



GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO



**PROYECTO ESPECIAL REGIONAL
INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE**

PERFIL DE PROYECTO

**INSTALACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCION ANTE
ALUVIONES EN LA MICROCUENCA DE RAMUSCHACA DEL DISTRITO ZURITE**



**ESTUDIO GEOLOGICO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO
GEODINAMICA E HIDROGEOLOGICO**

**Ing. Ronald Lopez Zapana.
Ing. Erwin Tomaiconza T.
Ing. Mario Cuisquispe Quispe**

Octubre 2012

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	ANTECEDENTES	1
1.2	UBICACIÓN	3
1.3	OBJETIVO	3
1.3.1	Objetivos específicos.	3
1.4	JUSTIFICACIÓN	4
2	GEOMORFOLOGÍA	5
2.1	UNIDALES GEOMORFOLOGICAS	5
2.1.1	TERRAZAS BAJAS INUNDABLES.	5
2.1.2	TERRAZAS BAJAS	5
2.1.3	TERRAZAS ALTAS	5
2.1.4	RELIEVE DE PENILLANURA.	6
2.1.5	ESCOMBRERAS.	6
2.1.6	RELIEVE COLINOSO	7
2.1.7	RELIEVE MONTAÑOSO	7
2.1.8	PIES DE MONTAÑA	8
3	ASPECTOS GEOLÓGICOS.	9
3.1	UNIDADES GEOLOGICAS	9
3.1.1	FORMACIÓN MARAS. (Kis ma)	9
3.1.2	FORMACIÓN AYABACAS (Kis ay)	10
3.1.3	FORMACIÓN VILQUECHICO (Kis vi)	10
3.1.4	FORMACIÓN AUSANGATE.(Ksp au)	11
3.1.5	FORMACIÓN MUÑANI (P mu)	11
3.1.6	GRUPO PUNO.(P pu)	12
3.1.7	GRUPO TACAZA.(PN ta/lbr)	12
3.1.8	PLUTÓN COTABAMBAS (PN cot /gd-ton)	12
3.1.9	Formación San Sebastián (Q sa)	13
3.1.10	Depósitos fluviales.(Q fl)	13
3.1.11	Depósitos Aluviales (Q al)	13
3.1.12	Depósitos Coluviales (Q co)	13
3.1.13	Depósitos Aluvionicos (Q alv)	13
3.1.14	Depósitos Eluviales (Q el)	14
3.1.15	Depósitos de Deslizamientos (Q de)	14
3.1.16	Depósitos de bofedal (Q bo)	14
3.2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	14
3.2.1	Fallas	14
3.2.2	Fracturamiento	15
3.2.3	Interpretación.	17
4	GEODINÁMICA	18
4.1	GEODINÁMICA INTERNA	18
4.1.1	Antecedentes sísmicos en la Región Cusco.	18
4.1.2	Mapa de Zonificación sísmica.	19
4.1.3	Mapa de máximas intensidades.	19
4.1.4	Parámetros sísmicos.	20
4.1.5	Mapa de aceleraciones sísmicas.	21
4.2	GEODINÁMICA EXTERNA	22
4.2.1	Conos de Deyección.	22
4.2.2	Cuerpos deslizados.	22
4.2.3	Depósitos Aluvionicos.	22
4.2.4	Derrumbes	22
4.2.5	Escarpes	22
4.2.6	Escombreras.	22
4.2.7	Grietas tensionales	22
4.2.8	Reptación de suelos.	23

4.2.9	Socavamiento.	23
4.2.10	Desbordamiento.	23
4.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS DESLIZAMIENTOS	23
4.3.1	Deslizamientos antiguos	23
4.3.2	Deslizamientos activos.	23
4.3.3	Deslizamientos con actividad baja o incipiente.	23
4.3.4	Deslizamientos con actividad media o moderada.	24
4.3.5	Deslizamientos con fuerte actividad.	24
4.4	TIPOLOGÍA DE LOS DESLIZAMIENTOS	25
4.4.1	Deslizamientos rotacionales.	25
4.4.2	Deslizamientos traslacionales.	25
4.5	CARACTERIZACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS.	27
4.5.1	Deslizamiento de llamacancha.	27
4.5.2	Deslizamiento de Cancaro.	29
4.5.3	Deslizamiento de Unuraquina.	31
5	VOLUMEN DE MATERIAL DEL EVENTO ALUVIONAL DEL 2010	33
5.1	Metodología.	33
5.1.1	Cartografía superficial	33
5.1.2	Topografía del cauce actual	33
5.1.3	Mediciones directas.	33
5.1.4	Plano de volúmenes de escombros.	33
5.2	Áreas de erosión	34
5.3	Volúmenes.	34
5.4	Material transportado en suspensión.	35
6	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	36
6.1	Deslizamiento llamacancha.	37
6.2	Deslizamiento Cancaro.	38
6.3	Deslizamiento Unuraquina.	39
7	MAPA DE PELIGROS.	40
7.1	METODOLOGÍA DE LA MATRIZ DE PELIGROS	40
7.1.1	Variable pendiente.	41
7.1.2	Variable Geomorfología.	41
7.1.3	Variable Litología	41
7.1.1	Variable Geología Estructural.	41
7.1.1	Resistencia al corte (estado compacto y saturado).	41
7.2	Estimación de grados de peligro o valoración de las variables	42
7.3	EVALUACIÓN DE PELIGROS.	42
7.3.1	Zona de peligro muy alto	43
7.3.2	Zona de peligro alto	43
7.3.3	Zona de peligro medio	43
7.3.4	Zona de peligro bajo	43
7.3.5	Zona de peligro muy bajo	43
8	HIDROGEOLOGÍA	44
8.1	HIDROMETRÍA	44
8.2	INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA.	44
8.3	PERMEABILIDAD Y POROSIDAD EN ACUÍFEROS	45
8.3.1	Porosidad	45
8.3.2	Conductividad Hidráulica o Permeabilidad	46
8.4	VOLUMEN DEL ACUÍFERO KARSTICO (Buena productividad)	47
8.5	UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.	49
8.5.1	ACUÍFERO	49
8.5.2	ACUITARDO.	50
8.5.3	ACUICLUDO.	51

1 INTRODUCCIÓN

El 28 de enero del 2010 ocurrió un alud de lodo y rocas a raíz del deslizamiento en el cerro Huch'uy Ayamoqo que afectó el cauce de la sub cuenca Ramuschaca y zonas circundantes.

La sub cuenca de Ramuschaca es el colector principal del río Zurite, cuya población como es conocido, fue afectada por aluvión que inundó la Plaza de armas, calles aledañas al canal principal y áreas de cultivo de la parte baja, como es de suponer con pérdidas económicas por los efectos que trajo este evento geodinámico.

Posterior a este evento, a solicitud y participación del gobierno local se han realizado siete estudios geológicos y geodinámicos para establecer las causas y proponer alternativas de solución al problema surgido, los que se analizan en el ítem de antecedentes.

1.1 ANTECEDENTES

Se han realizado los siguientes estudios geológicos y geodinámicos:

ESTUDIO / DOCUMENTO	INSTITUCIÓN	RESPONSABLES:
ESTUDIO GEODINÁMICO EN EL CERRO JUCH'UY AYAMOQO - ZURITE ANTA CUSCO	GOBIERNO REGIONAL CUSCO	Tomasa Tovar Cayo Edilberto Tovar Cayo
EVALUACIÓN GEODINÁMICA MICROCUENCA DEL RÍO RAMUSCHACA - ZURITE	INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL PLAN INTERNACIONAL PERU	Ing. Ruperto Benavente Velásquez Ing. Heraclio Boza Murillo
MAPA DE PELIGROS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES - CIUDAD DE ZURITE	INDECI - PNUD	Ing. Ruperto Benavente Velásquez Ing. Juan Arosquipa Monzón Ing. Heraclio Boza Murillo Arq. Yuri Villafuerte Gutiérrez
INFORME TÉCNICO: EVALUACIÓN GEOLÓGICA GEODINÁMICA - ZURITE	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ZURITE	Dra Carmen Rosa Araoz Ing. Edson Salas Fortón Ing. Pablo César Torres Allende Ing. Marco Huamán Challco
INFORME TÉCNICO: MONITOREO DEL DESLIZAMIENTO DE ZURITE	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO - OFICINA DE PROYECCIÓN SOCIAL	Dra Carmen Rosa Araoz Ing. Edson Salas Fortón Ing. Flavio Ortiz Salas Ing. Ramiro Pacheco Ing. Pablo César Torres Allende Bach. Marco Huamán Challco
INFORME TÉCNICO: INSPECCIÓN GEOLÓGICA AL DESLIZAMIENTO DE ZURITE - 28 DE ENERO DE 2010	INGEMMET	Patricio Valderrama Murillo Malena Rosado
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ZURITE PLAN DE RECONSTRUCCIÓN POST DESASTRE 2010	CARITAS CUSCO	CARITAS DEL PERU

Las conclusiones y recomendaciones tienen variados criterios, algunos que han calculado volúmenes de material deslizado, otros que han calculado caudales máximos, que en ninguno de los casos se aproximan, consideramos por el uso diversificado de fuentes de información de precipitaciones y de la calibración de modelos hidrológicos.

Respecto a las causas que originaron el deslizamiento también son muy disímiles y no concuerdan respecto a las causas, mientras que para algunos este deslizamiento

to ya existía desde 2003, para otros ocurre el 28 de enero y se produce el aluvión, para algunos el tema pasa por la inclinación de las pendientes y el tipo de roca y otros sencillamente no hacen mención de este aspecto. Por tanto, con un diagnóstico incierto las alternativas de solución se hacen muy generales.

Evidentemente, en cuanto no se conozca o se planteen las hipótesis más aproximadas para descartarlas o corroborarlas mediante estudios primarios no se podrían recomendar las medidas de mitigación más apropiadas.

En el estudio de Cayo Tovar se desprende que no es posible precisar volúmenes de material deslizado, sin que exista un plano topográfico adecuado para elaborar este cálculo, es un planteamiento objetivo así como la construcción de un canal en la parte superior para el control de esorrentía que se plantea en este estudio.

En el Estudio “Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación de la Ciudad de Zurite”, es un proyecto que el Programa Ciudades Sostenibles del INDECI desarrolla con el apoyo del PNUD, calculan que el material potencial a deslizarse es de 4 000 000 m³ aproximadamente, los que representan un alto peligro potencial a deslizarse si se dieran las mismas condiciones de precipitación de la temporada pasada y se indica el poblado de Zurite presenta un alto peligro. Sin embargo no se indica la metodología de cálculo ni se precisa los fundamentos sobre el volumen de material potencial a deslizarse, que se considera una limitación para otorgarle confiabilidad a la información.

Se recomienda trabajos de banqueo, para minimizar el volumen propenso a deslizarse (cerro Llamacancha), donde se deberá hacer tratamiento de estabilidad de taludes

Para minimizar al poder erosivo de las aguas del río Ramoschaca se deberá construir diques transversales de gaviones o concreto ciclópeo, también se deberán construir dos espigones de concreto en la parte superior de la población, los que servirán de contención de materiales en el caso se repita nuevos huaycos.

Encausamiento de la quebrada Ramoschaca, en la zona urbana tomando en cuenta el comportamiento hidráulico del flujo debido a la fuerte pendiente del cauce.

Tratamiento del cerro Llamacancha, que actualmente presenta problemas por actividad geodinámica, con revegetación y acciones de manejo de suelos.

Fortalecimiento de capacidades a autoridades y la población en su conjunto en prevención de desastres naturales.

Se recomienda para la reubicación paulatina de la ciudad de Zurite ocupar las áreas de Erapata y Sisacpata.

En la “Evaluación geodinámica micro cuenca del río Ramuschaca – Zurite- Instituto nacional de defensa civil y Plan internacional Perú”, no precisa causas ni aporta otros elementos adicionales a los indicados en el mapa de peligros del INDECI, ya que tienen los mismos datos como conclusiones y recomendaciones sin otros análisis adicionales, se entiende porque son los mismos responsables que elaboran el mapa de peligros del INDECI.

En el “Informe técnico: inspección geológica al deslizamiento de Zurite – del INGEMMET, se hace un recuento de los relatos que hace la población sin aportes técnicos de importancia que puedan contribuir en el análisis de las causas que las originaron.

El “Informe técnico: monitoreo del deslizamiento de Zurite y el informe técnico: Evaluación geológico geodinámico – Zurite”, tienen las mismas conclusiones y recomendaciones.

Designan el deslizamiento ocurrido en el cerro Ayasamachina, con desprendimiento de más de 2, 500,000 m³ de material, indica así mismo, un caudal de 12.67 m³/seg en una avenida extraordinaria, se indica que el deslizamiento se encuentra en movimiento por la presencia de grietas observadas, que puede estar en movimiento es posible, sin embargo la presencia de grietas en un deslizamiento ocurrido no necesariamente es indicador de movimiento actual.

En lo específico recomiendan la reforestación de la cabecera del deslizamiento y zonas aledañas al cauce, que es probablemente lo que se hizo, ya que se tienen plantaciones en las riberas del cauce e implementar un comité de vigilancia y alerta para un plan de contingencias.

