



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD GEOTÉCNICA Y SU INFLUENCIA EN LOS MOVIMIENTOS DE MASA EN EL CASERÍO HUAYNAMARCA, CAJAMARCA – 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autores:

Bach. Deiser Wilver De La Cruz Vásquez

Bach. Diego Roycin Ramirez Diaz

Asesor:

Ing. Rafael Napoleón Ocas Boñon

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

Esta tesis le dedicamos a Dios por la oportunidad y la dicha de la vida, al brindarme los medios necesarios para continuar nuestra formación profesional, a nuestros Padres que con su esfuerzo del día a día, nos brindan su apoyo incondicional; para así poder continuar nuestros estudios alcanzando satisfactoriamente la visión de nuestra formación profesional.

Wilver De La Cruz y Diego Ramirez.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios por todas las bendiciones que pone en nuestras vidas, a nuestras familias por todo el apoyo brindado y a nuestro asesor, que han hecho posible el desarrollo de la presente tesis, el cual es muy importante en nuestra superación tanto personal como profesional.

Wilver De La Cruz y Diego Ramirez.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	14
CAPÍTULO III. RESULTADOS	25
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	83
ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: fichas de recolección de datos para análisis de susceptibilidad.....	17
TABLA N° 2: Métodos para la estimación de la susceptibilidad de deslizamientos de laderas considerando los factores topográficos e históricos.	21
TABLA N° 3 : Métodos para la estimación de la susceptibilidad de deslizamientos de laderas considerando los factores geomorfológicos y ambientales.....	21
TABLA N° 4: Métodos para la estimación de la susceptibilidad de deslizamientos de laderas considerando los factores geotécnicos.....	22
TABLA N° 5 : Coordenadas UTM de la zona de estudio.....	26
TABLA N° 6: Accesibilidad a la zona de Estudio	26
TABLA N° 7 : Inventario de movimientos de masa en la zona de estudio.	31
TABLA N° 8: Análisis de susceptibilidad en la estación N°1	42
TABLA N° 9: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°1.....	42
TABLA N° 10: Análisis de susceptibilidad en la estación N°2	43
TABLA N° 11: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°2.....	43
TABLA N° 12: Análisis de susceptibilidad en la estación N°3	44
TABLA N° 13: Clasificación de susceptibilidades en la estación 3.....	44
TABLA N° 14: Análisis de susceptibilidad en la estación N°4	45
TABLA N° 15: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°4.....	45
TABLA N° 16: Análisis de susceptibilidad en la estación N°5.	46
TABLA N° 17: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°5.....	46
TABLA N° 18: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 6.	47
TABLA N° 19: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°6.....	47
TABLA N° 20: Análisis de susceptibilidad en la estación N°7.	48
TABLA N° 21: Clasificación de susceptibilidades en la estación 7.....	48
TABLA N° 22: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 8.	49
TABLA N° 23: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 8.....	49
TABLA N° 24: Análisis de susceptibilidad en la estación N°9.	50
TABLA N° 25: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°9.....	50
TABLA N° 26: Análisis de susceptibilidad en la estación N°10.	51
TABLA N° 27: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 10.....	51
TABLA N° 28: Análisis de susceptibilidad en la estación N°11.	52
TABLA N° 29: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°11.....	52
TABLA N° 30: Análisis de susceptibilidad en la estación N°12.	53
TABLA N° 31: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°12.....	53
TABLA N° 32: Análisis de susceptibilidad en la estación N°13.	54
TABLA N° 33: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°13.....	54
TABLA N° 34: Análisis de susceptibilidad en la estación N°14.	55
TABLA N° 35: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°14.....	55

TABLA N° 36: Análisis de susceptibilidad en la estación N°15.	56
TABLA N° 37: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 15.....	56
TABLA N° 38: Análisis de susceptibilidad en la estación N°16.	57
TABLA N° 39: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°16.....	57
TABLA N° 40: Análisis de susceptibilidad en la estación N°17.	58
TABLA N° 41: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 17.....	58
TABLA N° 42: Análisis de susceptibilidad en la estación N°18.	59
TABLA N° 43: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°18.....	59
TABLA N° 44: Análisis de susceptibilidad en la estación 19.....	60
TABLA N° 45: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 19.....	60
TABLA N° 46: Análisis de susceptibilidad en la estación 20.....	61
TABLA N° 47: Clasificación de susceptibilidades en la estación 20.	61
TABLA N° 48: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 21.	62
TABLA N° 49: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°21.....	62
TABLA N° 50: Análisis de susceptibilidad en la estación N°22.	63
TABLA N° 51: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°22.....	63
TABLA N° 52: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 23.	64
TABLA N° 53: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°23.....	64
TABLA N° 54: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 24.	65
TABLA N° 55: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°24.....	65
TABLA N° 56: Análisis de susceptibilidad en la estación N°25.	66
TABLA N° 57: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°25.....	66
TABLA N° 58: Análisis de susceptibilidad en la estación N°26.	67
TABLA N° 59: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°26.....	67
TABLA N° 60: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 27.	68
TABLA N° 61: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°27.....	68
TABLA N° 62: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 28.	69
TABLA N° 63: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 28.....	69
TABLA N° 64: clasificación de las zonas con mayor susceptibilidad.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Criterios de selección.	16
FIGURA 2: ubicación de la zona de estudio	25
FIGURA 3: Zona de accesibilidad de zona de estudio.....	26
Figura 4. Laderas con inclinación menor a 45°.	28
Figura 5. Laderas con inclinación mayor a 45°.	29
Figura 6. Talud menor a 12 metros de alto, zona menor a 3000 m.s.n.m.....	29
Figura 7. Zona mayor a 3000 m.s.n.m., taludes hasta 70 metros.	30
Figura 8. Cárcava formada por la erosión fluvial.....	32
Figura 9. Chimenea de Hadas, producto de la erosión por aguas salvajes.	32
Figura 10. Cárcava formada por la erosión fluvial.....	33
Figura 11. Lugar preparado para el cultivo, caserío Huaynamarca y árboles.....	33
Figura 12. Sembrío de Chocho, arboles de Pino y arbustos de Mora.	34
Figura 13. Sembríos de cebada	34
Figura 14. Drenajes superficiales.....	35
FIGURA 15: Cárcavas presentes en el área de estudio.	35
FIGURA 16: Evidencias de caída de rocas carretera Jesús – Huaynamarca.....	36
FIGURA 17: Socavamiento producto de la erosión fluvial y flujo de tierra	36
FIGURA 18: Deslizamiento rotacional simple presente en el área de estudio.	37
FIGURA 19: Evidencias de caída de rocas carretera Jesús – Huaynamarca.....	37
FIGURA 20: Evidencias de caída de rocas carretera Jesús – Huaynamarca.....	38
FIGURA 21: Deslizamiento rotacional simple presente en el área de estudio.	38
FIGURA 22: Socavamiento producto de la erosión fluvial y flujo de tierra	39
FIGURA 23: Deslizamiento rotacional simple presente en el área de estudio.	39
FIGURA 24: flujo de tierra presente en el área de estudio.....	40
FIGURA 25: Socavamiento carretera Jesús huaynamarca.....	40
FIGURA 26: Macizo rocoso con evidencias de caída de rocas y escorrentía da aguas.....	41
FIGURA 27: Gráfico de barras del análisis de susceptibilidad en la estación N°1:	42
FIGURA 28: :Gráfico de barras del análisis de susceptibilidad estación N°2.....	43
FIGURA 29: gráfico de barras Análisis de susceptibilidad estación n°3.	44
FIGURA 30: Grafico de barras análisis de susceptibilidad estación N°4.	45
FIGURA 31: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°5.	46
FIGURA 32: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°6.	47
FIGURA 33: Grafico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N° 7.	48
FIGURA 34: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación N° 8.	49
FIGURA 35: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°9	50
FIGURA 36: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación 10.....	51
FIGURA 37: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación 11	52
FIGURA 38: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°12.	53

FIGURA 39: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación N°13.	54
FIGURA 40: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°14	55
FIGURA 41: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación 15.....	56
FIGURA 42: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°16.	57
FIGURA 43: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°17	58
FIGURA 44: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°18	59
FIGURA 45: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación 19.	60
FIGURA 46: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación 20.	61
FIGURA 47: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°21.	62
FIGURA 48: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación 22.	63
FIGURA 49: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°23.	64
FIGURA 50: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación 24.	65
FIGURA 51: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°25.	66
FIGURA 52: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación N°26.	67
FIGURA 53: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación N°27.	68
FIGURA 54: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°28.	69
FIGURA 55: talud analizado en el software slide V5	70
FIGURA 56: Método de bishop resultado del factor de seguridad 0.296	71
FIGURA 57: talud analizado en el software slide V5	72
FIGURA 58: Método de bishop resultado del factor de seguridad 0.451	73
FIGURA 59: talud analizado en el software slide V5	74
FIGURA 60: talud analizado con el software slide resultado del factor de seguridad 0.508.....	75
FIGURA 61: Talud analizado en el software slide V5	76
FIGURA 62: método bishop factor de seguridad 1.101	77
FIGURA 63: talud analizado con el software slide v5	78
FIGURA 64: método bishop factor de seguridad 1.289.....	79
FIGURA 65: Talud analizado con el software slide v5	80
FIGURA 66: método bishop factor de seguridad 1.289	81

RESUMEN

La tesis titulada Análisis De Susceptibilidad Geotécnica Y Su Influencia En Los Movimientos De Masas en el Caserío Huaynamarca, Cajamarca – 2019, tuvo por objetivo general determinar la susceptibilidad geotécnica y su influencia en los movimientos de masa en el caserío Huaynamarca, Cajamarca – 2019, la investigación es no experimental, correlacional – causal, para la recolección de muestras se utilizó fichas de recolección de datos de campo con indicadores como, pendiente de taludes, altura de taludes, características geomorfológicas, presencia de aguas, usos y características de los suelos; se tuvo como resultados que las zonas aledañas al Caserío Huaynamarca presentan características geotécnicas con alta susceptibilidad al movimiento de masas, dentro del área de estudio se logró identificar 28 zonas que con regular frecuencia hay movimiento de masas, hemos realizado la comparación del factor de seguridad con el análisis de susceptibilidad, de acuerdo a estos datos se realizó el plano de susceptibilidad identificando las zonas con muy baja susceptibilidad., baja susceptibilidad, moderada susceptibilidad., alta susceptibilidad. y muy alta susceptibilidad.

Palabras clave: Movimiento de masas, Susceptibilidad, taludes, características geomorfológicas, procesos erosivos.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Hervás y Barredo (2001). Mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante un SIG, teledetección y métodos de evaluación multicriterio. Aplicación a la depresión de Tirajana (Gran Canaria). Se propone un método indirecto de evaluación de la susceptibilidad de deslizamientos dentro de un SIG, que integra factores condicionantes de la inestabilidad de laderas, y técnicas de evaluación multicriterio basadas en jerarquías analíticas y sumas lineales ponderadas de pesos de factores y clases.

Jiménez (2005). Análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante un SIG en la Cuenca Vertiente al Embalse de Rules, Granada. El trabajo aborda el análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de ladera, mediante un Sistema de Información Geográfica, en la cuenca del río Guadalfeo vertiente al embalse de Rules, Granada.

Fidel y Zavala (2006). Susceptibilidad a los movimientos en masa en la Cuenca de la Quebrada Hualanga. Pataz, La Libertad. Emplea el método planteado por Hervás y Barredo (2001) para el cartografiado de la susceptibilidad, al cual se le han asignado variantes en la asignación de los pesos a los factores condicionantes de la inestabilidad

Según Zavala, B. y Rosado, M. (2011) menciona que los movimientos en masa constituyen uno de los procesos geológicos más frecuentes que han afectado la superficie de la Tierra y una de las amenazas naturales que en la actualidad han incrementado su presencia dentro del territorio nacional debido a la recurrente formación de fenómenos meteorológicos extraordinarios.

Es así que los movimientos en masa provocan anualmente la pérdida de vidas humanas y gran cantidad de daños económicos en el ámbito nacional; las estrategias encaminadas a la mitigación de los efectos señalados conllevan una serie de acciones, preventivas y correctivas, que abarcan medidas tanto estructurales como no estructurales. Como en otros ámbitos encaminados a la reducción de daños de cualquier tipo, las medidas preventivas y no estructurales son en general las más adecuadas y menos costosas. Entre dichas medidas se encuentra la elaboración de modelos de susceptibilidad que constituyen una herramienta básica para encaminarnos en las políticas de la gestión del riesgo de desastres y el ordenamiento territorial que incluya la mitigación de peligros naturales.

Teniendo en cuenta el contexto anterior y que la población mundial crece a ritmo casi exponencial, nada más que en Perú, la población ha crecido 31 millones 237 mil 385 personas (INEI. 2018). Las consecuencias sobre el territorio son directas, ya que conduce a una expansión tanto en las grandes urbes como en las zonas rurales, ejerciendo en mayor o menor medida, una presión sobre el territorio.

Portilla (2012) evalúa la amenaza por deslizamiento en Málaga, aplicando la metodología de los conjuntos difusos y determinando las variables intrínsecas involucradas en la reactivación de deslizamientos, permitió calificarlos y valóralos por medio de las variables lingüísticas, las que se basan en la manera como se expresa el conocimiento humano, más que en la información estrictamente numérica. Obteniendo un mapa de zonificación de amenaza por deslizamiento con una probabilidad entre 63 % y 73 % de reactivación de dicho fenómeno.

En este sentido, se justifica el enfoque que se le da al presente trabajo, como obtención del mapa de susceptibilidad, derivado de la correlación entre el inventario de movimientos en masa y los factores condicionantes, por métodos geoproceso, ya

que este método clasifica zonas, de baja a alta susceptibilidad, en función del área movilizada en cada combinación de clases de factores condicionantes. Y, sobre todo, por la ausencia en la actualidad de un mapa y/o procedimiento para obtener la susceptibilidad a movimientos en masa con poca información sobre factores condicionantes.

Por otra parte, Montoya (2014) realiza una evaluación geotécnica de taludes de la carretera Cruz Blanca-El Gavilán, tesis donde identifiqué siete zonas críticas por presentar deslizamientos, derrumbes, caída de rocas; determinando para estas su factor de seguridad, comportamiento lito morfoestructural; basándose en métodos geotécnicos. Este trabajo de investigación busca dentro de sus alcances mostrar un análisis con mapas de susceptibilidad para movimientos en masa y contribuir con un documento técnico base, para que nuestras autoridades locales tomen medidas correctivas ante fenómenos de esta naturaleza, en materia de Gestión del Riesgo de Desastres (Ley N^o 29664).

Con la finalidad de generar datos medibles y comprobables se ha planteado como objetivo general: Determinar la susceptibilidad geotécnica y su influencia en los movimientos de masa en el caserío Huaynamarca, Cajamarca – 2019 Estructurar la información cartográfica básica. Realizar el inventario de movimientos en masa. Modelar las variables que intervienen en los fenómenos físicos relacionados con movimientos en masa. Determinar el factor de seguridad y comparar con el análisis de susceptibilidad Implementar un análisis sobre plataforma SIG a utilizarse para el análisis geoespacial y la generación del mapa de susceptibilidad en función al tipo de suelo, roca y vegetación para una implementación de la Gestión del Riesgo de Desastres mediante la difusión de estos resultados.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de la susceptibilidad geotécnica en los movimientos de masa en el caserío Huaynamarca, Cajamarca, 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la susceptibilidad geotécnica y su influencia en los movimientos de masa en el caserío Huaynamarca, Cajamarca – 2019

1.3.2. Objetivos específicos

Elaborar un inventario de las zonas y el tipo movimientos en masa en el caserío Huaynamarca.

Evaluar las áreas susceptibles producto del movimiento de masas en el caserío de Huaynamarca.

Determinar el factor de seguridad de las estaciones y comparar con el análisis de susceptibilidad

Elaborar el plano de susceptibilidad de movimiento de masas del caserío Huaynamarca, en función a las pendientes, tipo de roca, tipo de suelo y vegetación.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- La susceptibilidad geotécnica influye significativamente en el movimiento de masa en el Caserío Huaynamarca, Cajamarca durante el año 2019.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Al realizar el inventario de movimientos en masa ayuda a identificar las zonas de susceptibilidad en el Caserío de Huaynamarca.
- Al realizar el geoproceso se obtendrá las zonas susceptibles al movimiento de masas en el Caserío de Huaynamarca.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación desarrollada en el vigente trabajo, es no – experimental, correlacional – causal, definiéndose como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables en un tiempo único y describiendo relaciones entre dos o más variables en un momento determinado. Por otra parte, a veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causa - efecto, debido a que lo movimientos en masa ya ocurrieron en la realidad o podrían ocurrir durante el desarrollo del estudio, quien investiga los observa y reporta, para después analizarlos mediante métodos matemáticos y modelos computacionales que nos permitan obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa y verificar su grado de susceptibilidad.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población.

Todos los macizos rocosos del caserío Huaynamarca.

2.2.2. Muestra.

Los macizos rocosos de los 28 puntos del caserío Huaynamarca

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La técnica de recolección de datos que fue utilizada en la presente investigación es la observación directa que consistió en el registro sistemático y confiable de los aspectos geológicos de movimientos en masa en los mapas topográficos y fichas de campo.

Los instrumentos utilizados para el desarrollo del presente trabajo de investigación son:

Instrumentos de campo

GPS (Garmin), Brújula tipo Brunton, Picota, Protáctor (1/1000)

Mapas topográficos (1/15 000) y geológicos (1/ 100 000).

Ficha de campo (inventario de movimientos en masa)

Cámara fotográfica digital (12 mega pixeles)

Colores, ácido clorhídrico y flexómetro.

Cuaderno de campo

Instrumentos de gabinete

Laptop core i7

Software Arcgis 10.

2.4. Procedimiento

Etapa de pre campo

En la etapa de pre campo se realizó la recopilación de información considerando antecedentes, recopilación de otros trabajos de investigación de susceptibilidad de movimiento de masas, además se tomó como fuente principal el lo propuesto por Laura Moral Fernández, Calculo de La Susceptibilidad de Deslizamiento del terreno en Lorca Mediante un Sistema de Información Geográfica, donde plantea las medidas efectivas cálculo de susceptibilidad y lo importante que es entender las causas.

Se seleccionaron los artículos por el tiempo, no mayor a cinco años de publicado, además cumple con las palabras clave propuestas para la búsqueda como son, estabilidad física de terrenos, derrumbes, accidentes por movimiento de masas, estabilidad geotécnica, depósito de material inadecuado.

