



Relación de los deslizamientos rotacionales y flujos con el tipo de regolito generado en las unidades geológicas de la región Cajamarca

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Geotadi SAC

RESUMEN

Se compararon los regolitos que se forman en las principales unidades geológicas de la región Cajamarca, para determinar si tenían relación con los tipos de movimiento en masa que se producen en ellos. Los resultados muestran que hay unidades que generan regolitos más susceptibles a deslizamientos rotacionales (Fm. Pariatambo) o a flujos (Fm. Chimú, Fm. Farrat y V. Llama); corroborable con los movimientos en masa reportados y estudiados desde el 2016; siendo en estas formaciones geológicas donde se debería tener un estudio más exhaustivo a la hora de planificar cualquier obra ingenieril o asentamiento humano.

Palabras Clave: Movimientos en masa, deslizamientos, flujos, susceptibilidad, regolito.

ABSTRACT

The regoliths that form in the main geological units of the Cajamarca region were compared to determine if they were related to the types of mass movement that occur in them. The results show that there are units that generate regoliths that are more susceptible to landslides (Pariatambo Fm) or to flows (Fm. Chimú, Fm. Farrat and V. Llama); corroborated with the mass movements reported and studied since 2016; being in these geological formations where you should have a more comprehensive study when planning any engineering work or human settlement.

Keywords: Mass movement, landslides, flows, susceptibility, regolith.

INTRODUCCIÓN

De los movimientos en masa reportados en la región Cajamarca desde el 2016, se puede deducir que los de mayor frecuencia y severidad son los deslizamientos rotacionales y los flujos (canalizados “huaicos” o no canalizados “avalanchas”).

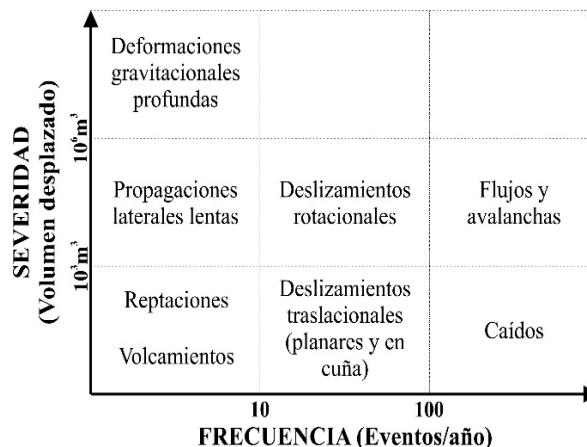


Figura 1. Severidad vs Frecuencia de los movimientos en masa en la región Cajamarca, según la clasificación GEMMA.

Se deduce que el V. Llama es la unidad donde se generan el mayor número de flujos (Tabla 1).

AÑO	MESES	PROVINCIA	DISTRITOS	UNIDAD GEOLOGICA INFRAYACIENTE
2016	Febrero-Abril	Contumaza	Tembladera-Chilete	V. Llama (Pe-vll)
2017	Febrero-Abril	Contumaza	Tembladera-Chilete	V. Llama (Pe-vll)
2017	Abril	Cajamarca	San Juan	Fm. Farrat (Ki-f)
2018	Febrero-Abril	Contumaza	Tembladera-Chilete	V. Llama (Pe-vll)
2018	Marzo	Contumaza	Chilete	Fm. Farrat (Ki-f)

Tabla 1. Principales flujos y avalanchas reportados desde el 2016 en la Región de Cajamarca.

Además, la Fm. Pariatambo es la unidad donde se generan la mayor cantidad de deslizamientos rotacionales (Tabla 2).

