

DESPLIZAMIENTO ACTIVO DE CUYO CHICO. RESULTADOS PRELIMINARES DEL MONITOREO CON GPS (DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, REGION CUSCO)

Taibe, E¹., Benavente, C., Vilchez, M. & Delgado, F.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima-4; cbenavente@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCIÓN

Los Deslizamientos son un tipo de Movimientos en Masa que se define como; movimiento de ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (GEMMA, 2007). En el Perú, este fenómeno causa grandes pérdidas económicas y provocan la muerte de personas cada año. Durante las últimas décadas se han desarrollado estrategias para la gestión de riesgos por deslizamientos, en este sentido, el INGEMMET viene elaborando mapas de peligros geológicos, para el ordenamiento territorial y gestión del riesgo. A su vez, viene implementando el monitoreo instrumental mediante GPS como el caso del deslizamiento de Cuyo Chico.

El deslizamiento de Cuyo Chico está ubicado en el distrito de Pisac, provincia de Calca, región Cusco (figura 1). Este deslizamiento, afecta a los poblados de Ccotataque, Ampay y principalmente Cuyo Chico, los efectos del deslizamiento pueden verse claramente en el agrietamiento de la superficie del terreno, deterioro de las viviendas (agrietamientos y asentamientos), ruptura de canales de regadío y de la carretera asfaltada que conduce a los restos arqueológicos de Pisac.