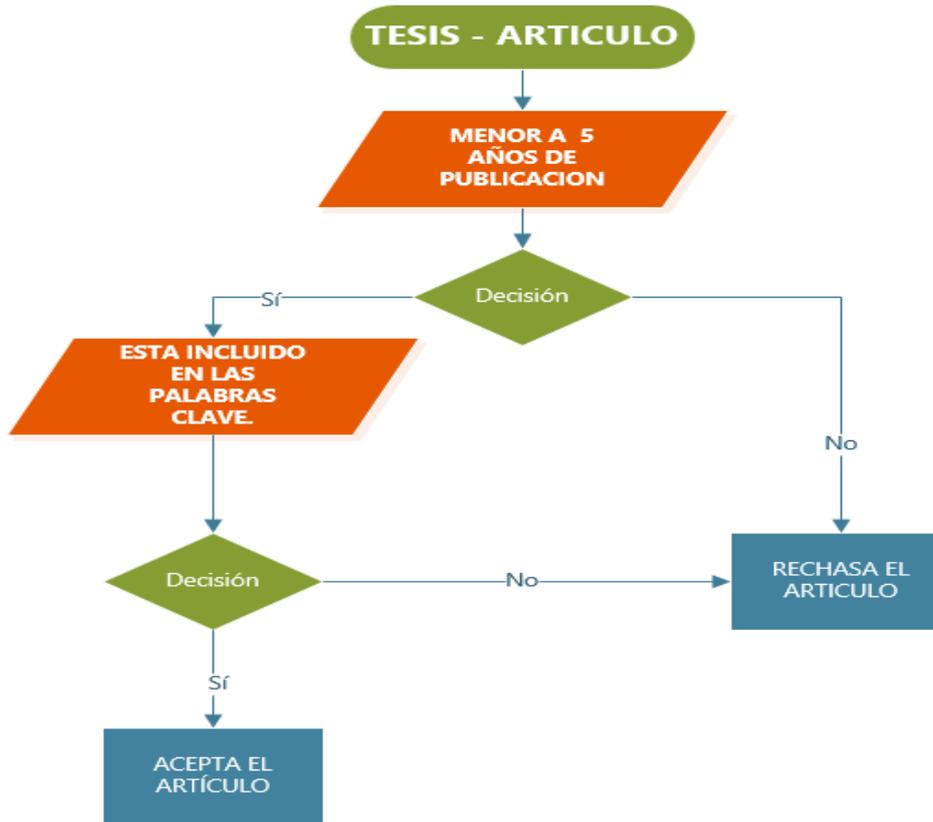


FIGURA 1: Criterios de selección.

Etapa de Campo

En la visita de campo buscamos encontrar los materiales vulnerables y tomaremos lo dicho por Pérez, en el año 2009, en el libro Estabilidad de Taludes que nos dice que para la determinación de las condiciones de estabilidad es un objetivo importante los estudios de riesgos de origen geológico, la frecuencia e importancia de los deslizamientos del terreno suele ir ligada a zonas de relieve la intensidad y duración de precipitaciones y efectos asociados a estas: erosión en cauces. (Pérez, 2009). Por tanto, la etapa de campo se realizó mediante la ficha de recolección de datos para análisis de susceptibilidad, considerando inclinación de taludes, altura de taludes, antecedentes de deslizamientos, evidencias geomorfológicas, vegetación y usos de tierras, presencia de agua, tipos de suelo y roca, espeso de capa de suelo y características estructurales

TABLA N° 1: fichas de recolección de datos para análisis de susceptibilidad

FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS			
FACTOR	INTERVALOS DE CATEGORÍA	ATRIBUTO RELATIVO	OBSERVACIONES
Inclinación de los taludes	15° a 25°		
	25° a 35°		
	35° a 45°		
	Más de 45°		
	Menos de 15°		
Altura	Menos de 50 m		
	50 a 100 m		
	100 a 200 m		
	Más de 200 m		
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área.	No se sabe		
	Algunos someros		
	SI, incluso con fechas		

FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES			
FACTOR	INTERVALOS DE CATEGORÍA	ATRIBUTO RELATIVO	OBSERVACIONES
Evidencias geomorfológicas de hueco en laderas contiguas	Inexistentes		
	Volúmenes Moderados		
	Volúmenes faltantes		
Vegetación y uso de la tierra	zona urbana		
	Cultivos Anuales		
	Vegetación intensa		
	vegetación moderada		
	Área deforestada		
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático Inexistente		
	Nivel freático superficial		
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua		

CLASES GEOTÉCNICAS	CLASES GEOTÉCNICAS DE LA METODOLOGÍA	VALOR RELATIVO
I	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc)	1
IIb	Rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.	2
IIIa	Suelos arcillosos consistentes arenos limosos compactos.	3
IIIb		
IV	Rocas metamórficas (lutitas, pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas	4
V	Suelos granulares medianamente compactos o sueltos. suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.	5
VI		

FACTORES GEOTÉCNICOS				
FACTOR	INTERVALOS DE CATEGORÍA	ATRIBUTO RELATIVO	OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
Tipos de suelos y rocas	Suelos granulares medianamente compactos o sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.			
	Rocas metamórficas (lutitas , pizarra y esquistos) de poco a muy intemperizadas			
	Suelos arcillosos consistentes areno-limosos compactos			
	Rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes			
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita,etc.)			
Espesor capa del suelo	Menos de 5 m			
	5 a 10 m			
	10 a 15 m			
	15 a 20 m			
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad	Menos de 15°		
		25 a 35°		
		Más de 45°		
	Angulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud	Más de 10°		
		0° a 10°		
		0°		
		0° a -10°		
		Más de -10°		
	Angulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección de talud	Más de 30°		
		10° a 20°		
Menos de 5°				
				COORDENADAS
				N:
				E:

Etapa de post campo

De todas las metodologías que actualmente ofrece la literatura para estimar la susceptibilidad del terreno a sufrir deslizamientos, en esta investigación se ha empleado la propuesta por Mendoza y Domínguez (2006) por la completitud y diversidad que ofrece en los factores de susceptibilidad y por la sencillez que presenta a la hora de implementarla dentro del Sistema de Información Geográfica.

Esta metodología empírica es de naturaleza cualitativa y está basada en la metodología propuesta por Suárez (1998), incorporando a la anterior modificaciones y criterios más amplios a la hora de estudiar los factores de susceptibilidad.

Las metodologías cualitativas de estimación de la susceptibilidad del terreno a deslizamiento están basadas en la asignación de valores numéricos a cada uno de los factores influyentes según sus atributos. Tales factores reúnen aspectos topográficos, geotécnicos, históricos, geomorfológicos y ambientales. En función de la suma total de las calificaciones asignadas, se establecieron cinco grados de la susceptibilidad del deslizamiento (muy bajo a muy alto).

Los valores propuestos para calificar los diversos atributos de una ladera deben considerarse sólo indicativos, y deberán revisarse regionalmente para irse adecuando atendiendo a las experiencias de deslizamientos pasados y los que ocurran en el futuro (Mendoza y Domínguez, 2006).

A. Cálculo de susceptibilidad del terreno

El cálculo de la susceptibilidad se hace acorde a lo propuesto por Mendoza y Domínguez en el año 2016, pero se eliminado el factor estructural ya que no se ha evidenciado macizo rocoso susceptible al deslizamiento.

Los pesos han sido multiplicados por 10 para introducir al software como números enteros, para introducir los pesos se ha reclasificado las capas que presenta los factores de cálculos de la susceptibilidad.

TABLA N° 2: Métodos para la estimación de la susceptibilidad de deslizamientos de laderas considerando los factores topográficos e históricos.

FACTOR	INTERVALOS O CATEGORÍAS	ATRIBUTO RELATIVO	OBSERVACIONES
Inclinación de los taludes	Más de 45°	20	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.
	35° a 45°	18	
	25° a 35°	14	
	15° a 25°	10	
	Menos de 15°	5	
Altura	Menos de 50m	6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada.
	50 a 100 m	12	
	100 a 200 m	16	
	Más de 200 m	20	
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área.	No se sabe	3	Reseñas verosímiles de lugareños
	Algunos someros	4	
	Sí, incluso con fechas	6	

TABLA N° 3 : Métodos para la estimación de la susceptibilidad de deslizamientos de laderas considerando los factores geomorfológicos y ambientales.

FACTOR	INTERVALOS O CATEGORÍAS	ATRIBUTO RELATIVO	OBSERVACIONES
Evidencias geomorfológicas de hueco en laderas contiguas	Inexistentes	0	Formas de conchas o de embudo (flujos)
	Volúmenes moderados	5	
	Volúmenes faltantes	1	
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	20	Considérense no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima
	Cultivos anuales	15	
	Vegetación intensa	0	
	Vegetación moderada	8	
	Área deforestada	20	
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	10	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud
	Nivel freático inexistente	0	
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua	10	

TABLA N° 4: Métodos para la estimación de la susceptibilidad de deslizamientos de laderas considerando los factores geotécnicos.

FACTOR	INTERVALOS O CATEGORÍAS		ATRIBUTO RELATIVO	OBSERVACIONES
Tipos de suelos y rocas	Suelos granulares medianamente compactos o sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.		15 a 25	Vulnerables a la erosión, suelos de consistencia blanda
	Rocas metamórficas (lutitas, pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas		12 a 20	
	Suelos arcillosos consistentes arenolimosos compactos		5 a 10	Multiplicar por 1.3 si está agrietado
	Rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes		3 a 6	Multiplicar por 1.2 a 1.5 según el grado de meteorización
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc).		2 a 4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización
Espesor capa del suelo	Menos de 5 m		5	Revisense cortes y cañadas; o bien, recúrranse a exploración manual.
	5 a 10 m		10	
	10 a 15 m		14	
	15 a 20 m		18	
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad	Menos de 15°	3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad
		25 a 35°	6	
		Más de 45°	9	
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud	Más de 10°	3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud
		0° a 10°	5	
		0°	7	
		0° a -10°	8	
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección de talud	Más de -10°	1	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas
		Más de 30°	2	
		10° a 20°	3	
		Menos de 5°	5	

Procesamientos mediante sistemas de información geográfica

Para la realización de un estudio en el que se analiza la combinación espacial de diferentes variables, como es el caso que nos ocupa, es imprescindible dar a todas ellas una correcta posición geográfica, complementada con las características que las identifican. Por este motivo, el Sistema de Información Geográfica (SIG) diseñado en este estudio se considera como la herramienta óptima para la elaboración, análisis y presentación de resultados. (Moral, 2014).

Recolectar la información ha sido la etapa que requirió más tiempo y costo en la investigación, después de la recolección de la información se prosiguió a estandarizar e incorpora los datos al SIG.

El software que se ha utilizado para la implementación del Sistema de Información Geográfica, ha sido ArcGIS V.10 de ESRI. ArcGIS constituye una familia de productos de software para construir un SIG completo. Esta familia es producida y comercializada por la empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute). Este software permite realizar todos los procesos del Sistema de Información Geográfica en un mismo espacio, desde la captura de datos, edición geométrica y análisis de variables hasta la producción cartográfica.

Las aplicaciones que se han utilizado han sido:

- ArcCatalog: Aplicación compartida que permite organizar y clasificar toda la información del SIG. Esta herramienta se ha empleado para gestionar las capas de información geográfica.
- ArcToolbox: Aplicación compartida donde se encuentran las herramientas para realizar distintas operaciones de análisis con la información geográfica. Esta herramienta permitirá combinar información en diferentes formatos (vectorial y

ráster) y obtener nuevas capas de información. Esta herramienta ha sido empleada para desarrollar todos los geoprocesos y parte del tratamiento de la información.

- ArcMap: Aplicación que permite editar información geográfica, visualizarla de forma combinada y crear mapas. Esta herramienta ha sido utilizada para visualizar de forma conjunta todas capas de información del SIG, para analizar la información, establecer uniones espaciales entre ellas y para diseñar los mapas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación.

El lugar de estudio se encuentra ubicado en el distrito de Jesús el cual situado a 22 Km y al SE del distrito de Cajamarca, a orillas del río Cajamarquino comprendido entre el Cerro Cashorco al N y el cerro Hormillo al S incluyendo las quebradas Trinca y Llumbamba, a una altitud de 3200m.s.n.m .

FIGURA 2: ubicación de la zona de estudio

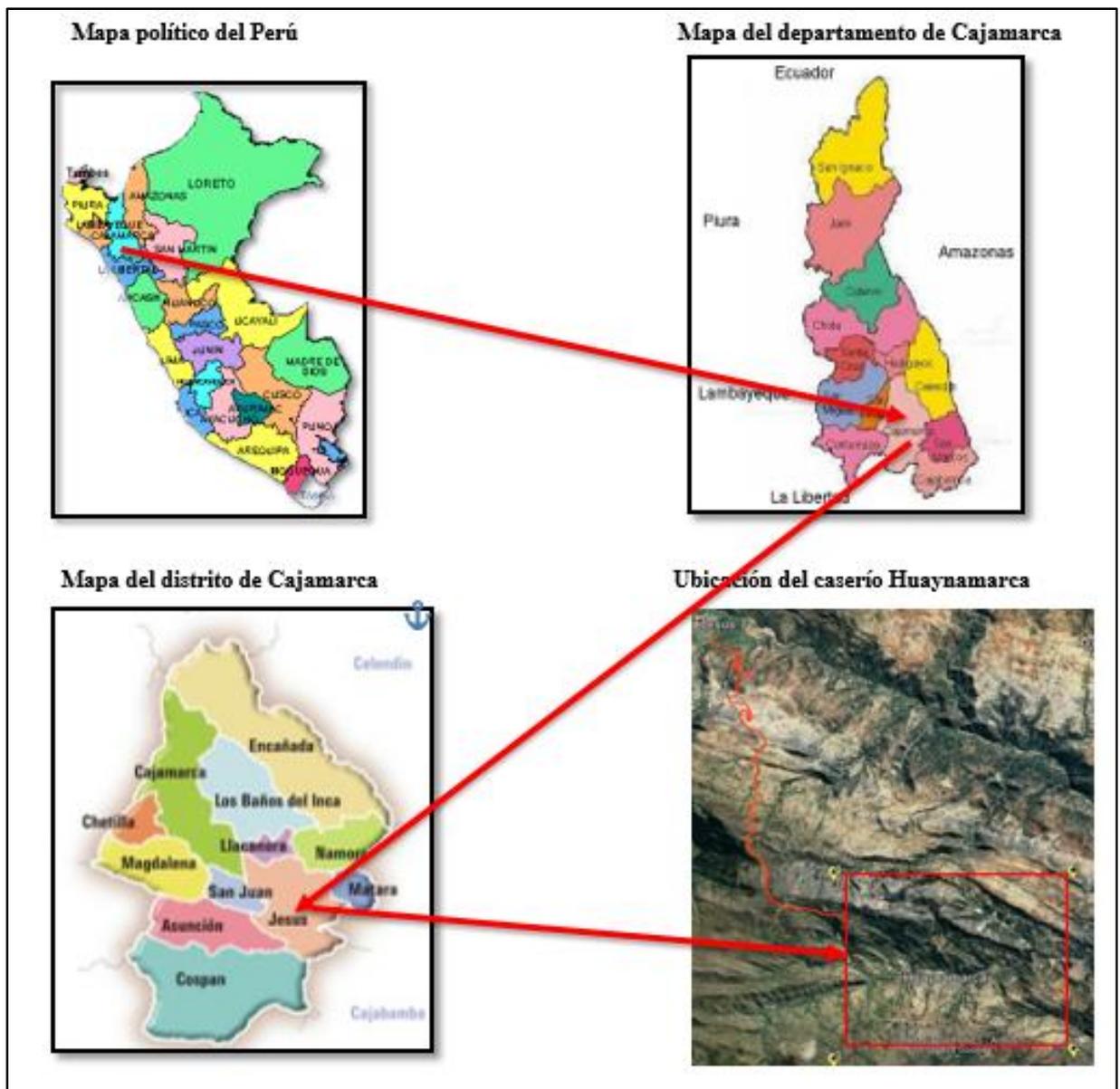


TABLA N° 5 : Coordenadas UTM de la zona de estudio

VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	802100	9188100
2	802100	9181500
3	794000	9181500
4	794000	9188100

3.1.2 Accesibilidad.

El lugar de estudio se encuentra a 19.2 kilómetros del distrito de Jesús, provincia y región Cajamarca.

TABLA N° 6: Accesibilidad a la zona de Estudio

RUTA	TRAMO	TIPO DE VIA	TIEMPO
1	Cajamarca- Jesús)	Asfaltado	25 minutos
2	Jesús -Huaynamarca	Trocha	30 minutos

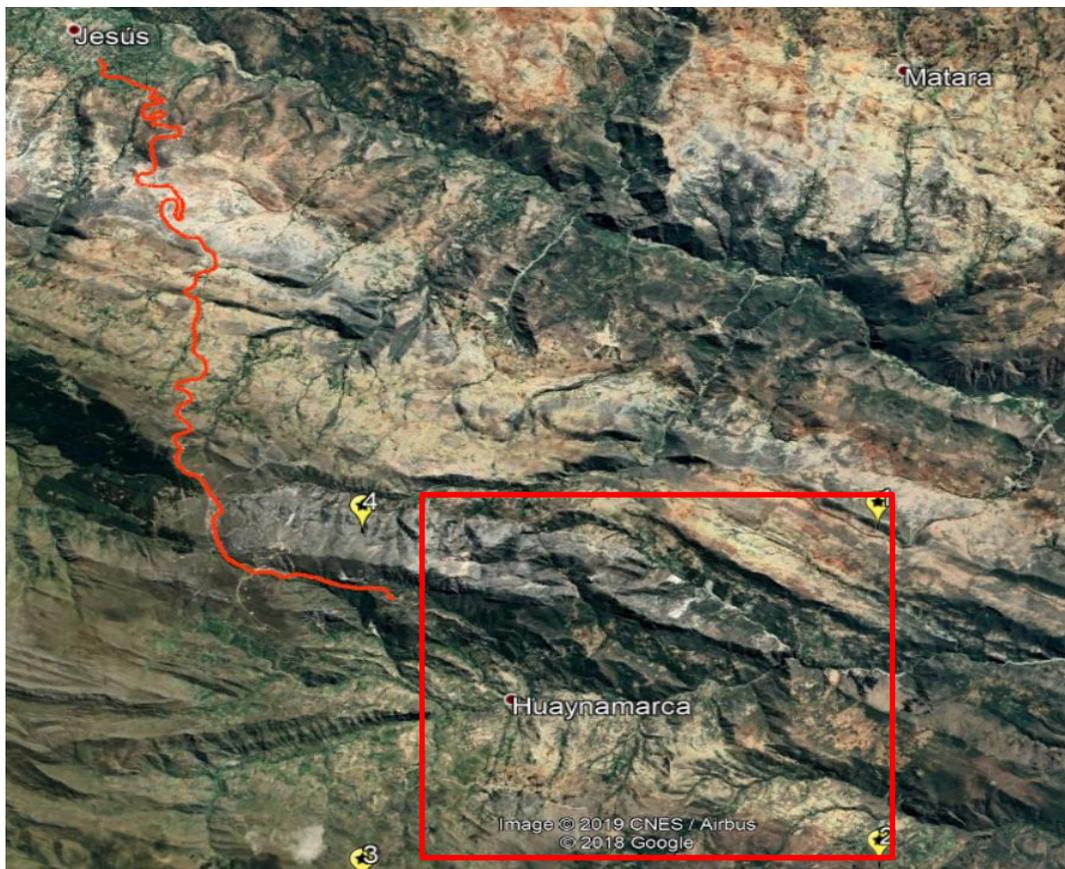


FIGURA 3: Zona de accesibilidad de zona de estudio.

3.2 GEOLOGÍA LOCAL

1.1. Formación Santa. Consiste en la intercalación de lutitas y calizas margosas, areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m. suprayace a la formación Chimú e infrayace a la formación Carhuaz, aparentemente con discordancia paralela en ambos casos. El cambio de facies es notable según los lugares, en la zona de Cajamarca solamente hay lutitas y areniscas grises, fenómeno que se interpreta como relacionado con la forma de la cuenca.

