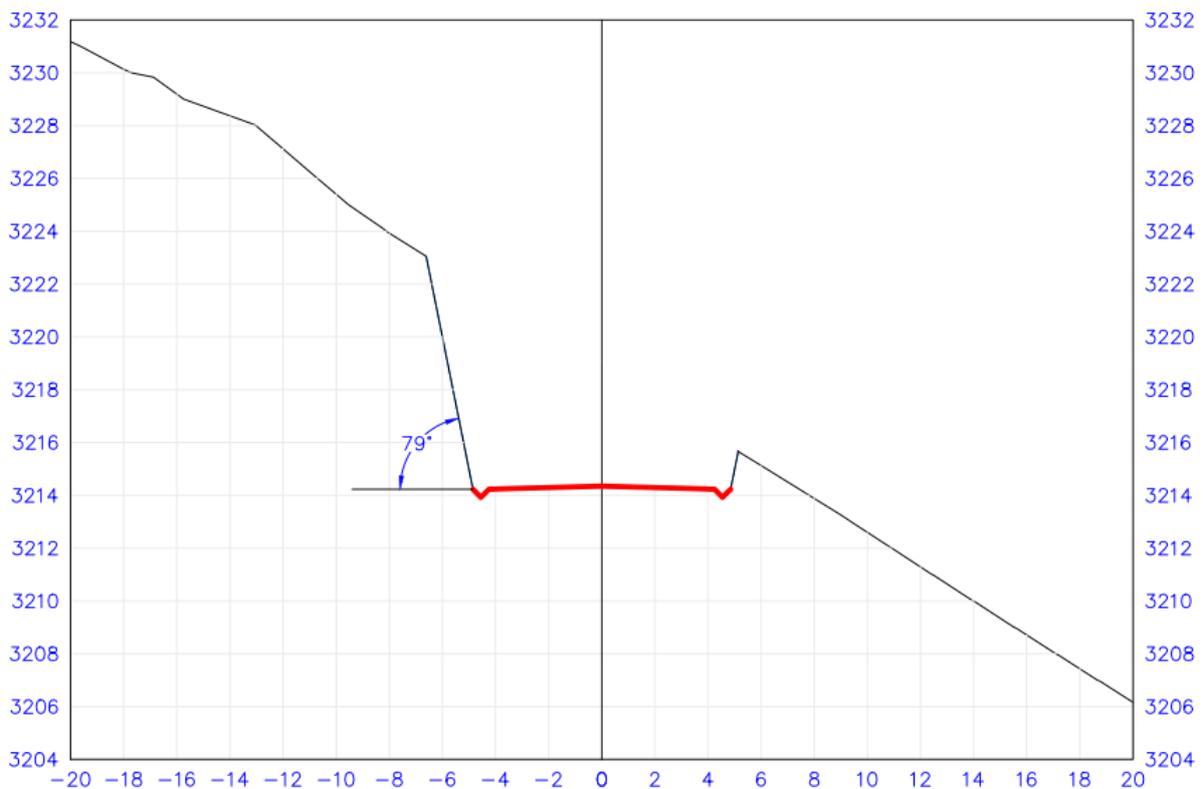


MUESTRA		
<b>L.L.</b>	46.00	
<b>L.P.</b>	28.00	
<b>I.P.</b>	18.00	

CLASIFICACION		
MUESTRA	SUCS	AASHTO
	CL	A - 7 - 6 ( 5 )

Contenido de Humedad (W%) - ASTM D2216			
NUMERO DE ENSAYOS		1	2
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (g)	173.4	172.7
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (g)	171.9	170.5
3	Peso del Agua Contenida (g)	1.5	2.2
4	Peso del Frasco (g)	28.51	27.41
5	Peso del Suelo Seco (g)	143.39	143.09
6	Contenido de Humedad (%)	1.05 %	1.54 %
7	PROMEDIO (%)	1.29 %	

