



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



PROYECTO:

**REDUCCIÓN DE RIESGO ANTE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS
EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERÚ 2010 - 2011**



Estudio:

“Estudio de Peligros de origen geológico geodinámico en la zona de Huarcoondo, distrito Huarcoondo y medidas para reducir el riesgo de desastres”



MARZO - 2011

Proyecto

“Reducción de riesgo ante eventos climáticos
en dos provincia de Cusco, Perú” 2010 - 2011



Documento:

“Estudio de Peligros de origen geológico geodinámico en la zona de Huarcocondo, distrito Huarcocondo y medidas para reducir el riesgo de desastres”

© Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES – Marzo 2011

Martín de Porres 161 – San Isidro – Lima – Perú
Teléfonos: 051 1 2210251; 051 1 4423410
E mail: postmast@predes.org.pe
Web: <http://www.predes.org.pe>

Proyecto:

**Reducción de riesgo ante eventos climáticos extremos en dos provincias de Cusco, Perú
2010 - 2011**

Estudio:

**“Estudio de Peligros de origen geológico geodinámico en la zona de
Huarcocondo, distrito Huarcocondo y medidas para reducir el riesgo de desastres”**

Nombre del solicitante:

Centro de Estudios y Prevención de Desastres - PREDES

Coordinación PREDES:

Soc. Gilberto Romero Zeballos - Coordinadora Regional

Profesional consultor.

Ing. Geólogo Carlos Barrientos Guzmán – Responsable del estudio

Equipo Técnico de PREDES.

Soc. Gilberto Romero Zeballos – Revisor de estudios
Ing. Hugo O’connor Salmón – Revisor de estudios
Ing. Geógrafo Alfonso Díaz Calero - Coordinador técnico del estudio.

Fotografías:

Banco de fotos PREDES / ver referencia

Queda terminantemente prohibido su impresión o difusión sin permiso expreso del Centro de Estudios y
Prevención de Desastres – PREDES.

INDICE

I	GENERALIDADES	
1.1	Introducción	9
1.2	Ubicación y Accesibilidad	10
1.3	Objetivo y Finalidad del Estudio	10
1.4	Condiciones climáticas	11
1.5	Método de trabajo	11
1.6	Trabajos anteriores	13
II	GEOMORFOLOGIA Y GEOLOGIA	
2.1	Geomorfología regional	16
2.2	Geomorfología local	17
2.2.1	La Pampa de Anta	17
2.2.2	Laderas	17
2.2.3	Las Montañas Norte	17
2.3	Geología Local	19
2.3.1	Grupo Yuncaypata	19
2.3.2	Formación Paucarbamba.	19
2.3.3	Formación Maras (Kis-ma:	19
2.3.4	Formación Ayavacas	19
2.3.5	Formación Vilquechico (Ks-vi)	20
2.3.6	Formación Muñani (P-Mu).	20
2.3.7	Formación Chincheros (NQ-chi)	20
2.3.8	Formación Rumicolca (Qpl-ru).	20
2.3.9	Formación San Sebastián (Qpl-sa).	20
2.3.10	Material Coluvial.	20
III	HIDROLOGIA	
3.1	Hidrología	23
3.1.1	Deslizamiento de Kcanacchimpa	23
3.1.2	Temperatura	24
3.2	Regionalización de parámetros climáticos	26
3.2.1	Precipitación	26
3.3	Determinación de las características morfométrica del cuerpo de deslizamiento	29
3.4	Intensidades de precipitaciones	29
3.5	Estimación del periodo de retorno	31
3.6	Estimación del tiempo de concentración	32
3.7	Determinación de intensidades máximas de probabilidad	32
3.8	Generación de caudales	33
3.9	Hidrodinámica de los suelos.	33

IV	HIDROGEOLOGIA	
4.1	Generalidades	39
4.2	Parámetros hidrogeológicos	39
4.3	Porosidad	39
4.4	Permeabilidad	40
4.5	Hidrometría	40
4.6	Unidades hidrogeológicas de la microcuenca	41
4.6.1	Acuitardos Maras y Acuíferos Ayavacas	41
V	GEODINAMICA	
5.1	Geodinámica externa	43
5.1.1	Movimiento en masa individual preexistente	43
5.2	Deslizamiento rotacional de kcanacchimpa, huariocondo - Cusco	43
5.2.1	Localización	43
5.2.2	Factores condicionantes y detonantes	43
5.2.3	Caracterización del deslizamiento	44
5.2.3.1	Nomenclatura de los elementos morfologicos	45
5.2.3.2	Caracterización del movimiento	46
5.2.3.3	Caída de rocas	47
5.3	Geodinámica Interna	48
5.3.1	Método determinístico	48
5.3.2	Catalogo sísmico de los últimos 10 años (fuente igp).	49
VI	GEOTECNIA	
6.1	Taludes en suelos - valoración	51
6.1.1	Valoración por granulometría	51
6.1.2	Valoración por ángulo y compacidad	51
6.1.3	Valoración por altura del talud	51
6.1.4	Grado De Estabilidad	53
6.1.4.1	Condiciones actuales	53
6.1.4.2	Formación Maras	54
6.1.4.3	Perfil Estratigráfico	54
6.1.5	Investigación exploratoria y muestreo	55
6.1.5.1	Profundidad de prospección:	55
6.1.5.2	Ensayos de laboratorio	55
6.1.5.3	Granulometría	56
6.1.6	Estabilidad de taludes	56
6.1.6.1	Método De Bishop Simplificado	57

VII DIAGNOSTICO DE PELIGROS	
7.1 Evaluación del peligro	63
7.1.1 Susceptibilidad al deslizamiento.	63
7.1.2.1 Muy alta susceptibilidad	63
7.1.2.2 Mediana Susceptibilidad	64
7.1.2.3 Baja Susceptibilidad	64
XIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
8.1 Conclusiones	67
8.2 Recomendaciones	69
X ANEXOS	

Lista de Figuras

Figura N° 1 Procedimiento General a Seguir en el deslizamiento de Kananchimpa.	12
Figura N° 2 mapa de ubicación	14
Figura N° 3 mapa de geomorfología regional	16
Figura N° 4 unidades geomorfológicas	17
Figura N° 5 Mapa de geomorfología local	18
Figura N° 6 Mapa de Geología local	21
Figura N° 7 Imagen de satélite del deslizamiento de Ccanacchimpa	23
Figura N° 8 Temperatura media de las estaciones Anta y Perayoc (1990-2007)	25
Figura N°9 Temperatura media anual de las estaciones de Anta y Perayoc	25
Figura N° 10. Comportamiento regional de las estaciones meteorológicas utilizadas para el proyecto.	26
Figura N° 11 Ensayo de permeabilidad por carga variable.	33
Figura N° 12 Permeabilidad del punto N° 1	34
Figura N° 13 Permeabilidad del punto N° 2	35
Figura N° 14 Permeabilidad del punto N° 3	36
Figura N° 15 Aforo de manantes, método volumétrico	40
Figura N° 16 Deslizamiento de Ccanacchimpa	44
Figura N° 17 Grietas de Deslizamiento de Ccanacchimpa	45
Figura N° 18 Grietas tensionales en la segunda grieta del deslizamiento.	45
Figura N° 19 Caída de rocas	47
Figura N° 20 Estabilidad de taludes en suelo	52
Figura N° 21 Grados de estabilidad de taludes en suelos	53
Grafica N° 22 Carta de plasticidad SUCS.	55
Grafica N° 23 Perfil del Talud de deslizamiento	59
Figura N° 24 Viviendas en la parte baja del deslizamiento	63

Lista de cuadros

Cuadro N° 1 Estaciones pluviométricas aledañas a la zona	24
Cuadro N° 2 Temperatura media, máxima, mínima	24
Cuadro N° 3 Temperatura media	24
Cuadro N° 4. Ecuación de regresión polinómica	27
Cuadro N° 5 Registro regionalizado de precipitación	28
Cuadro N° 6 Distribución ponderada de intensidades máximas anuales	30
Cuadro N° 7. Riesgo de excedencias % para periodos de retorno	31
Cuadro N° 8 Tiempo de concentración para el cuerpo de deslizamiento.	32
Cuadro N° 9 Determinación de intensidades máximas de probabilidad	32
Cuadro N° 10. Generación de caudales extremos por el método de Mac Math	33
Cuadro N°. 11 Planilla de prueba de permeabilidad.	34
Cuadro N°. 12 Planilla de prueba de permeabilidad.	35
Cuadro N°. 13 Planilla de prueba de permeabilidad.	36
Cuadro N° 14 Capacidad de infiltración de los suelos del deslizamiento de Quellocanto – Unutuma	37
Cuadro N° 15 Cálculo de porosidad efectiva para la Formación Maras	39
Cuadro N° 16 Clasificación de Permeabilidad	40
Cuadro N° 17. Inventario de manantes	41
Cuadro N° 18. Clasificación de suelos	41
Cuadro N° 19. Velocidad de movimiento	46
Cuadro N° 20 catalogo sísmico de los últimos 10 años (fuente igp)	49
Cuadro N° 21 Descripción estatigráfica	54
Cuadro N° 22 Ensayo de laboratorio	55
Cuadro N° 23 Ubicación del punto	60
Cuadro N° 24 Ubicación del punto	60
Cuadro N° 25 Elementos del perfil del deslizamiento	60
Cuadro N° 26 Datos del Terreno	61
Cuadro N° 26 Datos del Terreno	61
Cuadro N° 27 Clasificación de peligros	64



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



Cap1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos son uno de los procesos Geológicos más destructivos que afectan a las construcciones y seres humanos, causando muertes y daños en las propiedades, especialmente en las partes bajas del deslizamiento, en donde hay presencia de viviendas; sin embargo muy pocas autoridades son conscientes de su importancia. Estos fenómenos geomorfológicos se pueden evitar si el problema se identifica y se caracteriza con anterioridad y se toman medidas de prevención de control.

La comunidad de Kcanacchimpa es muy susceptible a sufrir problemas de deslizamientos debido a que generalmente se reúnen en el sector, cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia, tales como la existencia de una topografía moderada a alta, mala litología en donde aflora limos y arcillas de la formación Maras, alto grado de meteorización, lluvias intensas e incluso la actividad sísmica de la falla de Zurite y otras fallas geológicas del área de estudio. Previamente a la profundización en el estudio del deslizamiento se trata de establecer una serie de pautas en lo referente a la nomenclatura de los elementos morfológicos, estado y distribución de la actividad.

Estadísticamente, los fenómenos que muestran el mayor grado de recurrencia en la región son los movimientos en masa, y actividad sísmica, su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, en los últimos años no se han tomado medidas de mitigación y reducción de los daños que causan. El desarrollo del presente trabajo cumplirá con las normas del Grupo de estándares para movimientos en masa y lograr el desarrollo de “escenarios de riesgo y zonificación de áreas críticas” (comunidades y/o municipios) que permitan orientar a los actores claves, sociedad civil e instituciones gubernamentales planes de contingencias que permitan mitigar los posibles daños sociales, económicos y ambientales de los territorios que puedan ser afectados.

Las manifestaciones pluviales más recientes ya vienen causando algunos problemas en cuanto a estabilidad de laderas se refiere, deslizamientos preexistentes en la comunidad de Kcanacchimpa y están sufriendo reactivaciones importantes provocando el temor de las personas ante el peligro constante en el que se encuentran, se le denominara en este trabajo el deslizamiento Kcanacchimpa al deslizamiento antiguo en el cual se emplaza la comunidad del mismo nombre.

El deslizamiento de Kcanacchimpa, actualmente se encuentra en estado activo debido a los deslizamientos registrados en épocas de lluvias y las grietas registradas en su cabecera, los eventos meteorológicos, así como los fenómenos antrópicos, la construcción de un reservorio en la parte baja del deslizamiento desestabilizó el talud y la no canalización de aguas desde la cima del deslizamiento a las partes bajas provocaron un aumento en la saturación del material de la ladera.

El presente trabajo tiene como fin, determinar su origen, clasificación o tipo de evento geológico, además, busca determinar el grado de peligrosidad a la cual está sometido la comunidad de Kcanacchimpa, por último se darán algunas recomendaciones para evitar futuros daños.

1.2 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El deslizamiento de Kcanacchimpa se halla en la comunidad del mismo nombre a 5 km al NE del distrito de Huarcocondo, provincia de Anta, departamento del Cusco. Se encuentra entre los 3400m y los 3800m.

Se tiene acceso a través de la carretera asfaltada Cusco-Anta-Huarcocondo, continuando por una trocha carrozable. Otras alternativas son las carreteras Pachar-Huarcocondo y Zurite-Huarcocondo ambos accesos por carreteras afirmadas. Además existen caminos de herradura desde el mismo distrito de Huarcocondo y desde la localidad de Maras, al área de estudio.

1.3 OBJETIVO Y FINALIDAD DEL ESTUDIO

Evaluar las amenazas existentes y analizar la dinámica del deslizamiento de Huarcocondo desencadenados por lluvias intensas, sismos, actividad antrópica así como la vulnerabilidad de la población y sus medios de vida ante dichas amenazas.

En función de estos objetivos se plantean objetivos específicos que ayudan a definir la finalidad y las metas que se pretende alcanzar con el estudio.

1. Analizar geológica y geodinámicamente el deslizamiento de Huarcocondo llegando a considerar ensayos de geotecnia para determinar el tipo de suelo y su comportamiento dinámico, con lo cual se podrá determinar su comportamiento ante lluvias, actividad sísmica, y actividad antrópica estableciendo el nivel de amenaza que representa por sus dimensiones, las características y desplazamiento.
2. Llegar a determinar el factor de riesgo del deslizamiento en función de características del terreno y ensayos geotécnicos
3. Desarrollar una metodología estandarizada que posibilite el análisis y la zonificación de amenazas y riesgos por deslizamientos desencadenados por saturación del suelo por lluvias, haciendo uso de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, y análisis estratégicos territoriales que permitan establecer en forma cuantitativa y cualitativa los escenarios de riesgo y su respectiva zonificación.
4. Identificar áreas de afectación, es decir niveles del terreno que serían afectados por el deslizamiento.
5. Elaborar los mapas de amenazas a deslizamientos en la zona de estudio.
6. Formular medidas técnicas que se plasmen en fichas de proyectos que busquen monitorear y estabilizar el deslizamiento para controlarlo y mitigar su potencial y para reducir el riesgo de la población que está expuesta.
7. Elaborar el levantamiento topográfico del deslizamiento de Huarcocondo.

1.4 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Huarocondo se emplaza en el borde de la Pampa de Anta (3400 msnm), al límite de un relieve montañoso que sobrepasan los 4000 msnm. En este contexto, el clima de la zona de estudio presenta un clima muy variado durante todo el año; predominando las siguientes características climáticas:

- **Temperatura:** Clima templado a frío, en los meses de Octubre y Noviembre con temperaturas máximas de 22°C y mínimas de 4.5°C, y las más bajas se registran en los meses de Mayo y Junio con máximas de 17°C y mínimas de 1.9°C.
-
- **Asoleamiento:** La incidencia de rayos es directa, no existiendo volúmenes circundantes que la bloqueen. Las mayores horas de sol se dan durante los meses de Julio y Agosto, con 8 horas de sol promedio por día, determinándose un porcentaje máximo de insolación del 70%.
- **Precipitación Pluvial:** Las lluvias empiezan a partir del mes de Octubre, intensificándose en los meses subsiguientes hasta el mes de Marzo alcanzando un promedio anual de 776mm.
- **Humedad Relativa:** La máxima humedad relativa promedio que se ha registrado es de 76% a 77% que corresponde a los meses de Diciembre a Abril, y la mínima en los meses de Julio y Agosto con un promedio de 62% a 63%.
- **Vientos:** Los vientos predominantes de mayor incidencia corren en dirección Este y los de menor incidencia corren en dirección Noreste y Sureste, habiéndose determinado como meses de mayor intensidad los de julio y agosto con velocidades máximas de 16 Km/h y como meses menos ventados Diciembre y Enero con velocidades máximas de 11 Km/h.

1.5 METODO DE TRABAJO

De acuerdo a la naturaleza del trabajo, primeramente se realizara la recolección de datos, y el tipo de Investigación será exploratorio, descriptivo, y explicativa.

Se desarrollara el estudio básico de toda la revisión y análisis de información temática existente del deslizamiento, como los diferentes mapas temáticos, publicaciones geológicas, artículos, etc.

Informe de Testigos presenciales en el cual se desarrollara una encuesta sistemática a personas del lugar y poder confeccionar la historia del deslizamiento.

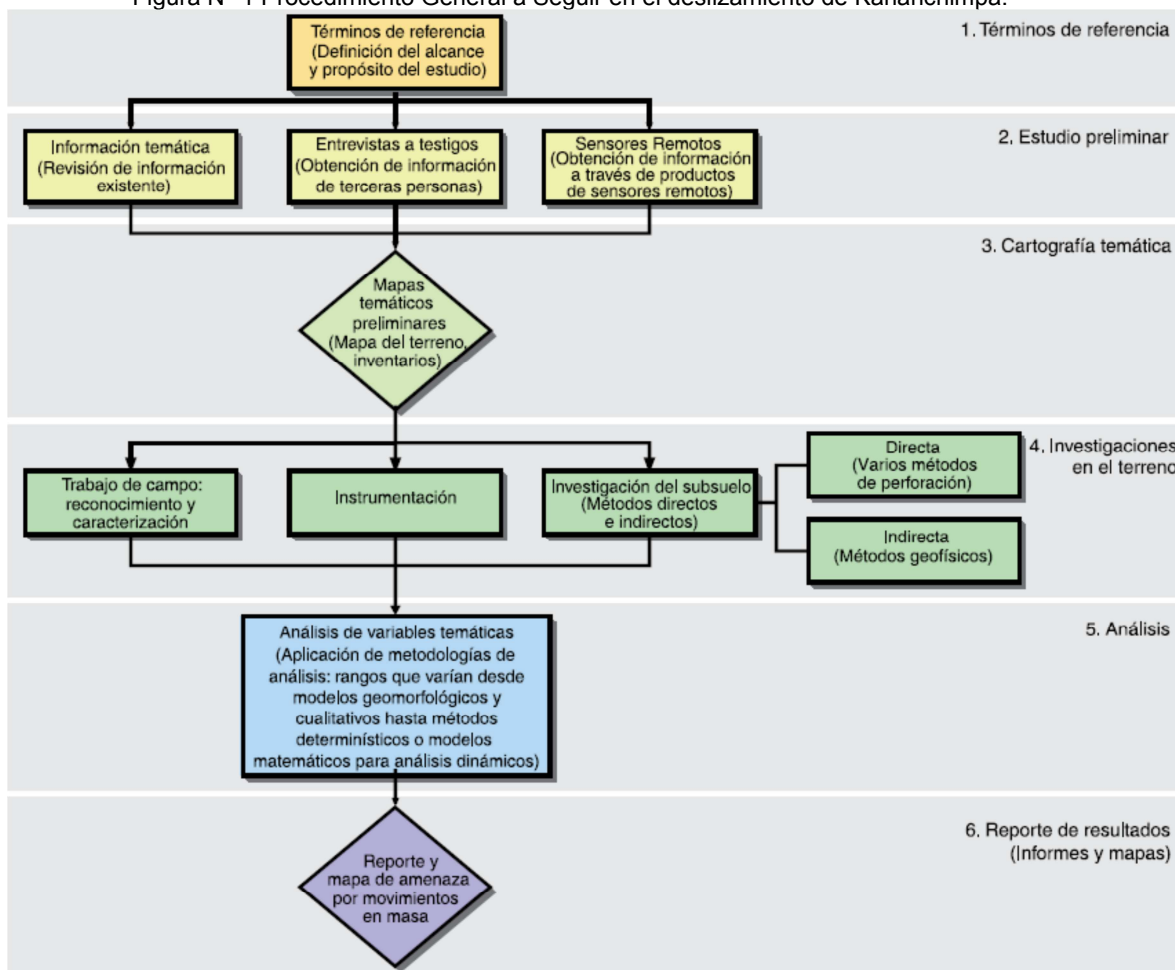
Análisis de sensores remotos, contamos con una imagen satelital Landsat de 8 bandas, el cual nos dará una idea de la geología regional y local y algunas características del deslizamiento.

Análisis del terreno y Cartografía al detalle de la zona, características y geoformas en el área; en el Levantamiento geológico se registrara las características físico-mecánicas, tipos de suelos y rocas, Estratigrafía, Grado de Meteorización y elementos estructurales.

Investigación del subsuelo, Hidrogeología del lugar para determinar el nivel freático.

Evaluación sísmica local ya que en la zona hay un sistema de fallas geológicas activas.

Figura N° 1 Procedimiento General a Seguir en el deslizamiento de Kananchimpa.



GABINETE 1

- Durante la primera etapa de realizara la búsqueda de cartas nacionales a escala 1:50,000 y 1: 25,000, 1:5000 imágenes satelitales, a fin de poder realizar la Geomorfología y el reconocimiento geológico, en el cual ha de plasmarse todos los datos iniciales.
- Recopilación y selección de los antecedentes bibliográficos existentes de la zona de estudio.

LABORES DE CAMPO.

- Comprende salidas al campo con el fin de registrar en los planos de sucesos y/o detalles geológicos ocurridos en la zona de estudio como:
- La cartografía geológica y topografía geológica y las mediciones de los fenómenos geológicos.

El mapeo Hidrogeológico y Estructural realizando el reconocimiento y estudio de las diversas estructuras y problemas estructurales que estén relacionados con las rocas, las mismas que sufren esfuerzos direccionales y presión litostática.

El mapeo Geodinámico y la caracterización del fenómeno a estudiar de acuerdo a las características geométricas, litológicas, condiciones de saturación hídrica de suelos y factores determinantes para su ocurrencia.

Se realizara el análisis geomecánicas de suelos, identificación, descripción, y la clasificación de los suelos, así como la obtención de los parámetros de cálculo, de acuerdo a los sistemas y normas internacionales.