1.2. Formación Carhuaz (Ki-ca). Compuesta por una alternancia de lutitas, limolitas y areniscas de grano fino. En la base se observa una alternancia de areniscas y limolitas; las areniscas son de grano fino de coloraciones gris amarillentas, violáceas, en estratos delgados, las limolitas son grises amarillentos y a veces abigarradas.

1.3. Formación Farrat (Ki-fa). Compuesta por areniscas gris blanquecinas, Sus estratos son muy resistentes a la erosión. Sus características litológicas son muy similares a la fm, Chimú. de tal forma que para poder diferenciarlo en campo es necesario ubicar a la fm. Santa y Carhuáz.

1.4. Formación Inca. En varios lugares, se ha observado que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcita, dando en superficie un matiz amarillento. En los alrededores de Cajamarca es de coloración rojiza, pero en el resto del área, el color predominante es amarillo-anaranjado, con evidente acción de limonitización. Su grosor no pasa de los 100m.

1.5. Cuaternario Aluvial. Unidad en la cual se distinguen tres subunidades:

- **Terrazas:** Arenas amarillas y gravas cementadas por hierro secundario. Sucesión grano decreciente con un alto componente de arena gruesa. Los materiales más frecuentes son cuarzo y chert. Se presentan materiales de origen ígneo y

metamórfico. En esta zona el cuarzo en la fracción arenosa corresponde al 80%. En la fracción arcillosa, la caolinita es un componente importante. La secuencia no es muy gruesa, con un espesor máximo de 10 metros.

- **Llanuras de inundación:** Arena en la base, pasando a lutitas grises, azulosas y amarillentas y terminando con arena fina en la parte superior. A diferentes niveles de la sucesión, se observan paleocanales rellenos de arcillas orgánicas y material turboso.
- **Playas actuales:** formadas por materiales que van desde limos hasta arenas con grava fina. Los diques están constituidos por arenas finas y limosas. Hacia el interior de las llanuras de inundación los sedimentos corresponden a arcillas y arcillas limosas.

3.2.1 FACTORES TOPOGRÁFICOS

Inclinación de los taludes

En el lugar de estudio encontramos zonas con pendientes suaves, redondeadas, en la parte baja con pendientes de 12° - 18° , sobre estas encontramos cambios de pendientes que varían de 27° - 36° , en las zonas con altitudes mayores a los 3000 m.s.n.m. encontramos pendientes mayores a los 45° .



FIGURA 4. Laderas con inclinación menor a 45° .



FIGURA 5. Laderas con inclinación mayor a 45°.

Altura

En el lugar de estudio con altitud menor a los 3000 m.s.n.m. se evidencia taludes en cortes de carretera que no superan los 12 metros de altura, con respecto a las zonas con altitud mayor a los 3000 m.s.n.m. encontramos taludes con alturas hasta de 70 metros.



FIGURA 6. Talud menor a 12 metros de alto, zona menor a 3000 m.s.n.m.



FIGURA 7. Zona mayor a 3000 m.s.n.m., taludes hasta 70 metros.

Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área.

Para poder realizar la investigación, se tuvo que inventariar los movimientos de masa, en total se logró identificar 28 puntos donde ocurre desprendimiento de roca, desplome de materiales no consolidados ya sea por efectos de gravedad o sobre saturación en tiempos de lluvia.

TABLA N° 7 : Inventario de movimientos de masa en la zona de estudio.

Movimiento en masa	Tipo	ESTE	NORTE	COTA
D1	Deslizamiento traslacional	794253	9186314	3659
D2	Caídas	794802	9184600	3385
D3	Caída de rocas	795152	9184651	3181
D4	Desprendimiento de rocas	794666	9185342	3403
D5	Deslizamiento traslacional	796302	9182800	3691
D6	Desprendimiento de suelos	795773	9182708	3665
D7	Deslizamiento traslacional	797713	9182686	3541
D8	Deslizamiento rotacional	796542	9185961	3363
D9	Avalanchas	796857	9185717	3329
D10	Desprendimientos de suelos	797385	9185011	3252
D11	Desprendimiento de roca	797239	9185793	3284
D12	Caída de rocas	797991	9184998	3920
D13	Caídas	798998	9186651	3167
D14	Caída	798838	9187166	3140
D15	Desprendimiento de rocas	799449	9187025	2963
D16	Desprendimiento de rocas	801450	9185127	2750
D17	Deslizamiento traslacional	800805	9183826	3057
D18	Volcamiento de rocas	800622	9183621	342
D19	Desprendimiento de suelos	797298	9181745	3737
D20	Caídas	797542	9181582	3642
D21	Avalanchas	797700	9181969	3665
D22	Volcamientos de rocas	799483	9188122	3288
D23	Deslizamiento traslacional	800576	9188056	3151
D24	Desprendimiento de roca	800157	9187607	3218
D25	Desprendimiento de suelos	801279	9187419	3069
D26	Deslizamiento rotacional	799423	9184884	2851
D27	Desprendimiento de rocas	801994	9182699	2809
D28	Deslizamiento	802309	9182871	2771

3.2.1. FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES

✓ Evidencias geomorfológicas de hueco en laderas contiguas

Como evidencia geomorfología de huecos se encontró cárcavas, quebradas, chimenea de hadas, producto de las aguas sin encausamiento, aguas salvajes, que son las principales fuentes erosivas del lugar.



FIGURA 8. Cárcava formada por la erosión fluvial.

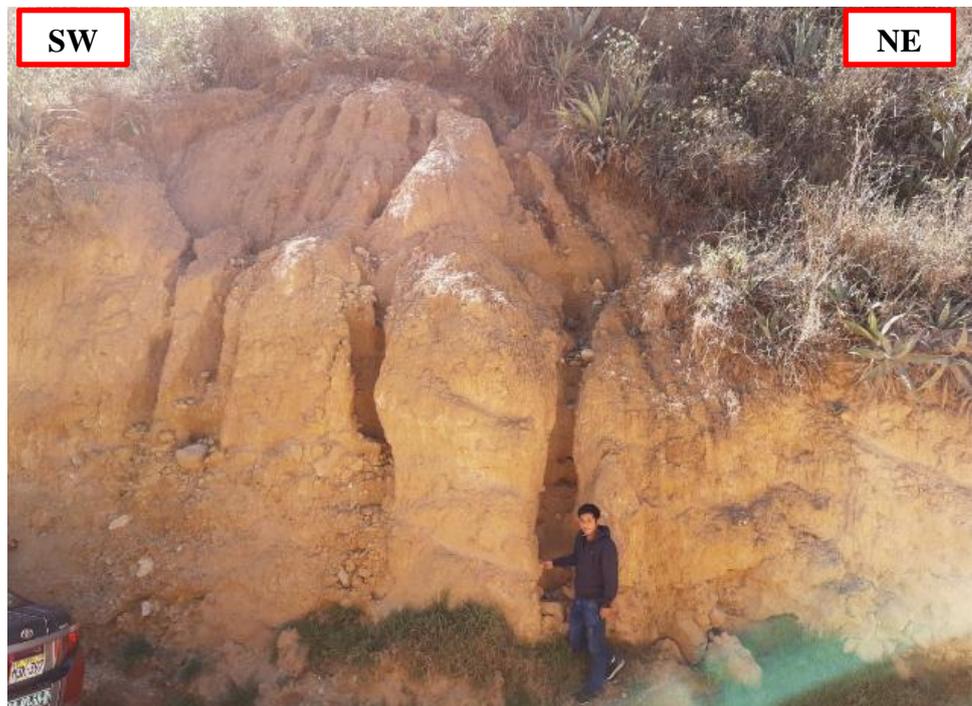


FIGURA 9. Chimenea de Hadas, producto de la erosión por aguas salvajes.



FIGURA 10. Cárcava formada por la erosión fluvial.

✓ **Vegetación y uso de la tierra**

El uso de tierra en el lugar de estudio es dedicado al cultivo de chocho, cebada y trigo, la vegetación presente por lo general son arbustos de mora, arboles de eucalipto, pino y pastos para ganado.



FIGURA 11. Lugar preparado para el cultivo, caserío Huaynamarca y árboles



FIGURA 12. Sembrío de Chocho, arboles de Pino y arbustos de Mora.



FIGURA 13. Sembríos de cebada

✓ **Régimen del agua en la ladera**

No se evidenciaron flujo de agua en las laderas, pero se encontraron cárcavas, laderas erosionadas que evidencian que hay temporadas que los flujos de agua erosionan el lugar.



Figura 14. Drenajes superficiales.



FIGURA 15: Cárcavas presentes en el área de estudio.

✓ **Evidencia de movimiento de masas.**



.....**FIGURA 16:** Evidencias de caída de rocas carretera Jesús – Huaynamarca



FIGURA 17: Socavamiento producto de la erosión fluvial y flujo de tierra



FIGURA 18: Deslizamiento rotacional simple presente en el área de estudio.



FIGURA 19: Evidencias de caída de rocas carretera Jesús – Huaynamarca.



FIGURA 20: Evidencias de caída de rocas carretera Jesús – Huaynamarca.

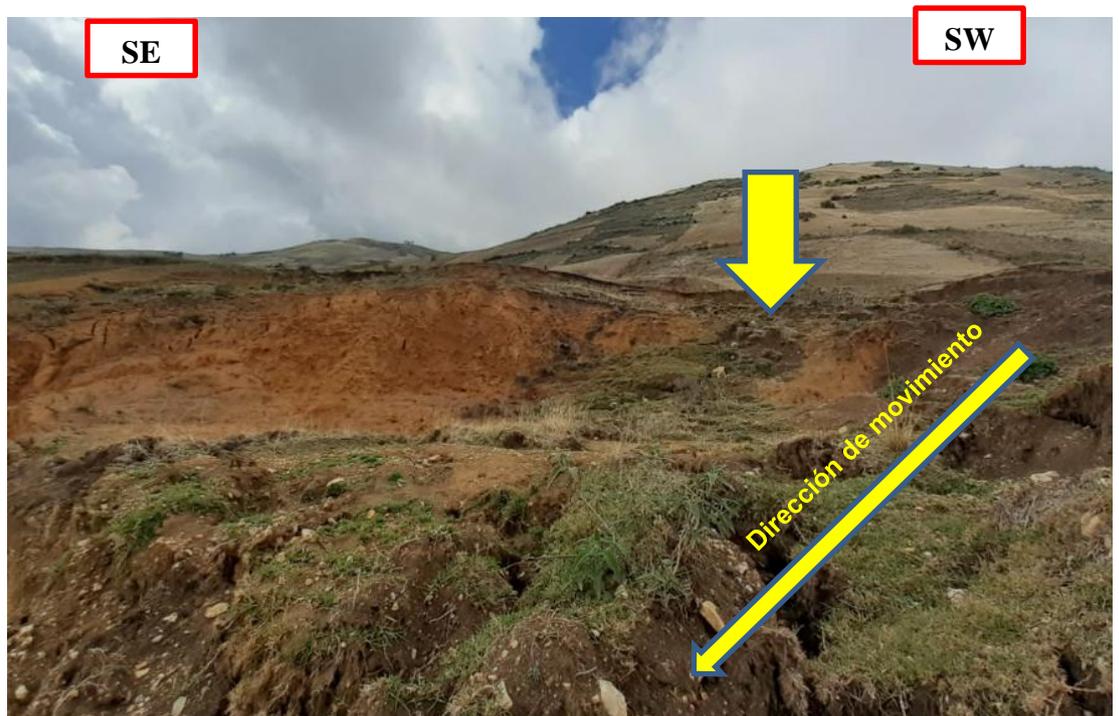


FIGURA 21: Deslizamiento rotacional simple presente en el área de estudio.



FIGURA 22: Socavamiento producto de la erosión fluvial y flujo de tierra



FIGURA 23: Deslizamiento rotacional simple presente en el área de estudio.



FIGURA 24: flujo de tierra presente en el área de estudio.



FIGURA 25: Socavamiento carretera Jesús huaynamarca.



FIGURA 26: Macizo rocoso con evidencias de caída de rocas

3.2.3. Resultados de susceptibilidad

TABLA N° 8: Análisis de susceptibilidad en la estación N°1

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	10
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	10
Vegetación y uso de la tierra	15
Régimen del agua en ladera	0
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	25
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	99

TABLA N° 9: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°1

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

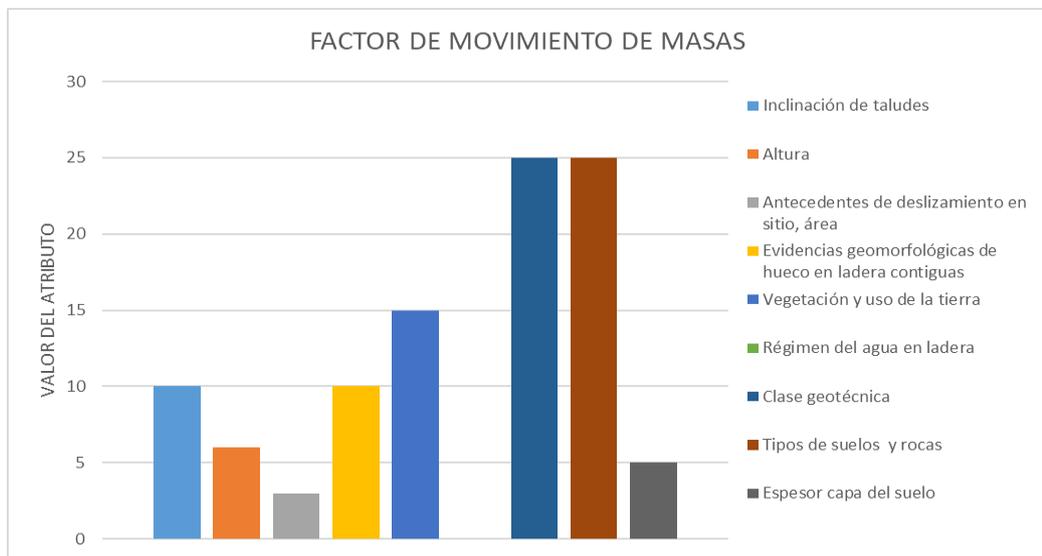


FIGURA 27: Gráfico de barras del análisis de susceptibilidad en la estación N°1:

Se evidencia el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad alta* obteniendo una valoración de 99, el factor más influyente es el tipo de suelo debido a que se evidencia suelos granulares sueltos semi consolidados seguido la vegetación y uso de tierra son usados para cultivos anuales, los factores menos influyentes son antecedentes de deslizamientos, altura de talud y la inclinación, no se evidencia régimen de agua en laderas.

TABLA N° 10: Análisis de susceptibilidad en la estación N°2

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	20
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	0
Clase geotécnica	5
Tipos de suelos y rocas	6
Espesor capa del suelo	5
Aspectos Estructurales	-
TOTAL	58

TABLA N° 11: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°2

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

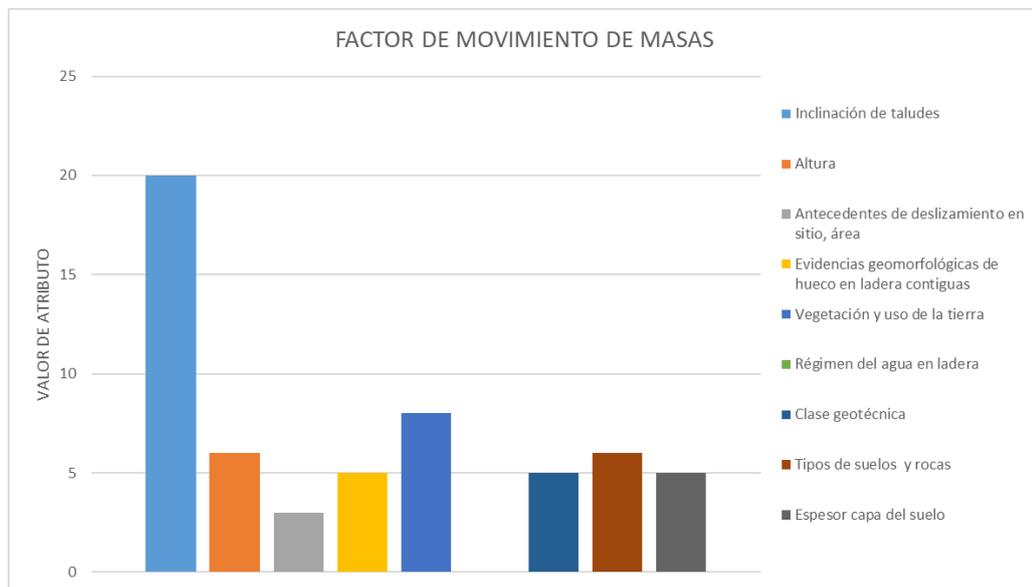


FIGURA 28: Gráfico de barras del análisis de susceptibilidad estación N°2.

Se evidencia el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad baja*, obteniendo una valoración de 58 puntos, el factor más influyente es la inclinación del talud seguido de la vegetación y uso de la tierra los cuales son usados para el cultivo de las diferentes plantas. Los factores menos influyentes son antecedentes de deslizamientos, evidencias geomorfológicas de huecos en las laderas, no se evidencia régimen de agua en laderas.

TABLA N° 12: Análisis de susceptibilidad en la estación N°3

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	18
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	0
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	6
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	76

TABLA N° 13: Clasificación de susceptibilidades en la estación 3

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

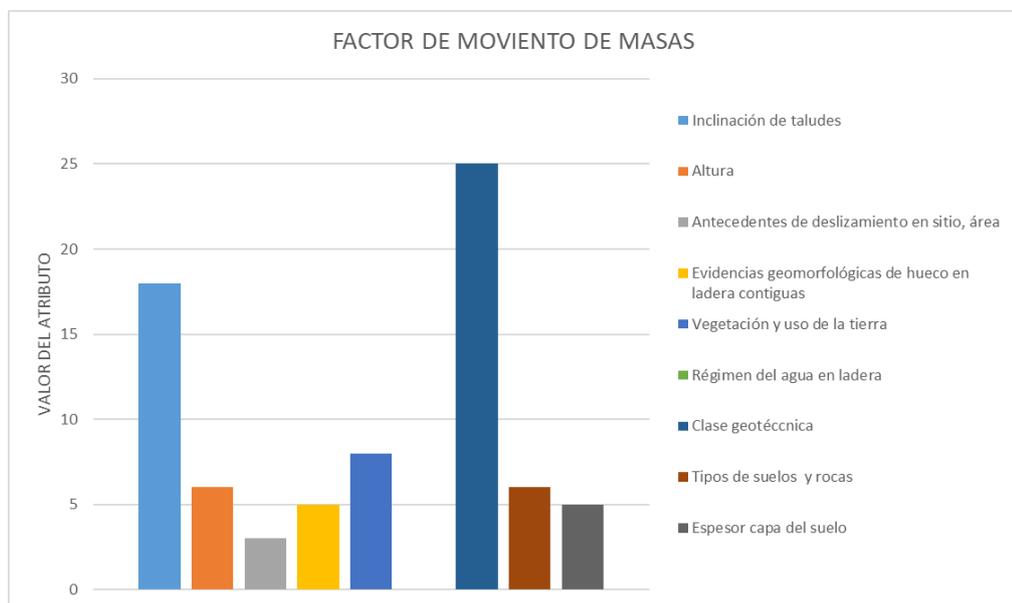


FIGURA 29: gráfico de barras Análisis de susceptibilidad estación n°3.

se evidencia el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad moderada*, obteniendo una valoración de 76, el factor más influyente es clase geotécnica ya que existen suelos sueltos y formaciones poco consolidados, otro factor influyente es la inclinación del talud. Los factores menos influyentes son las evidencias geomorfológicas en las laderas y los antecedentes en deslizamientos para que se pueda producir un movimiento.