### Sección del Talud en el Km 165 + 110



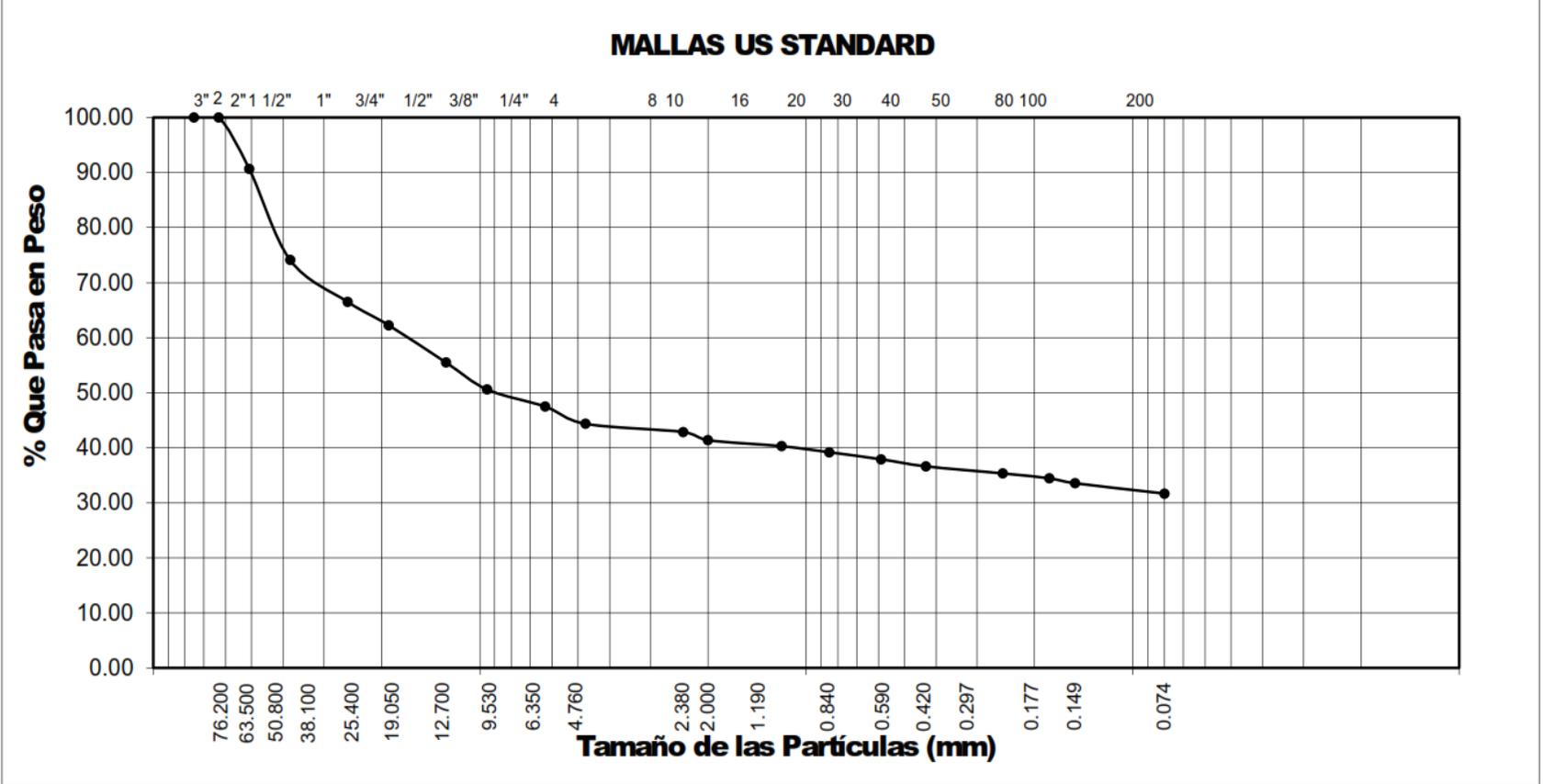
### Relación entre el Angulo de Fricción y la Pendiente del Talud

AASHTO	SUCS	Material del Talud	Angulo de fricción ( $\phi$ ) (*)	Pendiente del Talud ( $^{\circ}$ )	Efecto	Nivel de Peligro
A - 7 - 6 (5)	CL	Arcilla	34 $^{\circ}$	79 $^{\circ}$	Deslizamiento	Muy Alto

(\*) El ángulo de fricción se obtuvo a partir de la Tabla N° 10 y corresponde a un valor aproximado.