Las conclusiones en algunos de los estudios estiman volúmenes exageradamente altos (2 500 000m³ y 4 000 000 m³), ni aun considerando toda el área uniforme de toda la sub cuenca con 10 m de espesor alcanzaría a estos volúmenes, por lo que no es muy confiable tomar esta información.

Las recomendaciones planteadas en los siete estudios realizados con el objetivo de tener alternativas de solución para mitigar los efectos de probables ocurrencias de deslizamientos y aluviones , algunas de ellas han ido implementándose, tales como la organización de la población ante la ocurrencia de desastres promovidos por ONG soluciones prácticas, la recomendación de forestación en la orillas del cauce que son de bajo costo y son posibles de ser implementados, algunas otras como el de la reubicación de la población que ha sido rechazada por la población. Frente a estas limitaciones el gobierno local de Zurite solicita la participación del Gobierno Regional para que mediante su proyecto especial IMA se haga cargo de un proyecto integral en la Microcuenca de Ramuschaca., para que previa la evaluación geodinámica haga el planteamiento de alternativas de solución y se concreten obras de infraestructura con este fin.

En abril del 2012, el INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE (IMA), se hace cargo del estudio a nivel de perfil y expediente Técnico del Proyecto “Protección y conservación de la microcuenca de Ramuschaca del distrito de Zurite en la provincia de Anta-Cusco”, para lo cual un equipo de profesionales han sido contratados dentro de los que se incluye especialistas en geología para el desarrollo de este componente.

1.2 UBICACIÓN

La sub cuenca de Ramuschaca se ubica en el distrito de Zurite, provincia Anta, Región Cusco Su localización en el sistema de coordenadas UTM es la siguiente: 8513414,794790 y 8510835, 797490 entre 3390 mnsnm y 4260msnm

1.3 OBJETIVO

Evaluar la geodinámica de la sub cuenca Ramuschaca, cuyo diagnóstico contribuya a la propuesta de alternativas para la elaboración del perfil técnico del proyecto “protección y conservación de la microcuenca de Ramuschaca del distrito de Zurite en la provincia de Anta-Cusco”.

1.3.1 Objetivos específicos.

- Caracterizar los elementos morfológicos del área del deslizamiento
- Caracterizar los factores condicionantes de los deslizamientos

- Caracterizar los factores desencadenantes de los deslizamientos
- Caracterizar los tipos de deslizamientos
- Determinar los volúmenes de material deslizado y transportado
- Determinar zonas de acumulación y erosión en la sub cuenca.
- Establecer la matriz de peligros en función a normas vigentes.
- Establecer el mapa de peligros del área
- Propuestas de prevención y mitigación de procesos geodinámicos potenciales en el área del proyecto.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El proceso geodinámico desencadena en un aluvión ocurrido el 28 de enero de 2010 en la cuenca de Ramuschaca ha puesto en riesgo a la Población de Zurite. Tomando en consideración el riesgo que representa este proceso geodinámico, el estado Peruano y el Gobierno Regional como entidades que tienen dentro de sus atribuciones la defensa de la vida humana y la prevención como política, se ha priorizado la formulación del Proyecto que es justificable desde todo punto de vista.

2 GEOMORFOLOGÍA

La característica geomorfológica predominante en el área, es el contraste de relieve por el cambio de pendiente entre los depósitos cuaternarios o planicies y los relieves montañosos y colinosos, estas constituyen una franja con orientación noroeste-sureste. Esta cadena de montañas NE a SE constituye una franja de la cadena de los andes de la cordillera oriental de valles interandinos.

La Geomorfología es un factor condicionante mas para la presencia de los acuíferos ya que en relieves planos la permeabilidad se incrementara favoreciendo a la recarga de acuífero.

En este sentido dentro del proyecto se ha identificado las siguientes formas de paisaje:

PAISAJE	ELEMENTO DE PAISAJE	Ha	%
PLANICIE	Terrazas bajas inundable	164.8	10.5
	Terrazas bajas	242.7	15.5
	Terrazas altas	15.8	1.0
	Relieve de Penillanuras	167.4	10.7
	Escombreras	11.7	0.7
COLINOSO	Relieve Colinoso	523.0	33.4
MONTAÑOSA	Relieve Montañoso	395.1	25.2
	Pies de Montaña	47.0	3.0
		1567.5	100.0

Fuente: Equipo de estudio

2.1 UNIDALES GEOMORFOLOGICAS

2.1.1 TERRAZAS BAJAS INUNDABLES.

Representan paisajes de alto nivel freático cuya característica son de elevaciones no mayor de 2 metros del cauce a la planicie y pendientes de 0 a 8 % generalmente los suelos suelen ser materiales turbosos y limoarcillosos por la permanente zonas de anegamiento, estos relieves se les puede ver en la parte baja cuya zona de pastoreo es intensivo de buena calidad.

2.1.2 TERRAZAS BAJAS

Son geo forma producto de la peneplaniciacion por erosión y sedimentación en diversos periodos geológicos cuya característica de material cuaternario y pendientes que varían entre 2 a 15 % así podemos nombrar a algunas zonas:

Pampas de Zurite, Parte baja de los andenes, y toda la zona de pastizales ganadera de Zurite, con un espesor de 3 m en las zonas proximales (cabecera y porción media) y más de 8 m en la porción distal (próxima a la población de Zurite).

2.1.3 TERRAZAS ALTAS

Es una geo forma que se encuentran en la parte intermedia de la microcuenca en la que se encuentra emplazada la población de Zurite, se trata de materiales aluviales transportados desde la cabecera de las quebradas Unuraquina y Llamacancha; están conformados por una sucesión estratificada de por lo menos tres eventos de flujos de lodo, de grandes dimensiones y de variados espesores, constituidos por bolones y bloques de areniscas, calizas, granodioritas y lutitas que son observables a lo largo del canal erosionado por el cauce del río Zurite.

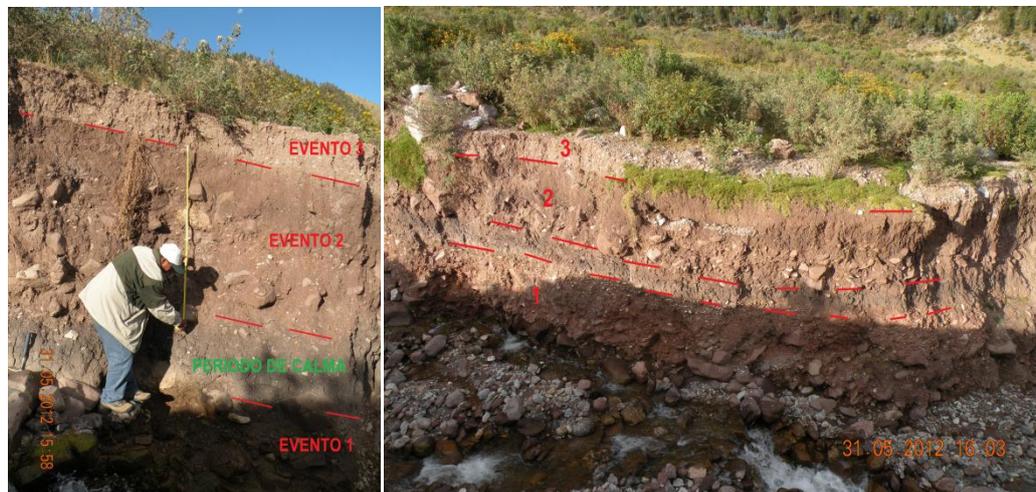


FOTO N° 2.1 y 2.2: Estratigrafía del cuaternario en la Subcuenca Ramuschaca donde se muestran los eventos aluviales aterrados.

Esta disposición estratigráfica permite aseverar que en el pasado del reciente cuaternario ha sucedido eventos aluvionicos del cerro Llamacancha(o Ayamocco) y junto a la vez, dada la constitución de los bloques y bolones de rocas intrusivas y sedimentarias, de magnitud similar o tal vez mayor al ocurrido en enero del 2010, ya que si comparamos el evento tres (3) es el espesor acumulado del evento del 2010, respecto a los espesores de los eventos uno y dos representa aproximadamente la tercera parte, por tanto estos eventos han debido ser de mayor magnitud. Con un periodo de calma entre el evento 1 y 2, que es de acumulación de suelos orgánicos.

Estateraza aluvial tipo conol es el resultado histórico de una sucesión de eventos de este tipo en el pasado geológico cuaternario, cuyos volúmenes se encuentran en un aproximado de 2 000 000 m³ desde las cabeceras de la sub cuenca hasta la zona de la población.

Por otra parte esta terrazas pueden estar asociados a deposiciones reciente por acción erosiva y deposición de materiales cuaternario de aluvial fluvial y coluvial que conforma parte del piso de valle en formación.

2.1.4 RELIEVE DE PENILLANURA.

Su forma se debe a procesos geodinámicas geológicas cuya característica principal es la formación de aterrazamiento producto de la erosión y sedimentación además de los flujos de agua superficial y subterráneo. Cabe recalcar esta geo forma se da en la parte altas por encima de los 4000 msnm. Su pendiente varía entre los 2 a 25 %. Generalmente están asociados a los acuíferos y áreas hidromorficas. Por la lato nivel freático se considera zonas de pastizales de lato potencia.

2.1.5 ESCOMBRERAS.

Son formas de paisaje dejado por el aluvión o modificados por la mano del hombre tal como se ve la cantera de explotación de agregados, cuya forma paisajística ha sido alterado en los últimos procesos geodinámica.

Estos materiales o botaderos de escombros pueden representar un potencial de peligro alto puesto que la explotación del material agregado no cuenta con las normas de explotación a tajo abierto de material no metálico adecuado.

2.1.6 RELIEVE COLINOSO

Elevaciones de macizos rocosos de origen sedimentario e intrusivo producto de la disección pliocuaternaria cuya formas alargadas son observables en la sub cuenca a manera cerros aislados entre hasta 150 m del piso a la cima los que podemos destacar; la colina Chaupiorqo situada al pie de la quebrada Llamakancha, esta elevación ha servido de una especie de dique natural que ha moderado la velocidad del aluvión desviando gran volumen de material transportado por el aluvión hacia el flanco izquierdo de la quebrada Unurakina.

Estructuralmente estas elevaciones tienen un alineamiento y conforman parte de la cordillera, están constituidos por rocas del Paleogeno y Neogeno en algunos casos del cretáceo inferior (Rocas intrusivos y sedimentarias) cuya deformación morfológica se debe más a los últimos procesos pleistocenos.

Las colinas Suyt'urqo localizada en el tramo intermedio del flanco derecho de la quebrada Unurakina, se encuentra aguas debajo de Chaupiorcco, esta lomada ha sido afectado por la erosión del aluvión, mostrando agrietamientos y derrumbes hacia el cauce de la quebrada Unurakina.



Foto N° 2.3 y 2.4: Lomadas que muestran comportamientos distintos por aspectos litológicos.

2.1.7 RELIEVE MONTAÑOSO

Estas formas de paisaje representa parte de la cordillera de los andes cuya características del levantamiento presentan la misma dirección de la cadena de los andes asociado a diversos episodios de levantamiento tectónico.

La cordillera de Vilcabamba, es una cadena que constituye uno de los ramales meridionales de los Andes y se halla al nor este del área del Proyecto con una dirección dominante Nor oeste sur este (este de Ollantaytambo). Tiene importantes picos y nevados. Hacia el norte del área del proyecto se encuentra la cordillera de Vilcabamba, cuya dirección vira respecto a la cordillera Vilcanota (entre Ausangate y Pisac) hacia una dirección este oeste.

Este alineamiento estructural en el área del Proyecto se halla conformado por la cordillera de Vilcabamba desde la zona de Pisac - Calca pasando por Limatambo hasta Vilcabamba.

Esta cadena de montañas está conformada por rocas del cretáceo al Paleógeno con evidencia de cambio morfológico en el pleistoceno, cuyos acontecimientos históricos de geodinámica se presentan en la actualidad como importantes geoformas como lagunas glaciares, morrenas y valles glaciares, amplios conos aluviales, terrazas fluvio aluviales, valles y quebradas que fotografían la historia dinámica de aluviones, deslizamientos, flujos de lodo y avalanchas.

En el área del Proyecto serán nombradas constantemente el cerro Huch'uy Ayamoqo con 4,246 metros de altitud, el cerro Jatun Ayamoqo localizada al norte del deslizamiento con 4,390 metros, constituye la principal zona de la sub cuenca de recepción de precipitaciones cuyas aguas discurren hacia el deslizamiento, el cerro Minasniyoq como el más alto y que sirve de divisoria de aguas con la sub cuenca de Erapata y Sisacpata.

Los relieves Montañosos presentan laderas que constituyen las estribaciones laterales de las Montañas y resultan importantes porque en estas áreas con las que se producen la mayoría de procesos geodinámicos presentes, son factores concomitantes de estos procesos.