TABLA N° 14: Análisis de susceptibilidad en la estación N°4

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	14
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	0
Clase geotécnica	5
Tipos de suelos y rocas	6
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	8
TOTAL	60

TABLA N° 15: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°4.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

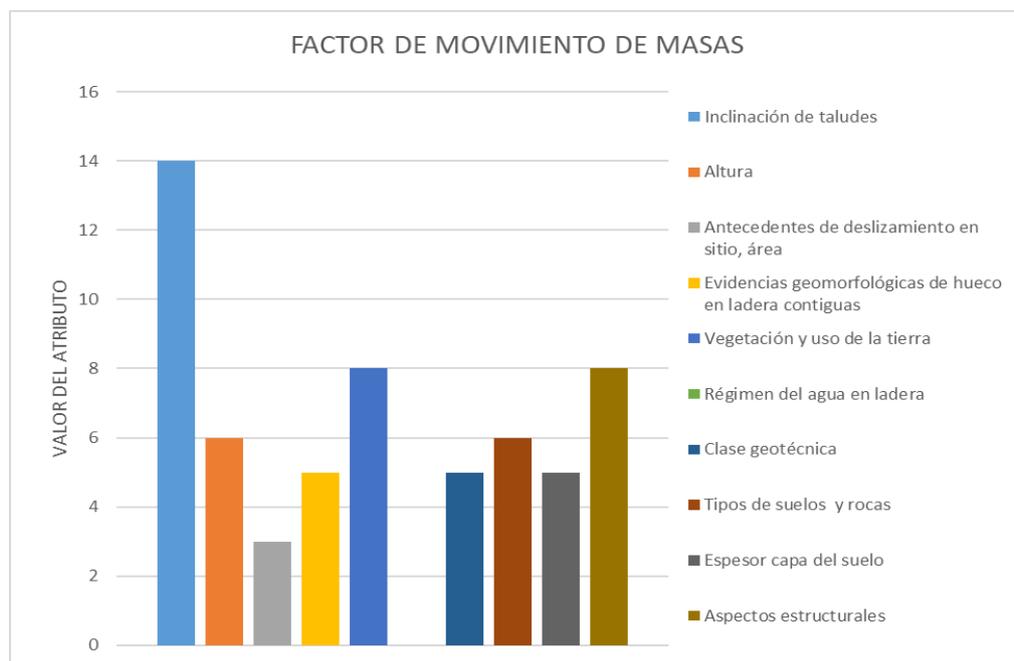


FIGURA 30: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación N°4.

Se puede evidenciar el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad baja*, obteniendo una valoración de 60 puntos, el factor más influyente es la inclinación del talud seguido de la vegetación y uso de la tierra los cuales son usados para el cultivo de las diferentes plantas. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos y finalmente no se evidencia régimen de agua en laderas.

TABLA N° 16: Análisis de susceptibilidad en la estación N°5.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	18
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	0
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	0
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	6
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	71

TABLA N° 17: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°5.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

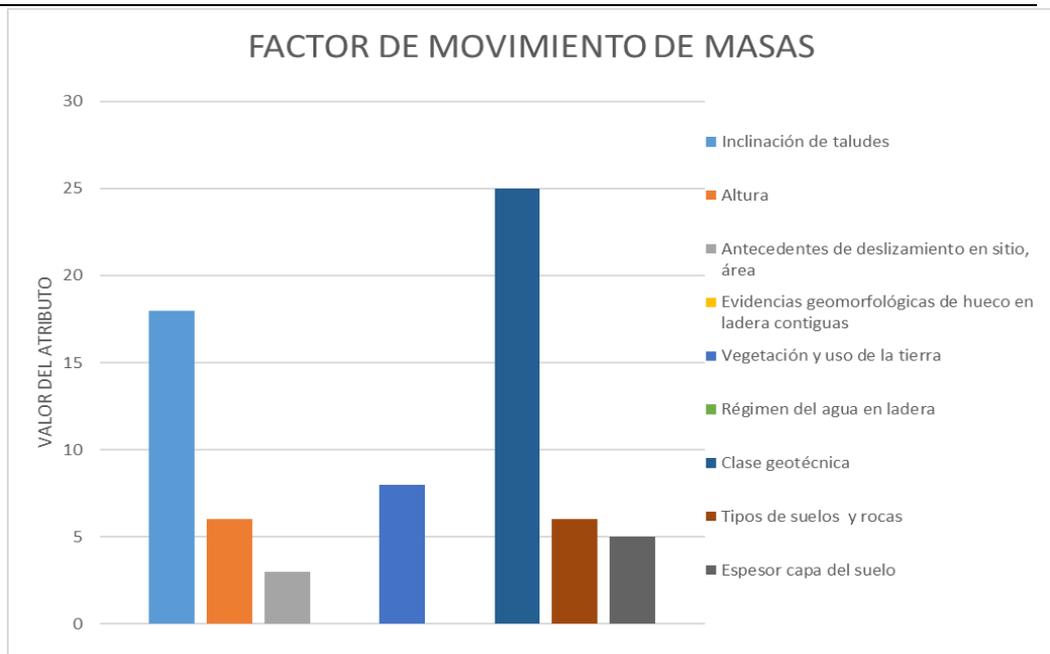


FIGURA 31: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°5.

Se puede evidenciar el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad moderada*, obteniendo una valoración de 71 puntos, el factor más influyente es la clase geotécnica ya que se compone de suelos granulares sueltos y de formaciones poco consolidadas, además la inclinación del talud, el cual hace más meritorio una susceptibilidad por la pendiente elevada. El factor menos influyente se relaciona con los antecedentes de deslizamientos, no se evidencia régimen de agua en laderas ni evidencias geomorfológicas.

TABLA N° 18: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 6.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	10
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	4
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	10
Tipos de suelos y rocas	10
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	68

TABLA N° 19: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°6.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

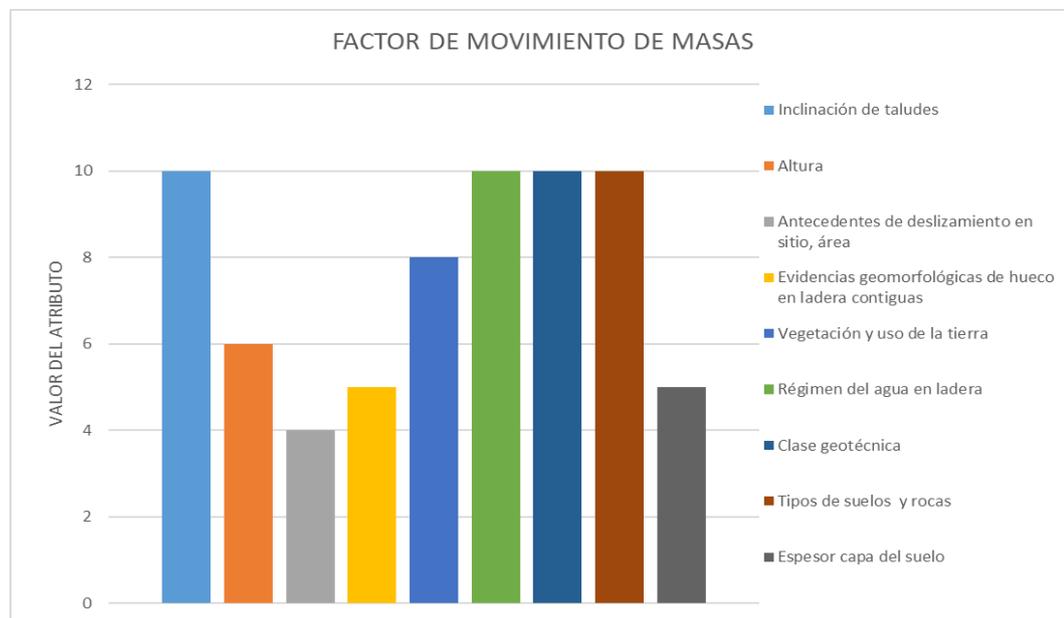


FIGURA 32: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°6.

Se puede evidenciar el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad baja*, obteniendo una valoración de 68 puntos, el factor más influyente es la inclinación del talud con una pendiente regular, seguido del régimen de agua presente ya que el nivel freático está nivel superficial y también del tipo de suelo que consta de arcillosos compactos y consistentes. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio.

TABLA N° 20: Análisis de susceptibilidad en la estación N°7.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	14
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	25
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	101

TABLA N° 21: Clasificación de susceptibilidades en la estación 7.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

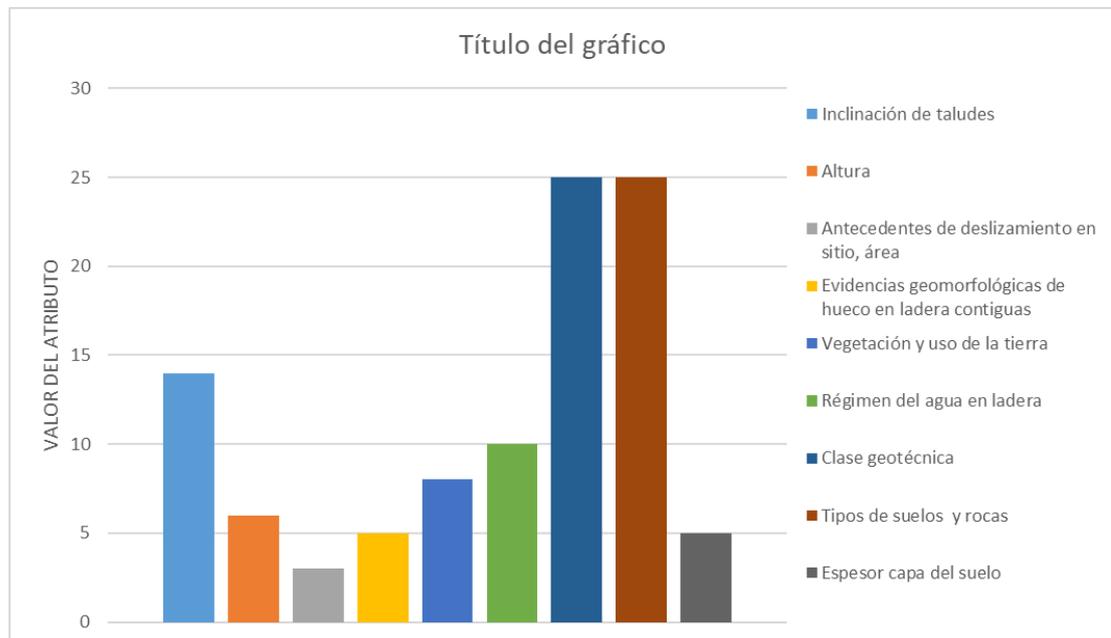


FIGURA 33: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N° 7.

Se puede evidenciar el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad muy alta*, obteniendo una valoración de 101 puntos, el factor más influyente es la clase geotécnica ya que presenta suelos poco compactos los cuales se reblandecen con la absorción del agua, seguido en menor escala por la inclinación del talud. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio.

TABLA N° 22: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 8.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	14
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	10
Tipos de suelos y rocas	10
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	71

TABLA N° 23: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 8.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

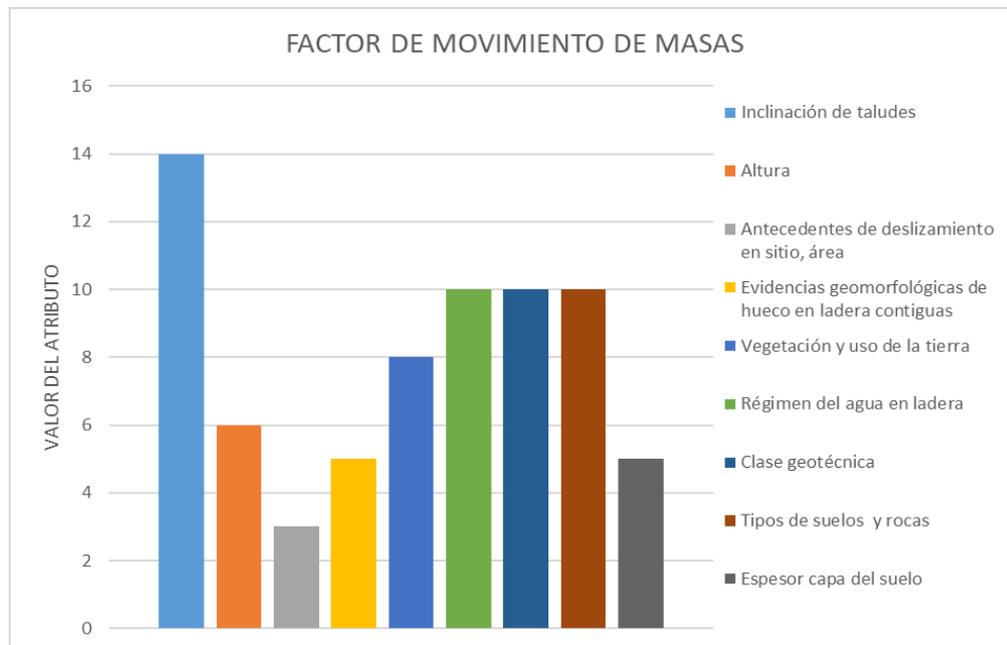


FIGURA 34: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación N° 8.

Se puede evidenciar el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad moderada*, obteniendo una valoración de 71 puntos, el factor más influyente es la pendiente del talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad, siguen el régimen de agua en este caso con un nivel freático superficial y el tipo suelos (arcilloso consistente) El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio.

TABLA N° 24: Análisis de susceptibilidad en la estación N°9.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	14
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	10
Tipos de suelos y rocas	10
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	71

TABLA N° 25: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°9.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

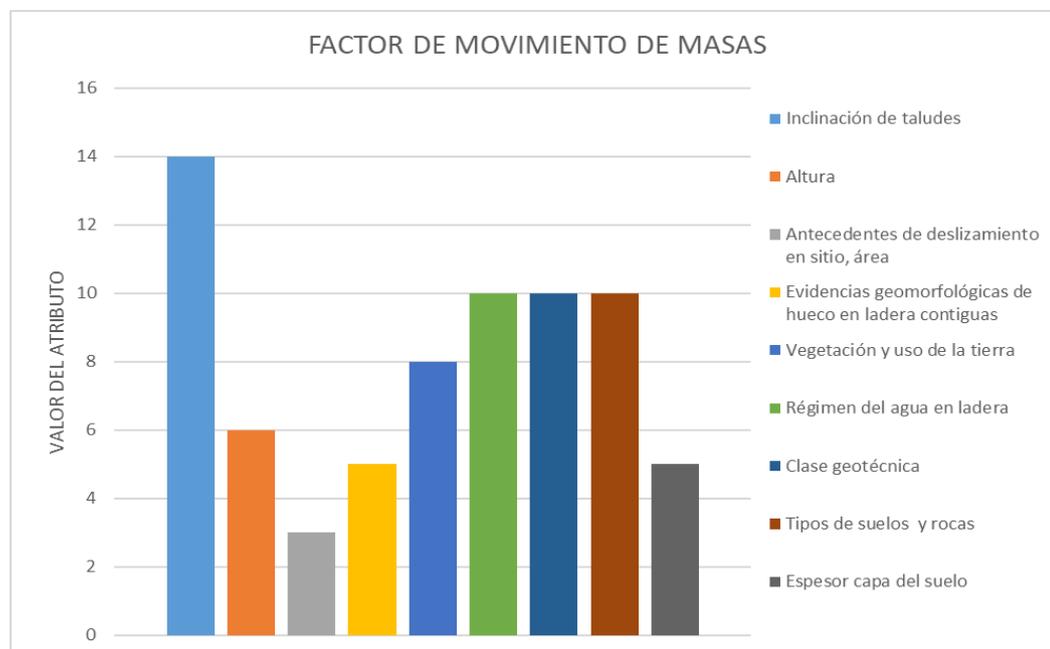


FIGURA 35: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°9

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad moderada*, obteniendo una valoración de 71 puntos, el factor más influyente es la inclinación del talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad, siguen el régimen de agua en este caso con acumulación en zanjas y el tipo suelos (arcilloso consistente) El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio.

TABLA N° 26: Análisis de susceptibilidad en la estación N°10.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	10
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	15
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	25
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	104

TABLA N° 27: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 10.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

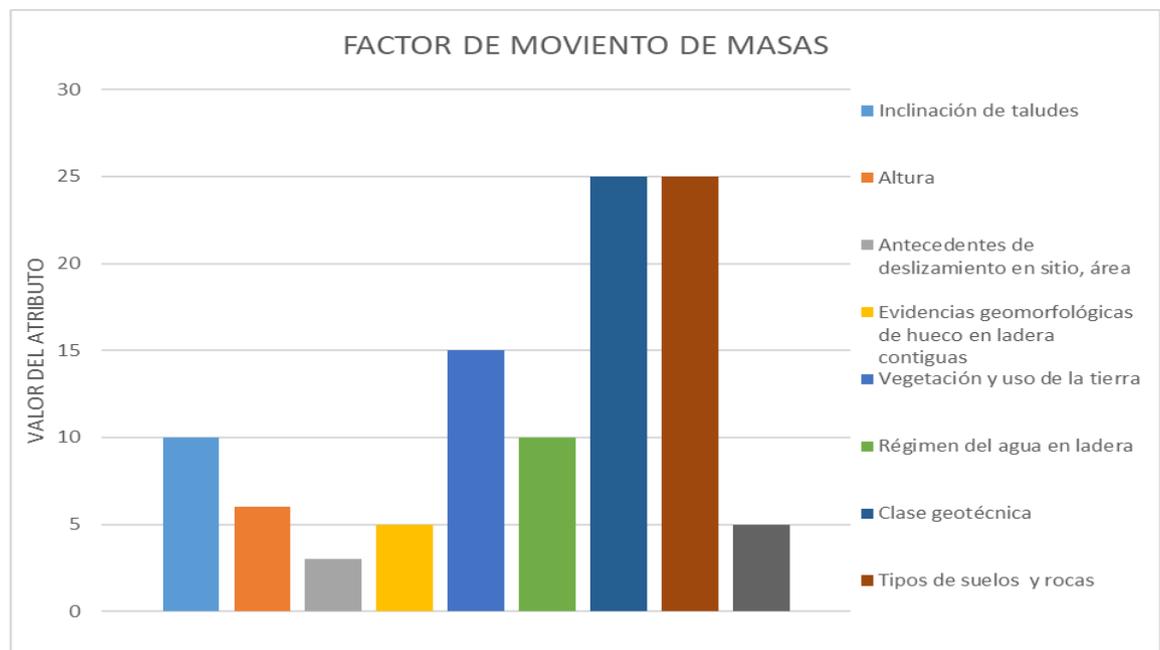


FIGURA 36: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación 10

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad muy alta*, obteniendo una valoración de 104 puntos, el factor más influyente es el tipo de suelos y rocas que se encuentran presentes en la estación, se tiene suelos medianamente compactados tal es el caso que se reblandecen con la absorción del agua, sigue la vegetación y uso de la tierra para cultivos anuales. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio.