• **Resultados de la Muestra del KM 167 + 880**

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
SOLICITANTE : Bach. Mick K. Tirado Silva							
PROYECTO : EVALUACION DEL RIESGO ASOCIADO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR LADERAS INESTABLES EN EL TRAMO DE CARRETERA CAJAMARCA - GAVILAN, 2018							
UBICACION : Km 167 + 880							
FECHA : 03.03.2020							
CALICATA N° 1				MUESTRA N° 1			
Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	CLASIFICACION SUCS
Pulg.	mm.						
3"	75.00	---	---	---	100.00		
2 1/2"	63.00	---	---	---	100.00		
2"	50.80	126.10	9.35	9.35	90.65		GC, gravas arcillosas, mezcla de grava, arena y arcilla.
1 1/2"	38.10	223.20	16.55	25.89	74.11		
1"	25.40	102.50	7.60	33.49	66.51		LL. : 38.00
3/4"	19.00	57.40	4.26	37.75	62.25		LP. : 24.00
1/2"	12.70	91.10	6.75	44.50	55.50		LP. : 14.00
3/8"	9.50	66.30	4.91	49.41	50.59		CLASIFICACION
1/4"	6.30	---	---	49.41	50.59		AASHTO : A - 2 - 6 (1)
N° 04	4.75	84.10	6.23	55.65	44.35		
N° 08	2.38	---	---	55.65	44.35		
N° 10	2.00	40.20	2.98	58.63	41.37		
N° 16	1.19	---	---	58.63	41.37		OBSERVACIONES:
N° 20	0.85	29.50	2.19	60.82	39.18		
N° 30	0.59	---	---	60.82	39.18		PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20 m.
N° 40	0.43	34.60	2.56	63.38	36.62		
N° 60	0.25	17.30	1.28	64.66	35.34		
N° 80	0.18	---	---	64.66	35.34		
N° 100	0.15	24.10	1.79	66.45	33.55		
N° 200	0.08	25.20	1.87	68.32	31.68		
Cazoleta		427.40	31.68	100.00	0.00		
Peso Seco Inicial		1349.00		Peso Menor N° 200	427.40	Peso Seco Final	921.60



## LIMITES DE ATTERBERG

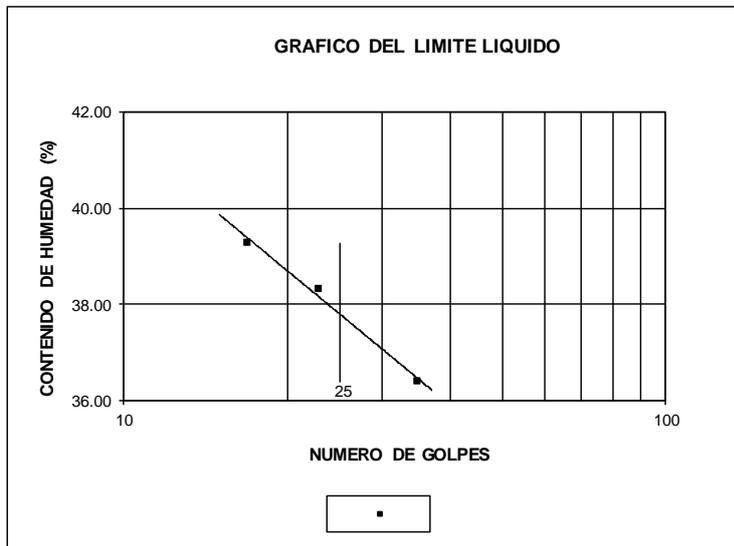
**SOLICITANTE** : Bach. Mick K. Tirado Silva  
**PROYECTO** : EVALUACION DEL RIESGO ASOCIADO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR LADERAS INESTABLES EN EL TRAMO DE CARRETERA CAJAMARCA - GAVILAN, 2018  
**UBICACION** : Km 167 + 880  
**FECHA** : 03.03.2020

### LIMITE LIQUIDO

CALICATA N°	CALICATA 1			---		
MUESTRA N°	MUESTRA 1			---		
PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20 m.			---		
Número de golpes	17	23	35	---	---	---
1. Recipiente N°	6	7	8	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	38.84	39.61	42.06	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	34.67	34.90	37.38	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	24.07	22.57	24.53	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	4.17	4.71	4.68	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	10.60	12.33	12.85	---	---	---
7. Humedad (%)	39.34	38.20	36.42	---	---	---