GABINETE 2

En esta etapa se realiza la interpretación de los trabajos de campo y análisis de la información obtenida en campo registrándose en planos, mapas gráficos, perfiles, secciones, y resultados del laboratorio y por último la interpretación de los trabajos de campo y una evaluación de las alternativas realizadas para finalmente, establecer los escenarios de riesgos a desastres en las zona de estudio.

MATERIALES DE TRABAJO

- Mapas a diferentes escalas: 1/50 000, 1/10 000, 1:5,000 e imagen Satelital Landsat
- Estación Total
- Piezómetro
- Inclímetro
- Brújula
- Lupa (por 10, por 20 aumentos)
- Receptor de GPS.
- Acido clorhídrico
- Sleeping, carpas
- Picota.
- Bolsa para recolección de muestras
- Movilidad.

1.6 ANTECEDENTES

El desarrollo de la presente consultoría se realiza para PREDES y en el cual se cumplen los términos de referencia propuestos, y lograr el desarrollo de “escenarios de riesgo y zonificación de áreas críticas” que permitan orientar a los actores claves, sociedad civil e instituciones

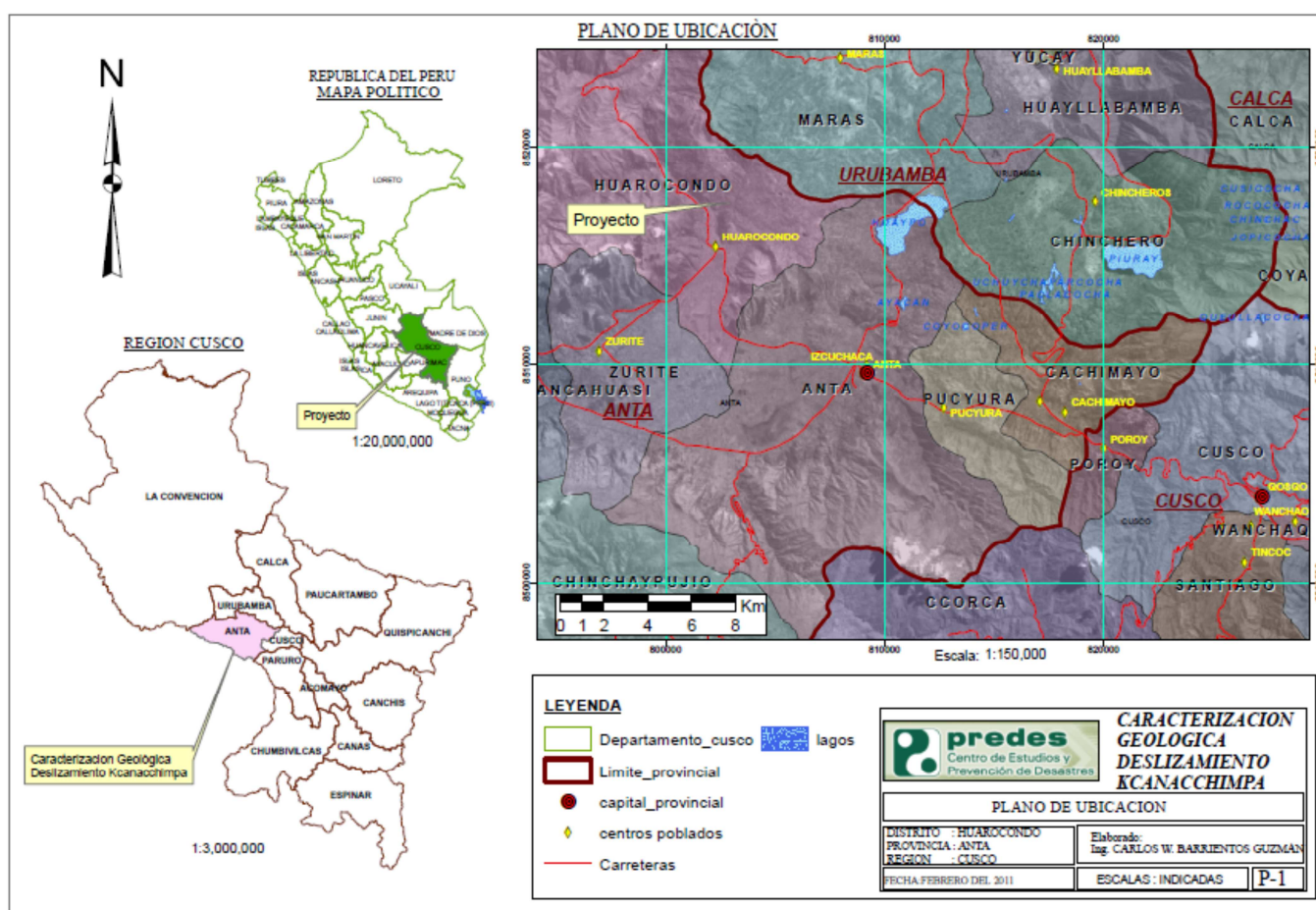


Ministerio de Cooperación Internacional de Alemania (BMZ)



Existen estudios preliminares de Evaluación Geodinámica externa realizados de la zona. Sin embargo es necesario mencionar que en alrededores de la zona de estudio han ocurrido diversos eventos de Movimientos en Masa que han provocado flujos de detritos en la Qda. Huarcoondo, lo cual evidenciaría la peligrosidad de las laderas de esta unidad geomorfológica.

Figura N° 2 mapa de ubicación



Cap2

GEOMORFOLOGIA y GEOLOGIA

La característica en la evolución morfológica del territorio peruano se manifiestan por:

- a.- Un relieve inmaduro desarrollado entre el mar, la región cordillerana y la región Sur-Andina oriental y características climáticas particulares a cada región.
- b.- La ubicación geográfica del territorio peruano en la zona de convergencia de las placas de Nazca y Sudamérica, causantes de la actividad sísmica y volcánica.

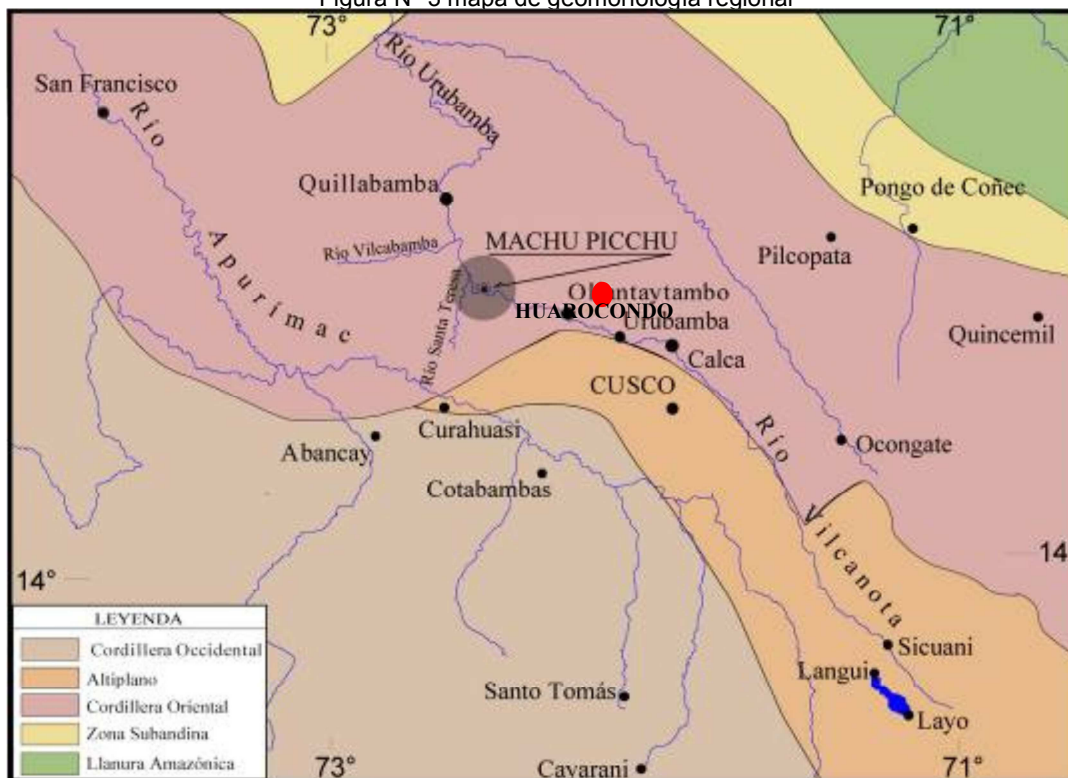
Para el caso que nos ocupa y como es de verse en la interpretación de los planos regionales, la zona de altas cumbres el tipo de roca, los sistemas estructurales, aunado a la presencia de agua superficial y sub superficial, juegan un papel importante y determinan el modelado del relieve de la zona de estudio.

2.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

Desde el punto de vista regional Huarcoondo y la zona del deslizamiento Ccanacchimpa se localizan al límite del Altiplano y la Cordillera Oriental. La Cordillera Oriental se halla al norte y es una zona morfo estructural fuertemente individualizada con relieves que llegan hasta los 5000 msnm.

La unidad esta bordeada por el sistema de fallas E-O a NE-SO de Huarcoondo que los separa del Altiplano, esta última caracterizada por la Pampa de Anta.

Figura N° 3 mapa de geomorfología regional



2.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

2.2.1 La Pampa de Anta

Es una amplia planicie alargada de aproximada 30 km x 10 km situada entre los 3300 y 3400 msnm. El material de relleno es principalmente lacustre y la planicie es el resultado de la existencia de una antigua laguna desarrollada en el Pleistoceno medio al Holoceno, es decir entre 3 millones de años y 10,000 años (Cabrera, 1988). Sin embargo, hasta la actualidad y más Recientemente hasta los años 70, esta planicie mostraba restos de la laguna y se comportaba como un gran humedal que fue progresivamente secado para utilizar los terrenos en la agricultura.

2.2.2 Laderas

Corresponde a la Ladera entre la Pampa de Anta (3400 msnm) y las Montañas Norte que sobrepasan los 4000 msnm. Esta geoforma tiene pendientes que van desde el 15 hasta el 50%, es bastante escarpada (Fig. 4) ya que es el resultado de la actividad tectónica cuaternaria.

La pendiente y las rocas altamente fracturadas favorecen a la formación de cárcavas y deslizamientos, y un ejemplo es el deslizamiento de Ccanacchimpa que es motivo del presente estudio.

2.2.3 Las Montañas Norte

Se encuentran al norte de la Pampa de Anta. Es una zona prominente que domina el paisaje. Tiene elevaciones que alcanzan los 4800 msnm, con relieves abruptos donde la pendiente varía entre 40 y más de 50%. Domina la presencia de rocas sedimentarias de la Fm. Maras conformadas por lutitas, evaporitas y lentes de calizas y los volcánicos Rumicolca muy alterados y fracturados.

Figura N° 4 unidades geomorfológicas

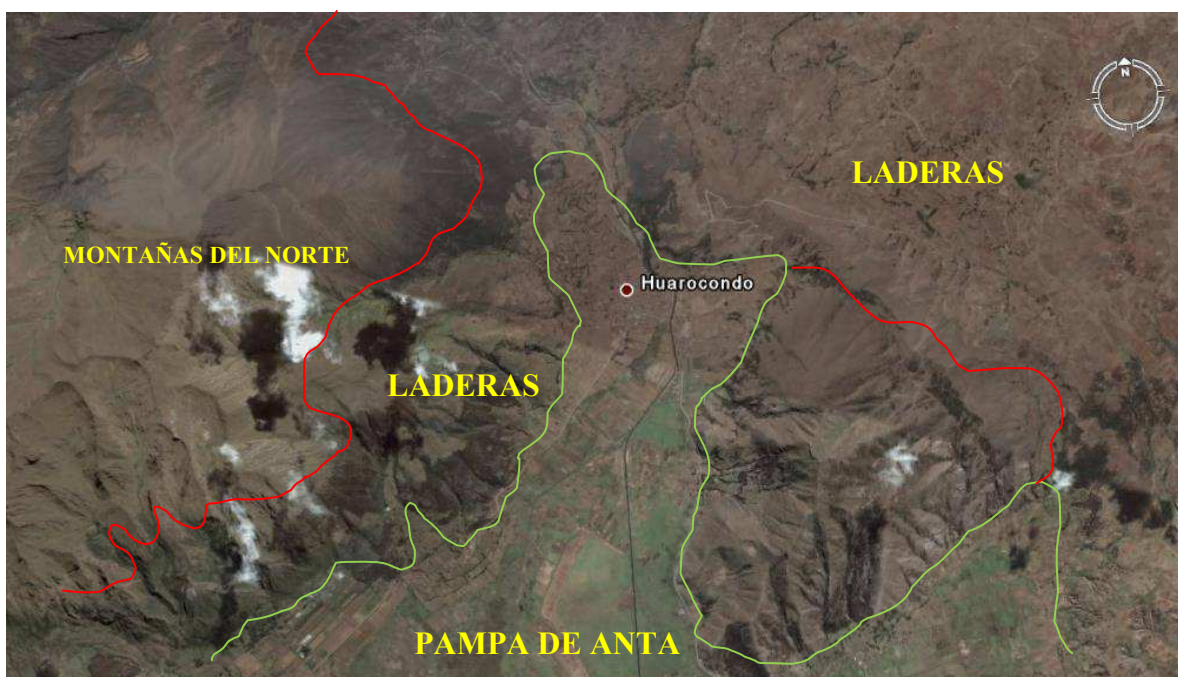
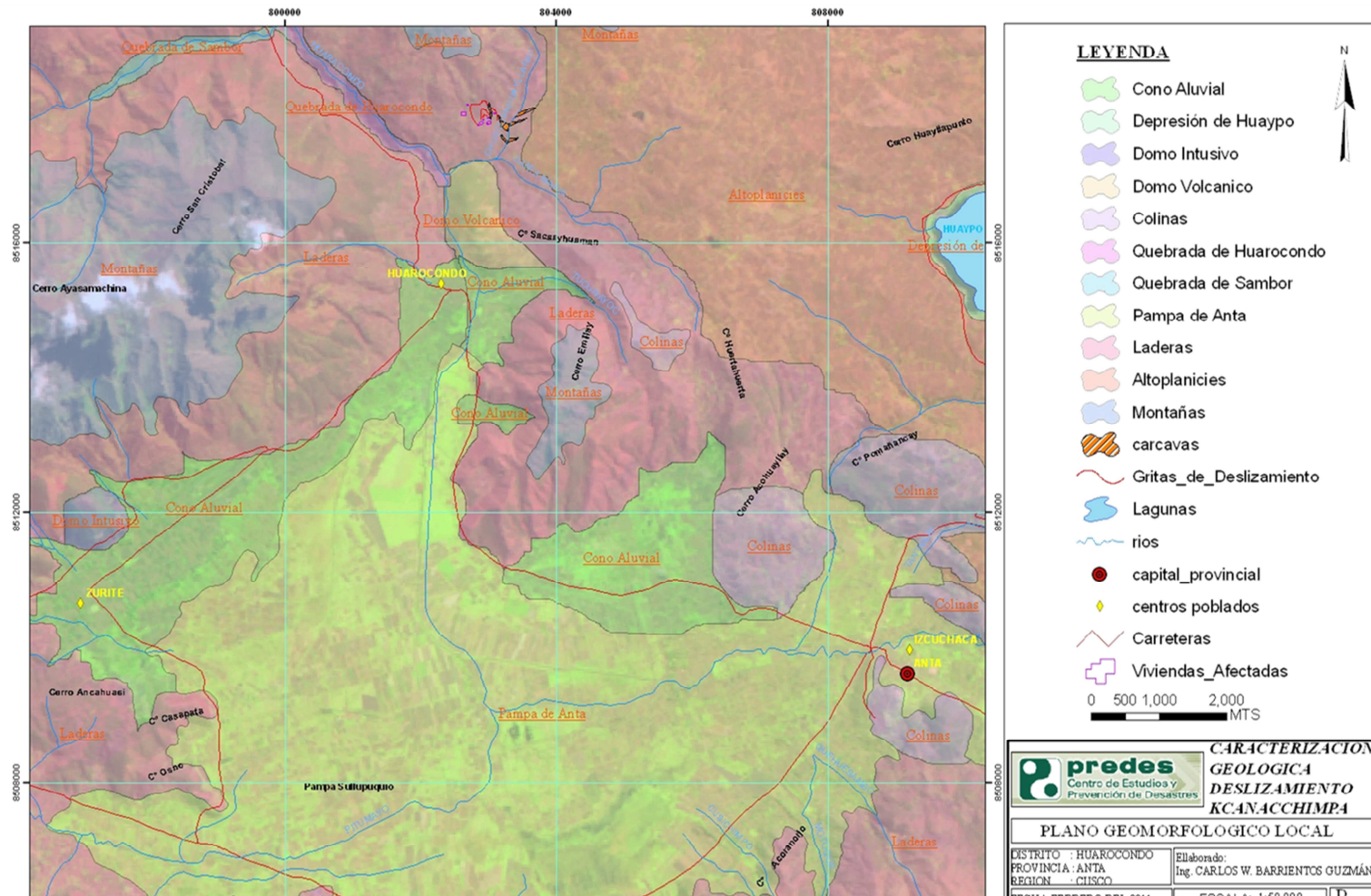




Figura N° 5 Mapa de geomorfología local



2.3 GEOLOGÍA LOCAL

Dentro de la delimitación de la microcuenca Kcanacchimpa, los afloramientos se encuentran desde el Grupo Yuncaypata hasta los depósitos Cuaternarios.

2.3.1 Grupo Yuncaypata

Consiste en Limolitas rojas, areniscas finas, yesos, calizas y sal, de origen marino. El grupo Yuncaypata presenta exposiciones en la parte NE (pampa de Piuray y Maras) SE y W de la zona de estudio.

La edad del Grupo Yuncaypata, está dado entre el Albiano inferior al Maestrichtiano, está dividida en cuatro formaciones: Formación Paucarbamba, Maras, Ayavacas y Puquín (Carlotto et al, 1996).

2.3.2 Formación Paucarbamba.

Está constituida por una alternancia de areniscas calcáreas, margas, lutitas amarillas, rojizas y verdes, formando secuencias grano-estrato crecientes depositados en una plataforma litoral, el espesor promedio es de 100 metros; esta formación geológica es competente.

2.3.3 Formación Maras (Kis-ma).

La Formación Maras, sobreyace concordantemente a la Formación Paucarbamba, cuyos afloramientos se presentan de manera caótica, es decir una mezcla de yesos, anhidritas, lutitas, limos, arcillas y escasamente calizas, producida por la deformación de los diapiros de yeso; cuyo grosor total de esta unidad se estima entre 100 a 200 m., esta formación geológica es incompetente y aflora en el área del deslizamiento.

Litológicamente es caótica, las lutitas serian de origen lacustre o marino poco profundo, los yesos de sabkha y las calizas transgresivos.

Aflora ampliamente en la pampa de Piuray-Maras, Huarcocondo y al noroeste de Zurite. La edad de la Formación Maras es asumida como Albiana media, en base a su posición estratigráfica y correlaciones y por infrayacer a las calizas Ayavacas del Albiano superior-Turoniano.

2.3.4 Formación Ayavacas:

Las calizas Yuncaypata (Kalafatovich, 1957) afloran también de manera caótica, no se las encuentra en una secuencia completa dentro del Grupo Yuncaypata.

La Formación Ayavacas, está compuesto por calizas generalmente dolomitizadas, además presenta facies margosas de color gris oscuras, facies mudstone bioturbadas o no, facies wackestone - packstone más o menos bioclásticas y menos frecuentemente facies grainstone con oolitos de bioclásticos o granos de cuarzo. Aflora en la pampa Piuray - Maras de manera aislada dentro de la Formación Maras.

La Edad de la Formación Ayavacas o Calizas Yuncaypata, está representado entre el Albiano superior -Turoniano, aflora en la margen derecha del deslizamiento.

El área de estudio se encuentra dentro del Cuadrángulo 27-r del INGEMMET teniendo las siguientes unidades geológicas:

2.3.5 Formación Vilquechico (Ks-vi)

Del Cretácico superior, aflora en la parte Sur Oeste del área de estudio y correlacionable con la formación Puquin y está compuesta por areniscas cuarzosas blancas en estratos gruesos a medianos intercalados con limo arcillas y lodolitas de coloración gris verdosa, pardo amarillento y gris violáceo bien laminadas, intercaladas con calizas y calcarenitas.

2.3.6 Formación Muñani (P-Mu).

Del Paleoceno, aflora en el Sur Este del área de estudio, correlacionable con las Areniscas cuarzo feldespática de la Formación Kayra, intercalada con limo arcillas rojizas verdes en estratos gruesos a medianos. Se desarrollo en un medio fluvial entrelazado y llanura de inundación.

2.3.7 Formación Chincheros (NQ-chi).

Del Plioceno, correlacionable con la formación Pumamarca se encuentra al Sur Oeste del área de estudio, está formada por secuencias fluvió torrenciales, por arenas, gravas en matriz arcillo arenosa.

2.3.8 Formación Rumicolca (Qpl-ru).

Del cuaternario Pleistoceno, aflora en la parte sur del área de estudio, en la margen derecha del río Huarocondo, es una cantera que se utiliza como materiales de construcción, es un conjunto de cuerpos volcánicos de dimensiones pequeñas compuestas por shoshonitas, andesitas volcánicas.