TABLA N° 28: Análisis de susceptibilidad en la estación N°11.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	20
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	25
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	107

TABLA N° 29: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°11.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

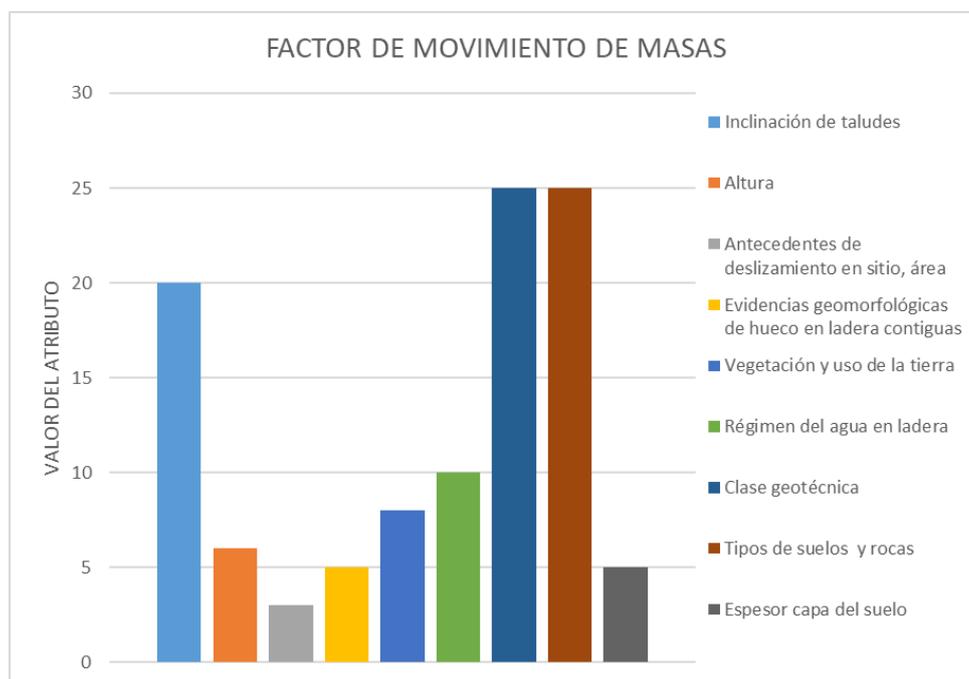


FIGURA 37: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación 11

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad muy alta*, obteniendo una valoración de 107 puntos, el factor más influyente es el tipo de suelos y rocas que se encuentran presentes en la estación, se tiene suelos medianamente compactados tal es el caso que se reblandecen con la absorción del agua, seguido por el régimen de agua presente a través de zanjas. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio.

TABLA N° 30: Análisis de susceptibilidad en la estación N°12.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	18
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	10
Tipos de suelos y rocas	10
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	75

TABLA N° 31: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°12.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

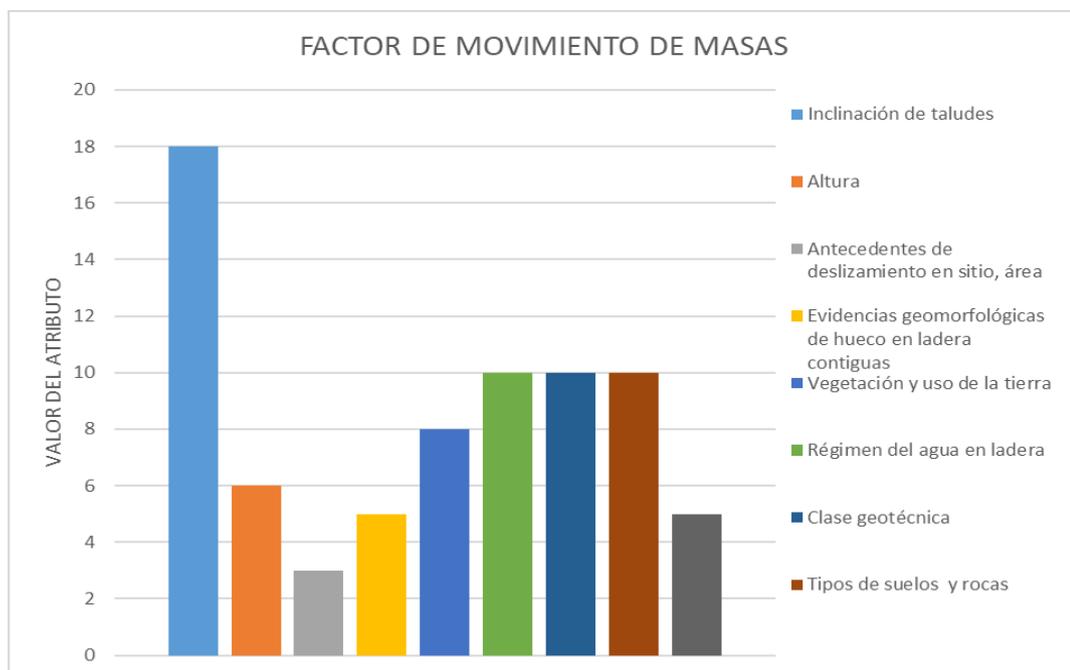


FIGURA 38: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°12.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad moderada*, obteniendo una valoración de 75 puntos, el factor más influyente es la inclinación del talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad, siguen el régimen de agua en este caso con acumulación en zanjas y el tipo suelos (arcilloso consistente) El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio.

TABLA N° 32: Análisis de susceptibilidad en la estación N°13.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	14
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	5
Tipos de suelos y rocas	10
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	66

TABLA N° 33: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°13.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

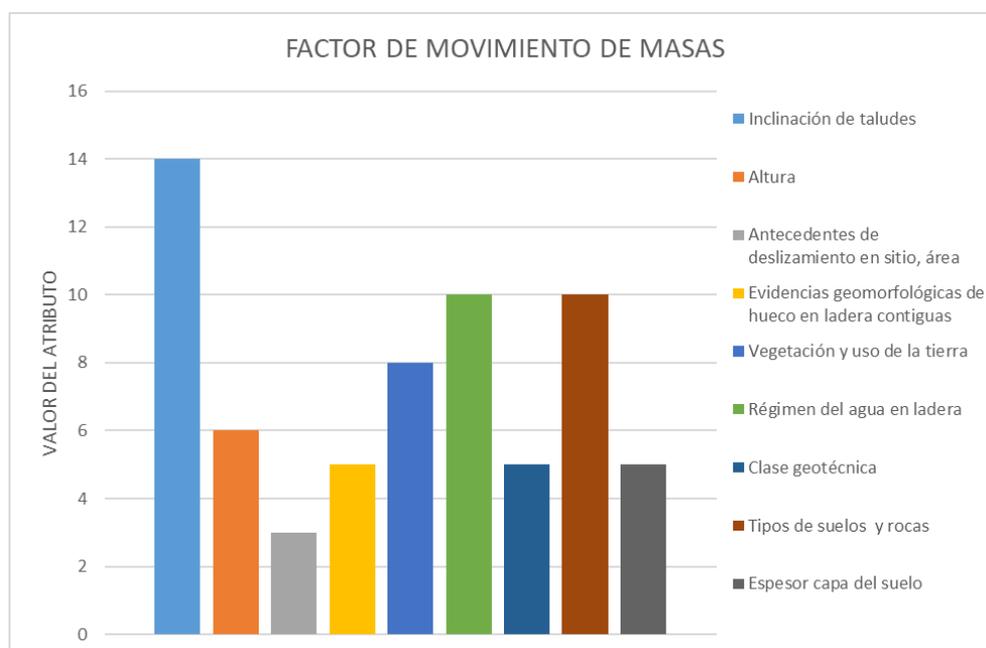


FIGURA 39: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación N°13.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad baja*, obteniendo una valoración de 66 puntos, el factor más influyente es la inclinación del talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad, siguen el régimen de agua en este caso con acumulación en zanjas y el tipo suelos (arcilloso consistente) El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio.

TABLA N° 34: Análisis de susceptibilidad en la estación N°14.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	14
Altura	12
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	0
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	0
Clase geotécnica	5
Tipos de suelos y rocas	6
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	53

:

TABLA N° 35: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°14.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

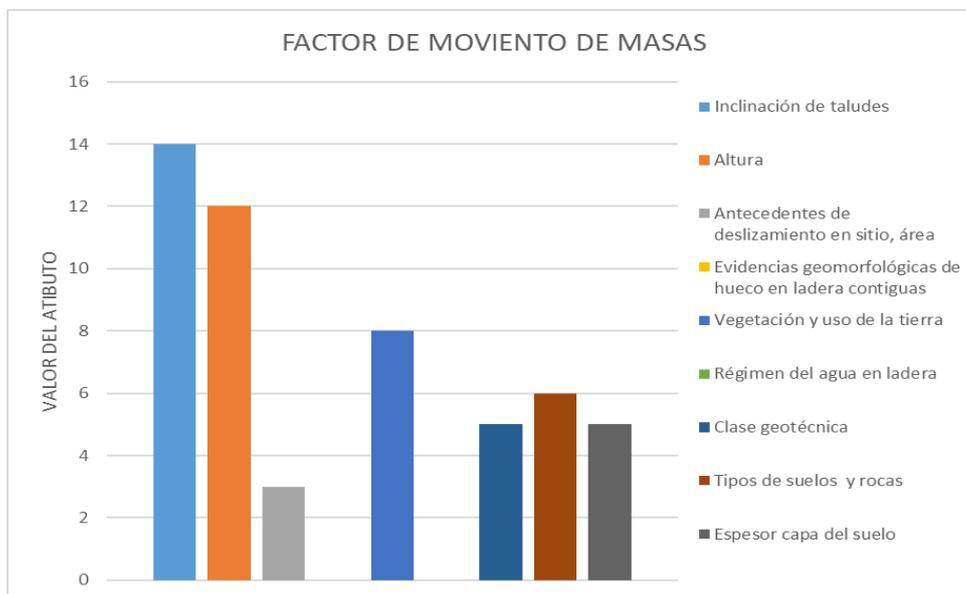


FIGURA 40: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°14

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad baja*, obteniendo una valoración de 53 puntos, los factores más influyentes son la inclinación y la altura del talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad

TABLA N° 36: Análisis de susceptibilidad en la estación N°15.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	20
Altura	12
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	10
Tipos de suelos y rocas	10
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	83

TABLA N° 37: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 15.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

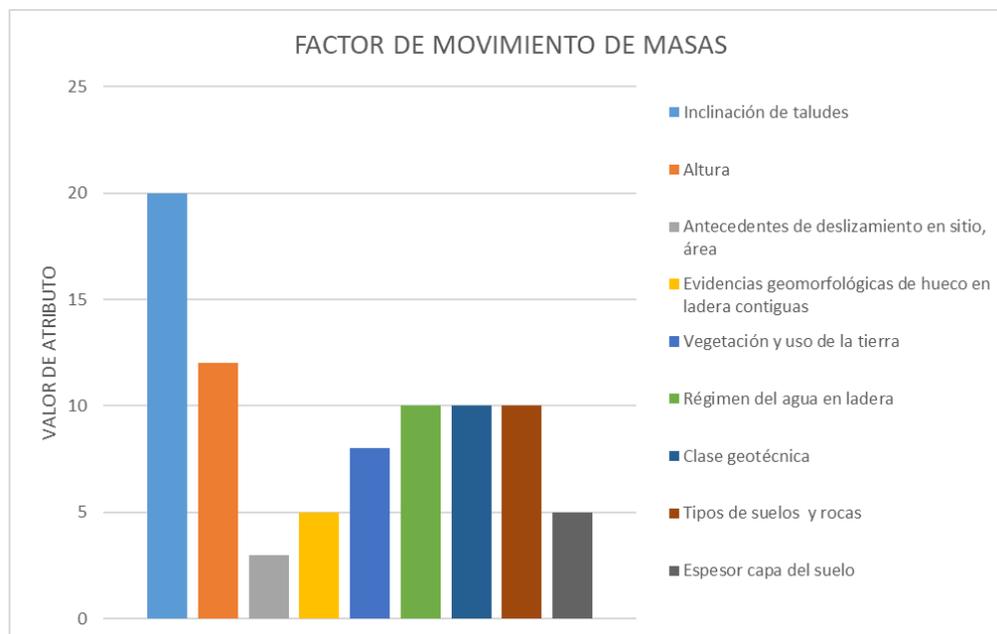


FIGURA 41: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación 15.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad moderada*, obteniendo una valoración de 83 puntos, el factor más influyente es la inclinación del talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad, siguen el régimen de agua en este caso con acumulación en zanjas, el tipo suelos (arcilloso consistente) y la vegetación y uso de la tierra para los cultivos anuales. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio.

TABLA N° 38: Análisis de susceptibilidad en la estación N°16.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	18
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	0
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	0
Clase geotécnica	5
Tipos de suelos y rocas	6
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	10
TOTAL	61

TABLA N° 39: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°16.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

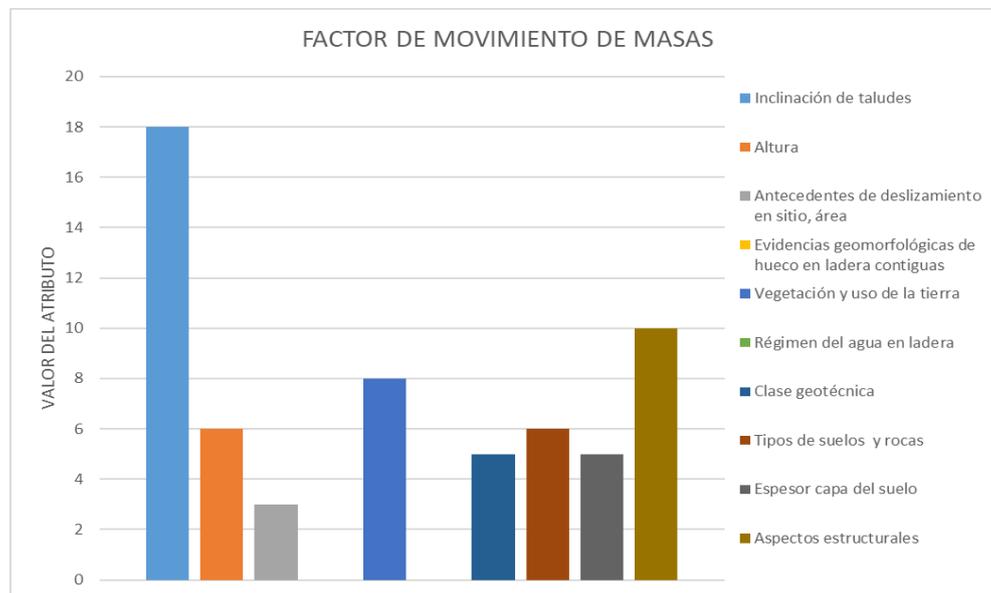


FIGURA 42: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°16.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad baja*, obteniendo una valoración de 61 puntos, el factor más influyente es la inclinación del talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad, seguido de los aspectos estructurales con formaciones rocosas teniendo en cuenta un bajo ángulo con respecto al echado de discontinuidades así como entre el rumbo de discontinuidades y talud. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio. No existe régimen de presencia de agua y evidencias geomorfológicas en la ladera mapeada.

TABLA N° 40: Análisis de susceptibilidad en la estación N°17.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	10
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	10
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	0
Clase geotécnica	5
Tipos de suelos y rocas	6
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	14
TOTAL	67

TABLA N° 41: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 17.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

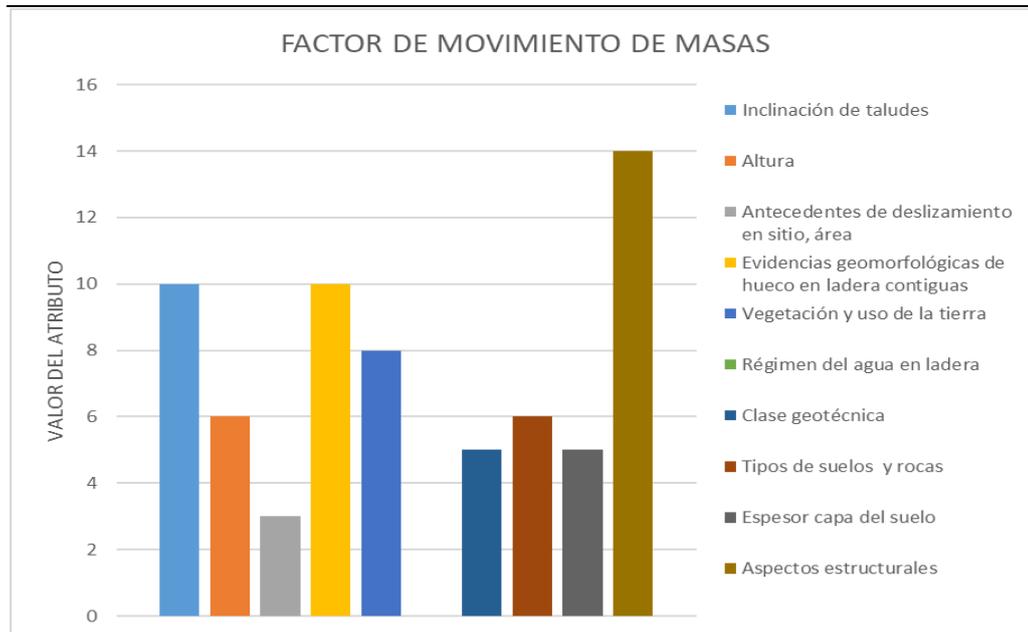


FIGURA 43: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°17

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad baja*, obteniendo una valoración de 67 puntos, el factor más influyente se relaciona con los aspectos estructurales teniendo en cuenta un regular ángulo con respecto al echado de discontinuidades, así como entre el rumbo de discontinuidades y talud disminuyendo así las posibilidades de un movimiento. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio. No existe régimen de presencia de agua en la ladera.

TABLA N° 42: Análisis de susceptibilidad en la estación N°18.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	10
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	10
Tipos de suelos y rocas	10
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	67

TABLA N° 43: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°18.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

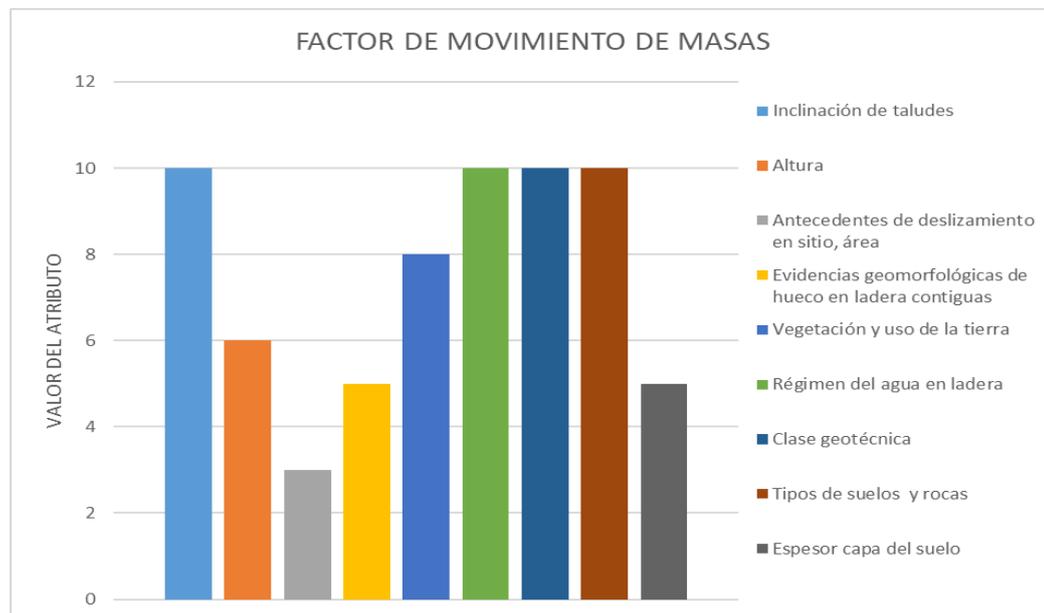


FIGURA 44: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°18

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad baja*, obteniendo una valoración de 67 puntos, comparten la influencia de impacto los factores inclinación de talud, régimen del agua, vegetación y uso de la tierra, clase geotécnica y tipología de suelos. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio.