2.1.8 PIES DE MONTAÑA

Son paisajes producto de la acumulación de materiales cuaternarios de tipo coluvial y eluvial, localizado en los cambios de pendiente entre la montaña y las terrazas conformado por matorrales y arbustivo.

Geodinámicamente son las zonas susceptibles a procesos geodinámicos como la erosión y sedimentación, produciéndose deslizamiento y asentamiento pero no visible en la zona de estudio.

3 ASPECTOS GEOLÓGICOS.

El estudio geológico comprende las secuencias estratigráficas en sus diversos episodios geológicos las que son definidas por las formas estratigráficas.

La geología es un aspecto muy importante para las decisiones de tratamiento y estabilización de peligros geodinámica, conociendo la distribución del modo en que se encuentran distribuidos los paquetes de estratos rocosos y la génesis y origen de formación se puede predecir muchos escenarios a futuro lo que puede determinar la capacidad de almacenamiento de los recursos hídricos llamados acuíferos, peligros geodinámicos latente por la manifestación de fallamientos, fracturamientos y diaclasamientos, las que serán indicadores de peligros geodinámicos.

Unidades Geológicas

Sistema	Serie	Unidad Estratigráficas	Intrusivos	Simbología	Ha	%
Cuaternario	Pleistoceno	Depósitos Fluvial		Q-fl	4.6	0.3
		Depósitos Bofedal		Q-bo	176.5	11.3
		Depósitos Deslizamiento		Q-de	8.3	0.5
		Depósitos Eluvial		Q-elu	6.6	0.4
		Depósitos Aluvionico		Q-alv	9.9	0.6
		Depósitos Coluvial		Q-col	15.4	1.0
		Depósitos Aluviales		Q-al	135.6	8.7
	Holoceno	Formación San Sebastian		Q-sa	270.8	17.3
Neógeno		Grupo Tacaza		PN-ta/lbrc	230.4	14.7
Paleógeno	Superior		Batolito de Cotabambas	PN-cot/gd,to	116.9	7.5
		Grupo Puno		P-pu	9.2	0.6
		Formación Muñani		P-mu	302.9	19.3
	Inferior	Formación Ausangate		KsP-au	63.6	4.1
Cretáceo	Superior	Formación Vilquechico		Ks-vi	18.1	1.2
	Inferior	Formación Ayavaca		Kis-ay	16.1	1.0
	Inferior	Formación Maras		Kis-ma	176.6	11.3
Triásico Pérmico	Superior Inferior		Batolito Machpichui	PsTi-ma/gr	5.9	0.4
					1567.5	100.0

Fuente: Equipo de estudio IMA

3.1 UNIDADES GEOLOGICAS

3.1.1 FORMACIÓN MARAS. (Kis ma)

Son afloramientos que se presentan de manera caótica, es decir una mezcla de yesos, lutitas rojas y verdes en menor proporción y escasamente calizas, producto de deformaciones diapíricas.

El espesor total de esta unidad, puede variar de 100 a 200 metros, aunque en algunos lugares pueden sobrepasa los 400 metros debido a efectos diapíricos y tectónicos. Se le asigna una edad Albiano medio (Cretácico medio).

Desde el punto de vista de la mecánica de rocas y estabilidad de taludes, estas son mediocres y propensas a desarrollar deslizamientos, tal como se presentan en la zona inferior de la sub cuenca, en la margen derecha del río Zurite, en el que se ha producido deslizamientos en la lomada Suytuorco.



Foto N° 3.1: Formación Maras con afloramientos caóticos al oeste de la cantera de agregados.

3.1.2 FORMACIÓN AYABACAS (Kis ay)

Afloran en forma continua y muestra una secuencia compuesta por lutitas rojas, areniscas, algunas lutitas verdes y estratos potentes de calizas marinas. Los estratos están orientados de este a oeste con inclinación al fondo de la elevación Jatun Ayamoqo. El grupo se encuentra medianamente fracturado, su edad corresponde al Albiano-Maestrichtiano.

Las calizas se presentan en grandes bloques atravesadas por una falla inversa de orientación irregular, donde se encuentra el acuífero cárstico y fisurado con mayor reserva de agua subterránea, originando el manantial Llamacancha que contribuyó para el deslizamiento y aluvión.

El macizo rocoso presenta mediano grado de tectonismo, constituye el soporte mecánico del macizo rocoso, dificultando la rápida erosión del paquete sedimentario y evitando la profundización rápida del cauce de la quebrada Llamacancha.



Foto N° 3.2: Formación Ayabacas con afloramientos de calizas en la zona norte de Llamacancha.

3.1.3 FORMACIÓN VILQUECHICO (Kis vi)

Están constituidas por lutitas, limolitas y fangolitas con estratos de areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, de colores anaranjado, rosado y gris.

Las lutitas varían de marrón rojizo a beige, gris verdosos, púrpura a negro, aunque los colores no constituyen indicadores estratigráficos seguros, en términos generales los tonos verde y rojo de los sedimentos

Afloran en la zona sur del proyecto en una área menor a 0.5 km² en contacto con la formación Tacaza.



Foto N° 3.3: Formación Vilquechico en la zona sur este de Zurite.

3.1.4 FORMACIÓN AUSANGATE.(Ksp au)

Están constituidas por una secuencia fina pelítica de tonalidad rojiza que yace sobre la formación Vilquechico al sur del proyecto y al sur oeste se halla en conaacto fallado con la formación Tacaza. Se trata de una intercalación aparentemente monótona delimoarcilitas y areniscas arcósicas. Se le asigna una edad delcampaniano – Maestrichtiano. (Cretásico superior –senoniano)

Aflora al sur oeste de Zurite forma de lomadas en tres porciones cuyas áreasacumuladas no superan el km²



Foto N° 3.4: Formación Ausangate EN LA zona sur este de Zurite.

3.1.5 FORMACIÓN MUÑANI (P mu)

Son una alternancia de: areniscas, lutitas (rojas, verdes y grises), y abundantes conglomerados en la parte inferior de la serie. Sobreyace a la formación Ayabacas.

Las areniscas son de grano fino, medio y grueso, areniscas arcósicas feldespáticas, se presentan en bancos de 0.10 a 2.00 metros de espesor, muestran estratificación cruzada, expuestas en la quebrada Unuraquina, el sector de Qhanqaropampa y el cerro Minasniyoq. El macizo rocoso se encuentra medianamente fracturado. En esta zona se aprecian antiguas escarpas estables.

En los taludes elevados se producen algunos desprendimientos de material morrénico de poco volumen, por otro lado, se tienen pequeños flujos de lodo. El material de los antiguos deslizamientos de este sector están depositados a lo largo del cau-

ce de la quebrada Unuraquina y en su cono de deyección, la edad de estas series son del Eoceno medio-Oligoceno Inferior.

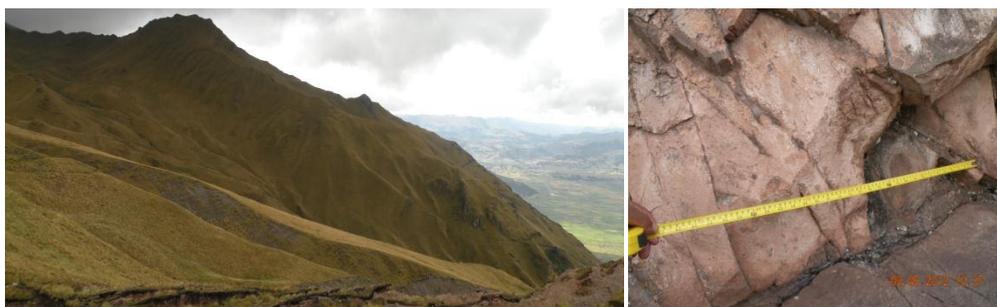


Foto N° 3.5 y 3.6: Formación Muñani en el cerro Minasiyoc y aspecto textural.

3.1.6 GRUPO PUNO.(P pu)

Está constituida principalmente de areniscas rojizas rosadas y conglomerados, las areniscas son de grano fino a grueso, generalmente arcósicas, los estratos de conglomerados son masivos y de hasta 2 metros de espesor intercalados con areniscas conglomerádicas.

En la zona del proyecto aflora en la región norte de la micro cuenca en contacto con la formación Muñani en un área relativamente reducida. Los estratos de este grupo presentan baja permeabilidad, en consecuencia representa al substrato rocoso impermeable.

3.1.7 GRUPO TACAZA.(PN ta/lbr)

Está constituido por una secuencia de depósitos de ambiente lagunar y volcánicos de naturaleza lávica piroclástica y aglomerádica. En la hoja del Cuadrangulo del cusco ha sido denominado como formacion Anta. La secuencia Tacaza está constituida por aglomerados masivos de aspecto brechoide y color blanquecino a violáceo, presentan pigmentaciones negro grisáceas hacia la parte superior, la matriz es algo afanítica con fenocristales de plagioclasas. La roca muestra silicificación y está fuertemente fracturada, con limonitas que rellenan los planos de fracturamiento.

3.1.8 PLUTÓN COTABAMBAS (PN cot /gd-ton)

Son rocas intrusivas corresponde a rocas de granodiorita y microdiorita que aflora en la zona del deslizamiento y en la cantera de Zurite, se trata de roca intrusiva del Plutón Cotabambas, algunos autores lo consideran como parte del batolito Andahuaylas Yauri que se encuentran altamente fracturadas y meteorizada, este material estructuralmente yace en forma de un lacolito entre estratos del grupo Yuncaypata. Abarcando la ladera de Llaullikancha, cerro Huch'uy Ayamoqo y el tramo superior de la quebrada Llamacancha, conformando el gran volumen tabular.

Esta disposición es uno de los factores condicionantes para la ocurrencia del deslizamiento.

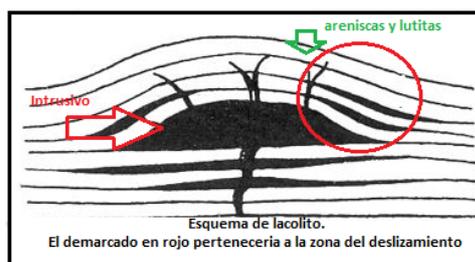


Figura N° 3.1: Esquema de lacolito que intruye a las capas de areniscas y lutitas sedimentarias.



Figura N° 3.7 y 3.8: aspecto textural y litológico de las rocas intrusivas del Plutón Cotabambas.

3.1.9 Formación San Sebastián (Q sa)

Estos constituidos por depósitos de origen lacustres, está caracterizada por formar dos secuencias (Cabrera, 1988): el primergrano decreciente, está constituida por secuencias de arenas fluviales de canales entrelazados deltaicos, y lutitas lacustres o palustres. Niveles diatomíticos y calcáreos caracterizan la parte superior. La segunda secuencia es grano creciente, está compuesta por conglomerados y areniscas de conos-terrazas fluvio-torrenciales, que indican el cierre de la cuenca.

Estos depósitos se hallan en la denominada pampa de Anta, cuyos bordes se encuentran en las proximidades de Zurite y el cono aluvial pertenece a la segunda secuencia del cierre de cuenca.

3.1.10 Depósitos fluviales.(Q fl)

El rio Ramuschaca o Zurite contiene gravas, arenas y limos sin consolidación, depositados en pequeñas barras y terrazas de hasta 0.80m de espesor en algunos sectores.

Estos depósitos consisten mas gravas en las zonas proximales y mas finos en las zonas distales, es decir aguas abajo de la población de Zurite.

3.1.11 Depósitos Aluviales (Q al)

Estos depósitos están compuestos por gravas, gravas areno arcillosas, arenas arcillosas y limos principalmente cuyos clastos de las gravas son de areniscas, lutitas y calizas, depositados en la quebrada Unuraquina, se encuentran en medio de la quebrada relleno de esta área.

Parte de estos depósitos han sido erosionados y transportados por el aluvión del 2010 que ha incrementado el volumen de material transportado, es decir estos depósitos son antiguos.

3.1.12 Depósitos Coluviales (Q co)

Estos depósitos tienen ocurrencia restringida a las áreas de las rocas con fuerte grado de fracturamiento, se trata de gravas, guijas y guijarros sin consolidación al pie de los cerros con fuerte pendiente y con alto grado de fracturamiento.

3.1.13 Depósitos Aluvionicos (Q alv)

Están constituidos por guijas guijarros de carácter homogéneo, es decir constituido por materiales de rocas intrusivas granodioríticas en tamaños que pueden variar entre 10 y 15 cm en fragmentos de formas angulosa a sub angulosas.

Estos depósitos han sido distribuidos en la zona del deslizamiento que arrastrados por las aguas de precipitación llegaron hasta la zona media de la micro cuenca Ramuschaca que al erosionar el material cuaternario aluvial incrementaron volúmenes de transporte de sedimentos que llegó a la población.

3.1.14 Depósitos Eluviales (Q el)

Son acumulaciones esencialmente finas de arcillas, limos y arenas, acumuladas sobre las laderas de la formación Muñani y el Plutón Cotabambas, a consecuencia de intensa meteorización in situ ocurrida en las laderas del cerro Minasniyoc.