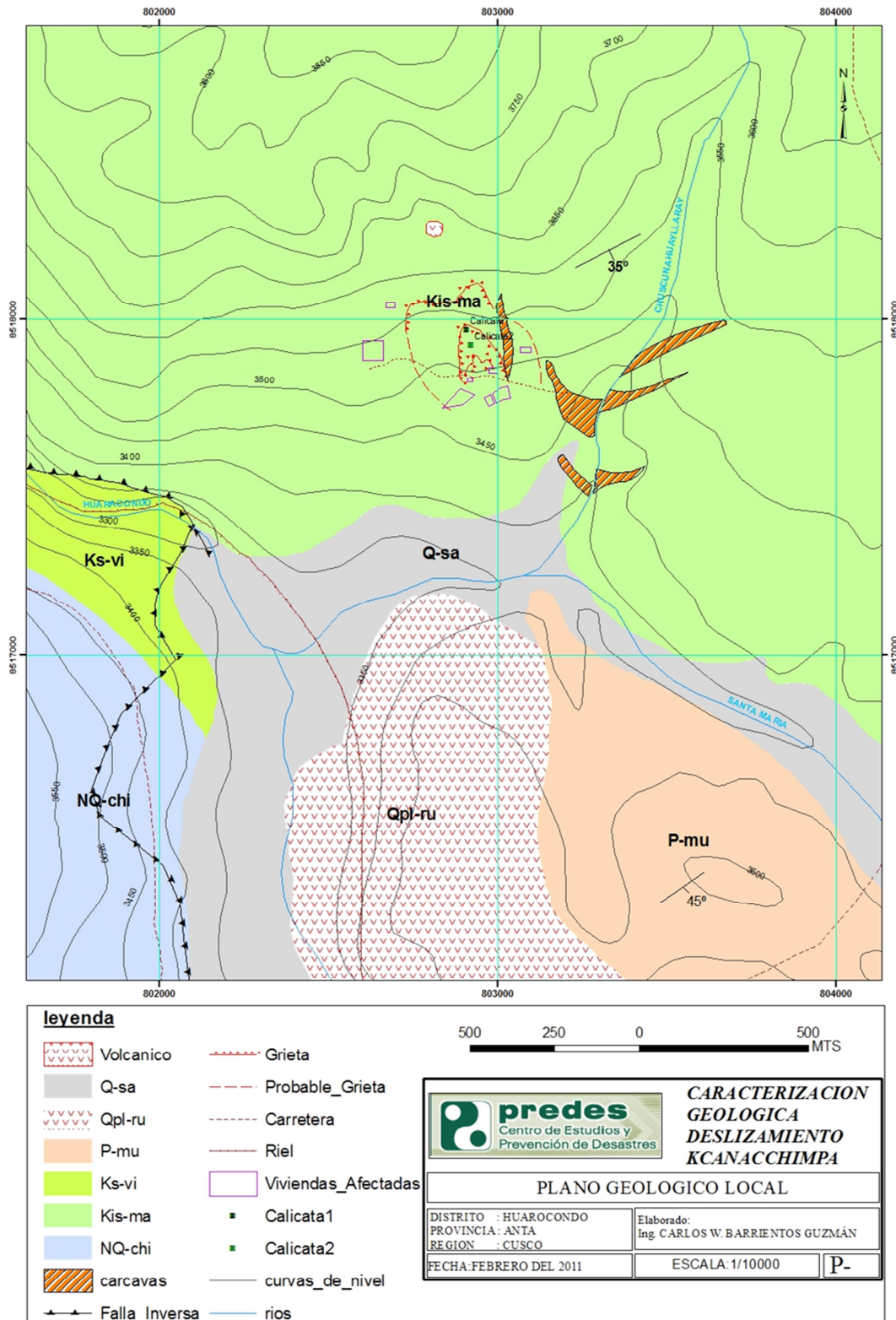
2.3.10 Formación San Sebastián (Qpl-sa).

Cuaternario, Pleistoceno, compuesta por depósitos de conos aluviales, con una predominancia de gravas, arenas gruesas, depósitos de canales trenzados y llanura de inundación en donde se destacan los lentes (canales) de gravas o arenas gruesas que recortan capas masivas de limolitas, arenas y arcillitas (llanura de inundación); depósitos Palustres – Lacustres, representados por las capas de diatomita y turba.

2.3.11 Material Coluvial.

Está compuesto por todos los suelos y materiales cuaternarios al pie de la pendiente.

Figura N° 6 Mapa de Geología local



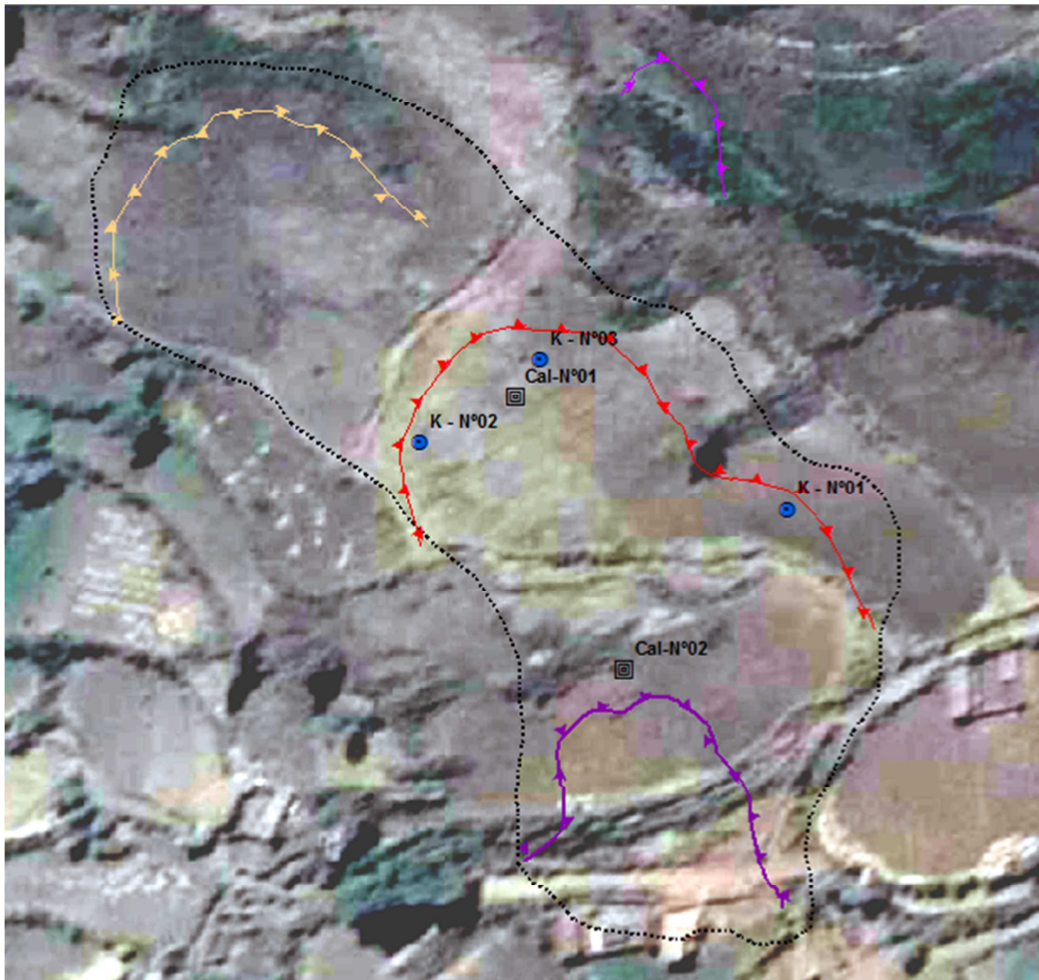


	<h1>Cap3</h1>	<h2>HIDROLOGIA</h2>
--	---------------	---------------------

3.1 HIDROLOGIA

En esta etapa del estudio se pretende analizar la pluviometría como elemento que altera o desencadena la estabilidad de las laderas.

Figura N° 7 Imagen de satélite del deslizamiento de Ccanacchimpa



3.1.1 Deslizamiento de Kcanacchimpa

En toda la red pluviométrica existen estaciones confiables en lo que se refiere a la fiabilidad de sus datos, denominadas estaciones base, que se utilizan para validar los datos obtenidos en otras estaciones de su entorno. Esta validación es la primera tarea a realizar con los datos obtenidos en un pluviómetro. Las redes pluviométricas más cercanas a la Comunidad de Kcanacchimpa son Zurite y Anta.

Cuadro N° 1 Estaciones pluviométricas aledañas a la zona

Estación	Departamento	Provincia	Distrito	Coord. Geográficas		Altitud
				Lat.	Long.	
Perayoc	Cusco	Cusco	Cusco	13° 13' S	71° 57' O	3365
				71° 57' O	13° 13' S	
Kayra	Cusco	Cusco	San Jerónimo	13° 25' S	71° 54' O	3219
				71° 54' O	13° 25' S	
Zurite	Cusco	Anta	Zurite	13° 27' S	72° 16' O	3391
				72° 16' O	13° 27' S	
Anta	Cusco	Anta	Anta	13° 28' 21" S	72° 09' 09" O	3340
				72° 09' 09" O	13° 28' 21" S	

3.1.2 Temperatura.

La variación de la temperatura dentro de la microcuenca, depende estrechamente de la altitud y morfología de la zona, además del cambio de estaciones del año y de la variación de las precipitaciones pluviales. Es un factor importante decisivo y determinante de las diversas etapas del ciclo hidrológico, para los parámetros en la determinación de la escorrentía, evapotranspiración, etc.

Cuadro N° 2 Temperatura media, máxima, mínima

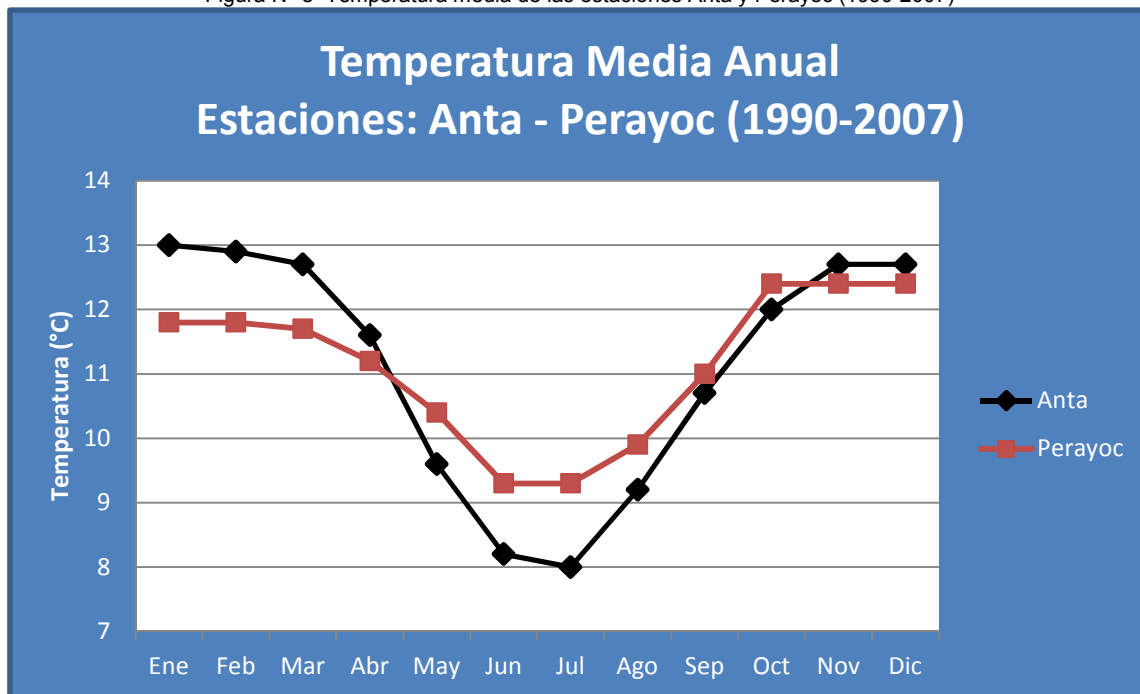
TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL: MEDIA MAXIMA Y MINIMA: ANTA (°C)													
	EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	AG	SE	OCT	NOV	DIC	PROMED.
Temp. Media	13.0	12.9	12.7	11.6	9.6	8.2	8.0	9.2	10.7	12.0	12.7	12.7	11.11
Temp. Máxim	20.5	20.3	20.5	20.4	21.1	20.9	20.9	21.0	21.0	21.0	21.3	20.3	20.77
Temp. Mini	5.4	5.4	4.9	2.7	-2.0	-4.5	-4.8	-2.7	0.4	3.1	4.1	4.9	1.42

Temperatura promedio anual de media, máxima y mínima de la estación de Anta
El promedio de la temperatura anual para las dos estaciones Anta y Perayoc es de 11.12 °C.

Cuadro N° 3 Temperatura media

Mes	Temperatura Media (°C)		
	Anta	Perayoc	Promedio
Ene.	13.0	11.8	12.40
Feb.	12.9	11.8	12.35
Mar.	12.7	11.7	12.20
Abr.	11.6	11.2	11.40
May.	9.6	10.4	10.00
Jun.	8.2	9.3	8.75
Jul.	8.0	9.3	8.65
Ago.	9.2	9.9	9.55
Sep.	10.7	11.0	10.85
Oct.	12.0	12.4	12.20
Nov.	12.7	12.4	12.60
Dic.	12.7	12.4	12.60
Total Prom.	11.11	11.13	11.12

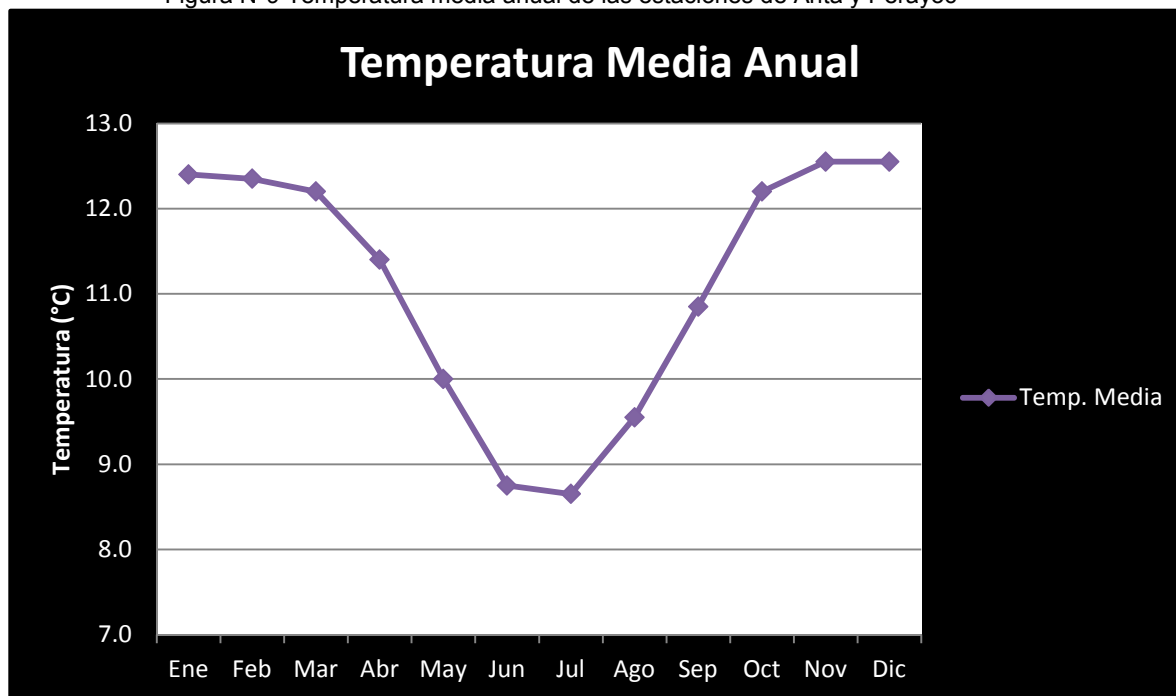
Figura N° 8 Temperatura media de las estaciones Anta y Perayoc (1990-2007)



Tendencia de las temperaturas medias anuales: Anta – Perayoc (UNSAAC).

Las característica térmica de la zona de estudio es semifrio, con heladas entre junio – julio, y una temperatura que sube entre octubre y marzo.

Figura N°9 Temperatura media anual de las estaciones de Anta y Perayoc



3.2 REGIONALIZACION DE PARAMETROS CLIMATICOS:

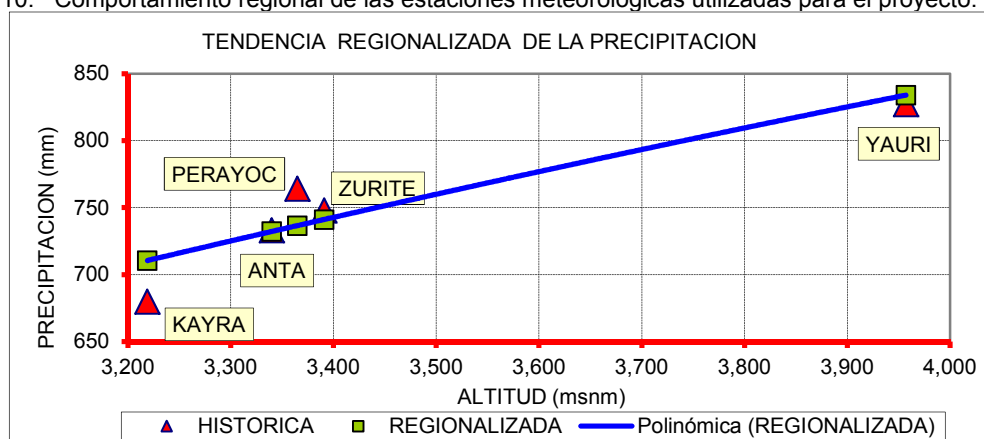
Sabiendo que la comunidad de Cccanacchimpa no cuenta con estación pluviométrica alguna, se ha optado por regionalizar parámetros climáticos como precipitación y Temperatura, por estar ligados estrechamente con los eventos geodinámicos y, en especial a los ocurridos en Enero y Febrero del 2010 .

Para lo cual se ha utilizado 5 estaciones meteorológicas que han pasado por un riguroso proceso de eliminación de inconsistencias y tendencias, así como su extendido y completado correspondiente, a niveles del 95 % de confianza.

3.2.1 Precipitación:

Las precipitaciones que se producen en la zona de estudio son de origen orográfico y se caracterizan por tener fuertes intensidades. La presencia de los fenómenos meteorológicos en la zona de estudio está dentro de las estaciones meteorológicas seleccionadas

Figura N° 10. Comportamiento regional de las estaciones meteorológicas utilizadas para el proyecto.





Cuadro N° 4. Ecuación de regresión polinómica

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD	PRECIPITACION	ECUACION DE REGRESION				PRECIPITACION
	MEDIA	MEDIA ANUAL	$P^2 = B_0 + B_1 * H$				MEDIA ANUAL CORREGIDA
	msnm	mm	X ²	Y ²	X*Y ²	Y ⁴	mm
K'AYRA	3,219.00	679.86	1.04E+07	4.62E+05	1.49E+09	2.14E+11	710.51
PERAYOC	3,365.00	764.31	1.13E+07	5.84E+05	1.97E+09	3.41E+11	736.60
ANTA	3,340.00	733.25	1.12E+07	5.38E+05	1.80E+09	2.89E+11	732.20
ZURITE	3,391.00	748.13	1.15E+07	5.60E+05	1.90E+09	3.13E+11	741.15
YAURI	3,957.00	827.49	1.57E+07	6.85E+05	2.71E+09	4.69E+11	834.05
SUMA	17,272.00	3,753.04	6.00E+07	2.83E+06	9.86E+09	1.63E+12	3,754.52
n	5	5	5	5	5	5	5
PROMEDIO	3,454.40	750.61	1.20E+07	5.66E+05	1.97E+09	3.25E+11	750.90
VALORES DE PARAMETROS DE REGRESION							
A =	1.73E+04	G =	3.33E+05	COEF. INDEPENDIENTE	Bo =		-3.27E+05
B =	3.75E+03	H =	8.61E+07	COEF. DEPENDIENTE	B1 =		2.59E+02
C =	6.00E+07	I =	2.60E+10	COEF. DE CORRELACION	r =		0.92
D =	2.83E+06	J =	2.59E+02	DISTRUBUCION DE LA PRECIP. MEDIA ANUAL			
E =	9.86E+09	K =	-3.27E+05	DESPLAZAMIENTO	ALTITUD (m)		PRECIPITACION (mm)
F =	1.63E+12			QUELLOCANTA - UNUTUMA	3,530.00		765.01

Con un coeficiente de correlación “r” = 0.92 es decir que las estaciones en estudio tienen un nivel de afinidad alta.

Siendo la ecuación de regionalización mensual de:

$$0.118 \times E_1 + 0.130 \times E_2 + 0.333 \times E_3 + 0.433 \times E_4 + 0.021 \times E_5$$

Como resultado se ha obtenido el registro mensual de precipitación para 40 años de observación (cuadro N°2). Donde la precipitación llega a 765.01 mm/año, concentrándose el 70.67% de ella en los meses de Diciembre – Marzo), el 23.57% en los meses de (Abril, Octubre y Noviembre) y solo el 5.77% cae esporádicamente en los meses de Mayo, junio, julio, agosto y septiembre.



Cuadro N° 5 Registro regionalizado de precipitación.