### LIMITE PLASTICO

CALICATA N°	CALICATA 1			---		
MUESTRA N°	MUESTRA 1			---		
1. Recipiente N°	9	10	---	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	29.43	29.16	---	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	28.35	28.22	---	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	23.98	24.24	---	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	1.08	0.94	---	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	4.37	3.98	---	---	---	---
7. Humedad (%)	24.71	23.62	---	---	---	---

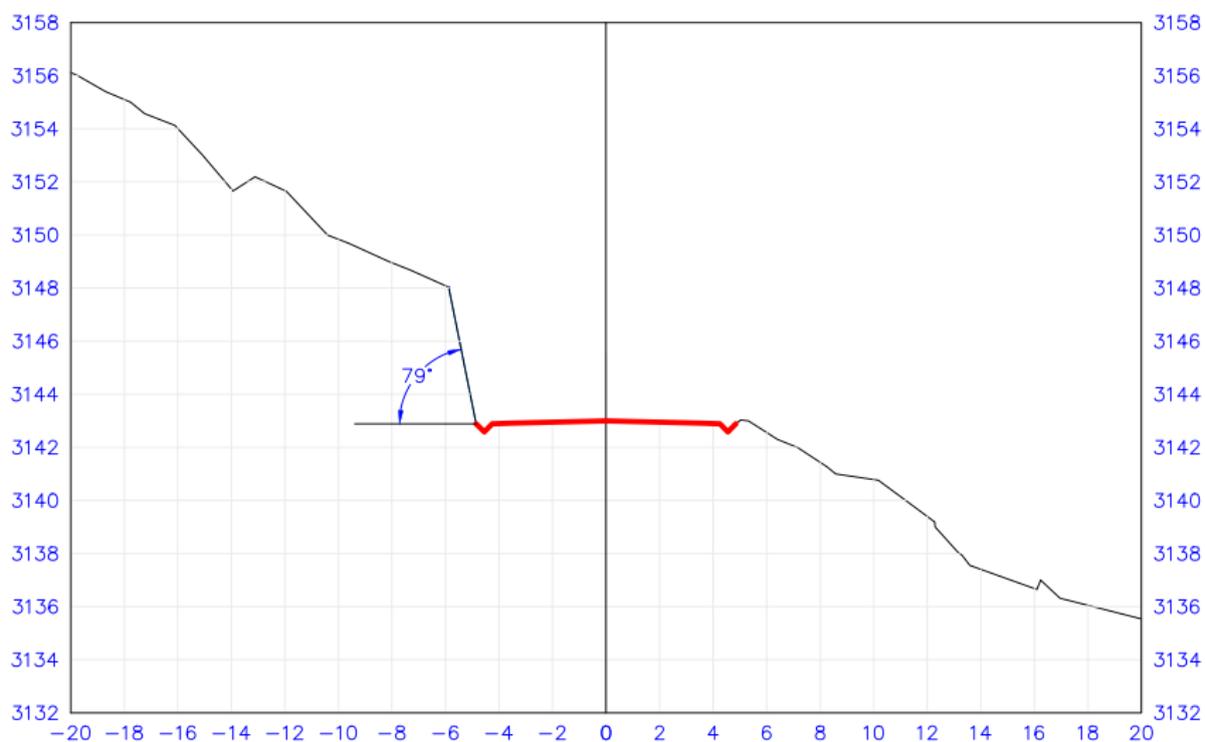


MUESTRA		
<b>L.L.</b>	38.00	
<b>L.P.</b>	24.00	
<b>I.P.</b>	14.00	

CLASIFICACION		
<b>MUESTRA</b>	<b>SUCS</b>	<b>AASHTO</b>
	GC	A - 2 - 6 ( 1 )

Contenido de Humedad (W%) - ASTM D2216			
NUMERO DE ENSAYOS		1	2
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (g)	1342.1	1431.2
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (g)	1337.2	1426.7
3	Peso del Agua Contenida (g)	4.9	4.5
4	Peso del Frasco (g)	201.2	196.5
5	Peso del Suelo Seco (g)	1136	1230.2
6	Contenido de Humedad (%)	0.43 %	0.37 %
7	PROMEDIO (%)	0.40 %	