Estos depósitos son poco competentes y favorecen la ocurrencia de deslizamientos cuando se hallan en fuertes pendientes, o cuando son excavados en taludes para la construcción de vías o plataformas de canales.

3.1.15 Depósitos de Deslizamientos (Q de)

Están constituidos por gravas, arenas y limos en forma de matriz de bolones y pequeños bloques en estado suelto, generalmente los fragmentos son angulosos a veces en pseudo estratos.

Estos depósitos se encuentran en la zona del Llamacnacha en Unurakina y hacia la zona nor este de Llamacancha con espesores variables, con escarpas de los deslizamientos reconocibles.

3.1.16 Depósitos de bofedal (Q bo)

Estos depósitos físicamente son suelos livianos y porosos, muy baja densidad, poca cohesión, alto índice de plasticidad y muy alta capacidad de retención de agua y buena conductividad hidráulica, tienen espesores entre 30 a 90 cm de espesor en el que hallan las raíces de la vegetación de la zona. Se encuentran en la zona alta de la microcuenca a lo largo de todo el fondo del valle que tiene manantes que alimentan estos suelos y lo convierten en bofedales.

3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

3.2.1 Fallas

La zona del Proyecto está afectada por fallas de tipo regional, una falla inversa que tiene actividad en el cuaternario reciente y originada por la tectónica Santoniana atraviesa cerca a la zona de deslizamiento, sigue una dirección 160°NE con 45°NE , medidas en el banco de areniscas al norte del deslizamiento, que consideramos es la más importante en el desarrollo de las intrusiones de granodiorita. Existen otras fallas conjugadas de dirección 150°NE con buzamiento 50°SO . El sistema de fallas medidas en la zona de contacto entre rocas del grupo San Jerónimo y las rocas del grupo Yuncaypata se muestran en el diagrama de polos.

Al sur del deslizamiento la falla regional inversa se evidencia en la parte inferior de la quebrada Llamacancha, afectando rocas del grupo San Jerónimo, poniendo en contacto con las rocas del grupo Yuncaypata y la presencia de rocas intrusivas.

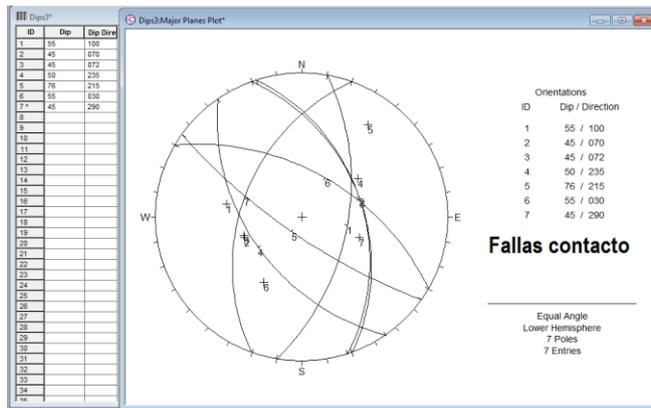


Figura N° 3.2 : Sistemas de fallas en rocas del grupo San Jerónimo en la zona de contacto fallado con el grupo Yuncaypata.

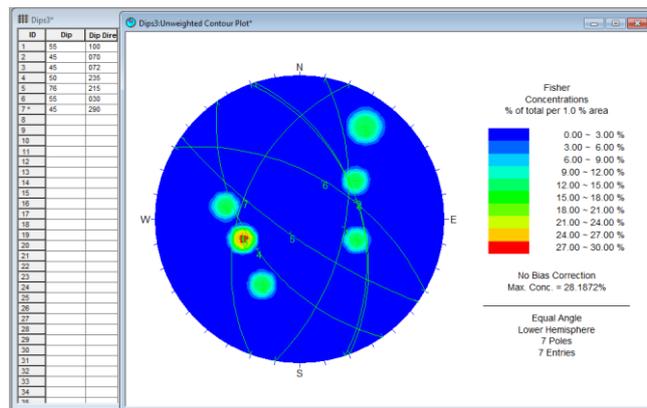


Figura N° 3.3: Diagrama de polos con ángulos medios en rocas del grupo San Jerónimo en la zona de contacto fallado con el grupo Yuncaypata.

3.2.2 Fracturamiento

Se han realizado mediciones de las fracturas en diferentes lugares del área del Proyecto, los cuales en tres de ellas tienen direcciones similares, y una tiene distinta tal como se puede observar en los diagramas de frecuencias.

Los sistemas que son constantes tienen una orientación NO-SE Y NNO -SSE, CON aleatorias NE-SO tanto en las rocas del grupo San Jerónimo como en las rocas intrusivas, y el sistema distinto que presenta es las rocas del grupo Yuncaypata con una orientación NE-SO en la quebrada encañonada donde se plantea la derivación hacia la cancha de lodos.

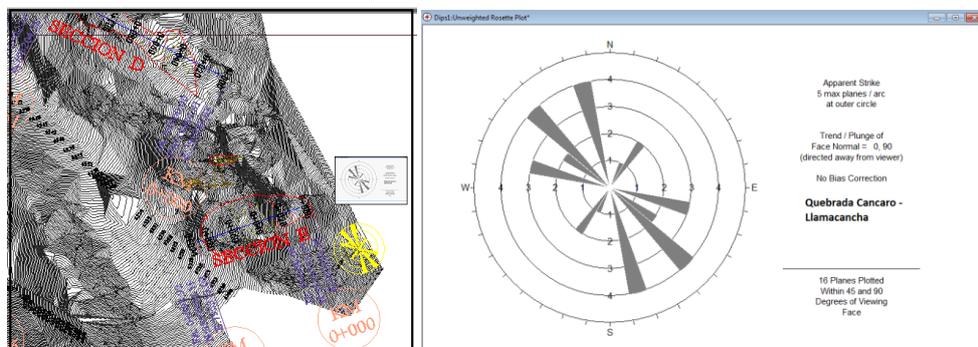


Figura N° 3.4: Sistemas de fracturas en la zona central de la quebrada Llamacancha

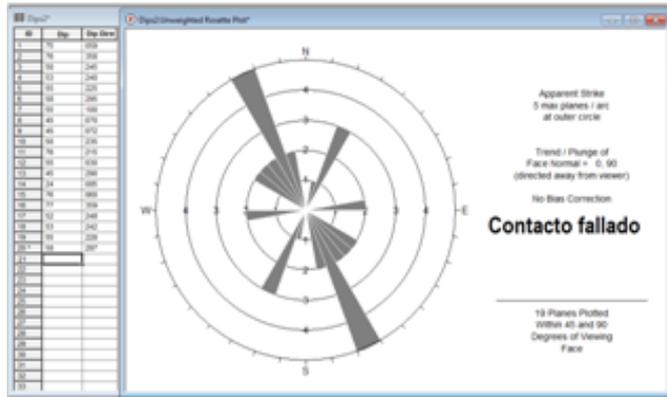
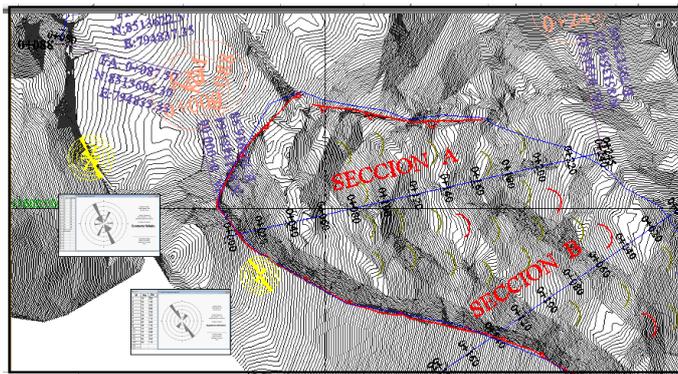


Figura N° 3.5: Sistemas de fracturas en rocas del grupo San Jerónimo en la zona de contacto fallado con el grupo Yuncaypata.

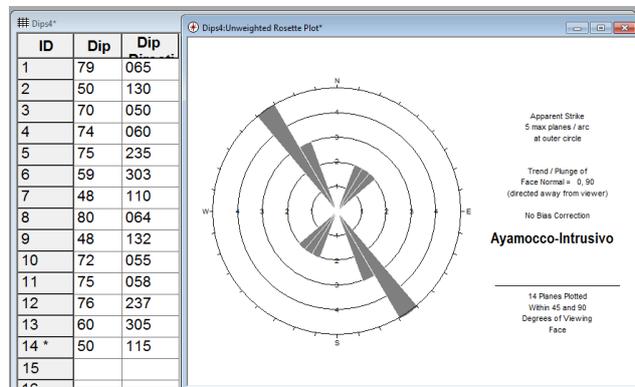


Figura N° 3.6: Sistemas de fracturas en las rocas intrusivas en la cabecera del deslizamiento.

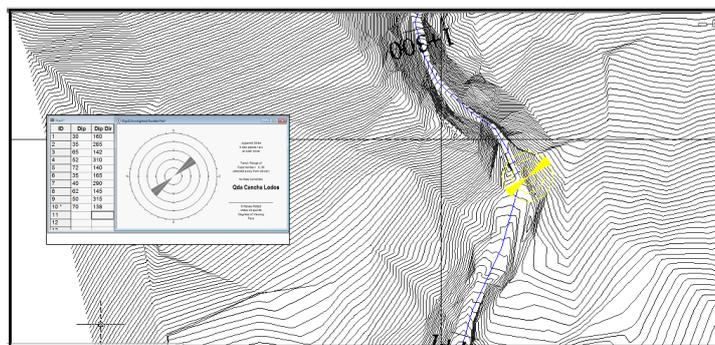


Imagen N° 3.7. Ubicación de la zona de cancha de lodos.

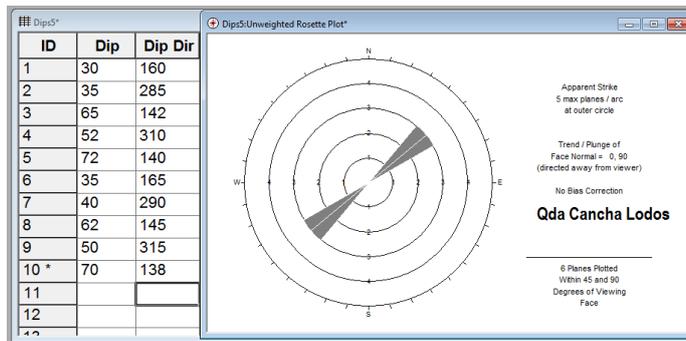


Figura N° 3.7: Sistemas de fracturas en la quebrada de desvío hacia la cancha de lodos.

3.2.3 Interpretación.

El sistema de fallas y fracturas son coincidentes con la dirección preferente en la mayoría de zonas que se han realizado las mediciones, por tanto, se puede atribuir el fracturamiento y el fallamiento como contemporáneos, o por lo menos generados bajo un mismo evento tectónico, y correspondería al terciario superior definida por Cabrera (1988) en los términos siguientes: La región del Cusco se encuentra situada sobre una zona de cambio de geometría de la subducción y está caracterizada por una evolución tectónica sedimentaria durante el plio cuaternario, localizada a lo largo de las fallas que limita las altas planicies de la cordillera oriental. Un conjunto de cuenca Neógenas (terciario), fueron rellenadas por depósitos fluvio torrenciales de probable edad miocena, y por secuencias fluvio lacustres Plio-Pleistocenas, que corresponden a los depósitos de la formación San Sebastián.

Una extensión sin sedimentaria de dirección general Este-Oeste atribuida al Plioceno (terciario superior), es contemporánea de una actividad volcánica (Cabrera, 1988). Esta podría haber generado estos sistemas de fallas y fracturas.

Esta direcciones de fracturas como se puede comprobar tiene directa relación con la dirección general del deslizamiento, por tanto es un factor predisponente importante en el deslizamiento.

4 GEODINÁMICA

El análisis de este capítulo deviene en importante dado las características y antecedentes del área del Proyecto. Una Falla regional anta Limatambo que tiene actividad en el cuaternario y procesos geodinámicos activos son los que merecen nuestra atención en el presente capítulo.

4.1 GEODINÁMICA INTERNA

En el Perú se considera dos fuentes sísmicas importantes, la “Fuente Sismogénica Marina”, que comprende la fosa y el zócalo continental, donde se originan los eventos más importantes y catastróficos. Estos eventos son de origen profundo (hipocentros) y otros de carácter intermedio y superficial que son los más frecuentes.

La otra, es la “Fuente Sismogénica Continental” donde, por la lejanía a la convergencia de las dos placas tectónicas, los eventos sísmicos son menores en frecuencia y magnitud, aunque, con excepciones, conforme lo expresa la historia sísmica nacional, también se han producido terremotos con origen en el continente, tal como ocurre en la región del Cusco y en otras del Perú Central que se han resumido en el siguiente ítem.

4.1.1 Antecedentes sísmicos en la Región Cusco.

Como se puede apreciar en el cuadro resumen de sismos en la región del Cusco, existen varios ocurridos muy próximas al proyecto, sin embargo muchos por condiciones de comunicación en el pasado no han sido registrados y los registrados aparecen con epicentros sin precisar, indicando como cerca al Cusco.