REGISTRO REGIONALIZADO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA														
DESPLAZAMIENTO QUELLOCANTA - UNUTUMA (mm)														
Estacion :		Latitud : 13° 23' 25.78" S			Departamento :		Cusco							
QUELLOCANTA- UNUTUMA		Longitud : 72° 12' 11.45" W			Provincia :		ANTA							
		Altitud : 3,530.00 msnm			Distrito :		Huarcocondo							
					Comunidad:		Ccanachimpa							
T.M.O.														
OBS V.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1968	131.42	142.56	116.07	28.83	5.60	2.09	37.86	7.63	27.00	49.57	142.41	97.51	788.55
2	1969	157.09	116.40	130.56	33.56	0.40	5.16	9.66	2.72	18.39	34.56	92.81	111.75	713.06
3	1970	167.71	114.68	90.87	85.69	2.26	1.40	6.47	1.38	43.54	57.95	63.04	194.85	829.82
4	1971	157.61	166.41	87.33	37.60	1.72	0.41	0.04	12.09	1.31	69.67	64.03	143.15	741.38
5	1972	189.06	77.59	129.85	36.33	2.69	0.00	10.47	24.85	23.82	23.73	63.29	131.29	712.98
6	1973	245.54	166.29	121.07	77.50	12.79	2.00	13.11	13.91	24.74	43.20	97.63	107.10	924.88
7	1974	162.44	201.06	131.12	49.14	5.85	14.88	2.15	43.78	11.32	44.42	61.09	96.53	823.78
8	1975	127.37	176.68	107.16	71.16	19.83	1.33	0.52	0.79	26.20	49.24	52.03	205.93	838.24
9	1976	158.80	120.45	152.88	52.89	12.90	9.19	9.19	5.07	36.18	13.36	50.02	85.88	706.80
10	1977	117.20	165.44	125.32	49.80	3.39	0.03	1.42	2.02	24.19	73.74	113.60	117.68	823.83
11	1978	216.26	79.44	115.16	44.59	13.46	0.64	0.55	0.00	16.39	18.30	120.09	115.69	740.57
12	1979	107.90	135.70	137.79	42.21	12.07	0.22	1.72	9.18	12.18	26.94	100.58	116.13	702.61
13	1980	126.94	133.73	132.31	31.50	4.11	0.35	4.31	0.91	11.25	69.71	82.66	102.63	700.40
14	1981	185.33	109.34	131.42	76.23	2.81	4.22	0.00	10.15	36.29	80.36	96.88	124.35	857.38
15	1982	221.62	119.84	138.90	51.92	0.99	5.79	3.60	11.76	23.29	49.99	119.29	107.31	854.30
16	1983	134.50	101.97	65.55	57.50	7.28	8.81	0.28	0.69	11.14	39.83	74.54	130.10	632.19
17	1984	190.61	135.88	103.62	68.58	2.65	5.38	0.67	13.47	12.63	82.54	80.66	118.87	815.56
18	1985	117.48	127.52	94.99	34.44	11.07	8.06	0.24	0.06	29.68	61.50	112.51	128.79	722.34
19	1986	124.59	133.68	114.99	48.46	9.76	0.73	2.41	5.02	9.14	34.96	76.46	99.14	659.35
20	1987	197.14	109.31	91.10	23.38	1.14	0.52	20.31	2.60	9.20	41.51	99.57	146.33	742.12
21	1988	188.45	136.65	181.53	79.30	4.01	0.07	0.02	0.06	11.16	32.18	61.82	119.06	814.30
22	1989	175.25	123.79	133.93	39.78	12.93	5.63	0.53	4.96	25.61	40.20	66.83	96.25	725.69
23	1990	164.74	104.41	74.35	42.95	5.91	32.48	0.02	10.39	17.59	85.56	90.85	96.77	726.05
24	1991	113.03	158.04	123.67	45.25	6.96	10.13	0.21	1.50	15.44	47.56	95.63	110.64	728.06
25	1992	144.27	135.10	83.48	30.23	0.46	18.23	0.02	27.33	12.27	53.57	97.59	97.57	700.11
26	1993	150.91	163.79	94.37	34.20	2.39	0.92	1.00	9.38	24.37	67.84	106.91	204.16	860.23
27	1994	215.60	173.89	166.89	42.68	14.26	0.07	0.02	0.11	22.53	44.53	76.98	132.19	889.74
28	1995	147.65	92.26	134.51	28.75	0.67	1.37	0.64	0.15	26.60	28.55	72.73	156.96	690.84
29	1996	189.83	151.89	89.65	33.37	8.74	0.19	0.06	7.57	17.46	46.99	66.66	140.84	753.26
30	1997	144.16	123.09	124.22	39.59	5.23	0.07	0.02	9.97	13.18	49.09	136.07	146.28	790.99
31	1998	151.15	148.20	88.38	37.89	2.11	1.95	0.00	1.55	10.41	54.28	74.63	97.73	668.27
32	1999	141.18	126.94	114.34	46.59	1.91	3.52	0.60	0.47	32.07	35.39	70.95	129.95	703.91
33	2000	175.38	139.64	122.73	30.20	3.07	6.07	1.88	4.52	14.98	50.13	66.45	115.39	730.45
34	2001	217.43	135.47	153.19	36.94	10.70	0.54	29.57	14.74	17.84	55.87	79.08	138.99	890.37
35	2002	141.79	166.12	122.04	41.98	17.05	5.03	52.76	3.77	23.19	64.62	86.27	123.42	848.05
36	2003	155.23	139.43	137.79	41.16	3.00	6.09	0.00	27.52	11.63	45.12	52.39	129.70	749.07
37	2004	180.35	137.82	83.25	38.20	2.10	20.16	28.88	10.41	24.31	39.82	70.00	108.08	743.38
38	2005	156.16	136.83	121.56	40.20	3.51	0.66	0.74	3.61	11.85	44.70	78.30	122.89	721.01
39	2006	179.18	142.92	130.27	43.73	1.40	5.10	0.00	12.75	13.60	60.10	82.01	139.31	810.36
40	2007	156.28	114.59	117.15	67.60	5.84	0.52	4.11	0.45	10.34	48.94	83.92	116.35	726.11
N° Datos		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Media		163.02	134.62	117.88	46.05	6.13	4.75	6.15	7.98	19.11	49.00	85.23	125.09	765.01
Desv. Estandar		33.01	26.33	25.01	15.54	5.09	6.68	11.76	9.32	8.95	16.81	23.77	27.71	70.88
Coef. Variacion		20.25	19.55	21.22	33.74	83.12	140.61	191.24	116.75	46.86	34.30	27.89	22.15	9.27
Prec. Max.		245.54	201.06	181.53	85.69	19.83	32.48	52.76	43.78	43.54	85.56	143.60	205.93	924.88
Prec. Min.		107.90	77.59	65.55	23.38	0.40	0.00	0.00	0.00	1.31	13.36	50.02	85.88	632.19
PP 75% Persist.		140.73	116.85	101.00	35.56	2.69	0.24	0.00	1.69	13.06	37.66	69.19	106.39	625.07

3.3 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS DEL CUERPO DE DESLIZAMIENTO:

- **Área.** Es de 110,045.173 m²
- **Perímetro.** Es de 1,270.584 m
- **Pendiente:**
 Es un parámetro muy importante en el estudio de una vertiente (ladera), ya que tiene relación con la infiltración, la escorrentía superficial, humedad del suelo, y contribución del agua subterránea a la escorrentía. Es uno de los factores al igual que la cobertura vegetal que controlan el tiempo de escurrimiento y de concentración.
 Para el presente caso se ha utilizado el criterio de rebanadas, o de intervalo móvil de Miller (1948). Automatizado en SIG, siendo la relación:
 Pendiente % = (Cota superior – Cota inferior)/ (Desnivel entre cotas)
 Siendo la pendiente media del eje principal de 30.71 %.
- **Longitud de eje principal:**
 Llega a 354.307 m
- **Rugosidad del cuerpo de deslizamiento:**
 Depende del uso y tipo de superficie que aparece, para el caso se ha optado un valor de $n = 0.20$ Poca hierba, cultivos cosechados, desnudos moderadamente rugosos

3.4 INTENSIDADES DE PRECIPITACIONES:

La intensidad de una precipitación expresa la cantidad de agua caída en una unidad de tiempo, siendo más importante determinar la intensidad máxima, esto es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo en una determinada tormenta extraordinaria. Se expresa de la siguiente forma:

$$I_m = \frac{P}{T}$$

Donde:

I_m = Intensidad máxima (mm/hr)

P = Precipitación en altura de agua (mm)

T = Tiempo en horas.

Para lo cual se ha optado utilizar el registro de horario de precipitaciones de la estación de Perayoc, desde el año 1965 – 2002. Ya procesado cuyo cuadro resumen se aprecia en el siguiente cuadro:



Cuadro N° 6 Distribución ponderada de intensidades máximas anuales.

ESTACION BASE											PERAYOC
ALTURA DE LA ESTACION BASE											3365
Distrito :											Cusco
AÑO	TIEMPO DE CONCENTRACION (min)										
	5	10	15	30	45	60	90	120	180	240	360
1965	33.60	33.60	23.80	14.00	9.81	7.91	7.82	7.20	5.90	5.31	5.51
1966	10.32	10.32	10.32	9.16	7.23	5.83	4.93	4.96	4.50	4.39	3.81
1967	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	8.50	6.60	4.95	3.30
1968	8.40	8.40	8.40	8.16	8.16	8.06	7.88	7.80	7.75	6.70	5.22
1969	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.53	7.05	6.70	6.33	6.18	4.37
1970	19.27	19.27	19.27	19.27	19.27	19.27	18.20	13.65	9.10	6.82	4.55
1971	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98	6.40	4.80	3.20
1972	14.77	14.77	14.77	14.77	14.77	14.77	11.10	8.72	6.17	4.63	3.08
1973	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.23	2.77	2.86	2.35	2.39	2.14
1974	25.50	25.50	25.50	25.50	22.67	17.00	11.33	8.50	5.67	4.25	2.83
1975	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54
1976	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.66	5.50	5.33	5.24	5.14
1977	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68	14.88	14.68	14.68	14.68	14.68
1978	10.90	10.90	10.90	10.90	10.90	10.90	10.90	10.90	10.90	8.18	5.45
1979	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	10.57	7.93	5.28
1980	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91
1981	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29
1982	25.58	25.58	25.58	25.58	25.58	25.58	22.80	17.25	11.87	9.43	6.62
1983	11.33	11.33	11.33	11.33	11.33	11.33	11.33	11.33	9.94	7.48	5.00
1984	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80	8.71	6.62	5.58	4.18
1985	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	6.57	4.92	3.28
1986	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	5.50	4.12	2.75
1987	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	8.43	5.89	4.17
1988	5.67	5.67	5.67	5.67	5.87	5.67	5.67	5.67	5.67	5.47	4.76
1989	25.07	25.07	25.07	25.07	25.07	20.86	16.16	13.06	10.80	8.66	6.40
1990	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	10.95	9.22	7.78	5.47	4.93	5.32
1991	21.45	21.45	21.45	21.45	19.28	14.93	10.58	9.15	6.97	5.70	5.53
1992	11.50	11.50	11.50	10.04	8.09	7.12	6.15	5.66	5.17	4.93	4.20
1993	7.48	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	5.18
1994	14.67	14.67	14.67	14.67	14.67	14.67	14.67	12.67	9.37	7.31	4.90
1995	25.50	25.50	25.50	23.80	21.53	20.40	14.61	12.02	9.23	8.15	6.00
1996	9.69	9.69	9.69	9.69	9.69	9.69	9.69	9.69	7.23	5.42	3.62
1997	21.50	21.50	17.37	9.12	6.36	5.34	5.04	4.88	4.62	4.16	3.46
1998	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84
1999	15.80	15.80	15.80	15.80	15.80	15.80	14.04	10.53	7.02	5.27	3.51
2000	32.00	32.00	32.00	32.00	22.07	17.10	12.40	10.85	10.02	8.39	5.59
2001	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	3.79	3.37	2.68
2002	37.30	37.30	37.30	37.30	34.81	26.11	17.41	13.05	8.70	6.53	4.35
PROMEDIO	13.59	13.59	13.22	12.62	11.83	10.86	9.59	8.53	7.06	5.93	4.62
N° DATOS	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
MÁX	37.30	37.30	37.30	37.30	34.81	26.11	22.80	17.25	14.68	14.68	14.68
MÍN	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.77	2.84	2.35	2.39	2.14
DESV. EST.	9.05	9.05	8.51	8.27	7.39	6.13	4.71	3.57	2.68	2.23	2.02
ASIMETRIA	1.05	1.05	1.05	1.27	1.20	0.87	0.72	0.42	0.65	1.67	3.41

3.5 ESTIMACIÓN DEL PERIODO DE RETORNO

La selección de un caudal de diseño que evacua el cuerpo del deslizamiento para el cual debe proyectarse un elemento de drenaje superficial y subsuperficial, así como asegure un posible diseño de muro de contención, está relacionado con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el periodo para el cual se diseña. El riesgo de excedencia de un caudal en un intervalo de años está relacionado con la frecuencia histórica de su aparición o con el periodo de retorno.

Para cuantificar este valor se tiene la formula empírica desarrollada por la British Standards Institute.

$$T = \frac{1}{(1 - P)}$$

Donde:

T = Periodo de retorno en años.

$$P = (1 - J)^{1/n}$$

J = Probabilidad de que el suceso ocurra en cualquier periodo de “n” años durante el periodo de retorno.

n = Vida útil de la estructura para obras de defensa y drenaje,

Cuadro N° 07. Riesgo de excedencias % para periodos de retorno

RIESGO DE EXCEDENCIA (%) DURANTE LA VIDA UTIL DE UNA ESTRUCTURA.					
Periodo de Retorno	Años de vida útil				
AÑOS	10	20	25	30	100
10	65.13	87.84	92.82	99.48	99.99
15	49.84	74.84	82.18	96.82	99.90
20	40.13	64.15	72.26	92.31	99.41
25	33.52	55.80	63.96	87.01	98.31
50	18.29	33.24	39.65	63.58	86.74
100	9.56	18.21	22.22	39.50	63.40
500	1.98	3.92	4.88	9.3	18.14
1000	1.00	1.98	2.47	4.88	9.52
10000	0.10	0.20	0.25	0.50	0.75

Fuente: British Standards Institute – 1991.

Por lo tanto para: 20 Años de vida útil.

Riesgo de excedencia para drenaje superficial J = 60%.

Para el presente caso se admitirá una vida útil de 62 años

3.6 ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Viene a ser la duración del recorrido de concentración de agua desde el punto hidráulicamente más distante del cuerpo de deslizamiento a la zona más baja. La determinación de este parámetro está en función a las características propias del relieve del deslizamiento en cuanto a pendiente, suelos, cobertura vegetal, etc.

Los métodos utilizados para la determinación del tiempo de concentración son los más usados para este cálculo y que a continuación se presenta:

Cuadro N° 08 Tiempo de concentración para el cuerpo de deslizamiento.

METODOLOGIA	TC		TIEMPO		TIEMPO
KERAY	Tc	8.0	MINUTOS	8.0	min
PASSINI	Tc	0.1	Hr	7.74	min
SYNTHETIC UNIT HIDROGRAPH	Tc	0.2	Hr	12.68	min
VENTURA - HERAS	Tc	0.4	Hr	26.34	min
KIRPICH	Tc	0.1	Hr	6.69	min
Tc , Promedio				12	min
				0.20	hras

3.7 DETERMINACIÓN DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PROBABILIDAD

El número de años de periodo de retorno está en función al tamaño del registro (numero de datos) como en nuestro caso solo contamos con registro de 30 años, para periodos mayores de 100 años se ha tenido que recurrir a análisis de frecuencias de valores extremos como de Gumbel, Normal, Pearson, Log. Normal de 2P y de Log. Pearson tipo III. Tal y como se observa en el cuadro resumen siguiente:

Interpolando para un $T = 62$ años se tiene $I = 39.26$ mm/hr.

Cuadro N° 09. Determinación de intensidades máximas de probabilidad.

DISTRIBUCION DE INTENSIDADES MAXIMAS PARA EL CUERPO DE DESLIZAMIENTO																
Ubicación	Hm (m)	Fr	Método	Tc (min)	PERÍODO DE RETORNO (años)											
					2	5	10	15	20	50	100	200	500	1000	5000	10000
Quellocanto - Unutama	3530	1.001	Distribución de GUMBEL	12	11.99	19.80	24.98	27.91	29.97	36.35	41.20	45.98	52.27	57.05	68.18	72.97
			Distribución NORMAL		13.45	20.90	24.78	26.74	28.01	31.63	33.99	36.21	38.88	40.74	44.72	46.32
			Distribución PEARSON		11.99	20.04	25.28	28.11	30.07	36.15	40.54	44.86	50.45	54.63	64.14	68.22
			Distribución LOG-NORMAL DE 2 P		10.93	19.18	25.82	29.95	32.97	43.46	52.25	61.74	75.73	87.34	118.23	133.36
			Distribución LOG-PEARSON TIPO III		10.97	19.28	25.62	29.53	32.35	41.92	49.75	58.07	69.94	79.57	104.36	116.15
PROMEDIO I (mm/h)					11.9	19.8	25.3	28.4	30.7	37.9	43.5	49.4	57.5	63.9	79.9	87.4

3.8 GENERACIÓN DE CAUDALES

La generación de caudales como parte de estudios de estabilidad de taludes, es la información o dato hidrológico final a obtener y, de acuerdo a los valores calculados se diseñara el tipo de estructura adecuada, que estabilizara eficientemente el deslizamiento. De acuerdo a características hidrodinámicas del deslizamiento, esta tiene una capacidad de infiltrar 26.24 mm/hr, que comparando con la precipitación máxima generada para la zona de 39.26 mm/hr, nos indica que existe un coeficiente de escurrimiento de: $C_e = 0.33$.

Cuadro N° 10. Generación de caudales extremos por el método de Mac Math

CAUDALES MAXIMOS (m³/s)												
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2	5	10	15	20	50	100	200	500	1000	5000	10000
Mac Math	0.12	0.20	0.26	0.29	0.31	0.39	0.45	0.51	0.59	0.65	0.82	0.90

Interpolando para 62 años de periodo de retorno se tiene un caudal de 0.40 m³/s que genera el cuerpo de deslizamiento.

3.9 HIDRODINAMICA DE LOS SUELOS.

El cuerpo del deslizamiento, litológicamente tiene como basamento suelos calcáreos de la formación Maras, sobre el cual se han desarrollado suelos Coluviales recientes por re movilización con texturas franco arcillo limosas, arcillo limosas y limo areno arcillosas, con presencia de fragmentos ígneos y areniscas heterométricas. Que ha generado permeabilidades diversas tal como se observa en los cuadros siguientes:

Figura N° 11 Ensayo de permeabilidad por carga variable.

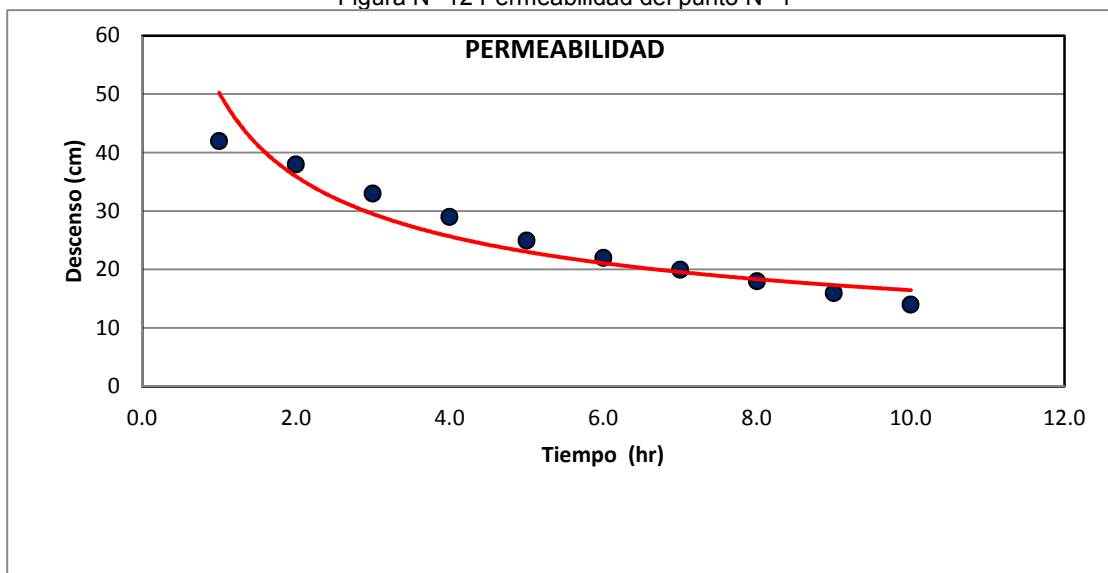




Cuadro N°. 11 Planilla de prueba de permeabilidad.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD N° 01								
UBICACION POLITICA				UBIC. GEOGRAFICA		CARACTERISTICAS		
Sector:		Quellocanto- Unutama		Este	Norte	Long. Tubo:	50.00 cm	
Comunidad:		Kcanacchimpa				Diámetro:	2.00 plg	
Distrito:		Huariocondo				Penetración en terreno:	20.00 cm	
Provincia:		Anta				Regimen:	Permanente	
Fecha:		10/02/2011						
Origen:								
Hora	Hora decimal	Descenso	H	DH	DT	Hm	K=r*DH/8*DT*Hm	
Horas	Minutos	(horas)	(cm)	(cm)	(cm)	(seg)	(cm)	(cm/seg)
0	00		0.00	50.00				
0	1.00	0.0167	8	42.00	8.00	60	46.00	9.20E-04
0	2.00	0.0333	12	38.00	4.00	60	40.00	5.29E-04
0	3.00	0.0500	17	33.00	5.00	60	35.50	7.45E-04
0	4.00	0.0667	21	29.00	4.00	60	14.50	1.46E-03
0	5.00	0.0833	25	25.00	4.00	60	27.00	7.84E-04
0	6.00	0.1000	28	22.00	3.00	60	23.50	6.76E-04
0	7.00	0.1167	30	20.00	2.00	60	21.00	5.04E-04
0	8.00	0.1333	32	18.00	2.00	60	19.00	5.57E-04
0	9.00	0.1500	34	16.00	2.00	60	17.00	6.23E-04
0	10.00	0.1667	36	14.00	2.00	60	15.00	7.06E-04
PROMEDIO							0.000750	