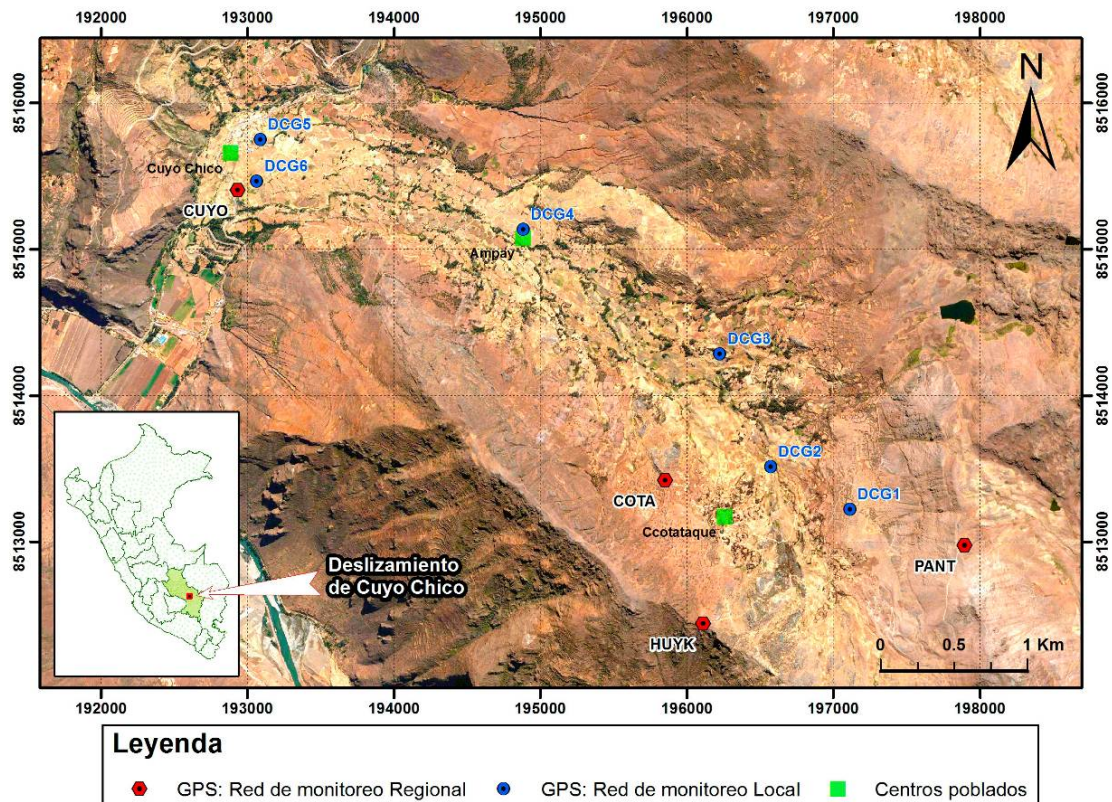


Figura 1: Ubicación del deslizamiento de Cuyo Chico, y las redes de monitoreo de deformación. Se muestran la red de monitoreo regional (hexágonos rojos) implementada para monitorear fallas activas y el deslizamiento, y la red de monitoreo local (círculos azules) implementada exclusivamente para monitorear el deslizamiento de Cuyo Chico. Los pueblos afectados por el deslizamiento se muestran en cuadrados de color verde.

METODOLOGIA

Los deslizamientos que pueden ocurrir súbita y catastróficamente, son considerados comúnmente como una de las amenazas geológicas más predecibles. Tres parámetros son particularmente importantes para el monitoreo de este tipo de fenómenos: Primero, la formación de grietas, y cualquier incremento en su ritmo o tasa de ampliación; segundo, la aparición y el incremento de la subsidencia o levantamiento del terreno; y tercero, el área de la rotura del talud como una medida de la extensión del deslizamiento (Ayalew et al., 2005). El estudio de estos parámetros nos ayudará a entender la evolución del evento para reducir los riesgos que este implica, estos estudios comprenden investigaciones geológicas, geofísicas, geotécnicas, topográficas, hidrometeorológicas, entre otros (figura 2).

El presente trabajo está orientado a desarrollar métodos geodésicos para mediciones de superficie, los cuales nos permiten determinar el desarrollo de las grietas, las subsidencias y/o levantamientos. Como técnica predilecta se usa el GPS Diferencial, que es un instrumento autónomo que puede proveer información acerca del posicionamiento diferencial de un punto con precisiones sub-centimétricas. Este método al igual que las técnicas geodésicas tradicionales, emplea campañas de adquisición de datos a intervalos regulares pero con sesiones de lectura más cortos, estas medidas de GPS Diferencial pueden ser complementadas con el uso de herramientas topográficas tradicionales (figura 2).

Otras herramientas a implementar son los análisis de imágenes satelitales, las cuales son útiles en la identificación de grandes deslizamientos y para notar los cambios en la cubierta de suelo y vegetación, lo cual puede estar asociado con su actividad (Gonzales et al. 2010). Además, la técnica InSAR es una tecnología de registro espacial, que se puede usar para obtener alta resolución espacial de los desplazamientos de los suelos y de infraestructura.