Fecha	Mag	Nombre	Epicentro	Zonas afectadas
12 de mayo, 1650	7,5	Terremoto del Cuzco de 1650 (aun no redactado)	Cerca del Cuzco, actual Departamento de Cuzco.	Sur y centro del Perú
17 de septiembre de 1707	7,0	Capi de 1707	Departamento del cusco	Actual Dpto. de Cuzco.
19 de noviembre, 1744	6,0	Cuzco de 1744	Cuzco	Dpartamento del Cuzco
11 de febrero, 1746	7,0	Urcos de 1746	Cuzco	Cuzco
8 de octubre, 1831	7,0	Sur del Perú de 1831	Cuzco	Extremo sur del Perú y actual norte de Chile.
18 de septiembre, 1833	7,0	Sur del Perú de 1833	Cuzco	Sur del Perú y actual norte de Chile.
3 de diciembre, 1869	6,0	Abancay de 1869	Apurímac	Dpto. de Apurímac.
18 de junio, 1931	7,0	Tinta de 1931	Tinta, provincia de Canchis, departamento del Cuzco	Afectados los pueblos de Tinta, Checacupe, Sicuani y Yanaoca.
5 de marzo, 1938	6,0	Acopía de 1938	Acopía, provincia de Acomayo, departamento del Cuzco	Pueblo de Acopía.
23 de junio, 1939	6,0	Acomayo y Canas de 1939	Distrito de Pomacanchi, provincia de Acomayo, departamento del Cuzco	Provincias de Acomayo y Canas
18 de septiembre, 1941	7,0	Cuzco de 1941	Cerca del Cuzco, departamento del Cuzco	Dptos. de Cuzco y Apurímac.
30 de enero, 1943	7,0	Yanaoca y Pampamarca de 1943	Distrito de Yanaoca, provincia de Canchis, departamento de Cuzco.	Pueblos de Yanaoca y Pampamarca.
21 de mayo, 1950	7,0	Cuzco de 1950	Cerca del Cuzco, departamento del Cuzco.	Dpto. del Cuzco.
19 de julio, 1959	7,0	Sur del Perú de 1959	?	Dptos. de Arequipa, Moquegua y Tacna.

8 de noviembre, 1961	6,0	Acos de 1961	Distrito de Acos, provincia de Acomayo, departamento de Cuzco	
8 de mayo, 1965	6,0	Urcos de 1965	Distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento de Cuzco	Pueblo de Urcos.
14 de octubre, 1971	6,6	Aymaraes de 1971	Provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac.	Prov. de Aymaraes.
6 de abril, 1986	6,0	Cuzco de 1986	Límites de los dptos. de Cuzco y Madre de Dios	Región Central-Sur.
3 de abril, 1999	6,0		Suroeste del Perú.	Arequipa
3 de abril, 1999	6,0		Suroeste del Perú.	Cusco , Calca
31 de enero 2012	3.8	Cusco	Calca	Cusco - Calca
21 de abril del 2012	5.2.	Cusco	A 53 Km norte de Chumbivilcas	Chumbivilcas Cusco
21 de Mayo del 2012	3.8	Cusco	A 14 km norte de Paruro	Paruro Cusco

Fuente: IGP

4.1.2 Mapa de Zonificación sísmica.

El territorio nacional se considera dividido en tres zonas sísmicas, esta zonificación está basada en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica. Esta ha sido delimitada por el IGP. El área del Proyecto en base a esta zonificación se halla en la zona 2.

4.1.3 Mapa de máximas intensidades.

El mapa de intensidades para el área del Proyecto corresponde a una intensidad máxima registrada de grado VI-VII en la escala de Mercalli, de acuerdo al IGP, por otro lado, las isosistas del sismo del Cuzco de 1950 están en el rango de III a IV tal como se muestra en las figuras 4.1 y 4.2. A pesar que no se tiene registros de sismos regionales en el área del proyecto, la falla Zurite Limatambo que es considerada como activa se debe prever su ocurrencia por tanto utilizar los parámetros del IGP.

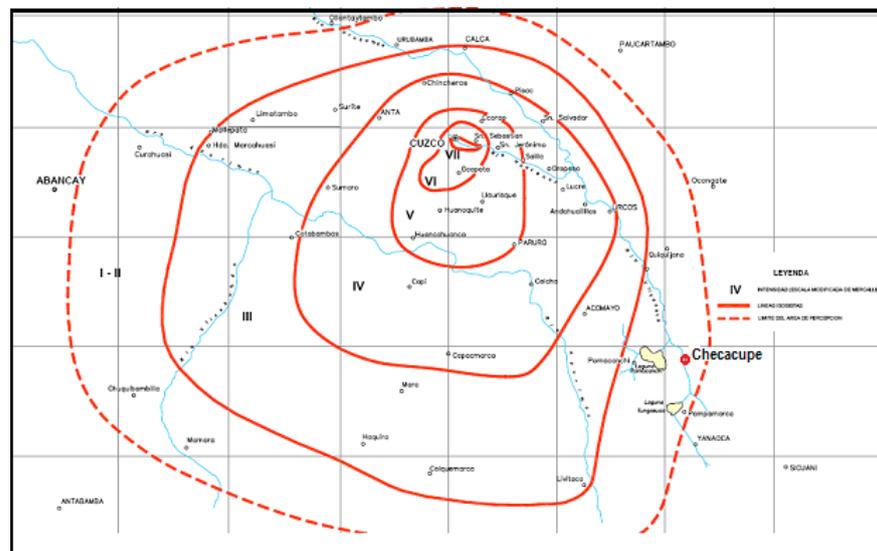


Fig. N° 4.1. Mapa de isosistas sismo 21 mayo 1950 - Cuzco (E. Silgado, J.Fernandez-Concha y G. Ericksen, 1952)

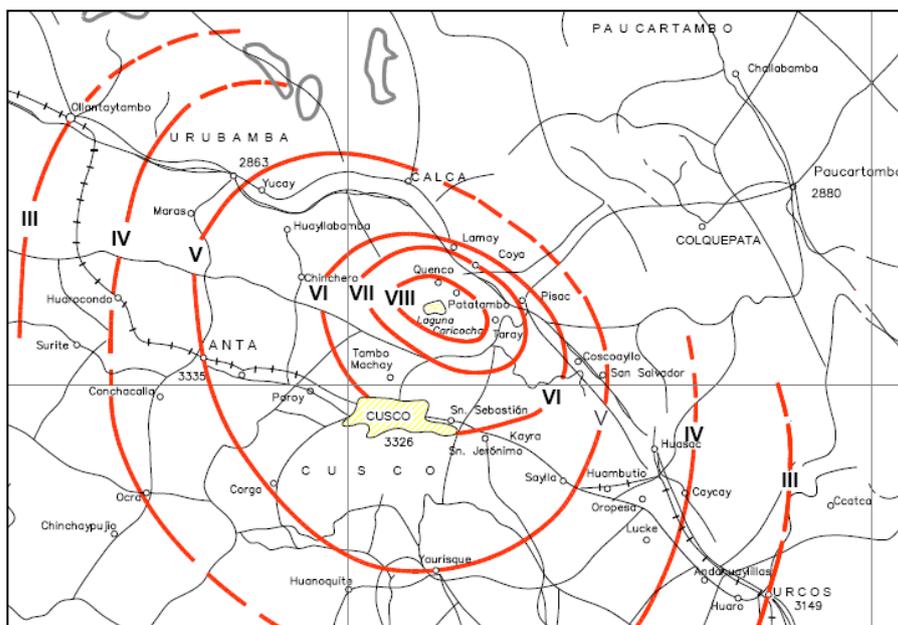


Fig. N° 4.2: Mapa de isosistas sismo 5 abril 1986 - Cuzco (P. Huaco, M. Minaya y E. Deza, 1986)

4.1.4 Parámetros sísmicos.

Los parámetros sísmicos considerados a continuación se detallan:

- Z: Factor de Zona
- S : Factor de suelo
- Sa : Aceleración espectral
- U : Factor de uso e importancia
- V: Fuerza cortante en la base de la estructura
- C: Coeficiente de amplificación sísmica
- P : Peso total de la estructura
- G : Aceleración de la gravedad
- Ts : periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo.

El valor del período predominante del suelo tomado en base a la estratigrafía del terreno, debe estimarse una variación del 25 % en aumento para su clasificación y determinación del coeficiente sísmico.

Los parámetros sísmicos de la zona de estudio a continuación se detallan:

	Aceleración			Velocidad			Desplazamiento		
Período de retorno	30	50	100	30	50	100	30	50	100
Parámetros	0.14	0.17	0.21	5.8	7.0	9.5	2.1	2.4	3.3

La fuerza horizontal o cortante total en la base debido a la acción sísmica es determinada por la siguiente relación:

$$H = \frac{Z * U * S * C * P}{Rd}$$

4.1.5 Mapa de aceleraciones sísmicas.

Los parámetros de aceleración sísmica para la zona del Proyecto corresponden a valores de 0.16g a 0.20g, que se muestra en el mapa correspondiente.

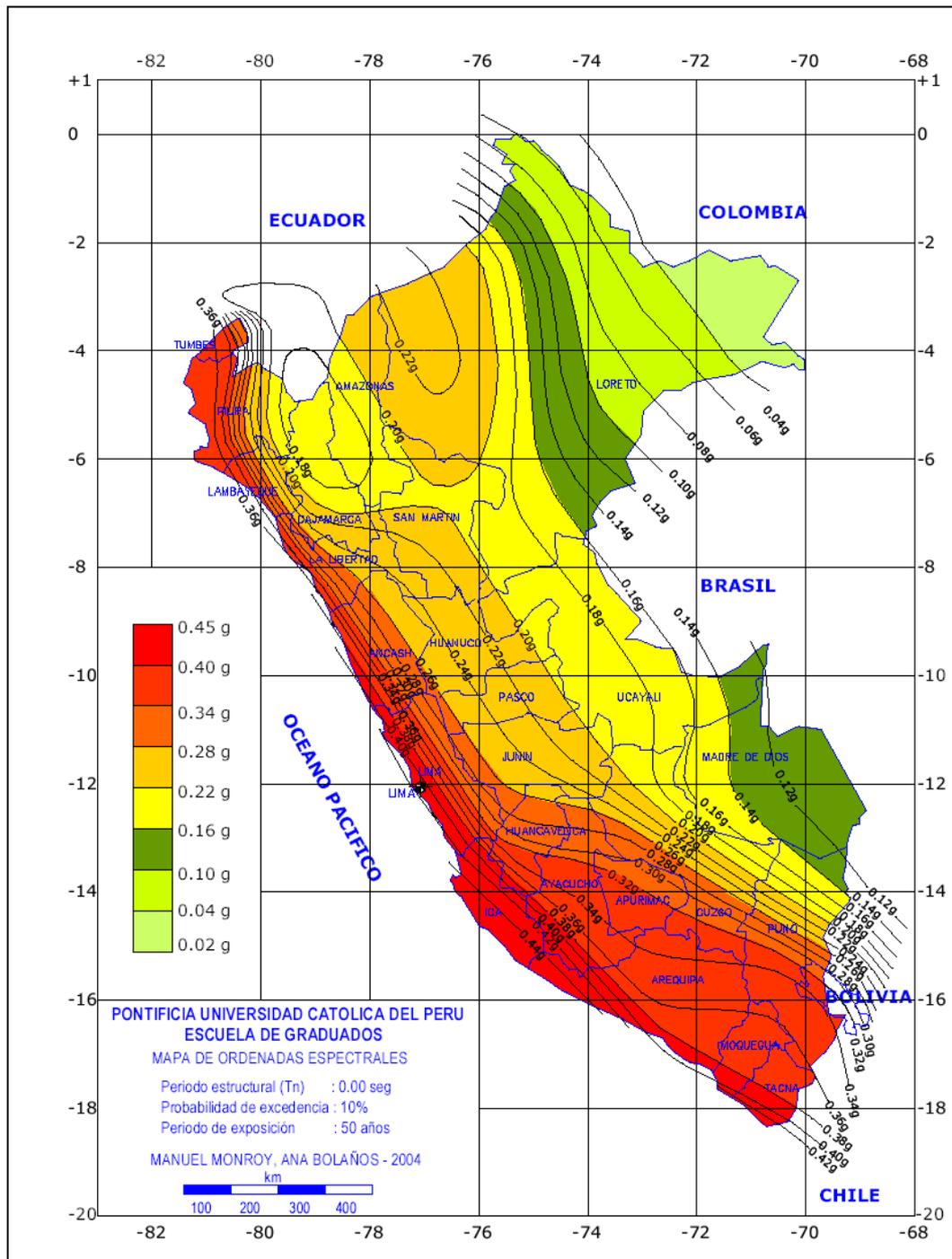


Fig. 4.3.: Mapa de aceleraciones sísmicas en el área del proyecto.