AÑO	MES	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	UNIDAD GEOLOGICA INFRAYACIENTE
2016	Abril	Cajamarca	Magdalena	El Naranjo	Fm. Pariatambo (Ki-pu)
2016	Septiembre	Cajamarca	La Encañada		Fm. Yumagual (Ks-yu)
2016	Septiembre	Cajamarca	Jesús		Fm. Inca (Ki-in)
2016	Noviembre	Cajamarca	Baños del Inca	Lushcapampa	V. Huambos (Nm-vh)
2017	Febrero	Jaén	Sallque		Fm. Pariatambo (Ki-pu)
2017	Febrero	Chota	Choropampa	La Capilla	Fm. Pariatambo (Ki-pu)
2017	Abril	Cajamarca	Chetilla		Fm. Inca (Ki-in)
2017	Abril	Cajamarca	Magdalena	San Cristóbal	Fm. Pariatambo (Ki-pu)
2017	Octubre	Cajamarca	Magdalena	Choropampa	Fm. Pariatambo (Ki-pu)
2017	Octubre	Jaén	Santa Rosa		Fm. Pariatambo (Ki-pu)
2018	Enero	Cajamarca	Cajamarca	Huambocancha	Fm. Carhuaz (Ki-ca)
2018	Marzo	Cajamarca	Cajamarca	Porcón Bajo	V. Huambos (Nm-vh)

Tabla 2. Principales deslizamientos rotacionales reportados y estudiados desde el 2016 por la Oficina de Defensa Nacional del Gobierno Regional de Cajamarca.

METODOLOGÍA

Se ha identificado unidades geológicas que generan regolitos con más susceptibilidad a deslizamientos rotacionales o flujos que otras, para lo cual se estudió las variables condicionantes de dichos suelos, para comprobar o refutar la existencia de dicha relación.

Unidades geológicas estudiadas y su litología

Las principales unidades geológicas de Cajamarca estudiadas³ se pueden agrupar según su litología de la siguiente manera:

- Areniscas cuarzosas de grano grueso: Ki-chim, Ki-f
- Limolitas y areniscas ferruginosas: Ki-ca, Ki-in
- Lutitas y limolitas gris-oscuros: Ki-sa
- Calizas cristalinas y calizas wackestone: Ks-yu, Ks-ca
- Calizas wackestone y lutitas calcáreas: Ki-chu, Ks-qm
- Calizas mudstone y lutitas calcáreas: Ks-ce
- Lutitas calcáreas y calizas mudstone bituminosas: Ki-pa
- Derrames y brechas andesíticas: Pe-vll
- Brechas piroclásticas y tobas: Po-vp
- Tobas de cenizas y cristales: Nm-vh

Cantidad de suelos

La resistencia frente a la meteorización y erosión

de los macizos rocosos de las formaciones analizadas, y la cantidad de suelos regolito que se puede encontrar, están íntimamente ligadas; a mayor resistencia menor cantidad de suelos, y viceversa, de esta forma podemos agruparlas:

1: Baja cantidad de suelos: Ki-chim, Ki-f, Ks-yu, Ks-ca, Pe-vll

2: Mediana cantidad de suelos: Ki-chu, Ks-qm, Po-vp

3: Alta cantidad de suelos: Ki-ca, Ki-in, Ks-ce, Nm-vh

4: Muy alta cantidad de suelos: Ki-sa, Ki-pa

Tipo de los suelos

Los regolitos están ligados al tipo de roca del cual se generaron; así, según el SUCS⁴ tenemos:

- Arenas con limos SM: Ki-chim, Ki-f, Pe-vll
- Arenas con arcillas SC: Ks-yu, Ks-ca
- Limos de alta plasticidad MH: Ki-chu, Ks-qm, Ks-ce, Nm-vh
- Limos de baja plasticidad ML: Ki-ca, Ki-in, Po-vp
- Arcillas de alta plasticidad CH: Ki-pa
- Arcillas de baja plasticidad CL: Ki-sa

Conociendo que tipo de regolitos se generan en cada formación, se puede deducir que tipo de cohesión⁵, ángulo de fricción⁶, permeabilidad⁵ y amplificación sísmica⁷, tendrán (Tabla 3)

UNIDAD GEOLOGICA	SUCS	COHESIÓN	ÁNGULO DE FRICCIÓN PROMEDIO	PERMEAB.	AMP. SIS.
Ki-chim	SM	No Cohesivo	35	Muy Alta	1.35
Ki-sa	CL	Baja	25	Media	1.35
Ki-ca	ML	Baja	30	Alta	1.35
Ki-f	SM	No Cohesivo	35	Muy Alta	1.35
Ki-in	ML	Baja	30	Alta	1.35
Ki-chu	MH	Media	25	Baja	1.25
Ki-pa	CH	Alta	20	Muy Baja	1.25
Ks-yu	SC	Baja	30	Baja	1.35
Ks-qm	MH	Media	25	Baja	1.25
Ks-ca	SC	Baja	30	Baja	1.35
Ks-ce	MH	Media	25	Baja	1.25
Pe-vll	SM	No Cohesivo	35	Muy Alta	1.35
Po-vp	ML	Baja	30	Alta	1.35
Nm-vh	MH	Media	25	Baja	1.25

Tabla 3. Tipo de regolito, cohesión, ángulo de fricción promedio, grado de permeabilidad y tipo de suelo para cada formación estudiada.