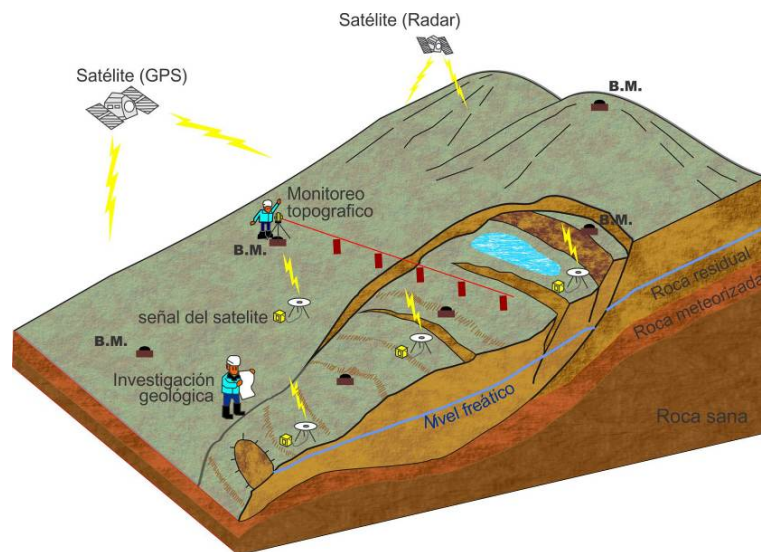
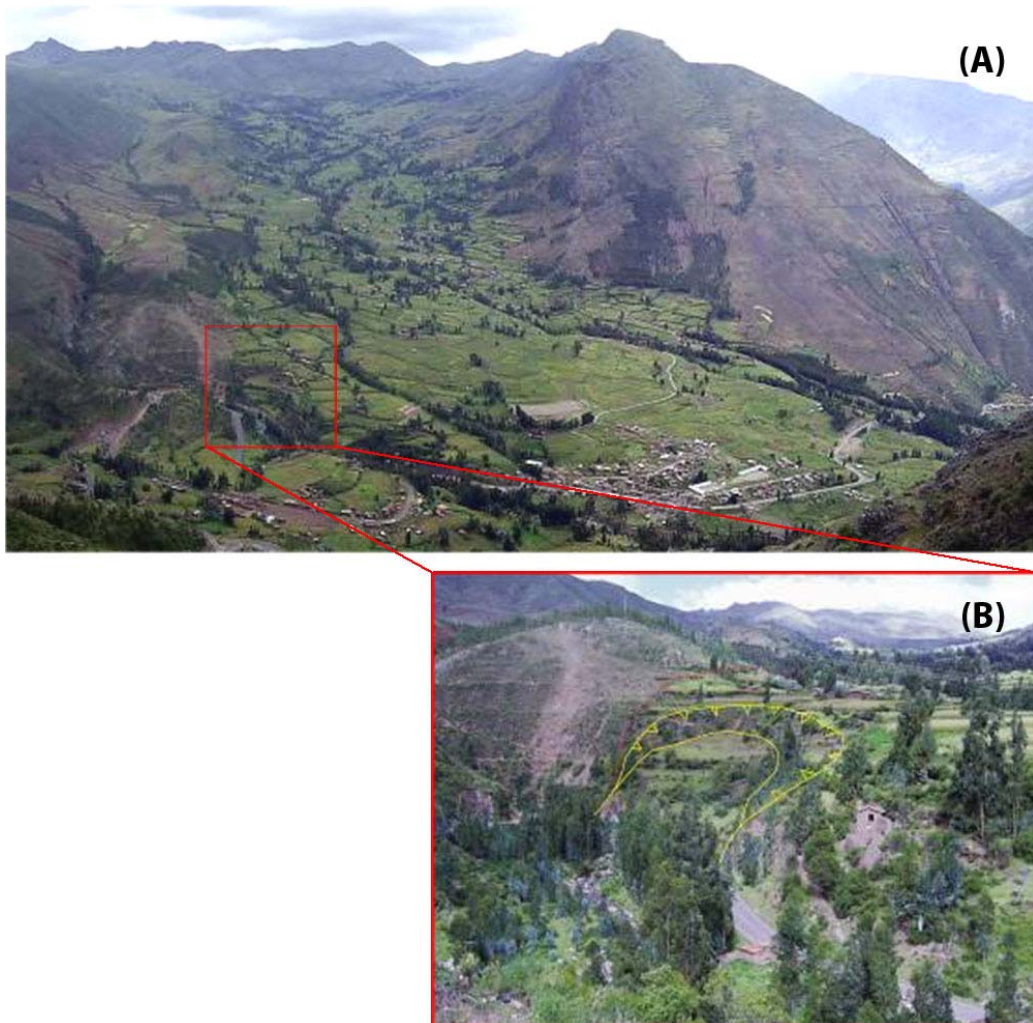


Figura 2: Técnicas de monitoreo de deslizamiento que se está implementando en el deslizamiento activo de Cuyo Chico.