4.2 GEODINÁMICA EXTERNA

La sub cuenca Ramuschaca en el que se desarrolla el proyecto presenta procesos geodinámicas diversos, que significa riesgo a la población de Zurite, por lo que debe preverse alternativas técnicas que mitiguen los efectos de estos procesos.

Entre los fenómenos identificados tenemos los deslizamientos, derrumbes, aluviones, reptación de suelos, área de relave o escombreras, Áreas de socavamiento, y otros elementos de geodinámica como: grietas tensionales, conos de deyección, escarpes, de las que con un estudio detallado se ha identificado las partes de peligrosidad alta.

Estos procesos de geodinámica identificados en el área del proyecto, se describen a continuación

4.2.1 Conos de Deyección.

Son materiales de remoción de masa que en el transcurso de movimiento se han depositado en zonas de cambio de pendiente y o obstáculos, cuya característica litológica es heterogénea y disperso.

4.2.2 Cuerpos deslizados.

Dentro de la identificación de los fenómenos geodinámicas se ha puesto en evidencia que los elementos potenciales más peligrosos son el material sueltos deslizado y colgados a las que los llamamos cuerpos deslizados las que se han identificado en la mayoría de las zonas deslizadas.

4.2.3 Depósitos Aluvionicos.

Se refiere a los materiales de remoción de masa depositada a los largos de la vía de arrastre depositada en forma errática y dispersa, esto dependiendo de factores medio de transporte (caudal de agua), pendiente y cauce.

4.2.4 Derrumbes

Dentro del inventario de fenómenos de geodinámica externa como parte del elementos de remoción de masa se ha puesto en evidencia algunos paredes en movimiento en forma natural o manipulada por la mano del hombre cuyo proceso esta generando fenómenos de derrumbe tal como se aprecia en la cantera de agregados cuya explotación no tiene normas ni reglas de explotación de mineral no metálico a tajo abierto, lo cual crea peligros potenciales hacia la persona y población.

4.2.5 Escarpes

Son zonas de pendientes pronunciadas como parte del elemento de deslizamiento que generalmente se encuentra ubicado cerca a la corona de deslizamiento que son producto de procesos tectónico, erosión severa y desplazamiento y/o retiro material en remoción de masa.

4.2.6 Escombreras.

Con este nombre se le ha puesto a las zonas de relave temporal de las zonas de explotación de las canteras, cuyo materia son altamente potencia de peligro por su disposición de acumulación, la que son necesariamente urgente hacer su tratamiento.

4.2.7 Grietas tensionales

También son parte del cuerpo de deslizamiento o derrumbe con la única diferencia que presenta grietas de fallamiento, en forma paralela, estos fenómenos se han identificado en los tres fenómenos identificados en la microcuenca de Ramuschaca.

4.2.8 Reptación de suelos.

Este fenómeno se da en latitudes superiores a los 4000 msnm. Se caracteriza por que la acción que la provoca son las aguas sub superficiales que al congelarse provoca compresión y dilatación la que genera movimiento de masa.

4.2.9 Socavamiento.

Este fenómeno se ha identificado en todo el cauce del río Ramuschaca principalmente en los nuevos cauces aperturados después del fenómeno ocurrido en el año 2010. Esto debido a que los materiales que lo componen son horizonte cuaternario no consolidado y susceptibles a la erosión, así como en materiales evaporíticos.

4.2.10 Desbordamiento.

Este fenómeno son productos de la incapacidad de evacuación de las aguas y lodos por la que los cauces han sido sedimentados por materiales aluvionicos esto lo podemos mostrar en la parte baja del poblado de Zurite donde sus cauces son angostos y estrechos.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS DESLIZAMIENTOS

4.3.1 Deslizamientos antiguos

Estos procesos geodinámicos, han sido importantes durante el cuaternario, generalmente son estables, sin embargo en la actualidad algunos de estos deslizamientos han sido reactivados y tienen movimientos lentos que producen asentamientos y agrietamientos tensionales. Estos deslizamientos están conformados por deslizamientos secundarios que se encuentran dentro del deslizamiento principal y son estos los que tienen movimientos que generan grietas de tensión en las cabeceras de estos deslizamientos secundarios.

Se han cartografiado estos deslizamientos en la sub cuenca, de manera que describiremos cada uno de ellos en este ítem y las recomendaciones de su mitigación. En la simbología utilizada aparecen con las zonas de los deslizamientos.

4.3.2 Deslizamientos activos.

En la zona del proyecto se han identificado algunos deslizamientos activos, esta actividad ha sido dividida por los signos de movimiento que muestran y la magnitud de los mismos, que en la mayoría de los casos son resultado de la reactivación de partes de los deslizamientos antiguos, es decir de sus deslizamientos secundarios que componen el deslizamiento antiguo principal.

4.3.3 Deslizamientos con actividad baja o incipiente.

Se trata de pequeños deslizamientos que no sobrepasan los 5 m de longitud y 2 m de ancho, con una velocidad de movimiento menores a 0.06 m/año. En el plano geomorfológico se identifica con la simbología de una media luna roja en la zona de acumulación. Estos deslizamientos se pueden observar en el flanco izquierdo de la quebrada Ramuschaca. Estos son superficiales afectados por la sobresaturación de agua como factor desencadenante, pueden ser parte de deslizamientos antiguos o son producidos en zonas de cambios de pendiente.

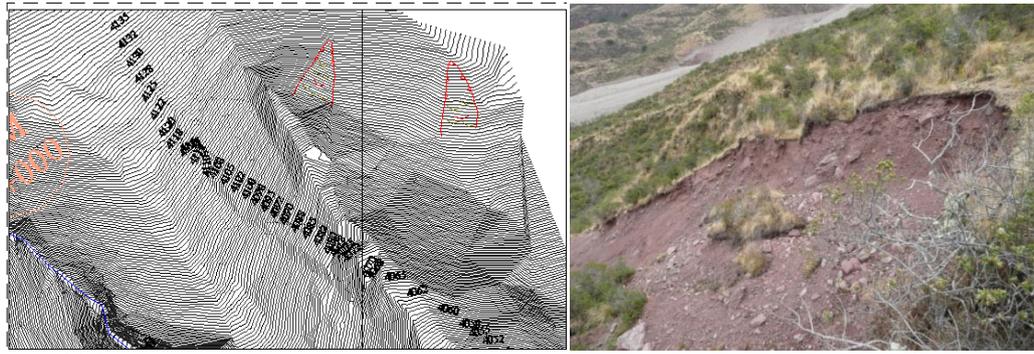


Foto N°4.1: Vista de un deslizamiento pequeño en el flanco izquierdo de la quebrada Ramuschaca

4.3.4 Deslizamientos con actividad media o moderada.

Son deslizamientos antiguos que se han reactivado y son de mediana magnitud con una longitud entre 5 y 100 m y entre 2 y 80 m de ancho cuyo movimiento pueden llegar a 0.15m/ año en temporadas de fuertes precipitaciones. En el Mapa geodinámico se considera con 2 y 3 medias lunas rojas. Estos deslizamientos se aprecian por la formación de grietas tensionales en la cabecera de los deslizamientos, unas veces de varios centímetros.

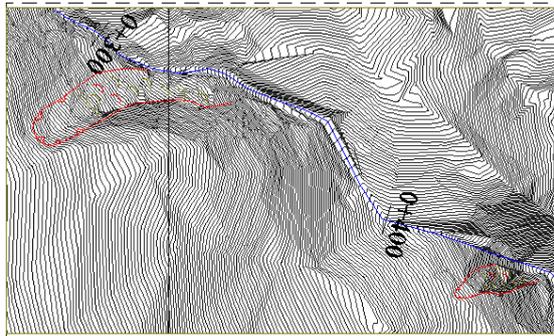


Imagen N° 4.2 : ubicación de los deslizamientos de actividad moderada

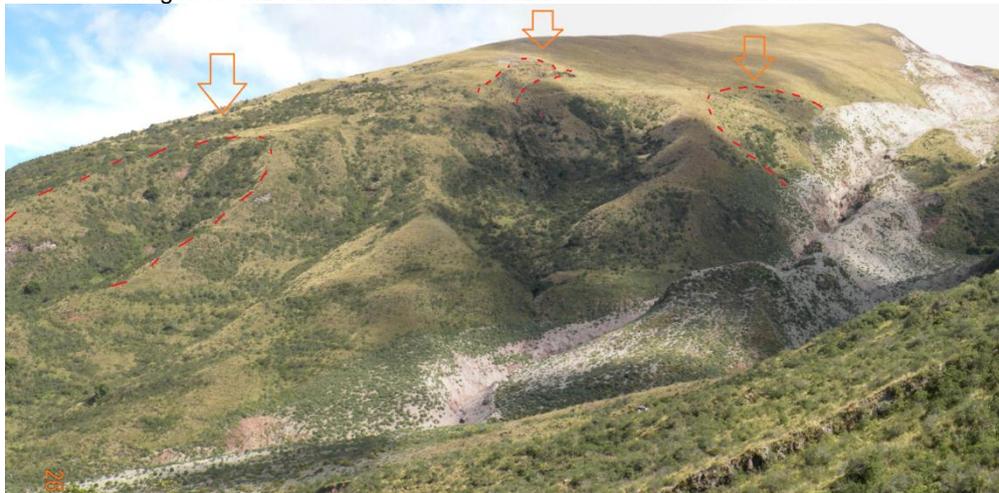


Foto N°4.2: Vista de tres deslizamientos de mediana actividad en el flanco derecha de la quebrada Ramuschaca.

4.3.5 Deslizamientos con fuerte actividad.

Estos deslizamientos son generalmente son mayores a 20m de longitud y mayores a 5 m de ancho, por el volumen que tienen, su velocidad de movimiento pueden llegar a mas de 0.40m/año. En caso que las precipitaciones sean con mayores intensidades a las normales, pueden tener mayores desplazamientos.

En el plano geodinámico se simboliza en la zona de acumulación con cuatro medias lunas rojas. Estos deslizamientos son los que ocasionan fuertes daños en la infraestructura, lo que pueden generar embalses como el ocurrido en la quebrada Llamacancha. Se ha extractado en estas imágenes el plano geodinámico con fines de ubicación.

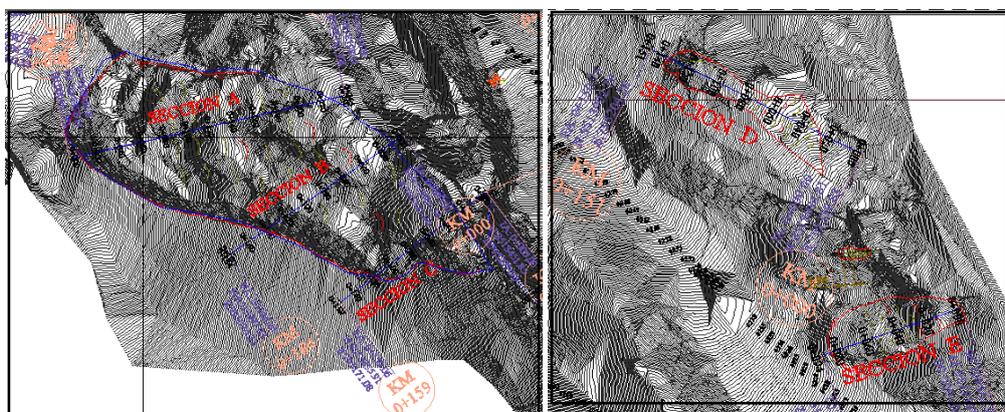


Imagen N° 4.3 : Ubicación de los deslizamientos con fuerte actividad



Foto N°4.3 y 4.4 :.Deslizamiento en la quebrada Cancaro, al este de Llamacancha

4.4 TIPOLOGIA DE LOS DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos que se han identificado en la sub cuenca Ramuschaca, son rotacionales, y traslacionales en los de rocas intrusivas.

4.4.1 Deslizamientos rotacionales.

Este tipo de deslizamientos de acuerdo a la clasificación de Varnes 1978, El movimiento rotacional se da donde la superficie de ruptura es curva, la masa rota hacia atrás alrededor de un eje paralelo a la ladera. Este tipo de deslizamientos se ha observado en las lutitas y limolitas de la formación Yuncaypata, es decir en los deslizamientos de mediana actividad.

4.4.2 Deslizamientos traslacionales.

Este tipo de deslizamientos según Varnes, son Flujos: masas que se mueven como unidades deformadas, viscosas, sin un plano discreto de ruptura. Este tipo de deslizamientos se producen en las zonas de las rocas intrusivas, debido a la conformación estructural de los afloramientos entre los estratos de lutitas y areniscas del grupo San Jerónimo y Yuncaypata, tiene un escarpe principal menos de 2 m de altura y una longitud de más de 150m que lo caracteriza como un deslizamiento traslacional.

Lamentablemente la sub cuenca Ramuschaca, es una zona con actividad geodinámica, principalmente por la presencia de deslizamientos antiguos, los que por algunos factores condicionantes y otros desencadenantes como son el incremento de agua en la masa deslizada y la erosión del pie del talud hacen que estos deslizamientos se reactiven.