Cobertura vegetal

Los tipos de cobertura vegetal que podemos encontrar, están relacionados a la formación geológica que subyace, de esta forma tenemos⁸:

- Pastos: Ki-sa, Ki-in, Ks-yu, Ks-qm, Ks-ca, Pe-vll
- Arbustos: Ki-ca, Ki-chu, Ki-pa, Ks-ce, Po-vp
- Bosques: Ki-chim, Ki-f, Nm-vh

Valoración de las variables

Las principales variables que condicionan la generación de movimientos en masa son: la cantidad de suelos, la cohesión de los suelos generados, y su permeabilidad; estas variables tienen una valoración de hasta 10. El ángulo de fricción interna tiene menor incidencia, y tendrá una valoración de hasta 5; la cobertura vegetal hasta 3; y la ampli-ficación sísmica hasta 2.

Los valores necesarios para que se produzcan los movimientos en masa se muestran en la tabla 4.

VARIABLE	ANÁLISIS	VALOR NECESARIO	EXPLICACIÓN
Cantidad de Suelos	1	Alto	Tienen que ser grandes masas de suelos
	2	Bajo	Para poder ser transportados con facilidad
Cohesión	1	Alto	Las partículas tienen que estar unidas
	2	Bajo	Para que las partículas se separen rápidamente
Ángulo de Fricción	1	Bajo	Para poder fracturarse de forma uniforme
	2	Alto	Para permanecer con alta pendiente hasta su colapso
Permeabilidad	1	Bajo	Para saturarse, pero no transmitir aguas subterráneas
	2	Alto	Para que se saturen y se mezclen con las escorrentías
Amplificación Sísmica	1	Bajo	Para que no se fracturen constantemente
	2	Alto	Para mantener el suelo fracturado
Cobertura Vegetal	1	Alto	Para mantener el suelo unido
	2	Bajo	Para evitar la resistencia extra

Tabla 4. Valores necesarios para que se produzcan deslizamientos rotacionales (1) o flujos (2).

RESULTADOS

En la Tabla 5 se muestran los valores ponderados y extrapolados para cada análisis, además de la sumatoria resultante de forma gráfica en la Figura 2.

Se puede deducir que la formación Pariatambo es la que genera regolitos más susceptibles a deslizamientos rotacionales, apreciable también en el registro de la Tabla 2.

De igual manera, las unidades geológicas: Fm. Chimú, Fm. Farrat y V. Llama, son las que generan regolitos más susceptibles a flujos, también comparable a los registros de la Tabla 1.

FORM.	CANT. DE S.		COHESIÓN		ÁNG. DE FR.		PERM.		AMP. SÍS.		VEG.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ki-chim	2.5	10	2.5	10	1.25	5	2	10	1	2	3	1
Ki-sa	10	2.5	5	7.5	3.75	2.5	6	6	1	2	1	3
Ki-ca	7.5	5	5	7.5	2.5	3.75	4	8	1	2	2	2
Ki-f	2.5	10	2.5	10	1.25	5	2	10	1	2	3	1
Ki-in	7.5	5	5	7.5	2.5	3.75	4	8	1	2	1	3
Ki-chu	5	7.5	7.5	5	3.75	2.5	8	4	2	1	2	2
Ki-pa	10	2.5	10	2.5	5	1.25	10	2	2	1	2	2
Ks-yu	2.5	10	5	7.5	2.5	3.75	8	4	1	2	1	3
Ks-qm	5	7.5	7.5	5	3.75	2.5	8	4	2	1	2	2
Ks-ca	2.5	10	5	7.5	2.5	3.75	8	4	1	2	1	3
Ks-ce	7.5	5	7.5	5	3.75	2.5	8	4	2	1	2	2
Pe-vll	2.5	10	2.5	10	1.25	5	2	10	1	2	1	3
Po-vp	5	7.5	5	7.5	2.5	3.75	4	8	1	2	2	2
Nm-vh	7.5	5	7.5	5	3.75	2.5	8	4	2	1	3	1

Tabla 5. Valores para cada análisis des susceptibilidad, 1: a deslizamientos rotacionales, 2: a flujos.