TABLA N° 44: Análisis de susceptibilidad en la estación 19.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	10
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	0
Vegetación y uso de la tierra	15
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	10
Tipos de suelos y rocas	25
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	84

TABLA N° 45: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 19.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

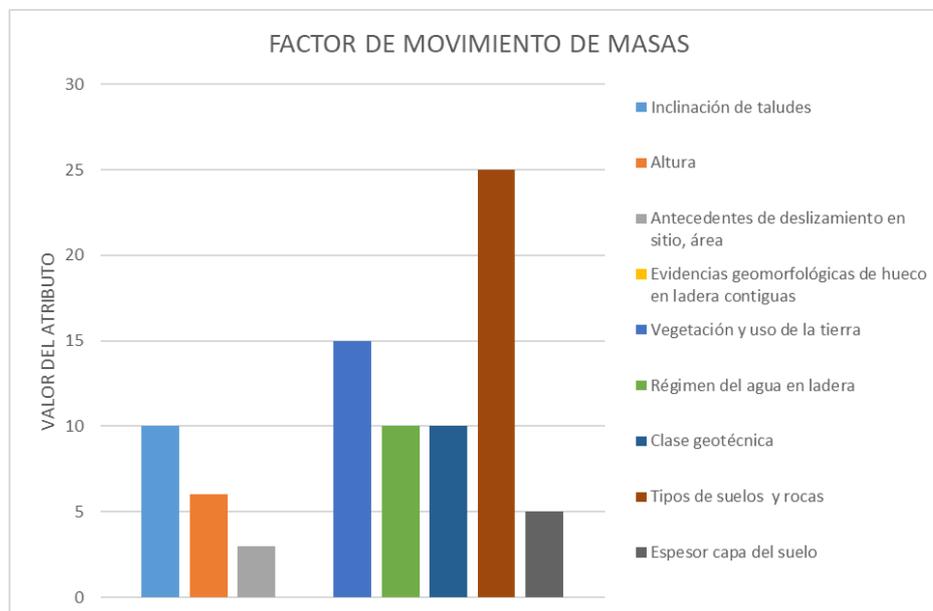


FIGURA 45: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación 19.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad moderada*, obteniendo una valoración de 84 puntos, el factor influyente es la tipología de suelo existente, se encuentran suelos granulares medianamente compactados seguido por la vegetación y uso de la tierra para los respectivos cultivos anuales. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio. No existen evidencias geomorfológicas de huecos en la ladera estudiada.

TABLA N° 46: Análisis de susceptibilidad en la estación 20.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	14
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	0
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	25
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	91

TABLA N° 47: Clasificación de susceptibilidades en la estación 20.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

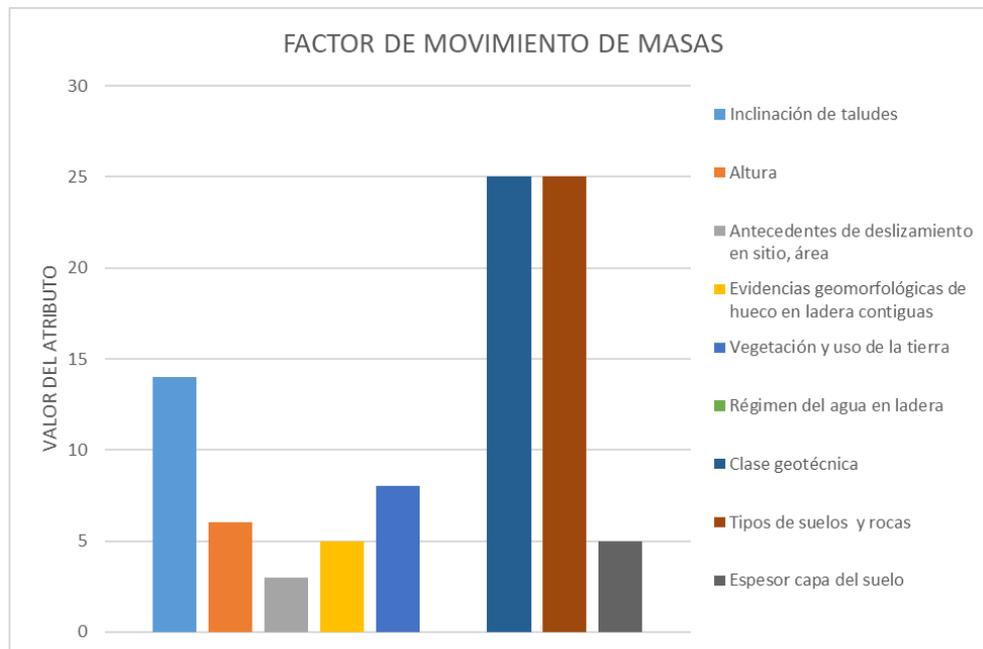


FIGURA 46: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación 20.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad alta*, obteniendo una valoración de 91 puntos, comparten la influencia de impacto los factores inclinación la clase geotécnica y tipología de suelos ya que se encuentran asociados suelos y formaciones poco consolidadas y además de mediana compactación. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio. No existe régimen de acumulación de agua en el área mostrada.

TABLA N° 48: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 21.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	18
Altura	12
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	-
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	0
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	6
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	84

TABLA N° 49: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°21.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

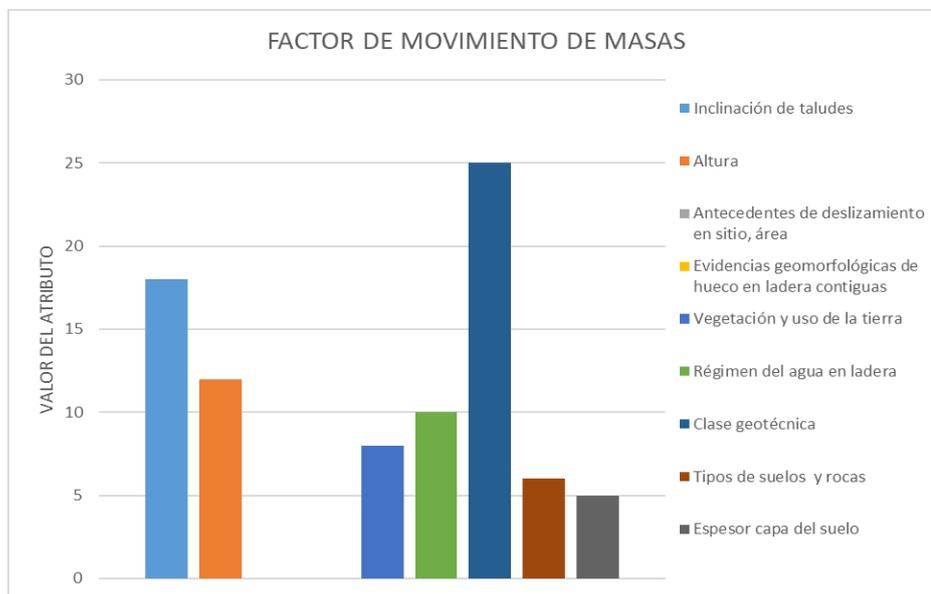


FIGURA 47: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°21.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad moderada*, obteniendo una valoración de 84 puntos, el factor de influencia corresponde a la clase geotécnica ya que se encuentran suelos permeables al agua y poco compactos, seguidos de la inclinación del talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad. El factor menos influyente corresponde al espesor por cada capa de suelo encontrada. los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio. No existe evidencias geomorfológicas de suelos en el área mapeada.

TABLA N° 50: Análisis de susceptibilidad en la estación N°22.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	10
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	25
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	97

TABLA N° 51: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°22.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

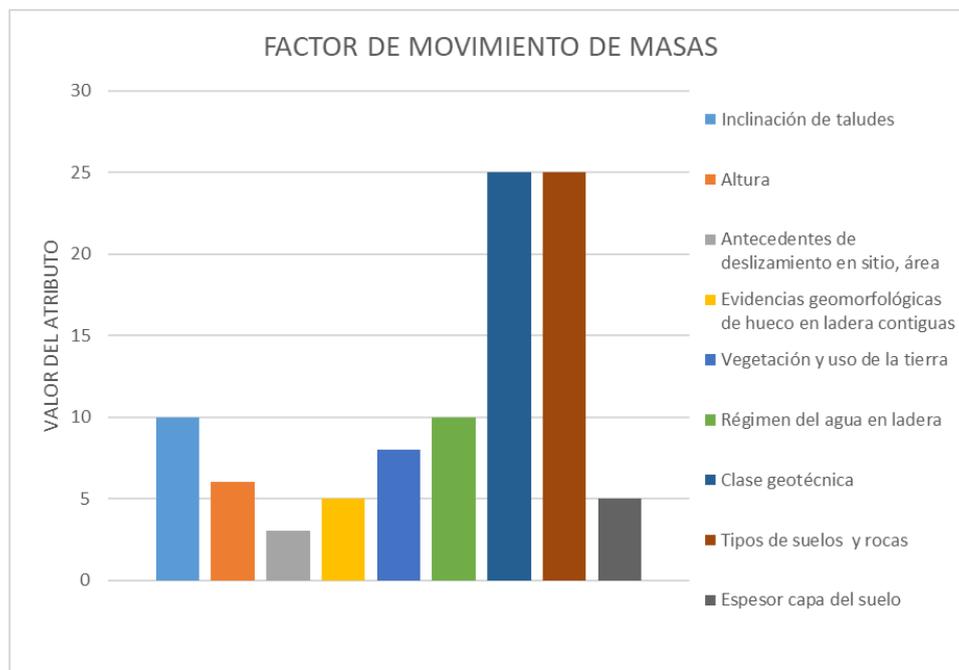


FIGURA 48: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación 22.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad alta*, obteniendo una valoración de 97 puntos, comparten el factor de influencia la clase geotécnica y tipología de suelos existente, ya que se encuentran suelos poco compactados y granulares (suelos). El factor menos influyente corresponde a los antecedentes deslizamientos en el sitio.

TABLA N° 52: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 23.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	18
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	10
Tipos de suelos y rocas	25
Espesor capa del suelo	10
Aspectos estructurales	-
TOTAL	95

TABLA N° 53: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°23.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

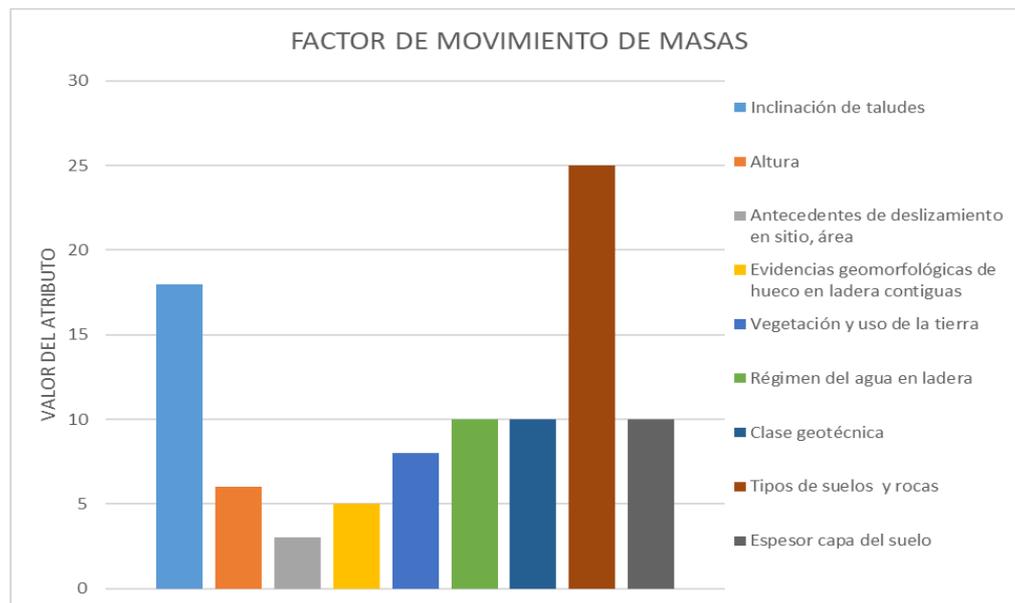


FIGURA 49: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°23.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad alta*, obteniendo una valoración de 95 puntos, el factor de influencia corresponde a la tipología de suelos existente, ya que se encuentran suelos poco compactados y granulares (suelos), seguido de la inclinación del talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes deslizamientos en el sitio.

TABLA N° 54: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 24.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	20
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	10
Vegetación y uso de la tierra	15
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	25
Espesor capa del suelo	10
Aspectos estructurales	-
TOTAL	124

TABLA N° 55: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°24.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

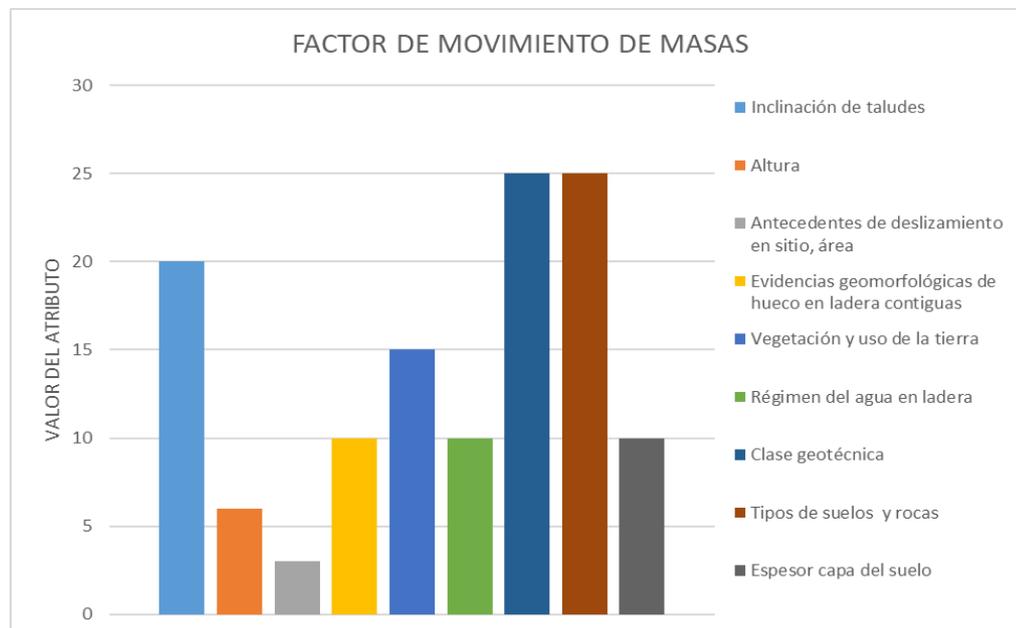


FIGURA 50: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación 24.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad muy alta*, obteniendo una valoración de 124 puntos, comparten el factor de influencia la clase geotécnica y tipología de suelos existente, ya que se encuentran suelos poco compactados y granulares (suelos), seguido de la inclinación de talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad tendiendo a generarse movimientos por la debilidad e inclinación de la ladera. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes deslizamientos en el sitio.

TABLA N° 56: Análisis de susceptibilidad en la estación N°25.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	20
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	6
Espesor capa del suelo	10
Aspectos estructurales	-
TOTAL	93

TABLA N° 57: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°25.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

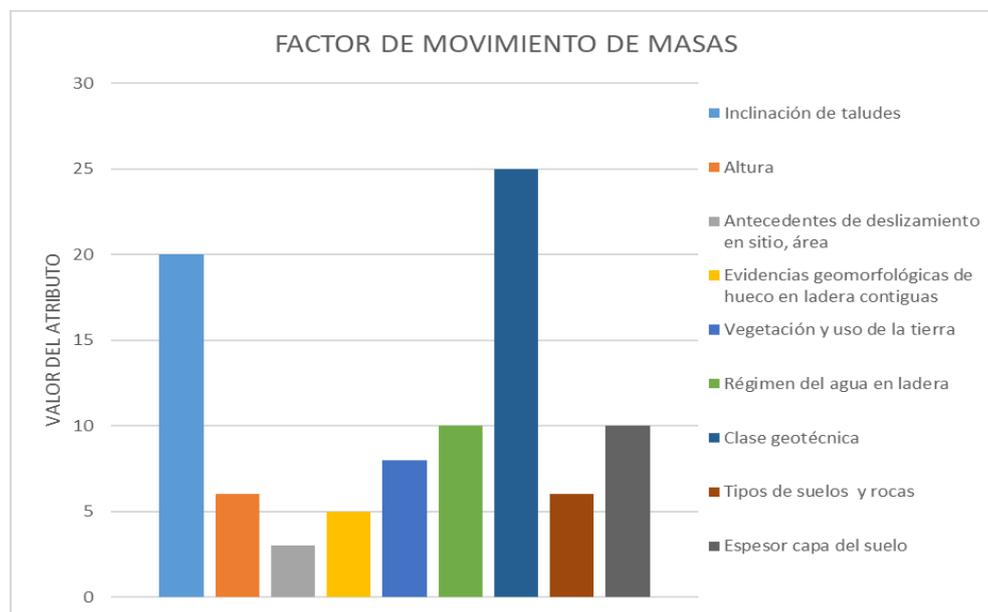


FIGURA 51: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°25.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad alta*, obteniendo una valoración de 93 puntos, el factor de influencia corresponde a la clase geotécnica, ya que se encuentran suelos poco compactados y granulares (suelos), seguido de la inclinación de talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad tendiendo a generarse movimientos por la debilidad e inclinación de la ladera. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes deslizamientos en el sitio.