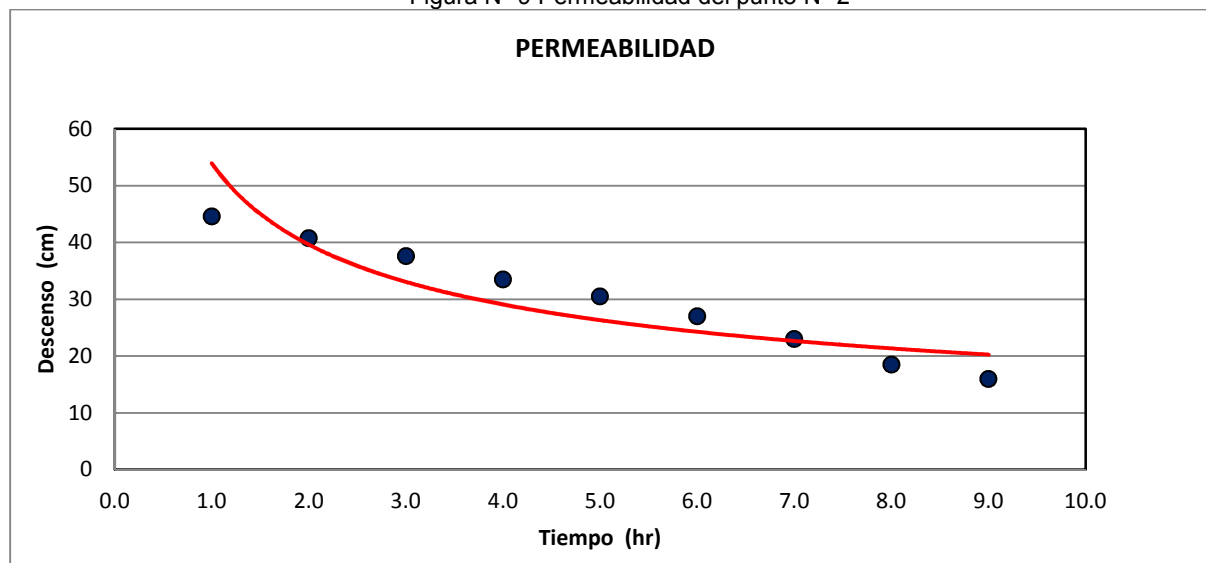
Figura N° 12 Permeabilidad del punto N° 1



Cuadro N°. 12 Planilla de prueba de permeabilidad.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD N° 02								
UBICACION POLITICA				UBIC. GEOGRAFICA			CARACTERISTICAS	
Sector:		Quellocanto- Unutuma		Este	Norte	Long. Tubo:	50.00 cm	
Comunidad:		Ccanacchimpa		802889	8517983	Diámetro:	2.00 plg	
Distrito:		Huarcocondo		Penetración en terreno:		20.00 cm		
Provincia:		Anta		Regimen:		Permanente		
Fecha:		10/02/2011						
Origen								
Hora	Hora decimal	Descenso	H	DH	DT	Hm	K=r*DH/8*DT*Hm	
Horas	Minutos	(horas)	(cm)	(cm)	(seg)	(cm)	(cm/seg)	
0	00		0.00	50.00				
0	1.00	0.0167	5.4	44.60	5.40	60	47.30	6.04E-04
0	2.00	0.0333	9.2	40.80	3.80	60	42.70	4.71E-04
0	3.00	0.0500	12.4	37.60	3.20	60	39.20	4.32E-04
0	4.00	0.0667	16.5	33.50	4.10	60	16.75	1.30E-03
0	5.00	0.0833	19.5	30.50	3.00	60	32.00	4.96E-04
0	6.00	0.1000	23	27.00	3.50	60	28.75	6.44E-04
0	7.00	0.1167	27	23.00	4.00	60	25.00	8.47E-04
0	8.00	0.1333	31.5	18.50	4.50	60	20.75	1.15E-03
0	9.00	0.1500	34	16.00	2.50	60	17.25	7.67E-04
PROMEDIO							0.0007449	

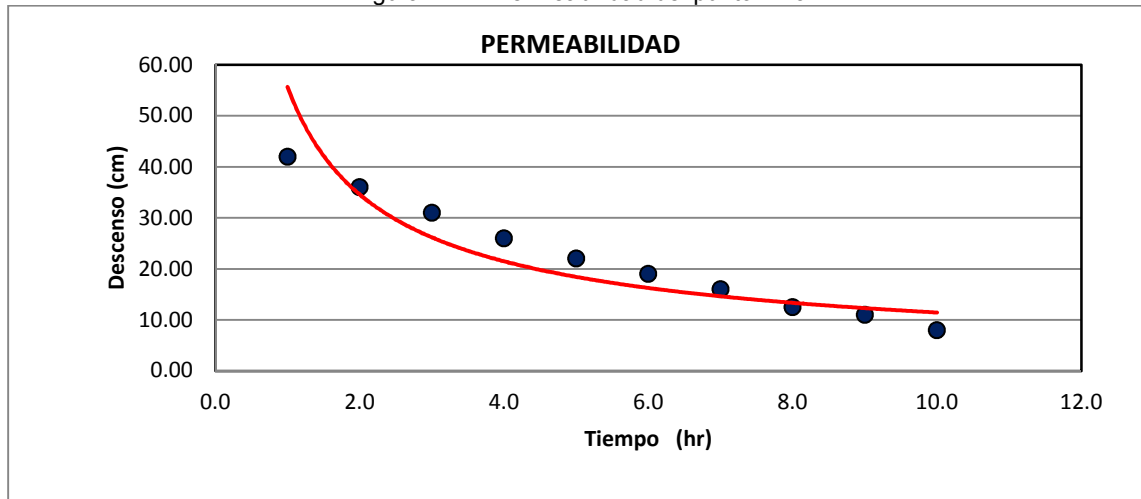
Figura N° 9 Permeabilidad del punto N° 2



Cuadro N°. 13 Planilla de prueba de permeabilidad.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD N° 03									
UBICACION POLITICA				UBIC. GEOGRAFICA			CARACTERISTICAS		
Sector:		Quellocanto- Unutuma		Este	Norte	Long. Tubo:	50.00 cm		
Comunidad:		Ccanacchimpa		802916	8518004	Diámetro:	2.00 plg		
Distrito:		Huarcocondo				Penetración en terreno:	20.00 cm		
Provincia:		Anta				Regimen:	Permanente		
Fecha:		10/02/2011							
Origen									
Hora	Horas	Minutos	Hora decimal (horas)	Descenso (cm)	H (cm)	DH (cm)	DT (seg)	Hm (cm)	$K=r*DH/8*DT*Hm$ (cm/seg)
0	00			0.00	50.00				
0	1.00		0.0167	8	42.00	8.00	60	46.00	9.20E-04
0	2.00		0.0333	14	36.00	6.00	60	39.00	8.14E-04
0	3.00		0.0500	19	31.00	5.00	60	33.50	7.90E-04
0	4.00		0.0667	24	26.00	5.00	60	13.00	2.04E-03
0	5.00		0.0833	28	22.00	4.00	60	24.00	8.82E-04
0	6.00		0.1000	31	19.00	3.00	60	20.50	7.74E-04
0	7.00		0.1167	34	16.00	3.00	60	17.50	9.07E-04
0	8.00		0.1333	37.5	12.50	3.50	60	14.25	1.30E-03
0	9.00		0.1500	39	11.00	1.50	60	11.75	6.76E-04
0	10.00		0.1667	42	8.00	3.00	60	9.50	1.67E-03
PROMEDIO									0.0010769

Figura N° 14 Permeabilidad del punto N° 3



Como resultado final, se ha obtenido el promedio de la permeabilidad de las tres pruebas, obteniendo el cuadro siguiente; en el cual al valor promediado se ha definido con el 75 % de persistencia, obteniendo una velocidad de infiltración de 0.63 m/día.

Cuadro N° 14 Capacidad de infiltración de los suelos del deslizamiento de Quellocanto – Unutuma

	Promd.	Unid.	Promd.	Unid.	Promd.	Unid.	Promd.	Unid.	Permeabilidad
Total Promd	0.74	m/día	3.087	cm/hr	30.87	mm/hr	0.009	mm/sg	Moderada
Al 75% de Persistencia	0.63	m/día	2.624	cm/hr	26.24	mm/hr	0.007	mm/sg	Moderada

Cabe señalar que los suelos del deslizamiento, tienen en promedio una capacidad de infiltración máxima de 0.63 m/día, lo cual está relacionado a una precipitación máxima de 26.24 mm/hr. Al alcanzar y exceder esta precipitación, puede generar la sobre saturación de estos suelos provocando un nuevo movimiento del deslizamiento cuesta abajo.



Cap4

HIDROGEOLOGIA

4.1 GENERALIDADES

La hidrogeología es la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas del yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación.

4.2 PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

Los parámetros hidrogeológicos fueron calculados para la formación Maras que aflora en la zona del deslizamiento.

Los datos del parámetro de porosidad fueron calculados por el método de saturación de agua (contenido de humedad).

4.3 POROSIDAD

Es la relación entre el volumen de los poros o espacios vacíos de la muestra y su volumen total, se expresa en porcentajes. Las pruebas de porosidad efectiva, en suelos no consolidados son de la formación Maras.

- Peso de la muestra húmeda (saturada).
- Peso de la muestra seca
- Volumen de la muestra.

Los resultados del cálculo de la porosidad efectiva se detallan en la siguiente ecuación:

$$n = \frac{P_h - P_s}{V} * 100 \quad \text{Donde:}$$

n = Porosidad (%)
 P_h = Peso de la muestra húmeda
 P_s = Peso de la muestra seca
 V = Volumen total de la muestra.

Cuadro N° 15 Cálculo de porosidad efectiva para la Formación Maras

Muestra 2	Ph (gr)	Ps (gr)	V	n (%)	Promedio
1	20.67	19.87	7.3	10.96	11.01 %
2	21.29	20.46	7.5	11.07	

4.4 PERMEABILIDAD

El coeficiente de permeabilidad de Darcy o permeabilidad K, es el volumen de agua libre que percola durante la unidad de tiempo a través de la unidad de superficie de una sección total de la capa acuífera, bajo la carga producida por una gradiente hidráulica unitaria (dimensión en m/días o cm/seg).

Para su clasificación de permeabilidades se utilizó el modelo de E. Custodio y R. Llamas:

Cuadro N° 16 Clasificación de Permeabilidad

Valores (m/día)	PERMEABILIDAD										
	10 ⁻⁸	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴
Calificación	Impermeable		Poco permeable		Algo permeable		Permeable			Muy permeable	
Calificación del Acuífero	Acuicludo		Acuitardo		Acuífero pobre		Acuífero medio a bueno			Acuífero	
Tipo de Materiales	arcilla compacta granito		Limo arenoso Limo limosa Arcilla		Arena fina Arena limosa caliza fracturada		Arena limpia grava y arena. arena fina			Grava limpia	

4.5 HIDROMETRIA.

Alrededor del cuerpo del deslizamiento, se observa la presencia de manantes (ver cuadro N° 5), de tipo permanente, ligados a acuíferos Kársticos, fisurados de afloramientos ígneos y, porosos por alteración de areniscas. Los cuales al parecer son los receptores de estas aguas, creando un nivel freático que cruza el cuerpo del deslizamiento. El método utilizado para tal objetivo es el volumétrico tal como se observa en la fotografía.

Figura N° 15 Aforo de manantes, método volumétrico



Cuadro N° 17. Inventario de manantes.

Nombre	COORDENADAS		CAUDAL	Régimen
	NORTE	ESTE	l/s	
Molascachayoc	802935	8518048	0.01	Permanente
Qda. Unutuma	802873	8518136	0.001	Permanente
Hierbabuenayoc pata	802724	8518226	0.24	Permanente
Hierbabuenayoc siki	802815	8518108	0.001	Permanente
Ccotoccocha 1 y 2	802743	8518002	0.48 Y 0.20	Permanente

Cuadro N° 17. Clasificación de suelos

MATERIAL	Total	Eficaz
Arcilla	40 a 50	0 a 5
Limos	35 a 50	3 a 19
Arenas Finas Arenas Limosas	20 a 50	10 a 28
Arenas Gruesas o bien clasificadas	21 a 50	10 a 35
Grava	25 a 40	13 a 26
Lutita intacta	1 a 10	0.5 a 5
Volcánicos conglomeradicas diclasasdas	5-20	0.5 a 8
Lutita fracturada/alterada	30 a 50	
Areniscas	5 a 35	0.5 a 10
Calizas, dolomías No carstificadas.	0.1 a 25	0.1 a 5
Calizas, dolomías carstificadas	5 a 50	5 a 40
Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	0.01 a 1	0.0005
Rocas ígneas y metamórficas sin fracturadas	1 a 10	0.00005 a 0.01

4.6 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DE LA MICROCUENCA

Por su complejidad, tectónica, estructural, litológica y geomorfológica, presenta una diversidad en la distribución del agua subterránea. Esta agua subterráneas distribuidas en la zona de estudio, se localizan en zonas de laderas, montañas y en el piso del valle y describen la característica hidrogeológica de la Formación Maras que aflora en la comunidad de Kcanacchimpa.

4.6.1 Acuitardos Maras y Acuíferos Ayavacas

La Formación Maras, actúa como nivel impermeable por su composición bastante fina, por estar constituido principalmente por lutitas, yesos y calizas, con una porosidad efectiva de 11.01% y permeabilidad promedio de 0.001 m/día.

Su importancia radica por que trabaja como umbral hidráulico favoreciendo el afloramiento de aguas subterráneas al contacto con los acuíferos (Peña, 2001; Peña et al, 2004). Sin embargo la Formación Ayavacas, se puede comportar como acuíferos importantes, presentando una porosidad secundaria, por la disolución que sufren las calizas al contacto con el agua.



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



Cap5

GEODINAMICA

5.1 GEODINÁMICA EXTERNA

Para definir el tipo de problema que se quiere abordar, se ha considerado el Caso denominado: Zonificación de amenaza por un movimiento en masa individual ya existente, una guía para la evaluación de amenazas del Proyecto Multinacional Andino.

Dicha guía menciona los siguientes pasos a seguir en este tema considerando las posibilidades de realizarlos en campo i gabinete.

5.1.1 Movimiento en masa individual preexistente

En donde ya se ha iniciado un movimiento en masa, es necesario hacer predicciones sobre futuros movimientos, retrogresión o ampliación del volumen de material involucrado, cambio en la velocidad del movimiento y posible dinámica de su recorrido. El resultado de este tipo de estudio puede tomar diferentes formas, tales como recomendación sobre el cambio a futuro del factor de seguridad, predicción de movimientos totales o diferenciales, predicción del mecanismo de movimiento, predicción del tipo o magnitud de la retrogresión, probabilidad de deslizamiento general e incremento en la aceleración (ruptura), velocidad y longitud del recorrido. Un tipo especial de caracterización es el "mapeo de actividades" (VanWesten, 1993), en el cual se dividen en zonas las áreas que presentan alta actividad (terrenos con movimientos en masa), basándose en observaciones del movimiento, y el estado de actividad actual.

5.2 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL DE KCANACCHIMPA, HUAROCONDO - CUSCO

5.2.1 Localización

La zona de la Comunidad de Kcanacchimpa se encuentra en la localidad de Huarcocondo a 3 km al norte del distrito de Huarcocondo- Cusco; y a unos 7 kilómetros de la carretera asfaltada de Cusco – Abancay. Este movimiento obedece a una reactivación de un deslizamiento preexistente.

La Microcuenca del riachuelo Chuscunahuayllaray, la cual es aerodinámicamente muy activa, particularmente entre su margen derecha, en donde se observan varios deslizamientos activos e inactivos. El deslizamiento de Kcanacchimpa por lo tanto, hace parte de un conjunto de movimientos en masa que afectan el área de estudio. En este caso, el deslizamiento se desarrollo en la formación Maras, una formación geológica conocida por su característica caótica de su litología.

5.2.2 Factores condicionantes y detonantes

Los factores condicionantes para este tipo de movimiento son la formación geológica incompetente (Fm. Maras), con un claro control litológico caótico, la plasticidad y saturación de sus materiales deforma aun más las zonas vulnerables, escorrentías superficiales y manantes.

Según los habitantes de la comunidad Kcanacchimpa, existe una secuencia de eventos de geodinámica externa no solo en el deslizamiento preexistente sino también en alrededores y a lo largo de toda la vía de comunicación que los une con el distrito de Huarcocondo, evidenciando de esta forma la inestabilidad de la litología de la Fm. Maras que es la que aflora ampliamente a lo largo de casi toda la zona de estudio.

La Microcuenca del riachuelo Chuscunahuayllaray y el deslizamiento activo de Kcanacchimpa es un peligro latente para la localidad e incluso ya afecto varias viviendas. En efecto, en caso de producirse una nueva reactivación de la segunda grietas del deslizamiento, aumentaría notablemente el volumen y afectaría las viviendas ubicadas en el pie del deslizamiento.

5.2.3 Caracterización del deslizamiento

El deslizamiento de Kcanacchimpa obedece a procesos naturales y a la desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, complementadas por la actividad sísmica y precipitación en la zona, se puede afirmar que hay un deslizamiento rotacional retrogresivo y ensanchado en suelos blandos.

Dicho deslizamiento es rotacional porque la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo de movimiento, el estado de movimiento es activo y tiene una distribución progresiva con un estilo sucesivo, muestra una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal; la deformación interna de la masa en las grietas superiores es poca a moderada debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante. El escarpe debajo de la corona es semivertical lo que facilita la ocurrencia de movimientos retrogresivos.

Figura N° 16 Deslizamiento de Ccanacchimpa



5.2.3.1 Nomenclatura de los elementos morfológicos

- El deslizamiento de Kcanacchimpa involucra una masa de suelo moviéndose ladera abajo, este puede ser descrito con base en las diferencias entre la masa que forma el deslizamiento y la ladera que no ha fallado.
- La primera grieta es la masa que ya deslizo se conoce como el material desplazado, se ha movido de su posición original en la ladera.
- La segunda grieta está bien definida, es la ladera que no ha fallado se puede definir como la superficie original de terreno.
- Grietas tensionales.

Figura N° 17 Grietas de Deslizamiento de Ccanacchimpa



Figura N° 18 Grietas tensionales en la segunda grieta del deslizamiento.



5.2.3.2. Caracterización del movimiento.

Adicionalmente al tipo de movimiento es importante definir las características que posee en cuanto a secuencia, estado de actividad, estilos, velocidad, humedad y material.

1) **Tipo de material**

Son suelos finos con un agregado natural de granos y minerales cohesionados que contienen más de 80% de partículas menores de 2 mm, parte limo de 1/256 mm a 1/16 mm, y la arcilla menor de 2/256 mm.

2) **Humedad**

Los limos y arcillas se puede considerar como húmedo, en contacto con el agua tiende a volverse plástico y está saturado de agua, tiene poca vegetación y puede comportarse como un sólido plástico pero no como un líquido.

3) **Distribución de la actividad**

La secuencia se refiere a movimientos que se inician en un área local y se repiten en una determinada dirección. Se puede firmar que es retrogresivo, porque la superficie de falla se extiende en dirección opuesta al movimiento, se aprecian la formación de 2 grietas definidas originada por fuerzas de tensión y además se está ensanchando en los márgenes laterales.

4) **Velocidad del movimiento**

La escala de velocidad del movimiento fue propuesto por Transportation Research Board de los Estados Unidos.

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir de lenta a rápidamente con velocidades menores a 1 m/seg.

Cuadro N° 19. Velocidad de movimiento

clase	Descripción	velocidad	Desplazamiento	Poder destructor
3	Lenta	5×10^{-5}	1.6 m/año	Viviendas dañadas.

5) **Estática**

La nomenclatura de actividad corresponde a un solo tipo de movimiento, por lo que su estilo es sencillo.

6) **Estado de actividad**

Es un deslizamiento rotacional activo, actualmente en movimiento, red de drenaje desordenada en temporada de lluvias. Este tipo de fenómeno en época de secas suele comportarse como suspendido. La ruptura retrogresiva, la indica la ampliación del deslizamiento en la dirección opuesta a su movimiento, grietas de tensión fresca y no rellenada. La ruptura de ensanchamiento se da en ambos flancos.

7) Estructura geológica

En el área del deslizamiento aflora la formación Maras, se presenta de manera caótica, es decir una mezcla de limos, arcillas, yesos, lutitas y escasamente calizas, con un agregado natural de granos y minerales cohesionados, el cual es un factor determinante en el mecanismo de falla y en el comportamiento del movimiento. La litología donde afloran las grietas son limos y arcillas.

8) Movimientos post-falla

Los movimiento post- falla son movimientos en los cuales la energía inicial es máxima y va disminuyendo progresivamente. La energía del movimiento se disipo con el rompimiento, remoldeo o desaceleración por fricción del movimiento inicial de la primera grieta ya deslizada, en el desplazamiento se determino un material plástico a dúctil, en donde la energía potencial se disipo por fricción. El desplazamiento tiene una determinada Energía, por lo tanto producirá trabajo, es mecánica. La segunda grieta está aumentando sus dimensiones lo que demuestra que esta activa y que el volumen es mayor.

5.2.3.3 CAÍDA DE ROCAS:

La caída o desprendimiento de rocas está asociado a terrenos de fuerte pendiente, morfología abrupta, diferente naturaleza litológica y Meteorización Física intensa, en el área de estudio la roca caliza micritica está muy fracturada, se localiza en la margen derecha del deslizamiento; a la altura de la bocatoma del canal Sambor Huaypo, aproximadamente a 200 metros al oeste. Es un tipo de movimiento donde varios bloques de roca de aproximadamente entre 0.03 y 0.70 metros de diámetro, se desprende de la ladera y el material cae por rodamiento, la pendiente es elevada (60°) el movimiento es muy rápido pueden exceder los 100 m/seg.

Este fenómeno se puede prevenir haciendo una limpieza anual de los bloques i colocando pantallas estáticas, vallas metálicas al pie del fenómeno.

Figura N° 19 Caída de rocas



5.3 GEODINAMICA INTERNA

El área de estudio es una zona sismogénica, debido al sistema de fallas existentes en el área (falla de Zurite), por lo tanto está expuesta a un Peligro Sísmico; es necesario efectuar estudios que permitan conocer el comportamiento sísmico del sistema de fallas y colocar Acelerógrafos en zonas estratégicas del deslizamiento para conocer en forma exacta los valores de las aceleraciones y poder planificar y mitigar los grandes efectos del desastre y luego realizar una evaluación del Peligro Sísmico en términos determinísticos y probabilísticos.