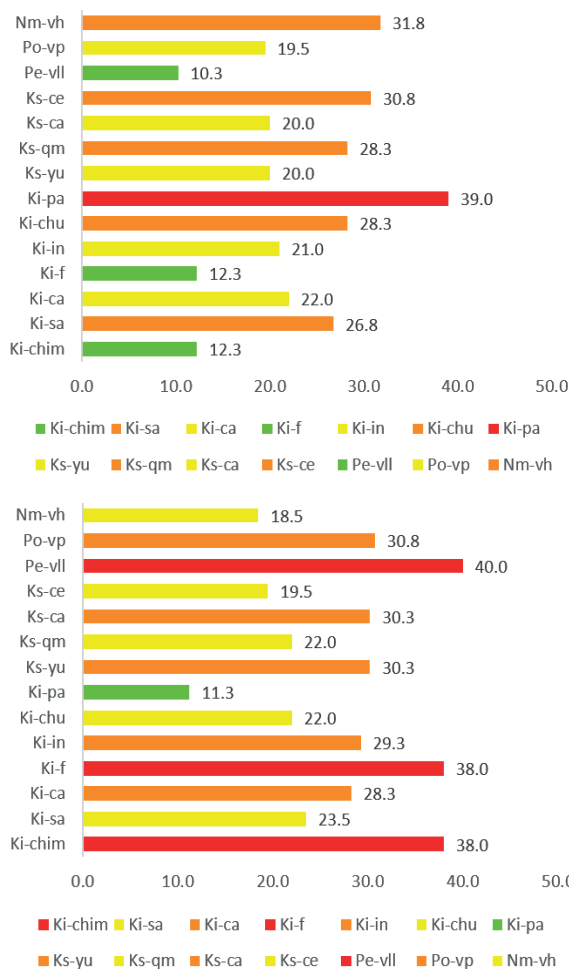


Figura 2. Resultados de la ponderación para susceptibilidad a deslizamientos rotacionales (izquierda) y flujos (derecha). Susceptibilidad: Verde=Baja, Amarillo=Media, Naranja=Alta, Rojo=Muy Alta.

CONCLUSIONES

Con el presente análisis queda más claro que realmente existe una relación entre cada tipo de rego-

lito que se generan en las unidades geológicas de Cajamarca, con los tipos de movimientos en masa que se generan en ellos. Siendo la Fm. Pariatambo, la más susceptible a deslizamientos rotacionales; y las Fm. Chimú, Fm. Farrat y el V. Llama las más susceptibles a flujos y avalanchas. Ahora se puede expresar, más certeramente, la necesidad de un mayor análisis geológico-geotécnico más exhaustivo en los regolitos de estas unidades geológicas, antes de iniciar un proyecto ingenieril o un asentamiento humano.

REFERENCIAS

GEMMA. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas. 1ª ed. Toronto, Canada: Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas; 2007.

Gobierno Regional de Cajamarca. COER Cajamarca. Crisólogo Bardales, Percy. <http://www.regioncajamarca.gob.pe/odn/coer>. 2018.

Reyes L. Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. 1ª ed. Lima, Perú: INGEMMET; 1980.

Classification of Soils for Engineering Purposes: Annual Book of ASTM Standards. 1ª ed.; 1985.

González L, Ferrer M, Ortuño L, Oteo C. Ingeniería Geológica. 1ª ed. Madrid, España: Pearson; 2003.

Itasca. Itasca Software Products. 2016. <http://www.itascacg.com/>.

Comité Europeo de Normalización. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects. Bruselas, Bélgica; 1998.

Alcántara Boñon G. Cobertura Vegetal y Uso Actual Departamento de Cajamarca. Cajamarca, Perú; 2011.