TABLA N° 58: Análisis de susceptibilidad en la estación N°26.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	20
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	25
Espesor capa del suelo	10
Aspectos estructurales	-
TOTAL	112

TABLA N° 59: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°26.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

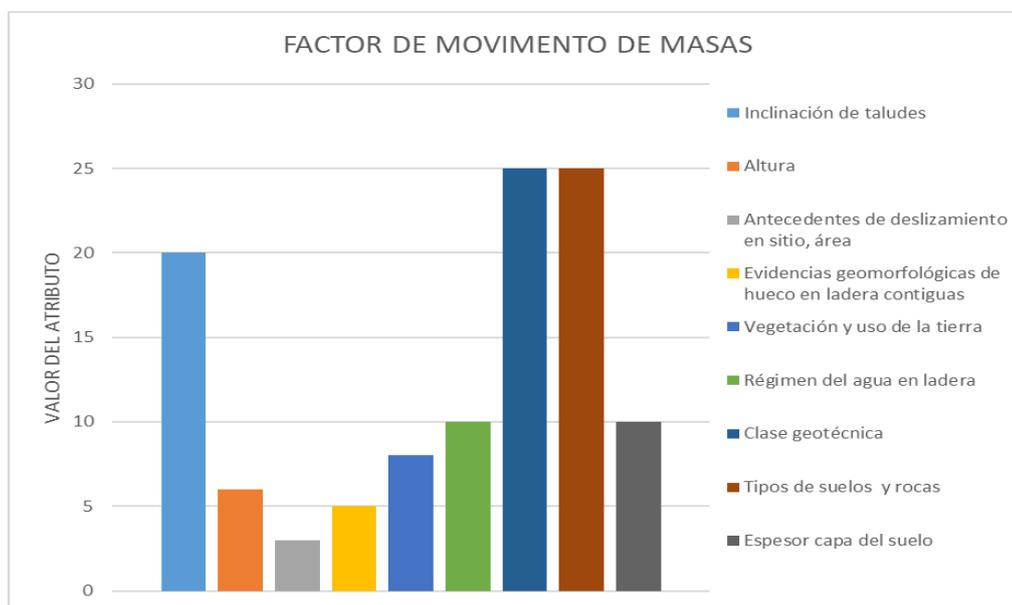


FIGURA 52: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación N°26.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad muy alta*, obteniendo una valoración de 112 puntos, comparten el factor de influencia la clase geotécnica y tipología de suelos existente, ya que se encuentran suelos poco compactados y granulares (suelos), seguido de la inclinación de talud ya que por su pendiente pronunciada hace énfasis a una posible susceptibilidad tendiendo a generarse movimientos por la debilidad e inclinación de la ladera. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes deslizamientos en el sitio.

TABLA N° 60: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 27.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	10
Altura	6
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	10
Vegetación y uso de la tierra	8
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	10
Tipos de suelos y rocas	10
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	72

TABLA N° 61: Clasificación de susceptibilidades en la estación N°27.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

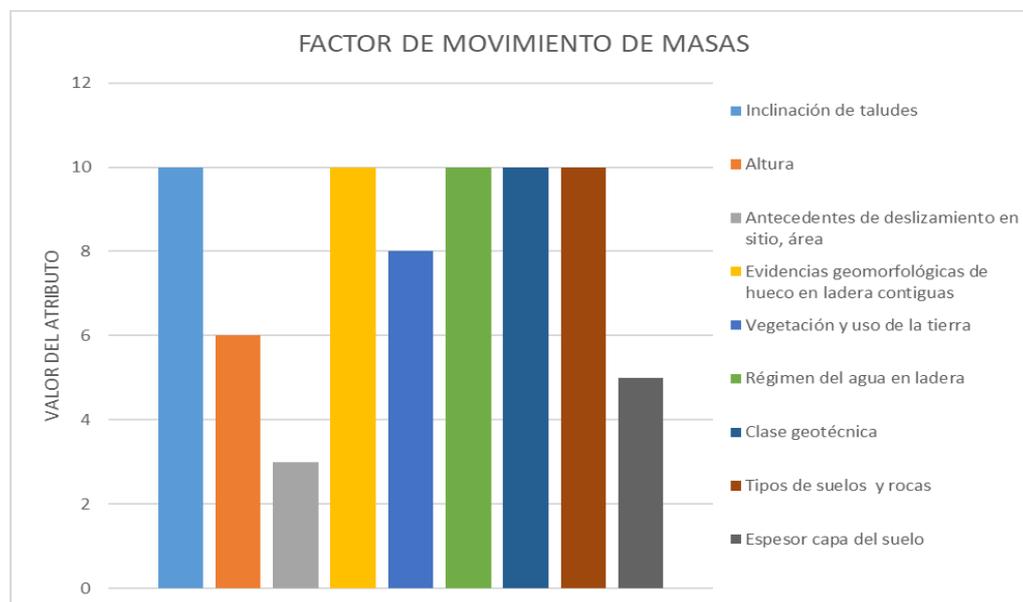


FIGURA 53: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad estación N°27.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad moderada*, obteniendo una valoración de 72 puntos, comparten la influencia de impacto los factores inclinación de talud, evidencias geomorfológicas de huecos en ladera, régimen del agua, clase geotécnica y tipología de suelos con 10 puntos cada uno, mostrando así una moderada probabilidad de que se pueda producir un movimiento de acuerdo a los parámetros evaluados. El factor menos influyente corresponde a los antecedentes de deslizamientos en el área de estudio.

TABLA N° 62: Análisis de susceptibilidad en la estación N° 28.

FACTOR	ATRIBUTO
Inclinación de taludes	10
Altura	12
Antecedentes de deslizamiento en sitio, área	3
Evidencias geomorfológicas de hueco en ladera contiguas	5
Vegetación y uso de la tierra	15
Régimen del agua en ladera	10
Clase geotécnica	25
Tipos de suelos y rocas	25
Espesor capa del suelo	5
Aspectos estructurales	-
TOTAL	110

TABLA N° 63: Clasificación de susceptibilidades en la estación N° 28.

GRADO	DESCRIPCION	SUMA DE LA CALIFICACIONES
5	SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA	MAS DE 100
4	SUSCEPTIBILIDAD ALTA	85 - 100
3	SUSCEPTIBILIDAD MODERADA	70 - 85
2	SUSCEPTIBILIDAD BAJA	50 - 70
1	SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA	MENOS DE 50

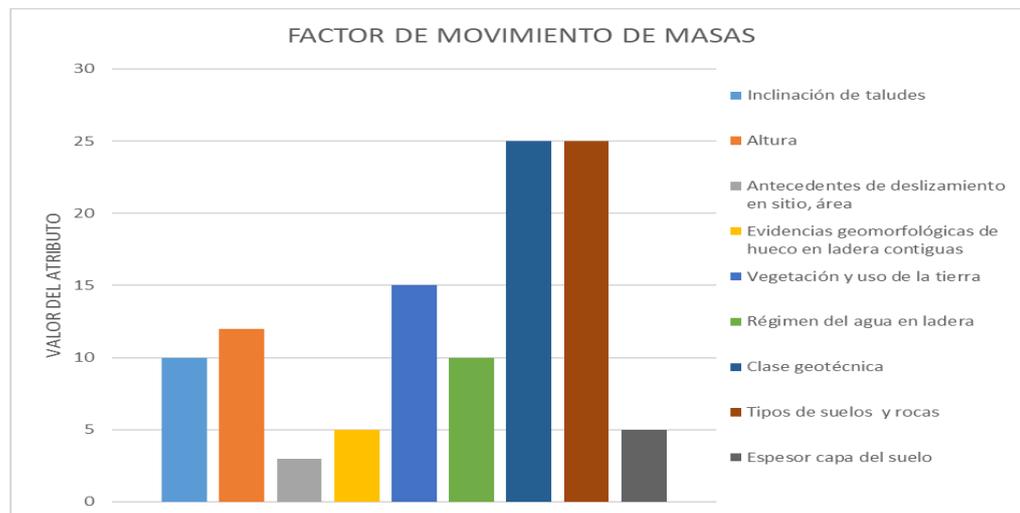


FIGURA 54: Gráfico de barras análisis de susceptibilidad en la estación N°28.

En el gráfico se muestra el rango de valores en relación a los factores de movimientos de masas, según el análisis se obtuvo que la estación mapeada presenta una *susceptibilidad muy alta*, obteniendo una valoración de 110 puntos, comparten el factor de influencia la clase geotécnica y tipología de suelos existente, ya que se encuentran suelos poco compactados y granulares (suelos), seguido de la vegetación y uso de la tierra para cultivos anuales (mayor movimiento por el mismo laboreo de suelos). El factor menos influyente corresponde a los antecedentes deslizamientos en el sitio.

Comparación de la susceptibilidad y el factor de seguridad

✓ susceptibilidad muy alta

Descripción de la estación N°7.

El talud presenta una altura máxima de 38 m que muestra una amplitud de 52 m. con una pendiente moderada con presencia del nivel freático a los 21,5 m. El talud se compone mayoritariamente por limos arcillosos, además de ello se puede decir que el talud se encuentra con un factor de seguridad de 0,296 lo cual indica que está en constante movimiento y es de alto riesgo que suceda un deslizamiento ya que, para que el talud sea estable debe tener un factor de seguridad de 1,2. Es por ello que es de muy alta Susceptibilidad.



FIGURA 55: talud analizado en el software slide V5

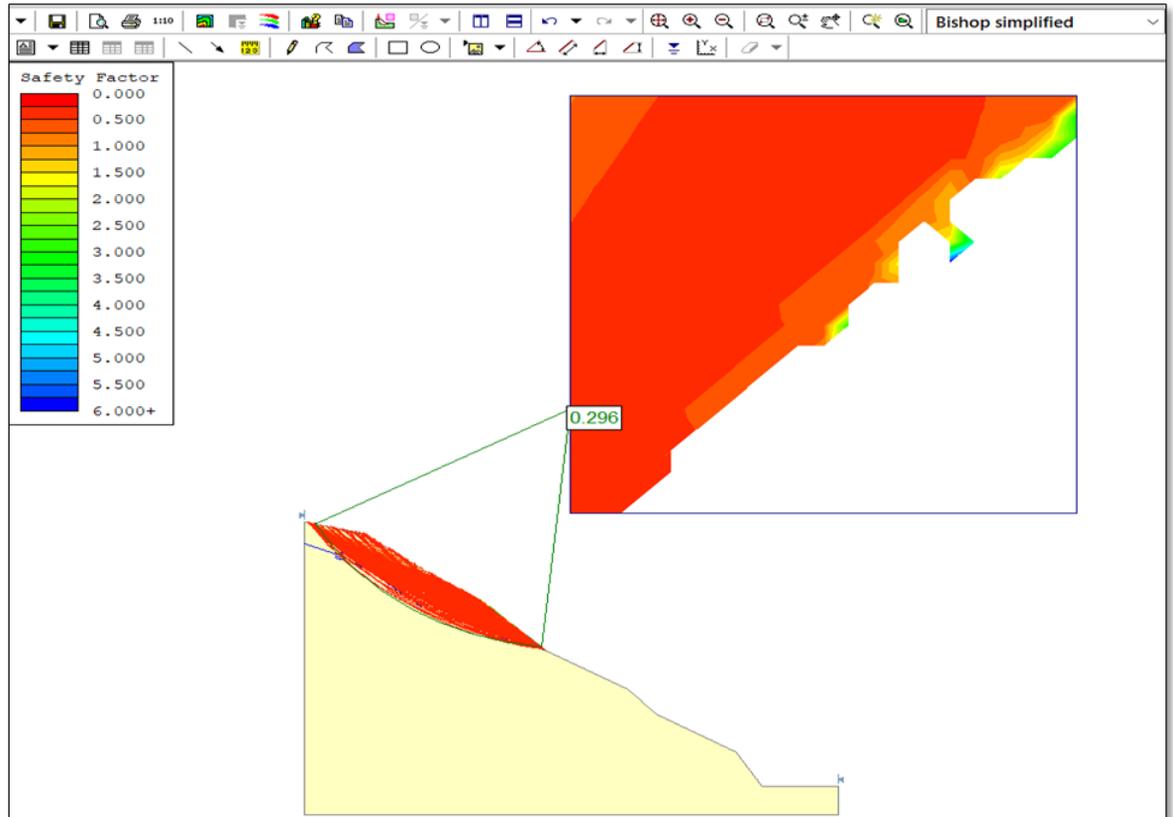


FIGURA 56: Método de bishop resultado del factor de seguridad 0.296

✓ **SUSCEPTIBILIDAD ALTA**

Descripción de la estación N°20.

El talud presenta una altura máxima de 28 m que muestra una amplitud de 46 m. con una pendiente moderada con presencia del nivel freático a los 18,5 m.

El talud se compone mayoritariamente por areniscas poco consolidadas que están muy erosionadas, además de ello se puede decir que el talud se encuentra con un factor de seguridad de 0,451 lo cual indica que está en constante movimiento y es de alto riesgo que suceda un deslizamiento ya que, para que el talud sea estable debe tener un factor de seguridad de 1,2. Es por ello que es de alta Susceptibilidad.



FIGURA 57: talud analizado en el software slide V5

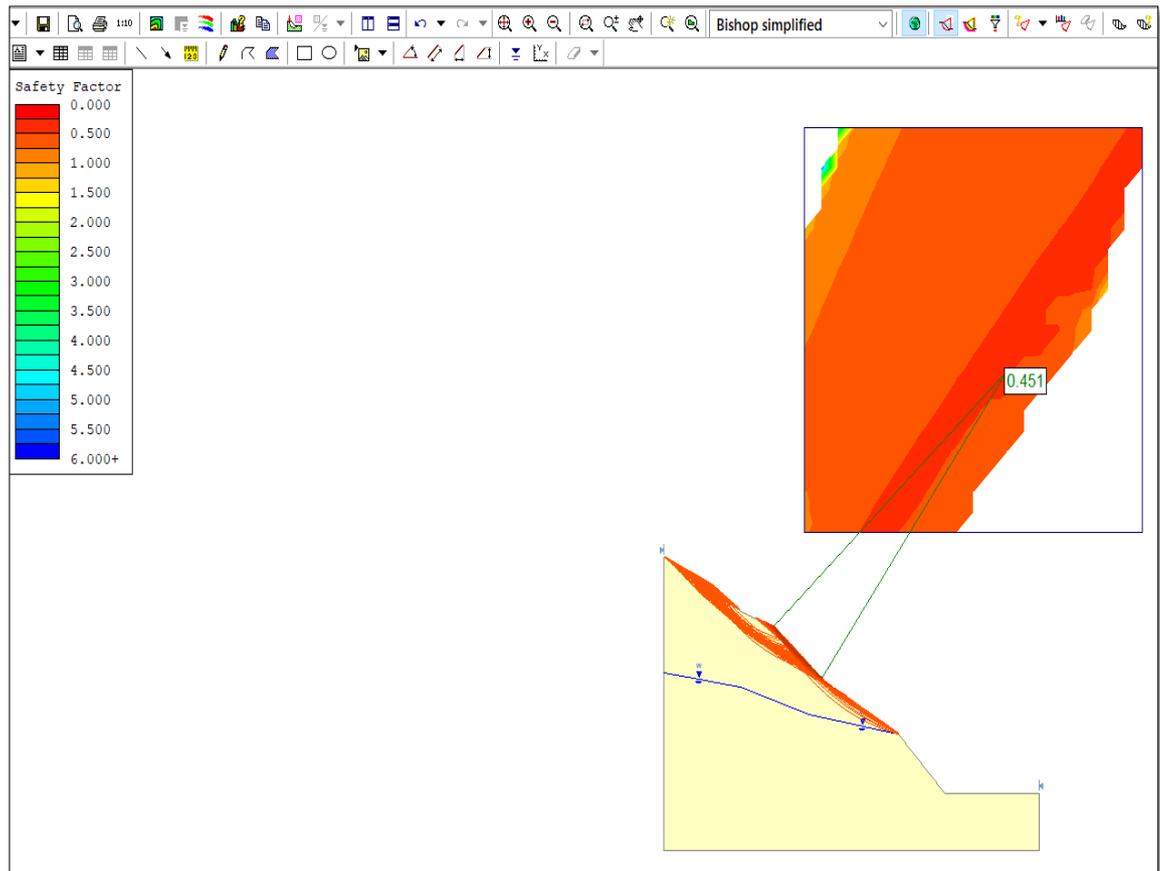


FIGURA 58: Método de bishop resultado del factor de seguridad 0.451

ESTACION N° 8: *Este talud presenta suelo semiconsolidados de 20 m que muestra una amplitud de 30 m. con una pendiente moderada con presencia del nivel freático a los 15, 5 m.*



FIGURA 59: *talud analizado en el software slide V5*

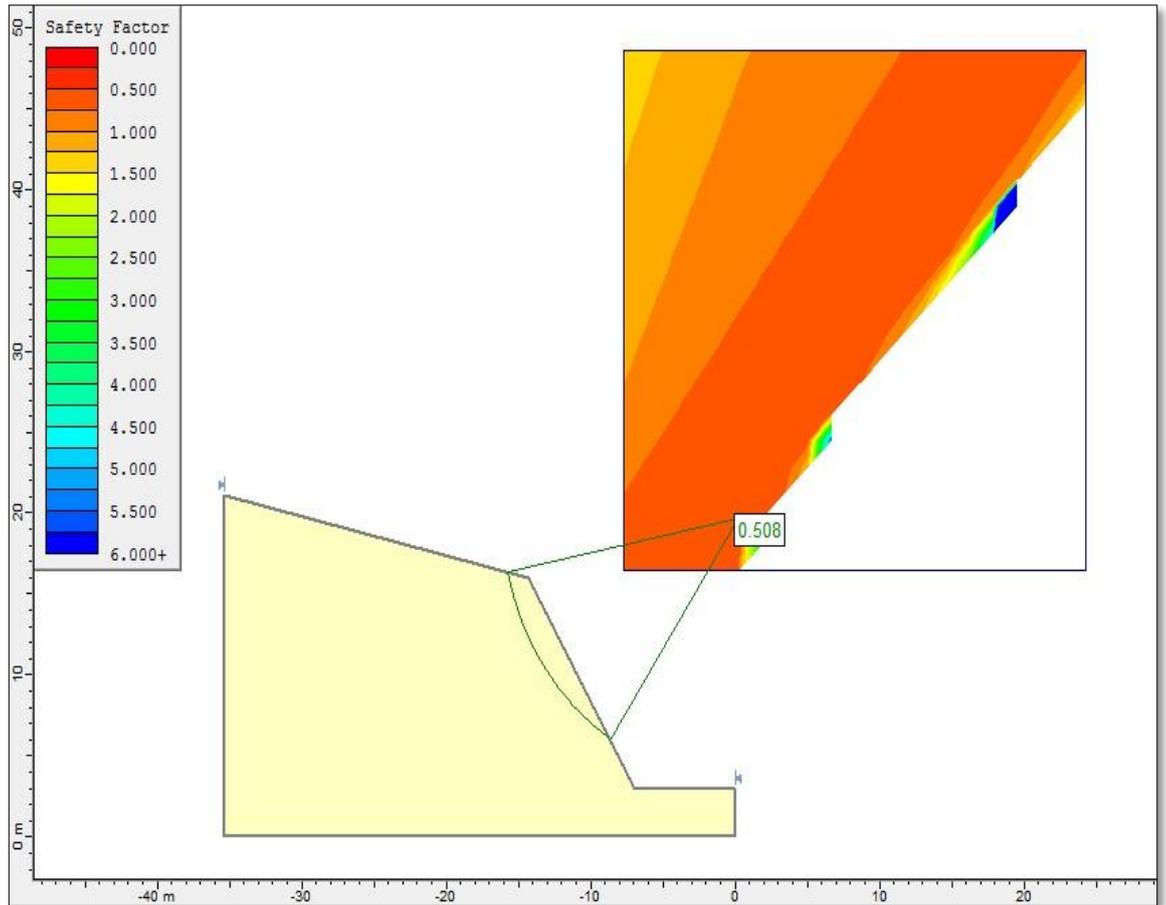


FIGURA 60: talud analizado con el software slide resultado del factor de seguridad 0.508

SUSCEPTIBILIDAD MODERADA

Descripción la estación N° 12.

El talud presenta una altura máxima de 15,90 m que muestra una amplitud de 29m. con una pendiente moderada con presencia del nivel freático a los 8,50 m.