En la zona de estudio los sismos son Entrapace y se caracterizan por tener magnitudes moderadas a pequeñas, adicionadas a ellas el suelo blando y el nivel freático superficial. El peligro sísmico es el sistema de fallas sismogénicas activas, ya que dependiendo de su naturaleza y fuerza se tendrá como posibles efectos locales, reactivación de los deslizamientos, aparición de grietas, licuación de suelos, amplificación, vulnerabilidad de las construcciones y las posibles pérdidas de vidas y bienes materiales.

5.3.1 MÉTODO DETERMINISTICO.

Este método supone que la sismicidad futura será similar a la pasada, siendo el máximo terremoto ocurrido el máximo previsible.

Falla Zurite

Tiene 20 kms. de extensión, es una falla E-W, separa la depresión de Anta con la Cordillera Oriental. El bloque norte está compuesto por las rocas del Grupo San Jerónimo y el sur por la cobertura Meso-Cenozoica, que es el bloque hundido. Esta falla ha jugado antiguamente como falla de rumbo sinextral e inversa, pero durante el Cuaternario como normal. Pequeños escarpes de dirección N100-N115° y de buzamiento 60 a 70°S, caracterizan la actividad reciente de la falla que afecta depósitos aluviales y morrénicos de edad cuaternaria (Cabrera, 1988). Se encuentra a 8 Km al SW del deslizamiento de Cccanacchimpa, antes está falla ha jugado como falla de rumbo sinextral e inversa, pero en el cuaternario como normal de extensión N-S, con pequeños escarpes, el sismo del 2 de Julio del 2009 caracteriza la actividad reciente de la falla, y este sería el causante de los diferentes movimientos en masa en la zona.

Longitud de la falla: 20 km Radio= 8 km. (distancia de la Falla al deslizamiento)

$$M_s = 0.89 + 1.341 \log L \text{ (Steinmom, 1982)}$$

$$L = 20,000 \text{ m} \rightarrow M_s = 6.65$$

$$A = \text{Aceleración. (1 gal} = 1 \text{ cm/seg}^2)$$

$$C(M) = 0.864 e^{0.46 M_s} = 18.41$$

$$A = 224 e^{0.823 M_s} (R + C(M))^{-1.56}$$

$$A = 322.97 \text{ gal (Cuando } A > 250 \text{ gal. las construcciones empiezan a sufrir daños).}$$

5.3.2 CATALOGO SÍSMICO DE LOS ULTIMOS 10 AÑOS (Fuente IGP)

En la región del Cuzco hay un sistema de fallas importantes como Tambomachay, Koricocha, Zurite, Pisac, Pomacanchis, Urcos, Acomayo, Pampamarca, Langui, Capacmarca, Pachatusan, Paucartambo, Yauri; los epicentros de los sismos de los últimos 10 años se emplazan en las zonas de las fallas geológicas, lo que nos demuestra que el sistema de fallas sismogénicas son activas, especialmente la falla de Zurite que fue la última en moverse.

Cuadro N° 20 catalogo sísmico de los últimos 10 años (fuente igp)

AÑO	MES	DIA	HORA	LATITUD	LONGITUD	PROF.	MAG (Mb)	EPICENTRO
1999	10	17	05:03:03.20	-13.99	-71.92	10	3.5	8 km al NE de Capacmarca
1999	11	6	16:07:47.50	-13.45	-71.98	10	2.7	6 km al N del Cuzco
1999	11	27	02:32:13.10	-15.03	-71.62	10	4.8	35 km al SO de Yauri
2000	3	9	14:37:10.80	-13.70	-72.11	10	3.4	26 km al S de Anta
2000	4	7	21:16:13.10	-11.27	-73.13	10	4.3	91 km al SE de Atalaya
2000	9	21	15:30:41.10	-13.33	-72.07	10	3.1	22 km al NO de Cuzco
2001	2	12	21:22:31.30	-13.48	-72.01	10	2.2	5 km al NO de Cuzco
2001	11	3	15:21:52.10	-13.61	-72.23	10	3.6	17 km al SO de Anta
2003	5	12	09:46:13.70	-13.63	-71.66	10	3.5	7 km al NO de Urcos
2003	5	16	15:36:24.50	-13.57	-72.06	10	3.0	11 km al SO de Cuzco
2003	5	18	03:49:44.70	-13.56	-71.89	10	3.5	11 km al SE de Cuzco
2003	5	25	18:54:19.50	-13.94	-72.52	10	4.5	27km NE Chuquibambilla
2003	7	6	17:38:20.30	-13.45	-72.25	10	3.7	12 km al NO de Anta
2003	7	7	07:17:36.00	-13.36	-72.32	10	3.8	23 km al NO de Anta
2003	8	8	14:56:26.00	-14.11	-71.79	10	5.0	22 al SE de Capacmarca
2003	8	8	15:38:11.10	-14.12	-71.82	10	4.9	20 al SE de Capacmarca
2003	8	22	07:14:43.30	-13.45	-72.46	10	3.6	33 km al O de Anta
2004	6	16	14:56:19.66	-13.70	-71.31	10	2.5	33 km al E de Urcos
2005	7	11	07:40:34.17	-14.90	-72.92	10	3.2	35 km al N de Cotahuasi
2005	7	20	18:20:02.24	-13.94	-71.71	10	2.7	4km al SO de Acomayo
2005	9	5	14:22:36.16	-14.49	-71.61	10	3.8	37km al SO de Yanaoca
2006	6	1	12:04:24.85	-14.08	-72.26	10	2.9	29km SO de Capacmarca
2006	8	9	22:36:02.21	-14.39	-70.91	10	4.7	37km al S de Macusani
2006	11	13	07:49:37.00	-13.90	-71.69	10	4.7	2km al NO de Acomayo
2006	11	13	07:55:22.21	-13.83	-71.66	10	4.0	9km al NE de Acomayo
2007	9	24	02:24:55.46	-12.93	-71.61	10	3.7	43km N de Paucartambo
2009	2	15	01:02:30.08	-13.66	-71.86	10	2.7	11km al N de Paruro
2009	5	11	20:43:20.89	-13.96	-71.61	10	4.0	9km al SE de Acomayo
2009	7	2	06:10:54.00	-13.50	-72.19	10	4.0ML	Anta, Zurite, Huaroscondo

Nota: Este catalogo fue reprocesado por Carlos Barrientos en el IGP



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



Cap6

GEOTECNIA

Es la ciencia que trata del estudio de las propiedades físicas de los Suelos y el comportamiento de masas de suelo sujeto a varios tipos de fuerzas.

En el deslizamiento aflora la Formación Maras, predomina los limos y arcillas, denominados suelos blandos. La valoración de los taludes en suelos, se realizo en forma cualitativa de la cartografía geológica detallada, observaciones de campo, algunos ensayos in situ, como permeabilidad, límite plástico, compacidad.

6.1 TALUDES EN SUELOS - VALORACIÓN

6.1.1 Valoración por granulometría

La Valoración por granulometría se refiere a las proporciones de los distintos tamaños de grano existentes, en el área del deslizamiento, son suelos cohesivos (SUCS) ML limos con poca plasticidad y CL arcillas con plasticidad mediana. Se caracterizan por su baja permeabilidad, alta compresibilidad y al aumentar su grado de humedad, aumenta su peso, se rompen sus enlaces de partículas y colapsan rápidamente.

6.1.2 Valoración por ángulo y compacidad

$$VAC = C \times A$$

La compacidad está relacionada con la resistencia, deformabilidad y estabilidad; en donde la humedad es determinante. En el área del deslizamiento existente fuerzas de tensión y saturación de agua debido a estos factores aumentara su volumen y colapsara.

6.1.3 Valoración por altura del talud,

- **Altura crítica y su ubicación.**

$$h = \frac{h_{cr}}{h_{talud}} \times 5 \qquad VHU = h \times U$$

- **Valoración Por Condiciones Del Agua**

Condiciones del Agua Subterránea	Valoración (VCA)
Completamente seco	0
Húmedo	2
Goteo	3
Flujo	5

En el área de deslizamiento aflora la formación Maras, está constituida por suelos cohesivos por lo tanto esta húmedo.

- **Valoración por alteración de las partículas**

Grado de alteración de las partículas	Valoración (VAP)
Cristales primarios	0
Medianamente alterado	1
Alterado	2

Existe una meteorización química en el área del deslizamiento por lo hay un grado de alteración mediana.

- **Valoración por susceptibilidad al deslizamiento**

Susceptibilidad al deslizamiento y grado de erosión	Valoración (VED)
Nulo	0
Medio	5
Alto	15

Por las condiciones de material, Humedad, fuerzas de tensión y erosión la susceptibilidad del deslizamiento es alta.

Figura N° 20 Estabilidad de taludes en suelo



DESLIZAMIENTO KCANACCHIMPA

Granulometría del material - Angularidad	4
Compacidad / Angulo del Talud	3
Altura del Talud y Altura Critica	7
Condiciones del Agua Subterránea	4
Alteración de las Partículas	1
Susceptibilidad al Deslizamiento	10
Total	29

Figura N° 21 Grados de estabilidad de taludes en suelos.

GRADO DE ESTABILIDAD	E3	E2	E1	E0
VALORACIÓN ETS	> 30.0	15.0 - 30.0	7.50 - 15.0	0 - 7.50
DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTABILIDAD	Crítico	Inestable	Normalmente Estable	Totalmente Estable

6.1.4 Grado De Estabilidad

6.1.4.1 Condiciones actuales

ALTURA: 80 metros

TALUD: 30°

GRADO DE ESTABILIDAD: Inestable

NATURALEZA DEL MATERIAL: Formación Maras, lutitas, limos, arcillas, deposito coluvial cuaternario con filtraciones de agua, presencia de grietas y saturación de agua.

En la comunidad de Kcanacchimpa, se ha realizado el estudio Geotécnico, correspondiente al deslizamiento de Quellocanto- Unutuma de dicha comunidad, con el objetivo de determinar sus características físicas y propiedades estructurales para el cálculo de estabilidad de taludes y diseño de obras de mitigación a proponer.

- Establecer el perfil geotécnico del suelo que conforma el cuerpo del deslizamiento.
- Determinar sus propiedades físicas y características de comportamiento mecánico del suelo (resistencia y deformabilidad al esfuerzo cortante).
- Realizar las recomendaciones que sean necesarias para la correcta formulación de planes de mitigación.

6.1.4.2 Formación Maras:

La Formación Maras aflora ampliamente en la comunidad de Kcanacchimpa y alrededores, en la pampa de Maras – Piuray; los afloramientos se presentan de manera caótica, es decir una mezcla caótica de yesos, lutitas y lentes de calizas. Secuencias de evaporitas, yesos, margas, arcillitas incoherentes todos pésimos como terrenos de fundación, especialmente en presencia de agua se reblandecen grandemente, produciéndose, deslizamientos, caídas de roca. La litofacies así como las estructuras sedimentarias surgieron en un medio sedimentación de plataforma e influencia tidal teniendo una potencia aproximada de 200m. Esta unidad presenta un aspecto caótico desde el punto de vista estratigráfico y de movimientos en masa.

6.1.4.3 Perfil Estratigráfico.

A partir de las prospecciones y ensayos de identificación y clasificación realizadas, podemos afirmar que la conformación estratigráfica del cuerpo des deslizamiento es como sigue:

Cuadro N° 21 Descripción estatigrafica

DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA					
Ubicación		Tipo de estudio	Tipo de sondeo		
Sector	Quellocanta- Unutuma	Corte Directo		Tajo abierto	
CC.	Kcanacchimpa	Fecha			
Dist.	Huarocondo	10 / 02 / 2011			
ESC	LITOLOGIA	DESCRIPCION	COTA	N.F	OBSERVACIONES
0.0	cm				
5.0		Suelo orgánico SUCS = CL			
10.0					
15.0		Suelo arcilloso color pardo rojizo ligeramente compacto. SUCS = CL AASHTO = A-4			Suelo inalterado Conforma parte De la formación Maras.
20.0					
25.0					
30.0					
35.0					
40.0					
45.0					
50.0					
55.0					
60.0					
65.0					
70.0					
75.0					
80.0					
85.0					

6.1.5 Investigación exploratoria y muestreo.

Los trabajos de campo siguieron el procedimiento siguiente.

6.1.5.1 Profundidad de prospección:

El Grado de riesgo y dimensionamiento del deslizamiento, nos indica que generalmente es suficiente conocer las propiedades del suelo hasta una profundidad de 1.40 m por debajo de la superficie.

6.1.5.2 Ensayos de laboratorio:

Para determinar la caracterización del terreno, en cuanto a sus propiedades índices y, estructurales, se realizaron los siguientes ensayos normalizados:

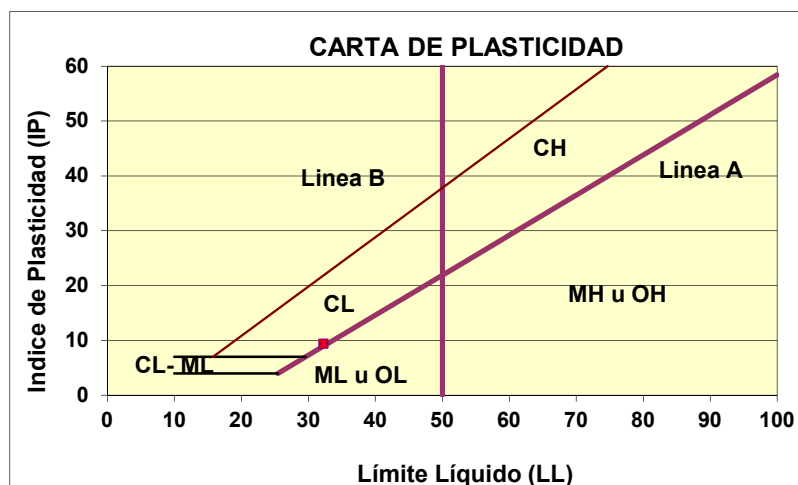
Cuadro N° 22 Ensayo de laboratorio

ENSAYOS DE LABORATORIO	NORMAS APLICABLES.
Preparación de Muestras	UNE – 103 – 100 - 95
Análisis Granulométrico	ASTM D 421 - 58
Contenido de Humedad	ASTM D 2216 - 71
Limite Líquido y Plástico.	ASTM D 423 – 66; ASTM D 424 – 59
Ensayos de Corte Directo.	ASTM D 3080-72
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)-AASHTO)	AASHTO D 2487/00

Limite líquido y Plástico.

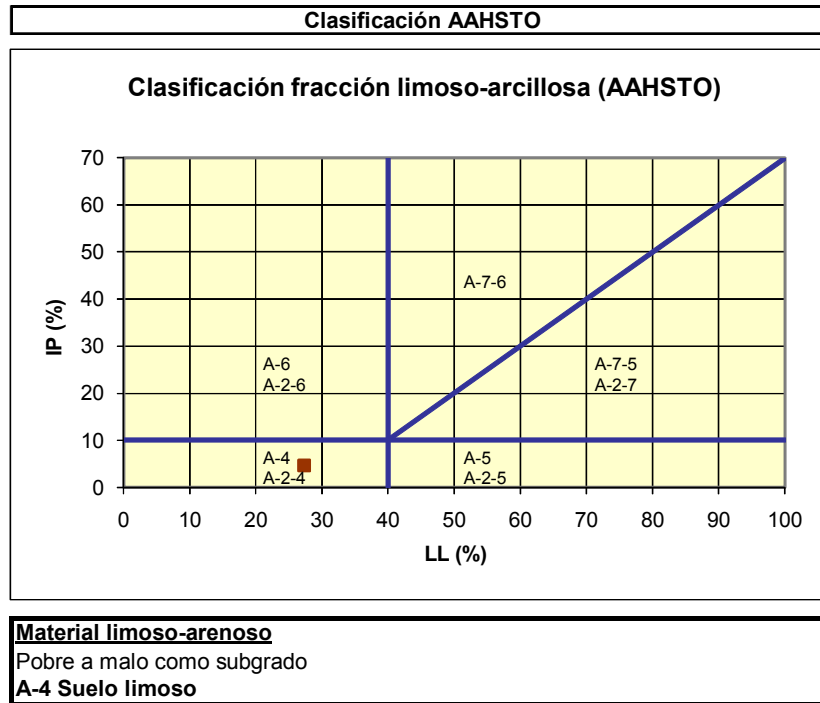
LL promedio = 32.3
 LP promedio = 22.9
 IP = 9.4

Grafica N° 22 Carta de plasticidad SUCS.



Arcilla de baja plasticidad SUCS = CL

Grafica N° 23 Clasificación Ashston



6.1.5.3 Granulometría

De acuerdo al resultado de laboratorio, por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S, de clasificación

6.1.6 Estabilidad de taludes.

El deslizamiento de Quellocanto – Unutuma, actualmente el cuerpo del deslizamiento se halla en pleno proceso de movimiento debido a la presencia de tres sistemas de escarpas secundarias con señales de desplazamientos horizontales y verticales frescas.

De acuerdo a antecedentes históricos, este cuerpo, fue desestabilizado por el corte del talud que se hizo el año 2009 para emplazar sobre ella un reservorio de agua, que a consecuencia de los eventos climáticos y sísmicos ya conocidos del mes de febrero del 2010, desencadenó el movimiento del plano de rotura 01, sobre el cual estaba el reservorio, llevándose consigo el mismo y afectando 04 viviendas.

Para evaluar las condiciones de estabilidad del deslizamiento Quellocanto – Unutuma, se ha realizado un análisis de estabilidad de taludes. Previo al análisis se ha llevado a cabo la investigación geotécnica y geológica, además del Levantamiento Topográfico. También se ha revisado la información histórica de su desencadenamiento en el año 2010 por parte de los pobladores del lugar.

Para dicho análisis se debe tener en cuenta una serie de factores que influyen en la estabilidad de un talud. Los factores que se toman en cuenta son: geometría del talud, parámetros geológicos-geotécnicos, cargas dinámicas, condiciones de flujo de agua, etc. No todos estos factores se pueden cuantificar en un modelo matemático; a pesar de estas limitaciones, determinar el factor de seguridad asumiendo superficies probables de falla, permite tener una idea del comportamiento del talud. Además, se ha realizado el cálculo de las deformaciones permanentes por el método de Newmark.

6.1.6.1 Método De Bishop Simplificado

El método de Bishop Simplificado es muy utilizado en la práctica de la ingeniería porque proporciona valores del factor de seguridad por el método de equilibrio límite muy cercanos a aquellos que proporcionan los métodos más rigurosos que satisfacen completamente las condiciones de equilibrio de fuerzas y momentos. El método de Bishop considera un problema de deformación plana en donde la superficie de falla es circular, dividiendo la masa del suelo comprendida en la superficie de falla en una cantidad limitada de dovelas verticales en las que los valores de cohesión, fricción y presión de poros permanecen constantes. En este método el factor de seguridad está definido como:

$$FS = \frac{\sum [c \cdot b + W_i - u_i \cdot b] \bar{tg}\phi}{\sum W_i \text{Sen}\alpha} \cdot \frac{1}{m_\alpha}$$

$$m_\alpha = \cos\alpha_i [1 + (tg\alpha_i \cdot tg\phi / FS)]$$

Donde:

FS = factor de seguridad

\bar{c} = cohesión del suelo

$\bar{\phi}$ = ángulo de fricción interna

b = ancho de la dovela

W_i = peso total de la dovela

U_i = presión de poros

α_i = ángulo de la base de la dovela con la horizontal

Esta ecuación no lineal se resuelve por iteraciones hasta alcanzar la convergencia en el cálculo del factor de seguridad estático.

El método de evaluación más usado en el análisis sísmico de taludes es el cálculo del mínimo factor de seguridad contra el deslizamiento cuando una fuerza estática y horizontal de alguna magnitud es incluida en el análisis. El análisis es tratado como un problema estático en el que el talud se comporta como cuerpo rígido fijado a su cimentación, experimentando una aceleración uniforme e igual a la aceleración superficial del terreno. La fuerza horizontal es expresada como el producto de un coeficiente sísmico K, y el peso W, de una potencial masa

deslizante. Si el factor de seguridad se aproxima a la unidad, la sección es considerada insegura, aunque no hay un límite reconocido para el valor del mínimo factor de seguridad.

Como se indicó anteriormente, uno de los mayores problemas en este método es la elección del coeficiente sísmico K. Los coeficientes utilizados varían de acuerdo al criterio y experiencia del diseñador.

Entre los diversos métodos pseudo-estáticos de equilibrio límite que existen, se tiene al Método de Bishop, el cual es uno de los más usados en el análisis de estabilidad de taludes. Este método tiene como base las siguientes hipótesis:

El mecanismo de falla es circular

La fuerza de corte entre dovelas es nula

La fuerza normal actúa en el punto medio de la base de la dovela

Para cada dovela se satisface el equilibrio de fuerzas verticales, pero no así el equilibrio de fuerzas horizontales, ni el equilibrio de momentos.