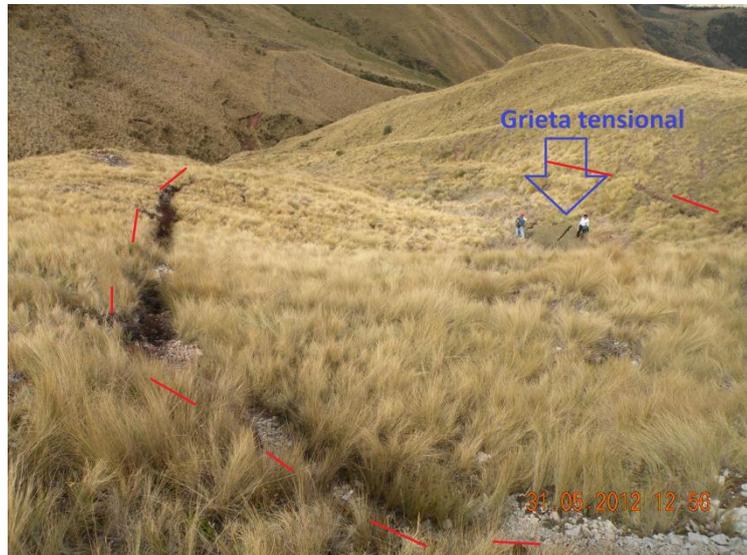


Foto N° 4.5: Deslizamiento translacional con el escarpe de cabecera con menos de 2 m de altura

4.5 CARACTERIZACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS.

Para la caracterización del deslizamiento se ha considerado los aspectos morfológicos, los factores condicionantes y los factores desencadenantes así como tipo de deslizamiento y volumen deslizado, el que permitirá determinar el volumen potencial con peligro de deslizamiento.

4.5.1 Deslizamiento de llamacancha.

Este deslizamiento es el más grande y es el responsable de haber generado deslizamientos menores en el cauce de la quebrada llamacancha, se encuentra ubicado en el plano geodinámica 1, al que hemos denominada deslizamiento Unuraquina que se encuentra en el plano geodinámica 3.

Elementos morfológicos del deslizamiento.

El deslizamiento visto en planta tiene una forma semi elíptica, limitada por el sector oeste por el escarpe principal del deslizamiento, y limitada por la zona de acumulación por el sector este cuya zona del escarpe del deslizamiento.

Tiene un área total de 39 900 m², entre la línea de escarpa principal y el borde de la zona de acumulación.

Para su ubicación en el plano se ha designado como secciones, tres de ellas se encuentran en el deslizamiento llamacancha. La pendiente de las secciones en los que se han realizado los análisis de estabilidad tienen los siguientes ángulos de los taludes en las tres secciones:

UBICACION	Pendiente promedio (general) °/%	Pendiente máxima °/%	Pendiente mínima °/%
SECCIÓN A	22/48.88	32/71.10	16/35.55
SECCIÓN B	23/51.11	30/66.66	12/26.66
SECCIÓN C	23/51.11	31/68.88	16/35.55

Factores condicionantes del deslizamiento

Para establecer las causas que generaron el deslizamiento es necesario realizar el análisis de los factores concurrentes, que condicionaron el movimiento subido de este deslizamiento:

Factor Morfológico

Antes del deslizamiento el talud del cerro Ayamocco, en base a los planos de escala 1: 25 000 se ha podido comprobar un talud de promedio de 21%. Después del deslizamiento se tiene un promedio de 22°, con un máximo de 32° en el banco superior y un mínimo de 12° en el banco inferior o pie del deslizamiento, es decir, el promedio se mantiene en la actualidad, lo que implica que después del evento violento del deslizamiento, mantiene su ángulo general de talud, sin embargo existe un talud máximo de 32° en la escarpa principal que debe ser modificado para estabilizarlo.

Factor Estructural

Este factor es el más importante, dentro de los condicionantes, ya que los sistemas de falla que se han medido, así como las direcciones de fracturas tienen una direc-

ción NNO-SSE, que son coincidentes con la dirección de la quebrada Llamacancha y con la dirección de la cabecera del deslizamiento.

Otro factor que consideramos importante es la disposición estratigráfica del grupo San Jerónimo y Yuncaypata que se encuentra con una inclinación de ángulo medio (entre 30° y 55°) hacia al nor este, entre cuyos estratos se encuentra las rocas intrusivas granodiorita en forma de un lacolito (ver fig.3.1) cuyos estratos a favor de la pendiente condicionan favorablemente la ocurrencia del deslizamiento.

El alto grado de fracturamiento con un RQD de menos de 5% en general en las rocas intrusivas, hace que el comportamiento del macizo rocoso se asemeje al de suelos gravosos arenosos con escasa cohesión en estado seco y nulo en estado saturado.

Tres sistemas de fracturamiento son aleatorios y clasifican al macizo como de mala calidad, por tanto su comportamiento geotécnico es muy malo.

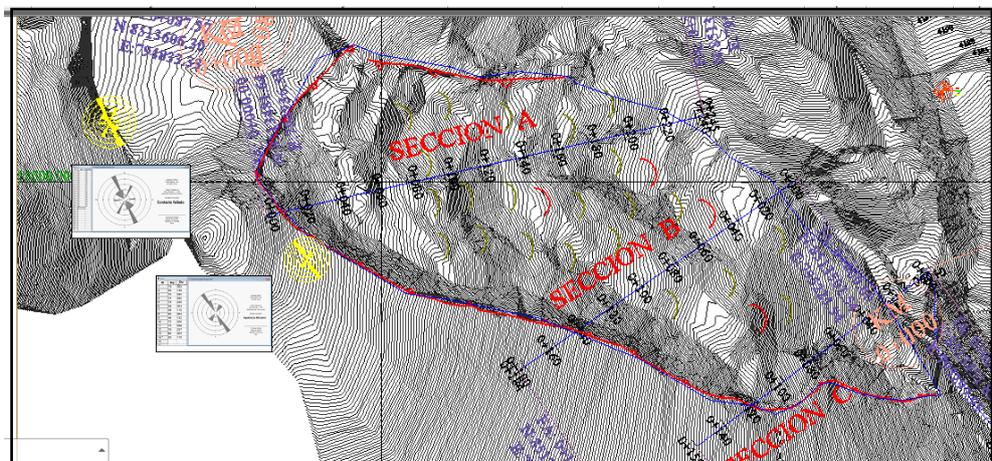


Fig N° 5.1: Tendencia general de los sistemas de fracturas paralelos al deslizamiento(amarillo).

Factor Litológico.

Este factor resulta importante en la medida que tenga relación con su disposición estructural, y reacción de susceptibilidad frente a factores desencadenantes. Es así que la roca intrusiva que se encuentra fuertemente fracturado y con una disposición inclinada a favor de la pendiente en forma de un estrato de suelo gravosos arenoso ha contribuido en el movimiento general del cuerpo del deslizamiento.

Factores desencadenantes.

Uno de los factores desencadenantes, ha sido sin duda la presencia de agua en la zona del cuerpo del deslizamiento, esto puede haber sido generado por aguas subterráneas, sub superficiales y de precipitación directa sobre el macizo deslizado, es decir, de tres fuentes probables.

La primera que debe ser corroborada con los estudios de sondajes eléctricos verticales, la segunda y la tercera que tiene relación directa con el coeficiente de permeabilidad del macizo rocoso, y al realizar la estimación de la permeabilidad de la zona se obtienen un coeficiente de 5.54E-01cm/s.

Permeabilidad del área para tres familias de discontinuidades					
Condición del macizo	Sistemas by e	Espaciam.	K Matriz	u	pa*seg
Abertura(m)	C 1	0.05	1.00E-09	1.00E+03	1.00E-06
Abertura(m)	C 2	0.01	g=	981	m/s2

Abertura(m)	C 3	0.01	v=	1.00E-02	m2/s
Prom esp.		0.022	12 v*b	1.80E-02	
Separación(m)	S 1	0.2	g*e3	0.009978	
Separación(m)	S 2	0.1			
Separación(m)	S 3	0.2	k=	5.54E-01	cm/s
Prom Sep		0.15			

Según Braja M. Das, y de acuerdo a W.Lambe y R. Whitman el coeficiente de permeabilidad obtenida con datos de campo correspondería a una permeabilidad media, es decir entre 10^{-1} y 10^{-3} cm/s, que en suelos corresponde a arenas gruesas.

4.5.2 Deslizamiento de Cancaro.

Este deslizamiento se encuentra en la quebrada de Cancaro, es contemporáneo al deslizamiento Llamacancha, y está ubicado en la quebrada contigua, paralela al este deslizamiento. Se trata de tres deslizamientos pequeños, que no han desencadenado en deslizamiento súbitos, debido a un volumen inferior a los de Llamacancha.

Elementos morfológicos del deslizamiento.

Son tres deslizamientos que tienen la forma semi-elíptica alargadas dos de ellos entre 100 y 150m de largo y uno central de 25 m.

Las áreas de estos deslizamientos tienen 2314 m², 125m² y 2694 m², desde la zona más inferior a la superior respectivamente.

Se han ubicado la pendiente de dos deslizamientos son los siguientes:

UBICACION	Pendiente promedio (general) °/%	Pendiente máxima °/%	Pendiente mínima °/%
SECCIÓN D	22/48.88	38/84.44	16/35.55
SECCIÓN E	26/57.77	30/66.66	15/33.33

Factores condicionantes del deslizamiento

Los factores que condicionaron este deslizamiento tienen similitud en cuanto a los factores condicionantes del deslizamiento Llamacancha.

Factor Morfológico

Los taludes de este deslizamiento aun se mantienen en las condiciones naturales, es decir con un talud máximo de 38° como máximo y 16° como pendiente mínima y un promedio general de 22°, estas pendientes son similares al deslizamiento de Llamacancha.

Factor Estructural

Este factor es importante dentro de los factores condicionantes, ya que los sistemas de falla que se han medido, así como las direcciones de fracturas tienen direcciones NNO-SSE, NO-SE y ONO - ESE que son paralelos a la dirección del deslizamiento tal como se puede observar en el diagrama de frecuencias mostradas en el plano estructural y en la figura 5.1.

Otro factor estructural importante es la disposición estratigráfica del grupo San Jerónimo y Yuncaypata que se encuentra debajo de las rocas intrusivas con una inclinación de ángulo medio (entre 30° y 55°) hacia al nor este (en dirección de la pendiente del deslizamiento), sobre el que se halla dispuestas las rocas intrusivas de granodiorita en forma de un lacolito (ver fig.3.1) cuyos estratos a favor de la pendiente condicionan favorablemente la ocurrencia del deslizamiento.

El alto grado de fracturamiento con un RQD de menos de 10% en general en las rocas intrusivas, hace que el comportamiento del macizo rocoso se asemeje al de suelos gravosos arenosos con escasa cohesión en estado seco y nulo en estado saturado.

Tres sistemas de fracturamiento son aleatorios que clasifican al macizo como de mala calidad, por tanto su comportamiento geotécnico es muy malo.

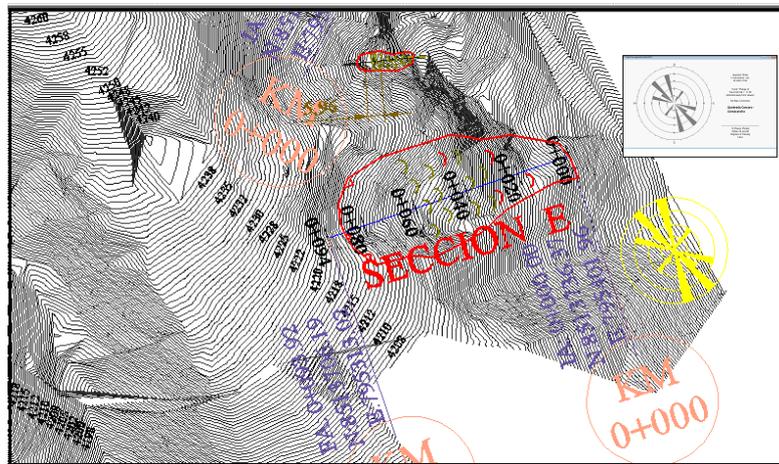


Fig. N° 5.2: Tendencia general de los sistemas de fracturas paralelos al deslizamiento (amarillo).



Foto N° 5.1: Vista del contacto entre las rocas del Grupo San Jerónimo debajo de las rocas intrusivas.

Factor Litológico.

Este factor es importante por su disposición estructural y reacción de susceptibilidad frente al principal factor desencadenante. Es así que por encontrarse fuertemente fracturada la roca intrusiva y con una disposición inclinada a favor de la pendiente en forma de un estrato de suelo gravoso arenoso ha contribuido en el movimiento general del cuerpo del deslizamiento.

Factores desencadenantes.

Uno de los factores desencadenantes, ha sido sin duda la saturación de agua en la zona del cuerpo del deslizamiento, esto ha sido por la contribución de las aguas en la areniscas del grupo San Jerónimo y también el de las rocas intrusivas del cuerpo del deslizamiento que tienen alto grado de fracturamiento.