DESCRIPCION DEL DESLIZAMIENTO DE CUYO CHICO

El deslizamiento de Cuyo Chico denominado así por ubicarse en el poblado de Cuyo Chico, localizado a 2 km de Pisac, en este deslizamiento el material movilizado se extiende por una longitud de más 4,5 km y presenta una forma alargada algo lobulada en el extremo distal (figura 3A). El material que lo conforma es arcillo-limo-gravoso, color crema a grisáceo, se considera que este evento fue muy lento y progresivo. Los materiales comprometidos corresponden a las secuencias de cuarcitas, areniscas, limolitas, pizarras y lutitas de la Formación Cabanillas, las cuales se presentan fracturadas, por

encontrarse en una zona de falla. Según Carreño (2006), este deslizamiento corresponde a una clase rara, donde no existe plano de ruptura, sino más bien un plano de cabalgamiento de falla, que es el que actúa como plano de deslizamiento. Las escarpas de los deslizamientos reactivados en el cuerpo del deslizamiento de Cuyo Chico oscilan entre los 20 y 90 m de ancho (figura 3B), producen asentamientos y pérdida de terrenos de cultivo, de la carretera asfaltada que da acceso a los restos arqueológicos de Pisac y que además comunica con la localidad de Paucartambo; también produce la desviación del cauce de la quebrada Chongo (Chaupihuayco) hacia su margen derecha; así como también, podría producir la pérdida de postes de transmisión eléctrica y represar la quebrada.



RESULTADOS PRELIMINARES DEL MONITOREO

El INGEMMET, en el marco de su programa de monitoreo de riesgos geológicos, ha establecido una red geodésica para el monitoreo de los sistemas de fallas geológicas en la región Cusco empleando GPS, y parte de esta red está orientada también a monitorear el deslizamiento activo de Cuyo Chico. Son 4 estaciones las que se encuentran muy cerca de la zona del deslizamiento, y la más importante de ellas es la estación CUYO (figura4) que fue instalada exclusivamente para estudiar el deslizamiento en su parte más baja, que es donde se han reportado los mayores daños por este fenómeno. Las otras tres estaciones HUYK, COTA y PANT se emplean como estaciones de referencia.

Posteriormente se ha implementado 6 puntos de control a lo largo del deslizamiento, empleando GPS Diferencial (DGPS), este método consiste en instalar una estación base como referencia (PANT) la

cual registra datos simultáneamente con cada una de las 6 estaciones móviles, luego, se realiza un trabajo de post-procesamiento para hacer las correcciones respectivas. La ventaja de esta metodología es que se tomarán más puntos en menos tiempo usando equipos GPS de doble frecuencia.

En el presente trabajo se muestran los resultados preliminares del desplazamiento de todos los puntos de monitoreo geodésico (tabla 1 y figura 4), los resultados más importantes y confiables corresponden a la estación CUYO, ya que para esta estación se emplearon equipos GPS de doble frecuencia y largas sesiones para el registro de datos. Entonces en la estación CUYO se cuenta con datos de cuatro campañas de GPS que abarcan un espacio de tiempo de aproximadamente 21 meses, y con ello generamos tres periodos de deslizamiento, los datos del primer periodo han sido tomados entre los meses de Noviembre del 2009 y Junio del 2010 (7 meses), presentando un desplazamiento horizontal total de ~1.499m con orientación oeste-suroeste y un hundimiento de ~0.313m (figura 4). Los datos del segundo periodo comprenden entre Junio y Octubre del año 2010 (4 meses), y determinan un desplazamiento horizontal de ~0.347m también con orientación oeste-suroeste y un hundimiento de ~0.049m (figura 4). Los datos para la tercera campaña fueron tomados entre los meses de Octubre del 2010 y Agosto de 2011 (10 meses), presentan un desplazamiento horizontal de ~1.393m con rumbo oeste-suroeste y un hundimiento de ~0.230m (figura 4).

Sumando los desplazamientos producidos durante los 21 meses, tiempo en que se realizaron las tres campañas, se tiene que el desplazamiento horizontal total es de 3.239 m. con una orientación oeste-suroeste y el hundimiento total fue de 0.592m. Si promediamos el desplazamiento total para generar una velocidad de desplazamiento vemos que el movimiento es de 1.8 m/año y según las tablas de Cruden y Varnes (1996) este estaría clasificado como un deslizamiento lento. Por otro lado, los resultados por periodos indican que el fenómeno se acelera ligeramente con la influencia de los periodos lluviosos.