Para la masa total deslizante se satisface el equilibrio de fuerzas verticales y de momentos, más no el equilibrio de fuerzas horizontales.

$$\sum FV_i = 0$$

$$-W_i + (N_i + u_i L_i) \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = 0 \tag{1}$$

Donde:

$$T_i = \frac{1}{FS} (c_i L_i + N_i \operatorname{tg} \phi) \tag{2}$$

Además:

$$L_i = b_i \sec \alpha_i \tag{3}$$

Reemplazando la ecuación 3 en 2 se obtiene:

$$T_i = \frac{1}{FS} (c_i b_i \sec \alpha_i + N_i \operatorname{tg} \phi) \tag{4}$$

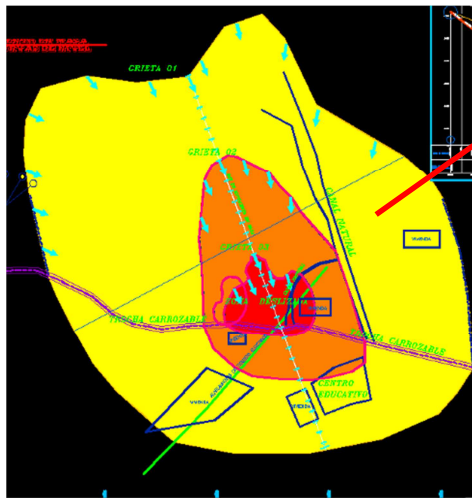
Luego sustituyendo la ecuación 4 en 1 y despejando N_i , se tiene:

$$N_i = \frac{W_i - u_i b_i - \frac{c_i b_i \operatorname{tg} \alpha_i}{FS}}{\cos \alpha_i + \frac{\operatorname{tg} \phi \sin \alpha_i}{FS}} \tag{5}$$

Las fuerzas normales entre dovelas E_i , no producen momentos con respecto al centro del arco por ser fuerzas internas. Se traslada la fuerza KW_i a la base de la dovela y se aplica el par de transporte de sentido contrario.

CUERPO DE DESLIZAMIENTO 02.

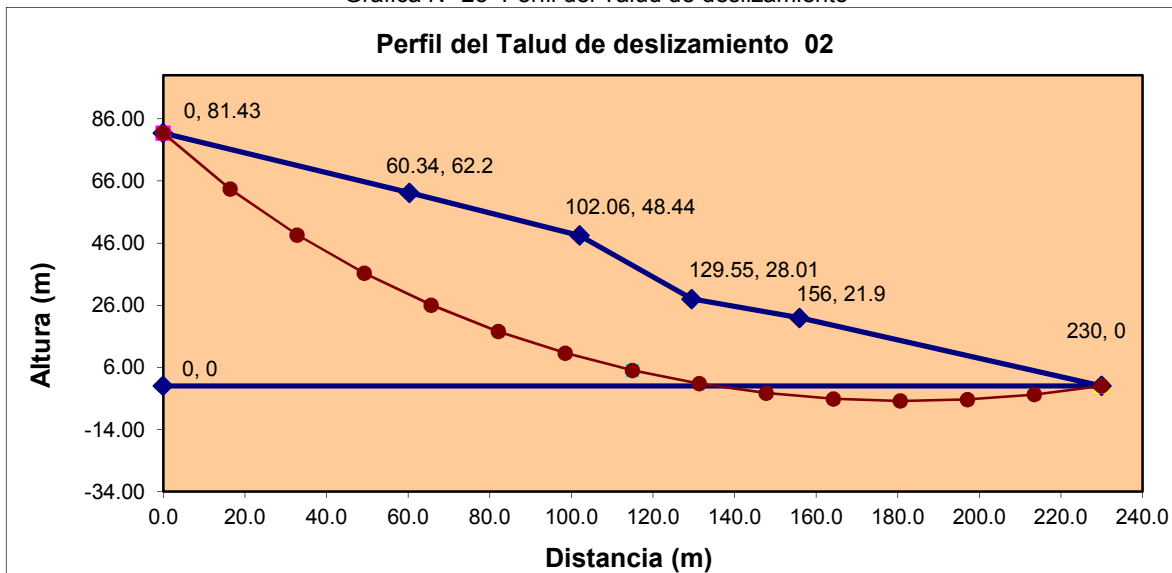
Tiene las siguientes características geométricas:



Parámetro	Valor	Unid.
Altura corona principal	81.43	m
Ancho promedio	60.186	m
Longitud axial	230	m
Forma	$K_c = 1.099$	Semicircular oblongo
Superficie	21324.64	m ²
Perímetro	568.712	m
Pendiente media	35.40	%

Siendo:

Grafica N° 23 Perfil del Talud de deslizamiento



El perfil estratigráfico se halla de la distancia horizontal y vertical entre el pie del deslizamiento y la grieta del deslizamiento.

Siendo las características del punto de rotura:

Cuadro N° 23 Ubicación del punto

Centro de proyección Radial		Radio
xc	yc	R
182.44	231.21	236.05

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Cuadro N° 24 Ubicación del punto

	Unidad	Valor
Volumen de deslizamiento	V = m ³	375046.976
Densidad	γ = gr/cc	1.61
Cohesion	C = kPa	20
Angulo de fricción interna	Φ = °	10
Contenido de humedad	ω = %	17.41
Peso del deslizamiento	= TN	678835.027
Peso del agua.	= TN	118185.178
Volumen de agua	V = m ³	65295.6785

Cuadro N° 25 Elementos del perfil del deslizamiento.

Dovela	Circulo de Rotura		Perfil	Dovelas	
	x	y _c	y _T	h	h _{media}
1	0	81.43	48.44	-32.99	-23.98
2	16.43	63.40	48.44	-14.96	-7.57
3	32.86	48.61	48.44	-0.17	5.98
4	49.29	36.30	48.44	12.14	17.27
5	65.71	26.04	48.44	22.40	26.65
6	82.14	17.53	48.44	30.91	34.39
7	98.57	10.56	48.44	37.88	35.85
8	115.00	5.00	38.82	33.82	30.55
9	131.43	0.74	28.01	27.27	28.79
10	147.86	-2.29	28.01	30.30	31.23
11	164.29	-4.14	28.01	32.15	32.50
12	180.71	-4.83	28.01	32.84	32.62
13	197.14	-4.38	28.01	32.39	31.59
14	213.57	-2.78	28.01	30.79	29.40
15	230	0.00	28.01	28.01	
				Rango de los valores	230
				n° de divisiones	14
				Ancho dovela	16.43

Características físico-mecánicas del terreno.

Cuadro N° 26 Datos del Terreno

Datos del Terreno		
γ_1	c	ϕ
kN/m ³	KPa	°
16.41	20	10

Calculo del Factor de seguridad.

Cuadro N° 27 Datos del Terreno

Método Ordinario		
FS=	$\frac{\gamma F_R}{\gamma F_t}$	$\frac{19,452.44}{19,266.82} = 1.010$

Coefficiente de seguridad Iteración Método de Bishop

F=	1.00
----	------

Método de Bishop		
FS=	$\frac{\gamma F_R}{\gamma F_t}$	$\frac{19,153.02}{19,266.82} = 0.994$

Alteración = 0.00

- Las calicatas tienen una profundidad de 1.40 m. a esa altura se halló el material limo arcilloso de la formación Maras y se realizó el ensayo de corte directo, el cual determinó el tipo de suelo, cohesión, densidad y el Angulo de fricción de la zona del deslizamiento que son valores fundamentales para hallar el factor de seguridad, de las cuales se obtiene que es una arcilla de baja plasticidad y que es inestable el deslizamiento.
- La profundidad del deslizamiento se obtiene sobreponiendo un círculo imaginario que pasa por el pie y la cabecera superior del deslizamiento y se obtiene la posible profundidad imaginaria máxima de superficie de ruptura; solo con un estudio geofísico se puede obtener la profundidad real, pero por experiencia los 2 valores casi siempre son aproximados.

H: Altura entre pie y cabecera.

R: Profundidad máxima de superficie de rotura.



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



Cap7

DIAGNOSTICO DE PELIGROS

7.1 EVALUACION DE PELIGROS

La **peligrosidad**, hace referencia a la probabilidad de que un determinado fenómeno natural, como lo demuestra el deslizamiento de Kcanacchimpa de una cierta extensión, intensidad, duración y suceda con consecuencias negativas. La zona de estudio tiene antecedentes como la destrucción de 4 viviendas, bloqueo de la trocha carrozable y afectando el sistema de agua e irrigaciones. La parte más expuesta al peligro son todas las viviendas al pie del deslizamiento (8 viviendas), y la probabilidad de ocurrencia es alta especialmente en la temporada de lluvias (Enero a Marzo).

Figura N° 24 Viviendas en la parte baja del deslizamiento



7.1.1 SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO.

La susceptibilidad es la posibilidad de que la zona de estudio sea afectada por un determinado proceso geológico, deslizamiento rotacional (movimiento en masa), expresada en grados cualitativos y relativos.

7.1.1.1 Muy alta susceptibilidad (color rojo)

Zona 1, es el área de color rojo donde se ubica el deslizamiento que ya ocurrió, tiene todos los parámetros de un deslizamiento rotacional retrogresivo; está aflorando la Formación Maras que es una formación caótica limos, arcillas, laderas con pendiente entre 15° y 30°, morfologías de moderada a fuerte pendiente, algunas áreas deforestadas, se podría atenuar la peligrosidad con la construcción de una pantalla estática, gaviones en el pie o uña del deslizamiento Grafico G-02.

7.1.1.2 Alta Susceptibilidad (color anaranjado).

Es el área de la zona 2, con la misma formación geológica limo arcillosa, definida por la segunda grieta, en dicha área se encuentra algunas aéreas de cultivo y zonas deforestadas, en la cual hay fuerzas de tensión, se encontró algunas juntas en las calicatas lo que determina que dicha grieta es activa y está en movimiento, Grafico G-02.

7.1.1.3 Mediana Susceptibilidad. (Color amarillo)

Esta distribuida alrededor de la zona3, en lugares donde la topografía es moderada alta, aquí la tercera grieta no está completamente definida. Se encuentran las zonas de cultivo y algunas viviendas, las cuales deben ser reubicadas lo más pronto posible. Grafico G-02.

7.1.1.4 Baja Susceptibilidad (color blanco)

Estas zonas se encuentran fuera del área de influencia de las grietas y donde la topografía es plana y no hay la presencia de agua, estas aéreas deben ser utilizadas para la reubicación de las viviendas en peligro y zonas de cultivo. Grafico G-02.

Cuadro N° 27 Clasificación de peligros

MAPA DE ZONIFICACION DE LA AMENAZA DEL DESLIZAMIENTO

Grado de Peligro	características de la amenaza según la génesis de movimiento en masa	Restricciones y recomendaciones de uso
<p>MUY ALTO Zona 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> La zona 1 Corresponde al movimiento principal ya realizado, es de carácter rotacional retrogresivo, activo. El fenómeno, afectó a 4 familias, así como la trocha carrozadle. Las 8 viviendas ubicadas al pie del deslizamiento deben ser reubicadas. El costo de reducir los daños no es tan alto con la relación costo – beneficio es importante realizar, gaviones y canales de coronación en la parte superior del deslizamiento para la captación de aguas de escorrentía, con el fin de aliviar los peligros por deslizamientos. Estos suelos son ideales para la amplificación de las ondas sísmicas, y se deben tener en cuenta este parámetro para la construcción de alguna obra civil. Por las características del movimiento, el deslizamiento representa una amenaza muy alta para la Comunidad de Kcanacchimpa, la valoración de la estabilidad de taludes en suelos determina que es inestable. 	<p>Prohibido su uso con fines agrícolas y de construcción. Se recomienda utilizarlos como reservas ecológicas, reforestación integral. Protección del talud en el pie del deslizamiento con pantallas estáticas, contención uso de Gaviones tipo Terrajes, conformado por un muro de gravedad (tipo Gavión) y un refuerzo del suelo adyacente.</p>
<p>ALTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> En la zona 2, la amenaza natural es alta, se 	<p>Los terrenos de cultivo deben</p>

<p>Zona 2</p>	<p>encuentra la grieta 2 que esta activa y está bien definida, pero se pueden tomar medidas efectivas de reducción de daños a costos aceptables, utilizando técnicas y materiales adecuados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Viviendas que se ubican al pie del deslizamiento se encuentran ubicadas en una zona de alta peligrosidad, debido a que la segunda Grieta esta aumentando de dimensiones y tambien aumentando peso, motivo por el cual estaria colapsando en caso la precipatacion sea mayor de 39 mm/hr. • Esta zona tiene valores altos de infiltracion y de permeabilidad. 	<p>cambiar de uso y reforestar toda zona. Recomendable para usos de forestación con plantas adecuadas para estabilizar el deslizamiento.</p>
<p>MODERAD O Zona 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La zona 3 hay una Amenaza natural moderada, debido a que se muestran algunas grietas las cuales podrían definirse y activarse en caso ocurriera un sismo mayor de 4° de Magnitud. • Existe Meteorización física intensa, En el cruce de la roca caliza y el canal de Irrigación Sambor-Huaypo, con una pendiente elevada hace que el peligro aumente. 	<p>Adecuado para usos de reforestación, canalizar la sequía, que atraviesa esta zona. Construcción de una pantalla estática, Vallas Metálicas, para controlar caídas de rocas.</p>
<p>BAJO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos de pendiente baja, es muy remota la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales o falla gradual del suelo • Suelos con poco agua, y de baja amplificación de las ondas sísmicas. 	<p>Ideal para usos de viviendas y la reubicación de las viviendas , centros educativos , etc.</p>



Cap8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

Las características y grietas tensionales indican que este deslizamiento es del tipo rotacional retrogresivo y ensanchado y es activo, sin embargo, gran parte de la masa deslizada ya recuperó cierta estabilidad (zona 1), el peligro actual es la grieta dos y tres.

- Las Formación geológica del deslizamiento, es la Formación Maras y es una mezcla caótica de yesos, con intercalaciones de lutitas rojas y verdes escasamente, y algunos niveles de calizas de 3 a 7 m., de grosor, las lutitas serían de origen lacustre o marino poco profundo, y dicha formación es la más susceptible de ser atacada por fenómenos de geodinámica externa por lo que se han producido deslizamientos.
- Las causas de la reactivación del deslizamiento tiene que ver con la pendiente (moderada a alta), las características litológicas, es decir roca fracturada, alterada y la falta de un tratamiento de laderas mediante obras de drenaje.
- En estas condiciones las intensas lluvias, actúan como detonante para la reactivación del deslizamiento, ya que provocaron la sobresaturación de las rocas y suelos.
- El Riesgo es alto de las 8 Viviendas de adobe que se ubican al pie del deslizamiento debido a que el deslizamiento es activo, retrogresivo y la segunda Grieta y tercera esta activa , el tipo de suelo y material de construcción es incompetente.
- Los deslizamientos observados son movimientos de material poco consolidado debido a factores naturales como son: continuas precipitaciones y actividad sísmica contribuye a ablandar y saturar el suelo y subsuelo, con el consiguiente aumento de la fuerza hidrostática que por la acción de la gravedad rompe el equilibrio estático produciendo grietas y activando el deslizamiento y el control inadecuado de los sistemas de riego y drenaje que se emplean en las áreas de cultivo contribuyen con la ocurrencia de deslizamientos.
- En el cruce de la roca caliza y el canal de Irrigación Sambor-Huaypo existe un alto grado de meteorización física. Esta zona está ubicada en la margen derecha del deslizamiento.
- El sismo, del 2 de julio del 2009, cuyo epicentro fue en Zurite, de magnitud 4.0 ML, fue el causante de la aparición de grietas y la activación de los diferentes deslizamientos.
- La Comunidad de Kcanacchimpa, geomorfológicamente se ubica en las Altiplanicies; entre las Cordillera Oriental y las montañas del Cusco, con altitudes entre 3200 a 3800 msnm.
- En el Análisis de Estabilidad se han considerado los parámetros de resistencia obtenidos de los ensayos de Corte Directo, in situ, estos son:
Cohesión $C = 20 \text{ Kpa}$; Angulo de Fricción $\phi = 10^\circ$; densidad $\gamma = 16.41 \text{ kan/m}^3$.



- El grado de estabilidad de taludes realizada en forma cualitativa es Inestable y en forma cualitativa en el laboratorio por el Método de Bishop es 0.994 (Inestable) lo que determina que los 2 estudios arrojan el mismo resultado.
- El deslizamiento, tienen en promedio una capacidad de infiltración máxima de 0.63 m/día, lo cual está relacionado a una precipitación máxima de 26.24 mm/hr. Al alcanzar y exceder esta precipitación, puede generar la sobre saturación de estos suelos y colapsaría la segunda grieta.
- No tiene una relación directa el canal de irrigación Sambor – Huaypo con el deslizamiento, como el fenómeno es retrogresivo, con el tiempo podría influenciar en el canal. Dicho canal es el único existente en el área de estudio.
- Las áreas afectadas son las que se encuentran dentro del rango de influencia de las zonas 1,2 y 3(Grafico 2).
- La Zona uno ya se deslizo, la zona dos esta activa con grietas definidas con probabilidades altas de deslizarse por los resultados obtenidos y la zona 3 posee grietas no muy definidas y con menor probabilidad de ocurrencia.

8.2 RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que en la cabecera del deslizamiento se aprecian grietas tensionales, y que la masa deslizada alcanzó algo de estabilidad, se recomienda lo siguiente:

- Elaborar proyectos de obras hidráulicas, canales de coronación en la parte superior del deslizamiento para la captación de aguas de escorrentía, con el fin de aliviar los peligros por deslizamientos y la Captación de los manantes en la parte alta, es decir aquellos que tengan influencia en la cabecera de deslizamiento.
- Reforestación integral en toda el área del deslizamiento y en el área de influencia de las zonas 1, 2 y 3 con plantas nativas cuyas raíces ayuden a estabilizar el suelo, esto evitará el desarrollo y activación de nuevos deslizamientos y con ello la ocurrencia de los movimientos en masa.
- Que los campos de cultivo que están dentro y circundantes al deslizamiento y donde aparecieron grietas cambien su uso.
- Construcción de un sistema de drenajes para poder sacar toda el agua posible de la masa deslizada y evacuar las aguas de lluvias que puedan entrar a la masa y reactivar el deslizamiento.
- Protección del talud en el pie del deslizamiento con pantallas estáticas, contención uso de Gaviones tipo Terramesh, conformado por un muro de gravedad (tipo Gavión) y un refuerzo del suelo adyacente.
- Se debe considerar reubicar a los pobladores de las 8 viviendas que se encuentran en la parte baja del deslizamiento, dentro del área de influencia de las zonas 1, 2 y 3 y preparar a la población en caso de otros deslizamientos y también sismos, teniendo en cuenta que la zona tiene un sistema de fallas activas.
- Hacer un estudio de Geofísica, el de prospección geoeléctrica específicamente un sondeo eléctrico vertical, Georadar y/o Refracción Sísmica para determinar el posible plano de falla y la profundidad real del deslizamiento.
- Donde la meteorización física es intensa, realizar trabajos de Limpieza de las rocas y la construcción de una pantalla estática, Vallas Metálicas, para controlar caídas de roca.
- Promover la participación comunitaria y fortalecimiento de la cultura de prevención ante los peligros y amenazas a la que están expuestos.
- Todas las obras civiles a realizar deben tomar en cuenta los datos hallados de porosidad, permeabilidad, infiltración, estudio de suelos, calculo de volumen, velocidad.
- Realizar talleres de capacitación, divulgación de información, el desarrollo de sistemas de alerta temprana, y organización comunal.
- Colocar un pluviómetro en la Comunidad de Kcanacchimpa.
- Realizar un sistema de drenaje mediante tuberías de la zona 2 y zona 3 del deslizamiento, para controlar la infiltración de las aguas subterráneas.
- Se debe realizar un monitoreo constante, con mayor frecuencia en los meses de precipitación alta en donde el deslizamiento se activa, los puntos de control

deben estar ubicados en las grietas tensionales del deslizamiento, colocando equipos como Extensómetros, Inclínómetros, Piezómetros.

BIBLIOGRAFÍA

- PMA-GCA.- MOVIMIENTOS EN MASA EN LA REGIÓN ANDINA: UNA GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZAS del Proyecto Multinacional Andino.
- JULIO KUROIWA - Reducción de desastres 2002
- INDECI - Manual básico para la estimación del riesgo 2005.
- DESASTRES “INSTITUTO ANDINO DE SALUD PUBLICA” Gestión de riesgos administración de desastres 2006.
- PREDECAM - Análisis de riesgo y planificación 2005.
- División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, 1991. Módulo de mecánica de suelos en las construcciones superficiales y subterráneas. En: III Curso Internacional de Ingeniería Geológica, México.
- Carlotto, V., Concha, R., Cárdenas, J., García, B., Villa fuerte, Cf.- GEOLOGIA Y GEODINAMICA EN LA QUEBRADA QENQO: ALUVIONES QUE AFECTARON ZURITE-CUSCO (2010).
- Carlotto, V., Gil, W., Cárdenas, J., & Chávez, R. (1996). GEOLOGÍA DE LOS CUADRÁNGULOS DE URUBAMBA Y CALCA. HOJAS 27-R Y 27-S. INST. GEOL. MIN. METAL. BOL. SER. A: CARTA GEOL. NAC., 65, 245 P.