### Sección del Talud en el Km 167 + 880



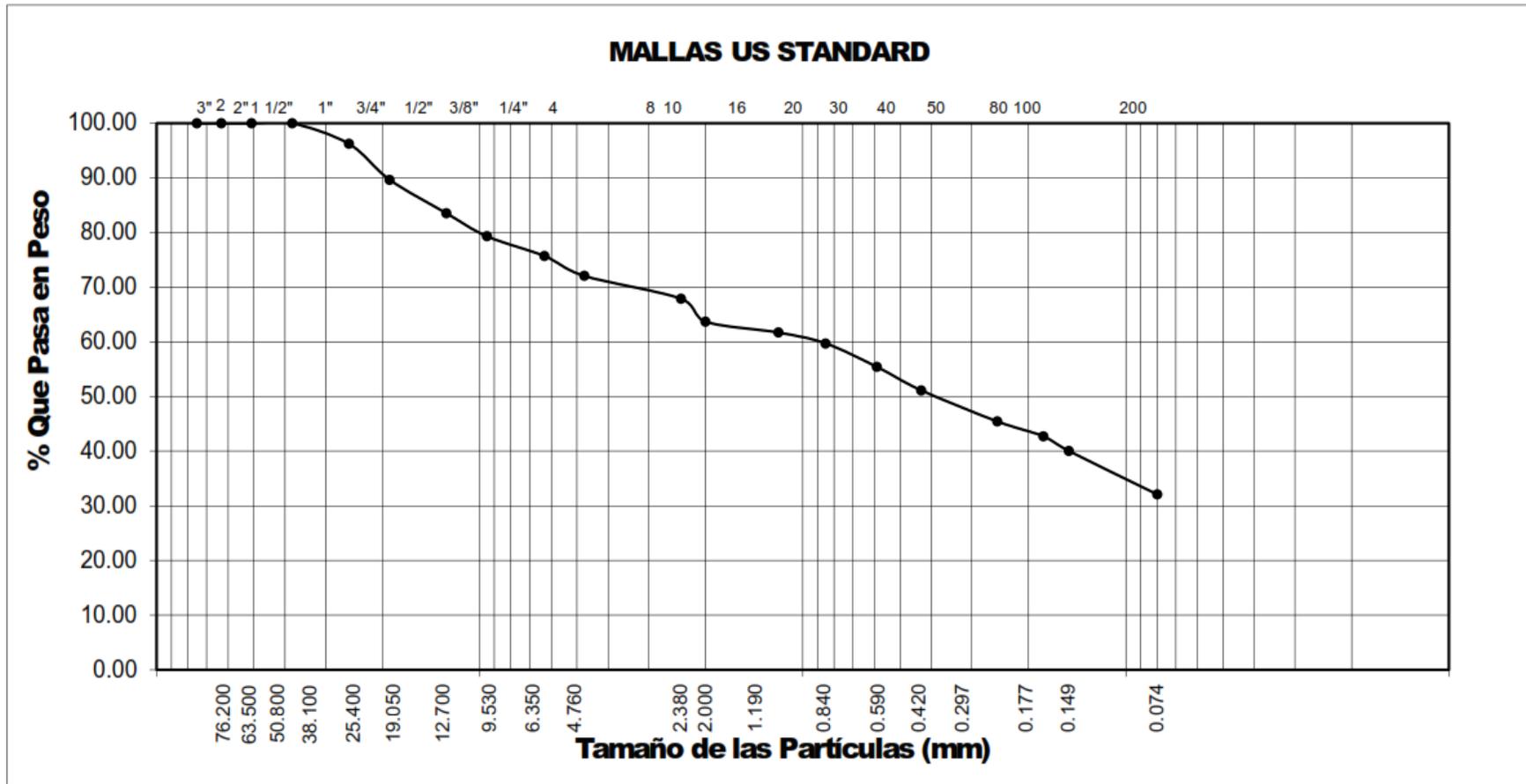
### Relación entre el Angulo de Fricción y la Pendiente del Talud

AASHTO	SUCS	Material del Talud	Angulo de fricción ( $\phi$ ) (*)	Pendiente del Talud ( $^{\circ}$ )	Efecto	Nivel de Peligro
A - 2 - 6 (1)	GC	Grava Arcillosa	48 $^{\circ}$	79 $^{\circ}$	Deslizamiento	Muy Alto

(\*) El ángulo de fricción se obtuvo a partir de la Tabla N° 10 y corresponde a un valor aproximado.