En relación al resto de estaciones, es claro que para las bases PANT y COTA no hay deformación medible, mientras que para HUYK se aprecia un desplazamiento aparente, sin embargo, este desplazamiento no es efectivo puesto que el error que presenta es mayor que el mismo desplazamiento, esto se debe a que la primera campaña se realizó con un equipo GPS de frecuencia simple lo que implica una menor precisión en los resultados. De igual manera ocurre en el caso de las estaciones para GPS diferencial, los vectores de desplazamiento tienen la misma o menor magnitud que las elipses de error, por lo que no representan la geodinámica del deslizamiento.

Estación	Fecha de Lecturas		Desplazamiento			Error (95%)		
	Primera	Segunda	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
CUYO	2009-11-11	2010-06-23	-1.372	-0.604	-0.604	0.038	0.007	0.062
CUYO	2010-06-23	2010-10-04	-0.324	-0.123	-0.123	0.043	0.010	0.070
CUYO	2010-10-04	2011-08-09	-1.270	-0.572	-0.572	0.028	0.008	0.052
HUYK	2009-09-05	2010-10-08	-0.135	0.155	0.155	0.253	0.229	0.572
PANT	2010-06-29	2011-08-11	0.009	0.018	0.018	0.024	0.006	0.047
COTA	2010-06-24	2011-08-11	0.009	0.018	0.018	0.050	0.031	0.097
DCG1	2010-10-10	2011-08-11	0.015	0.025	0.025	0.096	0.078	0.097
DCG2	2010-10-10	2011-08-11	-0.124	0.100	0.100	0.160	0.100	0.178
DCG3	2010-10-10	2011-08-11	0.081	0.021	0.021	0.085	0.086	0.091
DCG4	2010-10-10	2011-08-11	0.039	-0.142	-0.142	0.088	0.081	0.096
DCG5	2010-10-10	2011-08-11	0.019	0.057	0.057	0.090	0.083	0.089

Tabla 1: Resultado del procesamiento de GPS para las estaciones geodésicas del monitoreo del deslizamiento de Cuyo Chico.