El talud se compone mayoritariamente por areniscas compactadas, además de ello se puede decir que el talud se encuentra con un factor de seguridad de 1,101 lo cual indica que esta en movimiento, y es de moderado riesgo que suceda un deslizamiento ya que para que el talud sea estable debe tener un factor de seguridad mayor a 1,2. Es por ello que podemos afirmar que es de moderada susceptibilidad



FIGURA 61: Talud analizado en el software slide V5

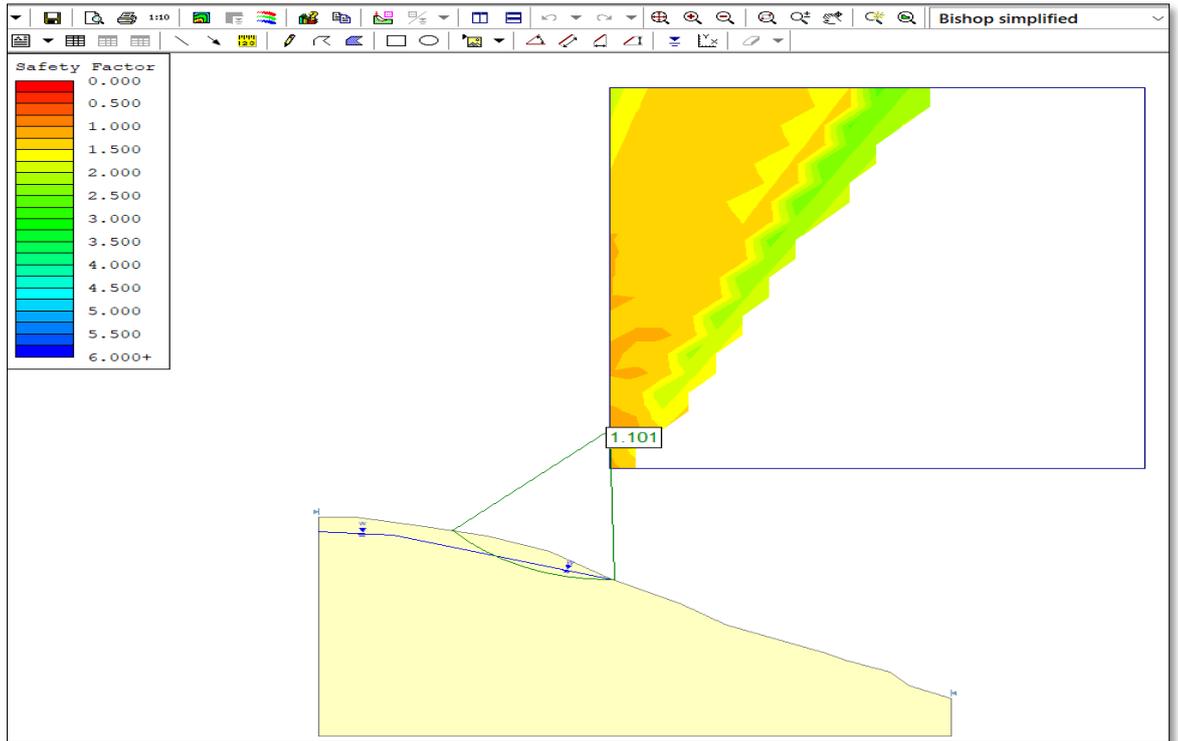


FIGURA 62: método bishop factor de seguridad 1.101

✓ **SUSCEPTIBILIDAD BAJA**

Descripción de la estación N° 10.

El talud presenta una altura máxima de 12,90 m que muestra una amplitud de 28m. con una pendiente moderada con presencia del nivel freático a los 9,20 m.

El talud se compone mayoritariamente por limos arcillosos, además de ello se puede decir que el talud se encuentra con un factor de seguridad de 1,289 lo cual indica que no está en movimiento y es de bajo riesgo que suceda un deslizamiento ya que para que el talud sea estable debe tener un factor de seguridad mayor a 1,2. Es por ello que es de baja susceptibilidad.



FIGURA 63: talud analizado con el software slide v5

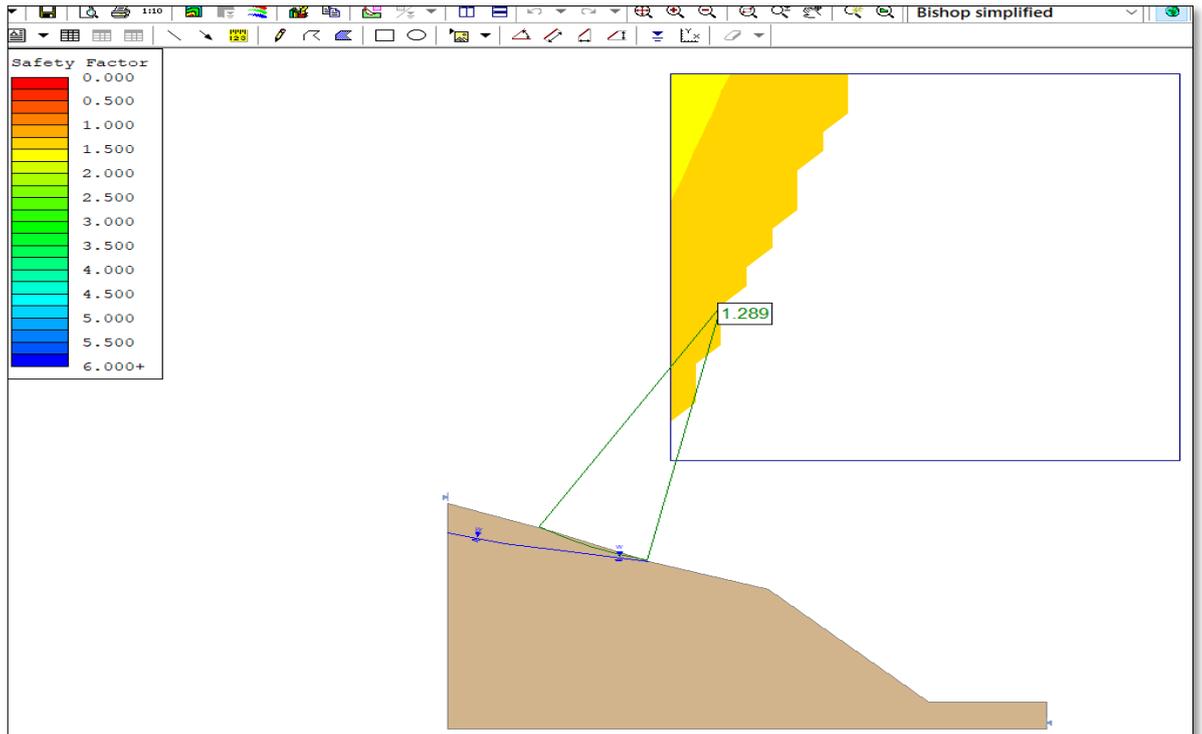


FIGURA 64: método bishop factor de seguridad 1.289

Descripción del talud N° 14: Este talud presenta suelo semiconsolidados y caída de rocas de 14 m de altura que muestra una amplitud de 30 m. con una pendiente moderada con presencia del nivel freático a los 10, 5 m.



FIGURA 65: Talud analizado con el software slide v5

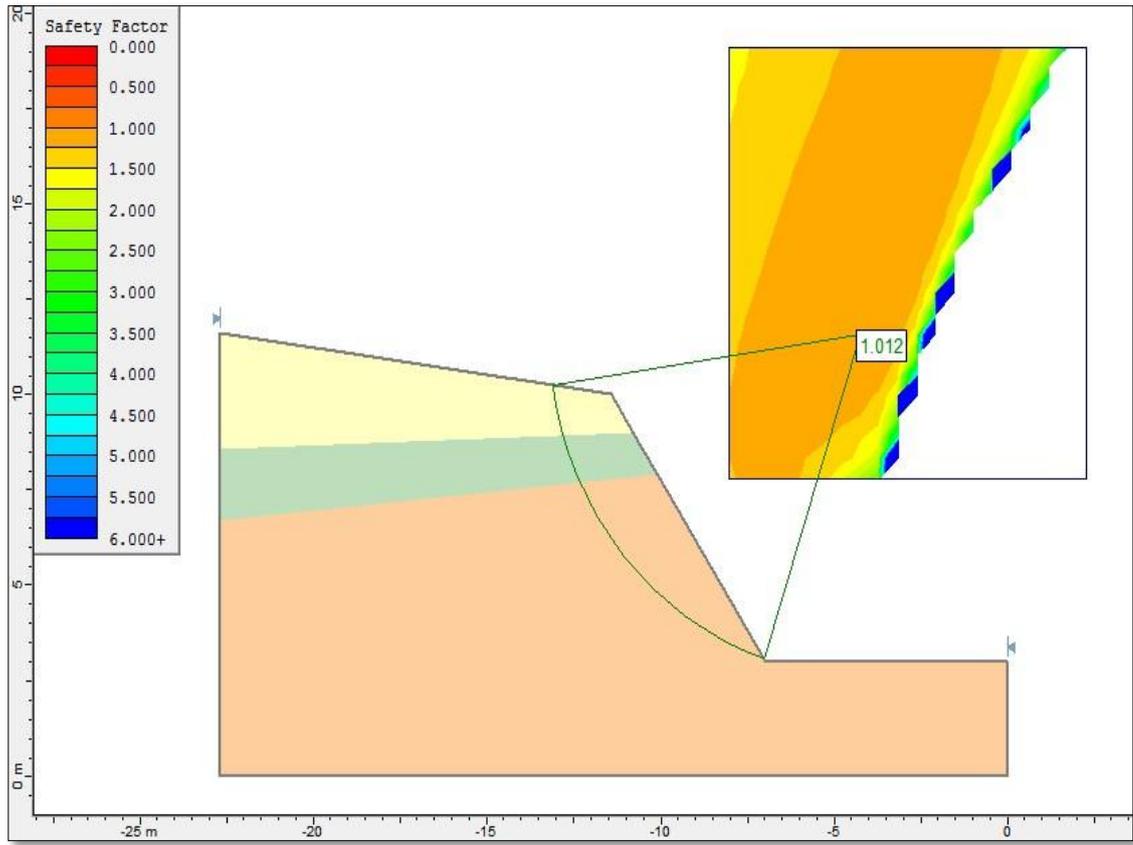


FIGURA 66: método bishop factor de seguridad 1.289

De acuerdo a las tablas anteriores de La susceptibilidad geotécnica: El grado de influencia de cada uno de los factores considerados en el análisis de la susceptibilidad alta a la ocurrencia de movimientos de masa, se determinó 13 zonas con mayor susceptibilidad que cada factor que presenta actividad de movimientos de masa.

TABLA N° 64: *clasificación de las zonas con mayor susceptibilidad*

ZONAS DE MAYOR SUSCEPTIBILIDAD	CLASIFICACIÓN
Zona 1	85-100
Zona 7	Más de 100
Zona 10	Más de 100
Zona 11	Más de 100
Zona 20	85-100
Zona 22	85-100
Zona 23	85-100
Zona 24	Más de 100
Zona 25	85-100
Zona 26	Más de 100
Zona 28	Más de 100
TOTAL	13

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Los movimientos en masa son procesos esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original, es así que anualmente provocan pérdidas humanas y daños económicos; en la investigación se buscó identificar las zonas con mayor riesgo a ocurrencia de movimiento de masas y a la vez se inventario las zonas críticas que periódicamente generan daño a la población producto del movimiento de masas, Zavala, en el año 2011, menciona que con el cambio climático está afectando la estabilidad de los suelos producto de los fenómenos meteorológicos extraordinarios en lo que concordamos debido a que los pobladores mencionan que hay mayor movimiento de masas en su zona en comparación a otros años, INEI, en el año 2018, dice que la población del Perú viene incrementándose de forma acelerada en las zonas rurales por los suelos se ve afectado debido a que hay sobre uso urbano, en la zona de estudio no es el caso ya que el uso de suelos en su gran parte es dedicado a la agricultura y en menor proporción a la ganadería, en comparación a lo dicho por Montoya en el año 2014, que solo identifico en la zona el Gavilán – Cruz Blanca, siete zonas críticas, en nuestro lugar de estudio hemos identificado ya 28 zona que es frecuente los deslizamientos y zonas inactivas con una susceptibilidad alta a ocurrir un movimiento de masas.

Hervás y Barredo (2001). Mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante un SIG, teledetección, donde Integra factores condicionantes de movimiento de masas y técnicas de y sumas lineales ponderadas de pesos de factores en cambio en la zona de estudio presenta áreas que se caracterizan por

presentar pendientes mayores al 50% y que están cubiertas de una capa de material erosionado y coluviales de baja resistencia. Estas zonas se encuentran en los alrededores carretera que los taludes tienen una altura de 30 metros.

Según Zavala, B. y Rosado, M. (2011) menciona que los movimientos en masa constituyen uno de los procesos geológicos más frecuentes que han afectado la superficie de la Tierra en comparación en la zona de estudio presenta deslizamientos que pueden afectar tanto a Sembríos como a viviendas donde tienen una probabilidad de susceptibilidad moderada.

La limitación que se ha tenido en la investigación es que solo ha analizado en tiempo de sequía, donde los taludes en su mayoría solo evidencian procesos erosivos por aguas superficiales, pero sería ideal ver en tiempos de lluvia el comportamiento de estos taludes al estar en contacto con las aguas, de toda la investigación se logró corroborar la hipótesis ya que al analizar los indicadores geotécnicos logramos determinar las zonas más susceptibles a los movimientos de masas.

Como recomendación para futuras investigaciones que deseen aplicar la metodología usada en esta investigación, deben tener claro las definiciones y características que tiene cada uno de los indicadores y formas geológicas para su clasificación. se define que están relacionados a los factores condicionantes como baja calidad de roca y suelo, que corresponde al factor de litológico como potencial de generar inestabilidad, altas pendientes por la condición de gravedad que se requiere para que se produzca el movimiento, formas del relieve (correspondiente a la geomorfología) y pobre cobertura vegetal que favorece a la erosión, producto del impacto de los agentes atmosféricos como la precipitación; identificando la predominancia de movimientos de masa.

4.2 Conclusiones

Se logró determinar las zonas de susceptibilidad geotécnica del movimiento de masas observándose pendientes que varían de los 12 hasta mayores a 45; las zonas aledañas al Caserío Huaynamarca se observaron pendientes que superan los 45 grados, la altura de los taludes en los cortes de carretera en las zonas menores a los 3000 metros varían de 8 a 15 metros en cambio en las zonas mayores a los 3000 metros encontramos taludes mayores a los 70 metros, se evidencian zonas erosionadas por aguas salvajes, las tierras son usadas para el cultivo de cebada, trigo, chocho y plantaciones de eucaliptos y arbustos como las moras, las rocas presentes son en toda el área son areniscas consolidadas y semiconsolidadas, con presencia de arcillas y lutitas.

Se identificaron movimientos de más producto de la gravedad y la sobre saturación de los suelos, dichos movimientos son un problema en tiempos de lluvia, ya que generan bloqueos en los caminos y daños a los sembríos, en total se inventario 28 lugares donde ha ocurrido movimientos de masa.

La evaluación de las áreas susceptibles se realizó mediante la metodología de la observación directa aplicando los indicadores de inclinación de taludes, altura de taludes, antecedentes de deslizamientos, uso de terrenos, presencia de agua en las laderas, tipo de suelos; de la evaluación se determinó que la zona presenta una geología heterogénea y el principal factor de susceptibilidad viene a ser sus suelos heterogéneos que al entrar en contacto con las aguas en tiempos de lluvia generan movimientos.

Se logró determinar el factor de seguridad de tres estaciones alta, baja y moderadamente susceptibilidad dando como resultado en las estaciones de alta susceptibilidad un factor de seguridad menor a las de baja y moderadamente susceptibilidad.

Se logró elaborar los planos de susceptibilidad de movimiento de masas, en función a las pendientes, tipo de roca, tipo de suelo y vegetación movimiento de masas haciendo uso de herramientas SIG mediante la metodología de geoprocésamiento, identificando las zonas con muy baja susceptibilidad., baja susceptibilidad, moderada susceptibilidad., alta susceptibilidad. y muy alta susceptibilidad.

REFERENCIAS

- Acevedo, C. (2002). Estudio de la Vulnerabilidad sísmica de los edificios de departamentos de la comuna de Pudahuel, parte 1. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago.
- Alcántara, R. (2018). Evaluación geológica-geotécnica del deslizamiento Puruay. Gobierno Regional de Cajamarca. Oficina de Defensa Nacional. 27 p.
- Anguita, E. (1994). Procesos Geológicos Externos y Geología Ambiental, Madrid: Editorial Rueda.
- Aparicio, J. (1999). Fundamentos de hidrología de superficie. Editorial Limusa. México.
- Bosque, J ET AL. (2003). Un procedimiento para elaborar mapas de riesgos naturales aplicado a Honduras. Anales de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid. p. 55 – 73. España.
- Chardon, A. (2002). Crecimiento urbano y riesgos “naturales”: evaluación final de la vulnerabilidad global en Manizales, Andes de Colombia. Desastres y Sociedad. La Red, Pág: 2 –32. Lima.
- Chivatá, I. (2008), Estimación de la susceptibilidad ante deslizamientos: Aplicación de conjuntos difusos y las teorías de la posibilidad y de la evidencia. Revista Ingeniería e investigación 28 (1): 26 – 40.
- Cholaky, J (2005) Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas amenazas naturales: El ejemplo andino de Manizales, Colombia. Ed. Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Manizales. 174p.

- Cruden, D.M., Varnes, D.J., (1996), Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- Montoya, F. (2014), Evaluación geotécnica de los taludes de la carretera cruz blanca-el gavilán. Geología (Tesis de pos grado), Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Portilla, M. (2012), Aplicaciones de los Sistemas de Lógica Difusa en la Evaluación de la Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa. Geología Malaga n^o . 26:189 -205.
- Reyes, L. (1980) Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. INGEMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 31, 75p.
- Taco, A. (2006), Uso de relaciones difusas para elaborar mapas de susceptibilidad a deslizamientos. Tesis Ing. Geol. Turquia. 16p.
- Zavala, B. y Rosado, M. (2011), Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 396 p.
- Zavala, B., Rosado, M. (2007). Zonas críticas por peligro geológico y geohidrológicos en la región Cajamarca. Informe Técnico. Primer Reporte. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. 28 p.

ANEXOS

ANEXO N° 1: vistas fotográficas

ESTACIÓN 1: Presenta un deslizamiento de suelo de alta susceptibilidad, el factor más influyente es el tipo de suelo debido a que se evidencia suelos granulares sueltos semi consolidados.



ESTACIÓN 5: esta área presenta una alta susceptibilidad de movimiento de masa ya que los factores más influyentes son la presencia de agua y el suelo semi-consolidado.



ESTACION N°7: *Presenta una alta susceptibilidad ya que hay un deslizamiento que puede afectar cultivos en la zona de estudio.*



ESTACIÓN N° 20: *presenta un área de alta susceptibilidad de caída de rocas y suelos*



ESTACIÓN 22: Presenta una susceptibilidad alta de volcamiento de rocas



ESTACION N° 24: DESPRENDIMIENTO DE ROCAS



ESTACION N° 26: presenta un deslizamiento de una alta susceptibilidad



ESTACION N° 27: desprendimiento de rocas



ANEXO 2 : PLANOS

Plano geológico

Plano topográfico

Plano de susceptibilidad

Plano de cobertura vegetal

Plano de pendientes

Plano de suelos

Plano geomorfológico