• **Resultados de la Muestra del KM 169 + 970**

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
SOLICITANTE : Bach. Mick K. Tirado Silva							
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR LADERAS INESTABLES EN EL TRAMO DE CARRETERA CAJAMARCA - GAVILÁN, 2018							
UBICACION : Km 169 + 970							
FECHA : 03.03.2020							
CALICATA Nº 1				MUESTRA Nº 1			
Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	CLASIFICACION SUCS
Pulg.	mm.						
3"	75.00	---	---	---	100.00		
2 1/2"	63.00	---	---	---	100.00		SC, arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla.
2"	50.80	---	---	---	100.00		
1 1/2"	38.10	---	---	---	100.00		
1"	25.40	39.10	3.76	3.76	96.24		LL : 39.00
3/4"	19.00	68.30	6.57	10.34	89.66		LP : 25.00
1/2"	12.70	63.40	6.10	16.44	83.56		LP : 14.00
3/8"	9.50	44.10	4.24	20.68	79.32		CLASIFICACION
1/4"	6.30	---	---	20.68	79.32		AASHTO : A - 2 - 6 (1)
Nº 04	4.75	75.20	7.24	27.92	72.08		
Nº 08	2.38	---	---	27.92	72.08		
Nº 10	2.00	87.10	8.38	36.30	63.70		
Nº 16	1.19	---	---	36.30	63.70		OBSERVACIONES:
Nº 20	0.85	41.30	3.98	40.28	59.72		
Nº 30	0.59	---	---	40.28	59.72		PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20 m.
Nº 40	0.43	89.20	8.59	48.86	51.14		
Nº 60	0.25	59.10	5.69	54.55	45.45		
Nº 80	0.18	---	---	54.55	45.45		
Nº 100	0.15	56.30	5.42	59.97	40.03		
Nº 200	0.08	82.30	7.92	67.89	32.11		
Cazoleta		333.60	32.11	100.00	0.00		
Peso Seco Inicial		1039.00		Peso Menor Nº 200	333.60	Peso Seco Final	705.40



## LIMITES DE ATTERBERG

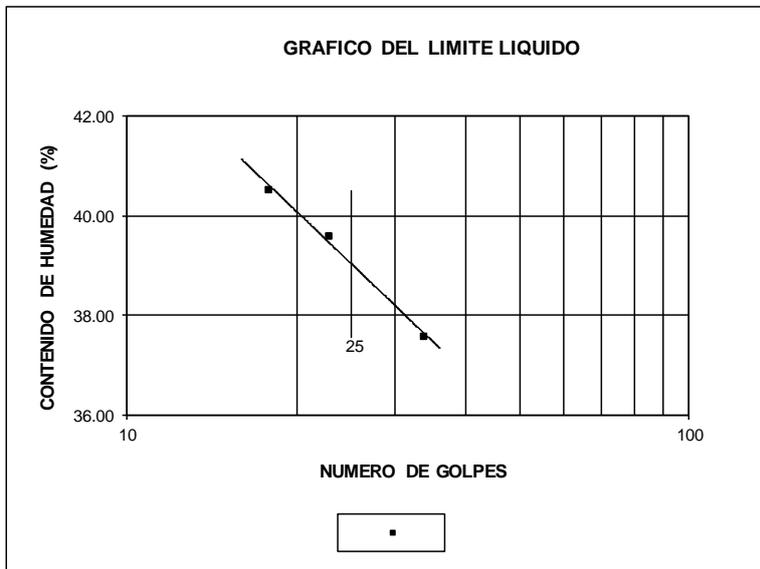
**SOLICITANTE** : Bach. Mick K. Tirado Silva  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR LADERAS INESTABLES EN EL TRAMO DE CARRETERA CAJAMARCA - GAVILÁN, 2018  
**UBICACION** : Km 169 + 970  
**FECHA** : 03.03.2020

### LIMITE LIQUIDO

CALICATA N°	CALICATA 1			---		
MUESTRA N°	MUESTRA 1			---		
PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20 m.			---		
Número de golpes	18	23	34	---	---	---
1. Recipiente N°	6	7	8	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	38.59	39.55	41.98	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	34.07	35.30	36.82	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	22.94	24.52	23.10	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	4.52	4.25	5.16	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	11.13	10.78	13.72	---	---	---
7. Humedad (%)	40.61	39.42	37.61	---	---	---