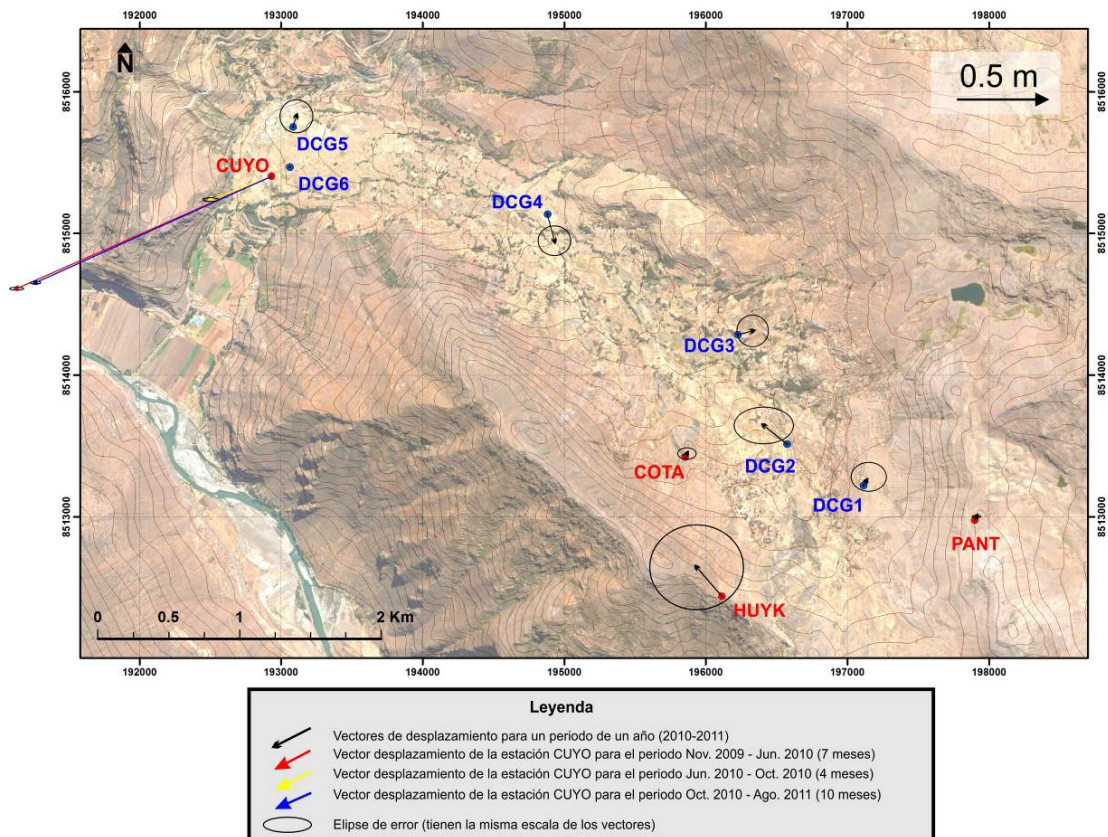


Figura 4: Vectores de desplazamiento en las estaciones geodésicas en donde se representan el desplazamiento horizontal y vertical por campaña. La estación más importante es la estación CUYO para la cual se muestran los resultados de 3 campañas.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los resultados del monitoreo del deslizamiento, muestran que hay una clara actividad deformativa en el área que ocupa el deslizamiento de Cuyo Chico, siendo el avance del deslizamiento en menos de dos años de 3.2 metros en la parte distal del mismo, sin embargo según las tablas de Cruden y Varnes (1996) este deslizamiento se clasifica como de desplazamiento lento. Por otro lado, se requiere una mayor cobertura de puntos de medida, motivo por el cual se han establecido nuevos puntos de control (figura 4) a lo largo de toda el área que podría estar afectada, de manera que se pueda cuantificar la velocidad real con la que se viene moviendo el deslizamiento a diferentes alturas.

En vista que los resultados para los puntos de control no son muy claros, es importante continuar con las mediciones y el uso de equipos GPS de doble frecuencia, de manera que la red de monitoreo geodésico permita conocer mejor el proceso de este fenómeno geodinámico. Resultados que servirán para la evaluación de una posible reubicación de los poblados de Cuyo Chico, Ampay y Ccotataque, con una población de aproximadamente 2000 habitantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ayalew L., Yamagishi H., Marui H., Kanno T. (2005). "Landslides in Sado Island of Japan: Part I. Case studies, monitoring techniques and environmental considerations". Engineering Geology 81. pp 419-431.

- Carreño, C. (2006) Diagnostico de peligros geodinámicos en los parques Arqueológicos de Písaq y Ollantaytambo-Cusco. Boletín del instituto francés de Estudios Andinos, año/vol. 35, número 002. pp. 97-120. Lima: Intituto Frances de Estudios Andinos.
- Cruden, D., Varnes, D., (1996). Landslide types and processes. In Turner A.K. & Schuster R.L., 1996. Landslides: Investigation and Mitigation. Special Report 247. Transportation Research Board, National Research Council. National Academy Press, Washington D.C. 675 p.
- Gonzales K., Zavala B., Froger JL., Fruneau B., y Díaz M. Estudio de zonas de deslizamientos activos y subsidencia del suelo en la cordillera Peruana, aplicando Interferometría Radar – InSAR, 4p.
- Grupo de Estándares para Movimientos en Masa – GEMMA. (2007). Movimientos en masa en la región andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 432 p.
- Suarez J., Deslizamientos: Análisis geotécnico, Vol. 1, 582 p.
- Wan Aziz W.A & Khamarrul A.R, An Appropriate Gps Technology For Landslide Monitoring At East-West Highway, Perak, Malaysia., 9p
- Zhou P., Zhou B., Guo J., Li D., Ding Z., Feng Y., (2005), A Demonstrative GPS-aided Automatic Landslide Monitoring System in Sichuan Province., 8p.