ANEXOS



**GRIETAS TENSIONALES DE UN PROBABLE MOVIMIENTO EN MASA UBICADO
EN EL FLANCO DERECHO DEL DESLIZAMIENTO CCANACCHIMPA**



BUZON DEL CANAL DE IRRIGACION SAMBOR-HUAYPO



**DIQUE SHOSHONITICO MUY ALTERADO Y ALTAMENTE FRACTURADO,
PROBABLE ACUIFERO FISURADO**



GRIETAS DE TENSION

MAPAS

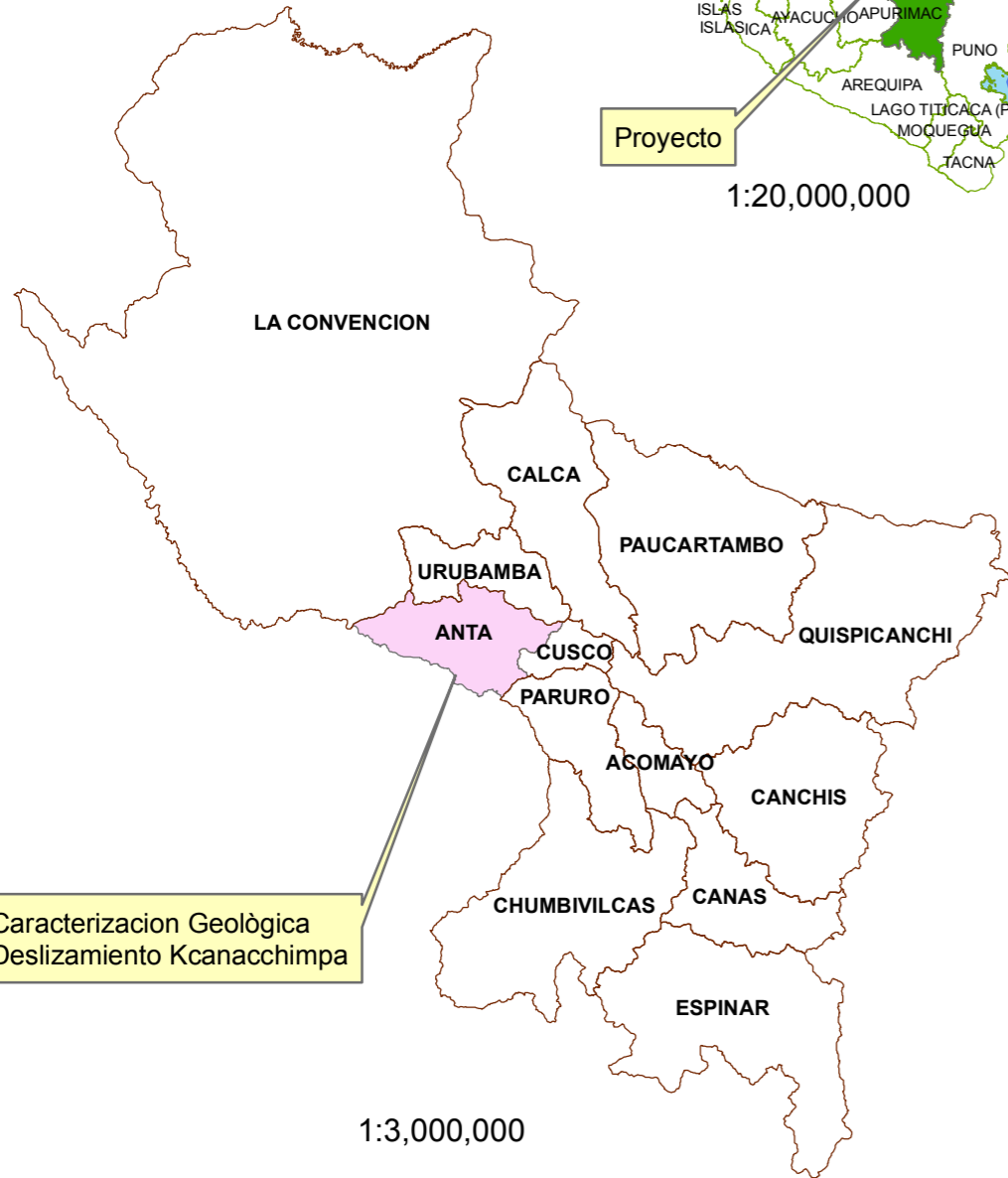


REPUBLICA DEL PERU
MAPA POLITICO



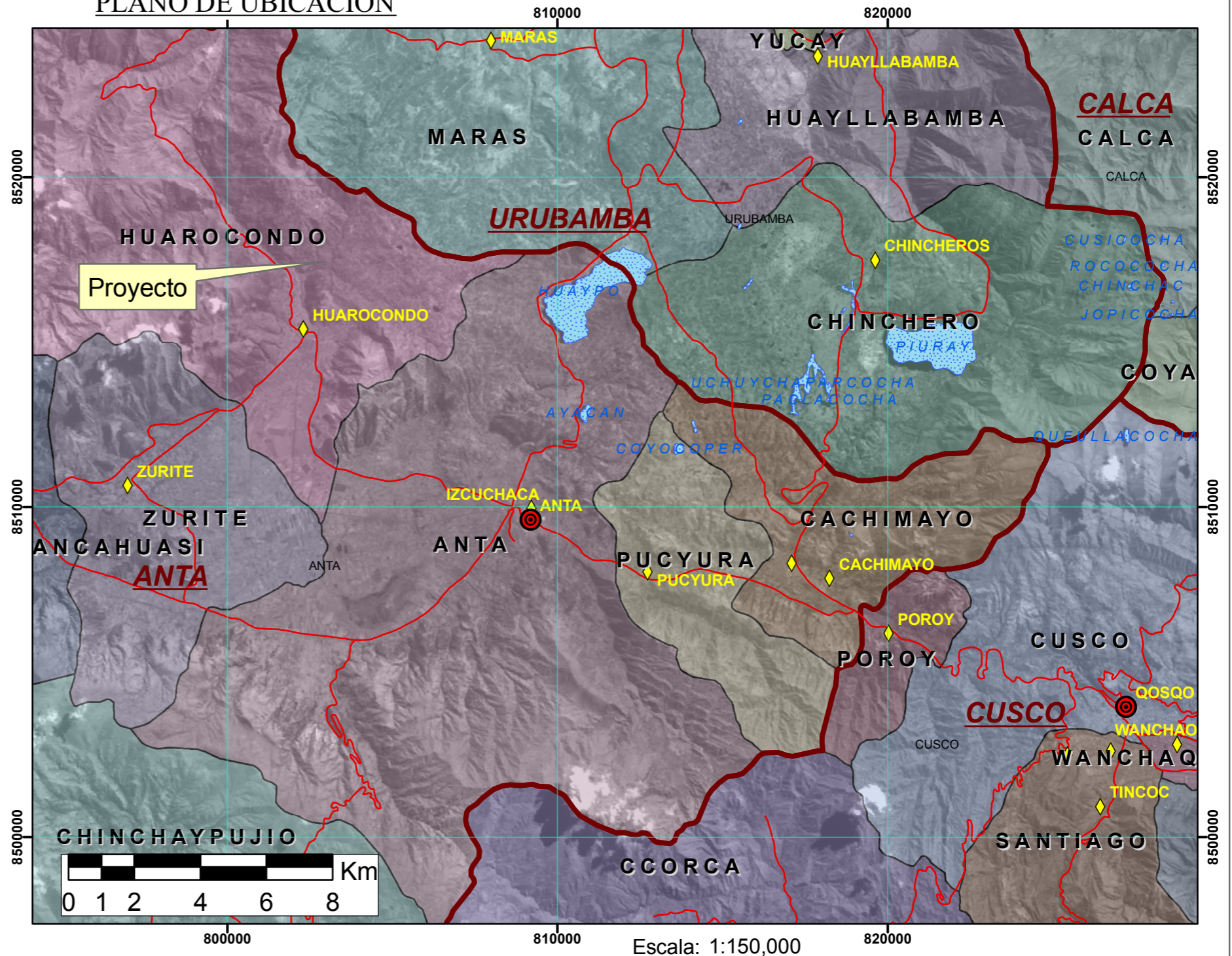
1:20,000,000

REGION CUSCO



1:3,000,000

PLANO DE UBICACION



Escala: 1:150,000

LEYENDA

- Departamento_cusco
- Limite_provincial
- capital_provincial
- centros poblados
- Carreteras
- lagos



CARACTERIZACION
GEOLOGICA
DESLIZAMIENTO
KCANACCHIMPA

PLANO DE UBICACION

DISTRITO : HUAROCONDO
PROVINCIA : ANTA
REGION : CUSCO

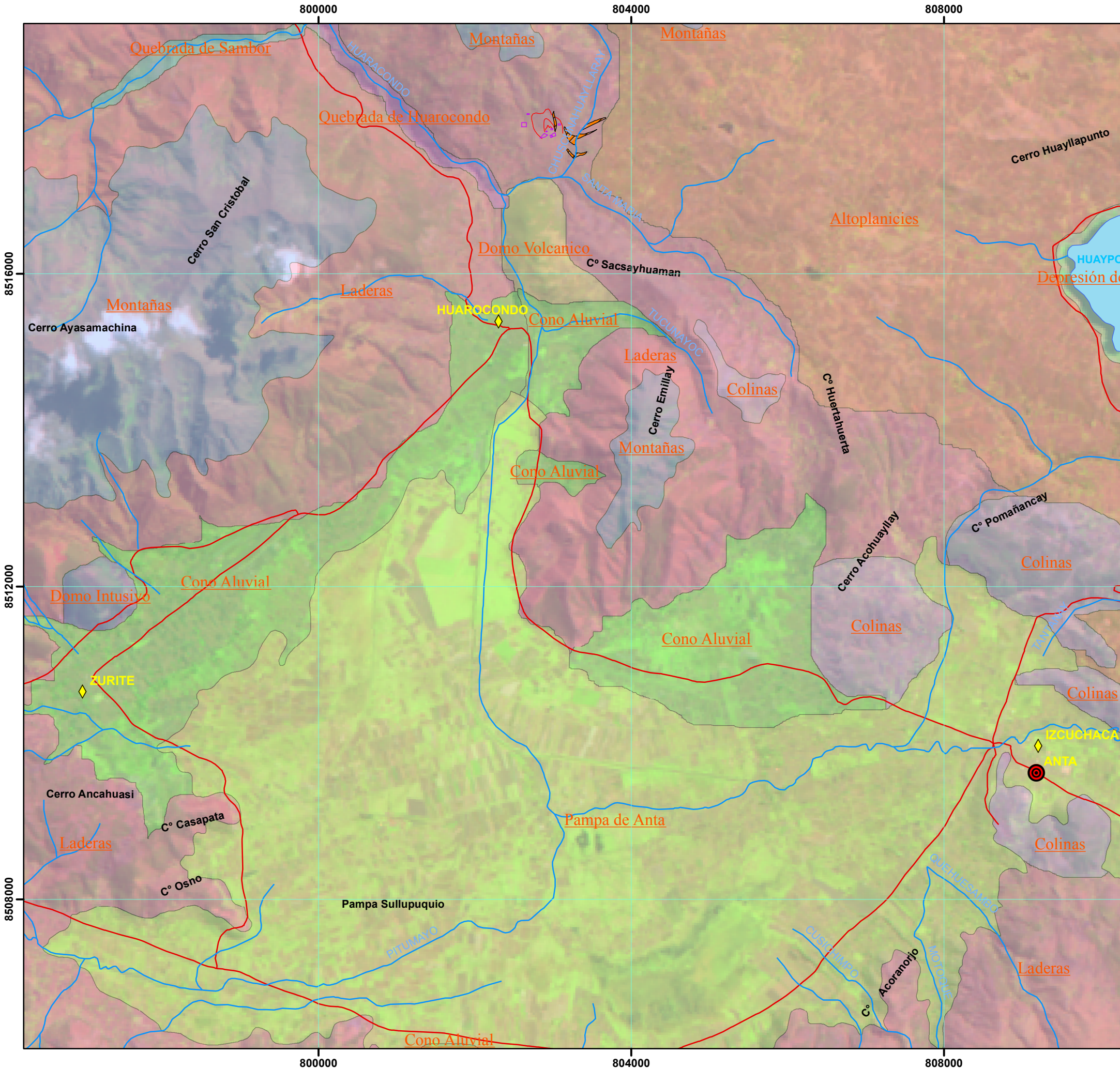
Elaborado:
Ing. CARLOS W. BARRIENTOS GUZMÁN

FECHA: FEBRERO DEL 2011

ESCALAS : INDICADAS

P-1

PLANO GEOMORFOLOGICO



LEYENDA

- Cono Aluvial
 - Depresión de Huaypo
 - Domo Intusivo
 - Domo Volcanico
 - Colinas
 - Quebrada de Huarcoondo
 - Quebrada de Sambor
 - Pampa de Anta
 - Laderas
 - Altoplanicies
 - Montañas
 - carcavas
 - Gritas_de_Deslizamiento
 - Lagunas
 - rios
 - capital_provincial
 - centros poblados
 - Carreteras
 - Viviendas_Afectadas
- 0 500 1,000 2,000 MTS



predes
Centro de Estudios y
Prevención de Desastres

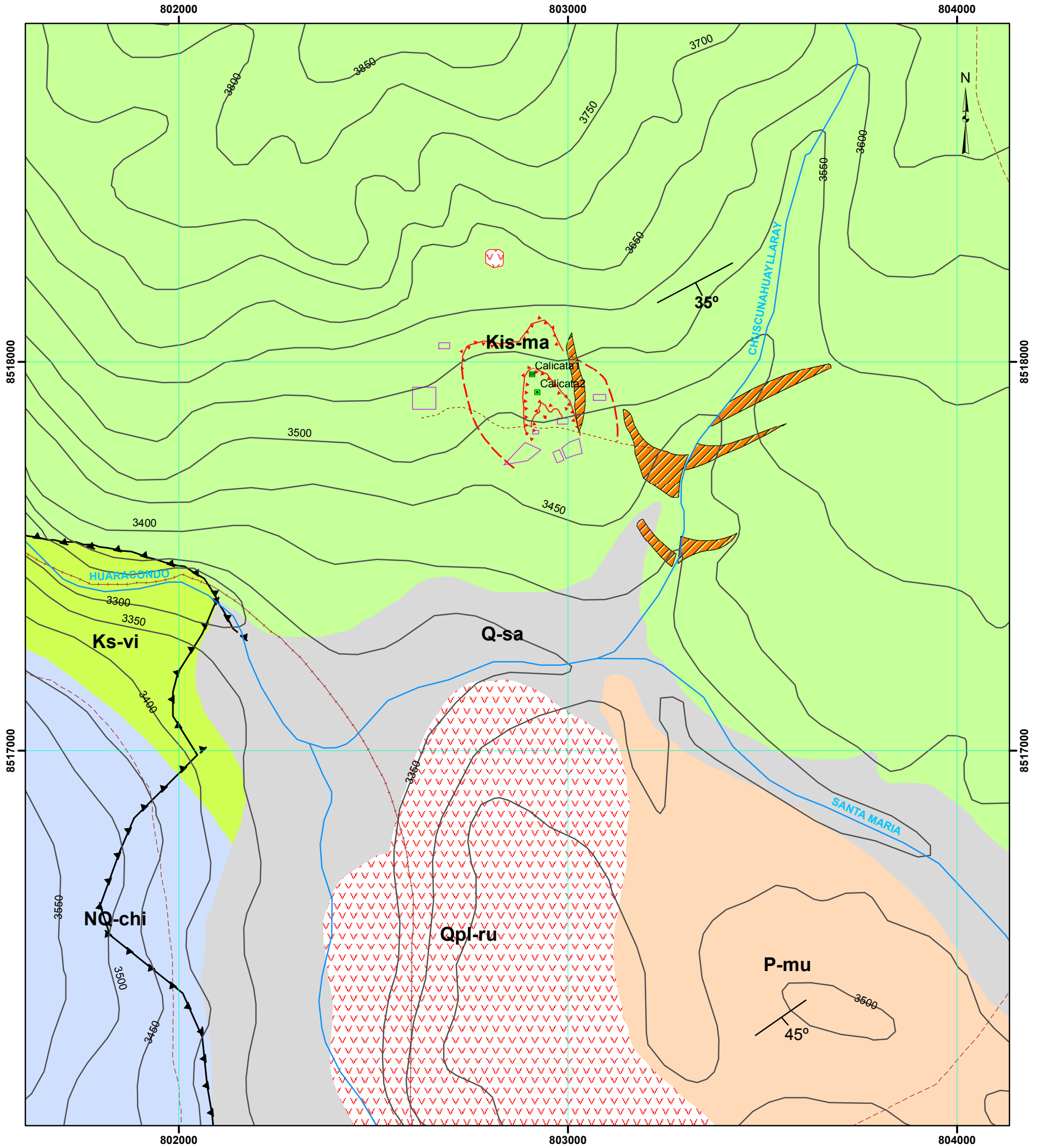
**CARACTERIZACION
GEOLOGICA
DESLIZAMIENTO
KCANACCHIMPA**

PLANO GEOMORFOLOGICO LOCAL

DISTRITO : HUAROCONDO	Elaborado:
PROVINCIA : ANTA	Ing. CARLOS W. BARRIENTOS GUZMÁN
REGION : CUSCO	
FECHA: FEBRERO DEL 2011	ESCALA: 1:50,000

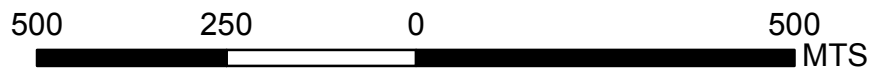
P-

PLANO GEOLOGICO LOCAL



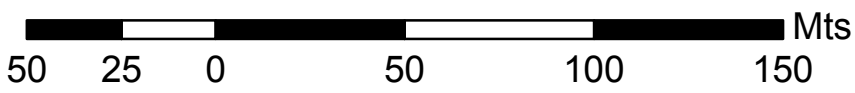
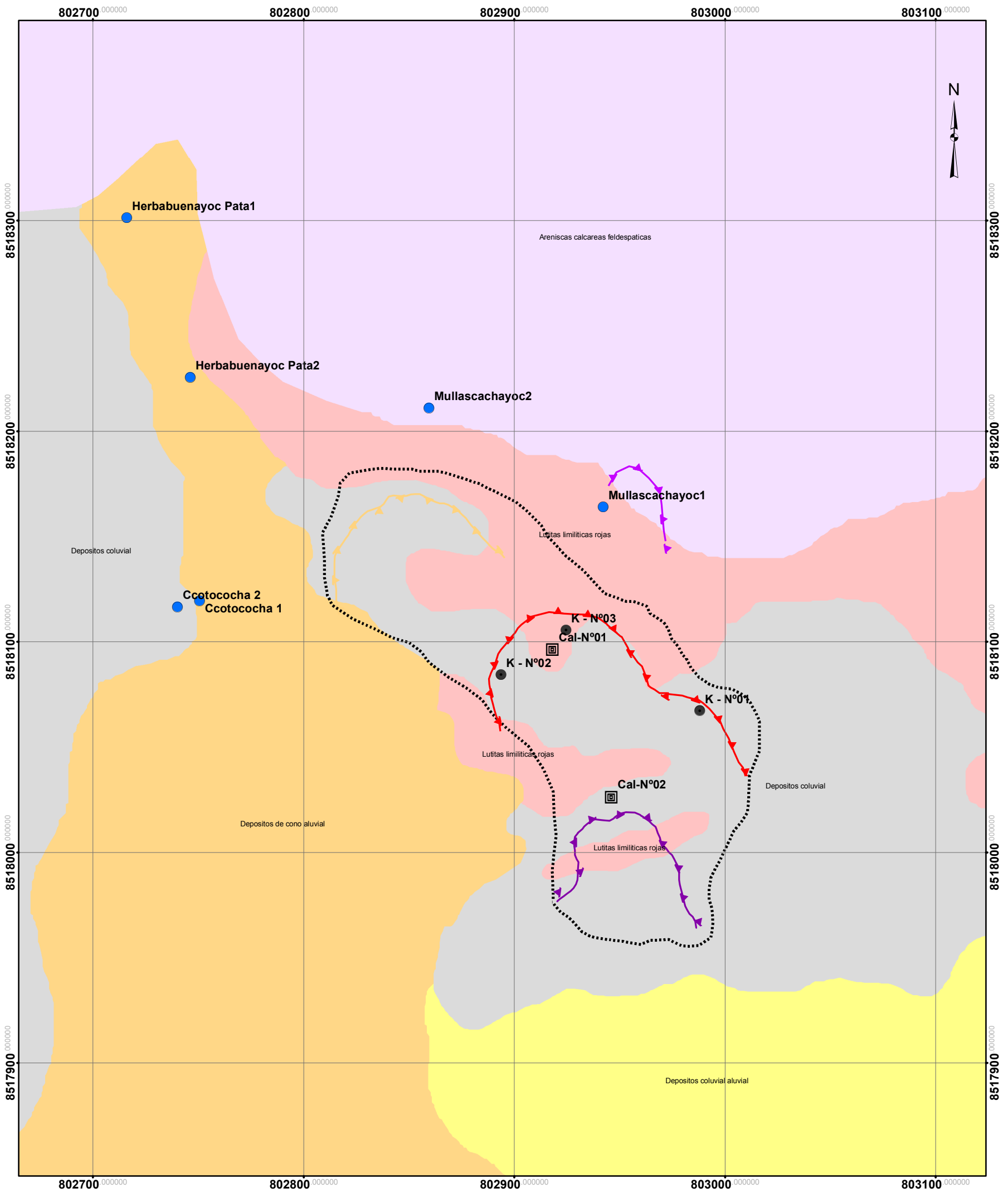
leyenda

- | | | | |
|--|---------------|--|---------------------|
| | Volcanico | | Grieta |
| | Q-sa | | Probable_Grieta |
| | Qpl-ru | | Carretera |
| | P-mu | | Riel |
| | Ks-vi | | Viviendas_Afectadas |
| | Kis-ma | | Calicata1 |
| | NQ-chi | | Calicata2 |
| | carcavas | | curvas_de_nivel |
| | Falla_Inversa | | rios |



		CARACTERIZACION GEOLOGICA DESLIZAMIENTO KCANACCHIMPA	
PLANO GEOLOGICO LOCAL			
DISTRITO : HUAROCONDO PROVINCIA : ANTA REGION : CUSCO		Elaborado: Ing. CARLOS W. BARRIENTOS GUZMÁN	
FECHA: FEBRERO DEL 2011		ESCALA: 1/10000	
		P-	

MAPA LITOLOGICO



LEYENDA	
.....	Cuerpo principal aparente
▲	Deslizamiento Quellocanta
▲	Deslizamiento Hunutuma
▲	Deslizamiento Hunutuma alto Activo
▲	Deslizamiento Quellocanta 2 activo
☐	Calicatas
●	Manante
●	Permeabilidad
■	Depositos coluvial aluvial
■	Depositos coluvial
■	Depositos de cono aluvial
■	Areniscas calcareas feldespaticas
■	Lutitas limilíticas rojas



**CARACTERIZACION
GEOLOGICA
DESLIZAMIENTO
KCANACCHIMPA**

PLANO LITOLOGICO

DISTRITO : HUAROCONDO
PROVINCIA : ANTA
REGION : CUSCO

Elaborado:
Ing. CARLOS W. BARRIENTOS GUZMÁN

FECHA: FEBRERO DEL 2011

ESCALA: 1/2000

P-