### LIMITE PLASTICO

CALICATA N°	CALICATA 1			---		
MUESTRA N°	MUESTRA 1			---		
1. Recipiente N°	9	10	---	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	29.67	29.18	---	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	28.42	28.02	---	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	23.41	23.23	---	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	1.25	1.16	---	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	5.01	4.79	---	---	---	---
7. Humedad (%)	24.95	24.22	---	---	---	---

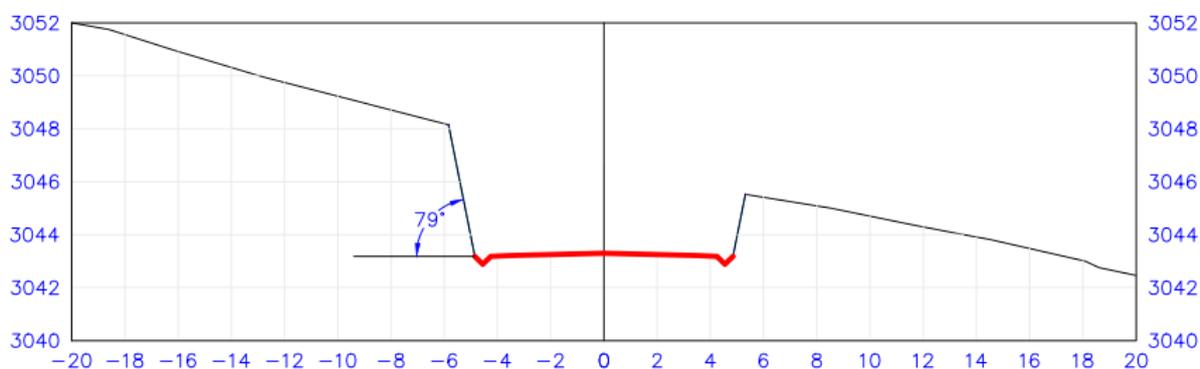


MUESTRA		
<b>L.L.</b>	39.00	
<b>L.P.</b>	25.00	
<b>I.P.</b>	14.00	

CLASIFICACION		
<b>MUESTRA</b>	<b>SUCS</b>	<b>AASHTO</b>
	SC	A - 2 - 6 ( 1 )

Contenido de Humedad (W%) - ASTM D2216			
NUMERO DE ENSAYOS		1	2
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (g)	790.4	948.5
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (g)	710.9	852.9
3	Peso del Agua Contenida (g)	79.5	95.6
4	Peso del Frasco (g)	73.8	75.4
5	Peso del Suelo Seco (g)	637.1	777.5
6	Contenido de Humedad (%)	12.48 %	12.30 %
7	PROMEDIO (%)	12.39 %	

### Sección del Talud en el Km 169 + 970



### Relación entre el Ángulo de Fricción y la Pendiente del Talud

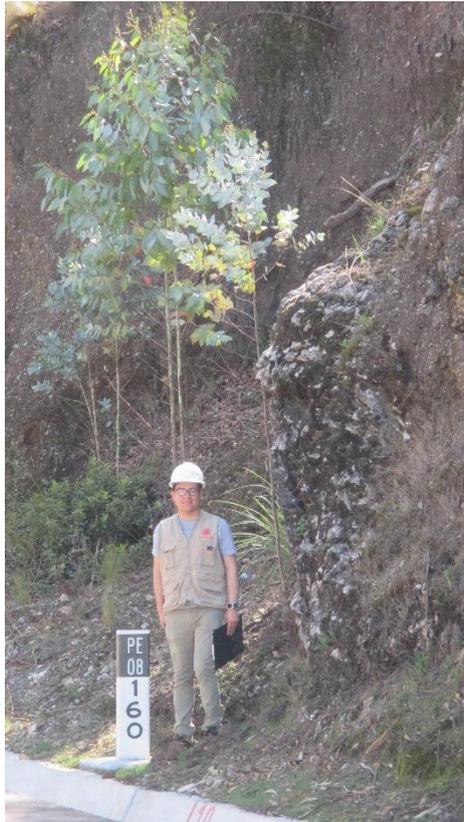
AASHTO	SUCS	Material del Talud	Ángulo de fricción ( $\phi$ ) (*)	Pendiente del Talud ( $^{\circ}$ )	Efecto	Nivel de Peligro
A - 2 - 6	SC	Arena Arcillosa	36 $^{\circ}$	79 $^{\circ}$	Deslizamiento	Muy Alto

(\*) El ángulo de fricción se obtuvo a partir de la Tabla N° 10 y corresponde a un valor aproximado.

**Anexo N° 05.- Trabajos de Mitigación y Prevención de Riesgos**

<b>PROGRESIVAS</b>		<b>TIPO DE</b>	<b>NIVEL DE</b>	<b>TRABAJOS A</b>
<b>DE (Km)</b>	<b>A (Km)</b>	<b>PELIGRO</b>	<b>RIESGO</b>	<b>REALIZAR</b>
<b>160 + 000</b>	<b>161 + 000</b>	DESLIZAMIENTOS	MUY ALTO	Desquinche de rocas
<b>161 + 000</b>	<b>162 + 000</b>	DESLIZAMIENTOS	MUY ALTO	Desquinche de rocas
<b>162 + 000</b>	<b>163 + 000</b>	CAIDOS DE ROCA	ALTO	Perfilado del talud
<b>163 + 000</b>	<b>164 + 000</b>	DESLIZAMIENTOS	MUY ALTO	Desquinche de rocas
<b>164 + 000</b>	<b>165 + 000</b>	CAIDOS DE ROCA	MUY ALTO	Perfilado del talud
<b>165 + 000</b>	<b>166 + 000</b>	DESLIZAMIENTOS	MUY ALTO	Desquinche de rocas
<b>166 + 000</b>	<b>167 + 000</b>	DESLIZAMIENTOS	ALTO	Desquinche de rocas
<b>167 + 000</b>	<b>168 + 000</b>	DESLIZAMIENTOS	MUY ALTO	Desquinche de rocas
<b>168 + 000</b>	<b>169 + 000</b>	GEOMETRIA DE LA VIA	MUY ALTO	Construcción de barreras de muros secos
<b>169 + 000</b>	<b>170 + 000</b>	DESLIZAMIENTOS	MUY ALTO	Desquinche de rocas

**Anexo N° 06.- Panel Fotográfico**



**Fotografía N° 01.- Inicio del tramo de estudio**



**Fotografía N° 02.- Talud muy erosionado compuesto de materiales finos**



**Fotografía N° 03.-** Encuesta realizada a los habitantes de la zona para conocer la vulnerabilidad



**Fotografía N° 04.-** El terreno está deslizando muy lentamente, prueba de ello es la torcedura del árbol en su parte inferior.



**Fotografía N° 05.-** Los materiales que caen desde los taludes, rocas de diversos tamaños, que muchas veces son colocadas a los costados de la carretera por los transeúntes y choferes que transitan la vía.



**Fotografía N° 06.-** Los materiales que caen desde los taludes ocupan las cunetas y continuamente se le debe hacer mantenimiento



**Fotografía N° 07.-** Se muestra una roca de grandes dimensiones la cual en cualquier momento podría volcarse y generar accidentes, ya que el talud se encuentra muy erosionado.



**Fotografía N° 08.-** Se muestra lo erosionados que están los taludes a lo largo de la vía y la escasez de vegetación.



**Fotografía N° 09.-** La gran mayoría de construcciones de adobe presentes en el área de estudio no cuentan con un sobrecimiento; los muros se apoyan directamente en el suelo además de otros problemas tales como falta de refuerzo horizontal.



**Fotografía N° 10.-** La vivienda está asentada encima de un talud, el cual está compuesto de material granular muy meteorizado, este factor en conjunto con las altas precipitaciones pone en riesgo a todas a las viviendas que presentan el mismo problema.



**Fotografía N° 11.-** Fin del tramo de estudio



**Fotografía N° 12.-** Ensayo de Contenido de Humedad



**Fotografía N° 13.-** Ensayo de Granulometría en Seco



**Fotografía N° 14.-** Ensayo de Granulometría por Lavado



**Fotografía N° 15.-** Ensayo de Limites de Atterberg – Limite Liquido



**Fotografía N° 16.-** Ensayo de Limites de Atterberg – Limite Plástico