4.5.3 Deslizamiento de Unuraquina.

Se ha denominado como deslizamiento Unurakina al ocurrido al frente de la cantera de Zurite. Este deslizamiento es de mediana magnitud por el volumen en movimiento, que sin embargo requiere del conocimiento de la causas que la generaron para establecer las medidas correctivas de estabilización, proponiendo medidas para evitar las causas o mitigar estas causas.

Elementos morfológicos del deslizamiento.

Es un deslizamiento sin una forma definida, debido a su rápida formación, tiene una forma irregular con la base paralela al río y bastante larga, no muy común en los deslizamientos de formación lenta, es típico de deslizamientos súbitos de formación rápida.

El área de este deslizamiento tiene 5940 m², sin embargo su longitud máxima es de 70m y el ancho alcanza a 160m que tienen mayor distancia que la longitud, poco común en los deslizamientos antiguos.

Se han ubicado la pendiente de dos deslizamiento son los siguientes:

UBICACION	Pendiente promedio (general) °/%	Pendiente máxima °/%	Pendiente mínima °/%
SECCIÓN F	38/84.44	45/100	15/33.33
SECCIÓN G	33/77.33	37/82.22	18/40

Los procesos geodinámicos que sucedieron al deslizamiento Llamacancha, son los responsables de haber generado deslizamientos menores en el cauce del la quebrada Ramuschaca, y uno de los que fue activado es el que denominamos como Deslizamiento Unuraquina que se ubica en el plano geodinámico 3.

Tiene un área total de 39 900 m², entre la línea de escarpa principal y el borde de la zona de acumulación.

La pendiente de las secciones en los que se han realizado los análisis de estabilidad tienen los siguientes ángulos de los taludes en las tres secciones:

UBICACION	Pendiente promedio (general) °/%	Pendiente máxima °/%	Pendiente mínima °/%
SECCIÓN A	22/48.88	32/71.10	16/35.55
SECCIÓN B	23/51.11	30/66.66	12/26.66
SECCIÓN C	23/51.11	31/68.88	16/35.55

Factores condicionantes del deslizamiento

El principal factor condicionante para la ocurrencia de este deslizamiento es el carácter litológico, por sus constitución muy heterogénea de materiales limo arcillosos con gravas y sales solubles sin ninguna disposición estratigráfica.

El otro factor condicionante es la alteración de la pendiente del talud, cuyo ángulo de reposo ha sido alterado por la socavación del pie del talud, es decir de orden geométrico del talud por la socavación lateral de pie de talud.

Factor Morfológico

Los taludes de este deslizamiento tienen una pendiente general de 23°, con una pendiente máxima actual de 30° y una mínima de 12°. La pendiente promedio es el talud natural, por tanto existe un talud de 30° que en la actualidad debe ser modificado con la geometría del tipo de suelo que tiene este deslizamiento.

Factor estructural.

Este factor no tiene incidencia en el comportamiento de este deslizamiento, es más el carácter textural de los depósitos que tienen influencia, ya que se tiene un conjunto caótico de diversos tipos de materiales entre consistentes y arcillosos, solubles y sueltos que hacen del conjunto unas masas heterogéneas texturalmente.

Factor Litológico.

Este factor es el más importante, debido a que la masa de este deslizamiento está compuesta por diversos tipos de materiales, como son arcillas, limolitas, yesos, calizas y areniscas dispuestos en proporciones muy heterogéneas, cada una de las cuales tiene un comportamiento distinto frente a los esfuerzos y a la presencia del agua, por tanto su geometría es alterada de forma irregular e impredecible.

Factores desencadenantes.

El factor desencadenante directo es la socavación del pie de talud a consecuencia del aluvión ocurrido en el 2010 y los caudales de agua que no habían circulado anteriormente por este lugar, que ha erosionado hasta 7 m de profundidad de la base del talud, por tanto se ha desestabilizado el talud generando un deslizamiento rotacional de mediana magnitud con otros secundarios de menor magnitud. Es evidente que este hecho tiene relación al periodo de fuertes precipitaciones que ha ocasionado el deslizamiento, luego el aluvión que trajo como consecuencia el deslizamiento de Unuraquina.



Foto N° 5.2 y 5.3: Vista del deslizamiento Unuraquina compuesto por pequeños deslizamientos de manera heterogénea.

5 VOLUMEN DE MATERIAL DEL EVENTO ALUVIONAL DEL 2010

Con el objetivo del modelamiento del aluvión, se hace necesario realizar el cálculo del volumen transportado y depositado a lo largo del cauce de la sub cuenca Ramuschaca, por lo que se ha determinado el volumen deslizado del cerro Huch'uy Ayamoqo, así mismo los volúmenes erosionados a lo largo del recorrido del aluvión y los volúmenes de depósitos en las zonas de acumulación.

5.1 Metodología.

Para el cálculo de los volúmenes del deslizamiento principal y del pequeño deslizamiento de la zona de Cantera, así como de las áreas circundantes al cauce principal, el canal y la población se ha tenido el apoyo de los siguientes instrumentos:

5.1.1 Cartografía superficial

Se ha realizado la cartografía del deslizamiento, de las zonas de acumulación de sedimentos y las zonas de erosión.

Las zonas de acumulación han sido delimitada con el apoyo de GPS para lo cual se ha realizado el recorrido en campo, por las zonas donde se encuentra los límites de recorrido del aluvión en el que se ha procedido a la medición de los espesores en cada zona que luego han sido promediados.

5.1.2 Topografía del cauce actual

Se ha utilizado la topografía del cauce actual y se ha contrastado con el cauce antiguo (antes del aluvión) el que ha permitido establecer las áreas inundadas por material aluvional.

5.1.3 Mediciones directas.

Para establecer los espesores de los depósitos en el área de la micro cuenca Ramuschaca se ha realizado las mediciones con flexometro y wincha de 50 m en las lomadas y perfiles de los depósitos y zonas de erosión (canal del riachuelo Ramuschaca). Las medidas de erosión han sido tomadas en tramos del canal, de manera progresiva, desde la zona del deslizamiento hasta la altura de la cantera de agregados.

5.1.4 Plano de volúmenes de escombros.

Se ha elaborado un plano de volúmenes de escombros apoyado en el GIS, en el que se indica los cuerpos del material erosionado y deslizado y las áreas de acumulación o depositación. Estos cuerpos se han separado en función a los espesores y lugares, ya que no siempre se encuentran de manera continua sino separados por lomadas o montículos en el que no se han depositado material alguno.

Estas áreas que se muestran en diferentes colores en la leyenda del plano han sido digitalizadas en base a la cartografía realizada en campo, tal como se puede observar en el plano del anexo cuya imagen se incluye como figura N°6.1.

La obtención de los volúmenes es como resultado del producto de las áreas por el espesor promedio de cada cuerpo, para lo cual se han realizado las mediciones en campo en los diferentes cuerpos. se ha tomado el promedio de espesor debido a que estos cuerpos no siempre se encuentran de manera uniforme.

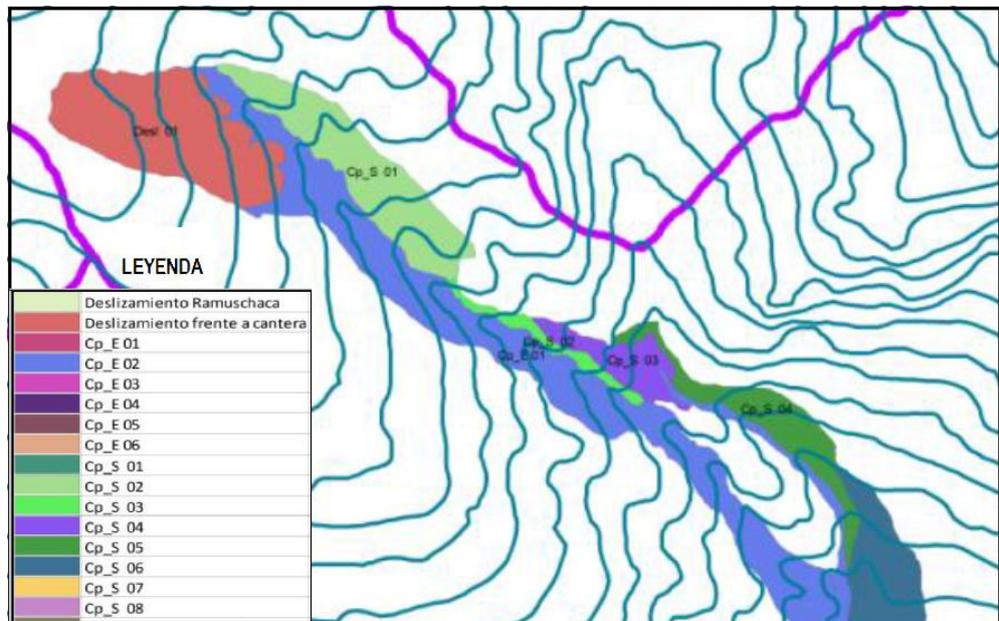


Figura N° 6.1: Mapa de volúmenes en el que se muestra la Áreas de erosión y depositación en la micro cuenca Ramuschaca.

5.2 Áreas de erosión

Se ha considerado como zonas de erosión, los deslizamientos, es decir el material deslizado, para ello se ha tomado el área en el GIS, y con esta área y la altura promedio medida en campo se ha establecido el volumen deslizado.

En el canal de erosión (cauce del río) se ha determinado el área en el GIS y en base medidas realizadas en el campo de la altura se ha obtenido el promedio.

En las zonas de acumulación, se ha procedido de similar forma, es decir con áreas obtenidas en el GIS y la altura tomada en campo, considerando un promedio.

5.3 Volúmenes.

El siguiente cuadro muestra los volúmenes obtenidos en los diferentes sectores, para ello se ha optado por separar en cuerpos de Erosión y cuerpos de depositación, en función a las consideraciones expuestas líneas arriba.

Se tiene un acumulado de 305 407 m³ erosionados y 296 492 m³ de material depositado a lo largo de la sub cuenca, con un material excedente de 9005.m³, que ha debido ser transportado y depositado a lo largo del cauce del río Zurite hasta el río Vilcanota.

EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE LA SUBCUENCA RAMUSCHACA

MEDIDAS DE REMOSION DE MASA	Erosion (m2)	Sedimentacion (m2)	Material Deslizado (m2)	alturas (m)	Vol. (m3)	Sub total
Reptacio y/o deslizamiento (3 sectores)			13674.17	1	13674.2	
Deslizamiento Ramuschaca (llamacancha)			37668.62	4	150674.5	
Deslizamiento frente a cantera			7068.98	1	7069.0	171417.6
Cp_E 01	69476.4			0.5	34738.2	
Cp_E 02	19917.0			0.5	9958.5	
Cp_E 03	5948.7			3	17846.0	
Cp_E 04	10535.7			6	63214.4	
Cp_E 05	16677.2			1	16677.2	
Cp_E 06	4358.3			1.2	5229.9	34738.2
Cp_S 01		26820.7		2.5	67051.7	
Cp_S 02		4224.6		1	4224.6	
Cp_S 03		8780.8		1.8	15805.5	
Cp_S 04		14268.5		0.5	7134.3	
Cp_S 05		53914.0		3	161742.1	
Cp_S 06		12502.3		0.8	10001.8	
Cp_S 07		6776.8		1	6776.8	
Cp_S 08		1958.3		0.8	1566.6	274303.4
Poblacio (calles y plaza)		24748.5		0.7	17323.9	
Pista de acceso		15916.0		0.3	4774.8	22098.7
Material transportado en suspensión					9005.5	

Cp_E = Cuerpo de Erosion
Cp_S = Cuerpo de sedimentacion

Remosion de Masa	m3
Volumen potencial latente	171417.6
Escombros sedimentados disperso	274303.4
Escombros sedimentados en Vias y calle	22098.7
Volumen erosionado	34738.2
Volumen total removido	331140.3

5.4 Material transportado en suspensión.

Al realizar el balance entre el material transportado desde su origen y el material depositado debía ser la misma cantidad, sin embargo existe un aproximado de 9000 m³ excedentes de material erosionado, que se atribuye a sedimentos finos que han sido arrastrados por las aguas hacia las zonas bajas y el río Huarocondo.

6 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Se ha realizado el análisis de estabilidad de taludes en tres secciones del deslizamiento de Llamacancha, dos secciones en el deslizamiento de la quebrada de Cancaro y una sección en el deslizamiento de Unuraquina.

Para el efecto se ha tomado los parámetros geotécnicos del estudio de geotecnia realizado en el proyecto, las secciones topográficas han sido tomadas del estudio de topografía, y la profundidad del nivel freático se ha tomado del estudio de sondaje eléctrico vertical realizado en el proyecto, en cuyas secciones longitudinal y transversal al deslizamiento (mostradas en las figuras N° 3 y 6 del estudio geofísico SEV) se tiene una profundidad de 7 a 15 m de saturación de aguas que consideramos el nivel freático dinámico por lo mismo que este nivel ha sido considerado en el análisis de estabilidad y por correlación en los otros deslizamiento de Cancaro..

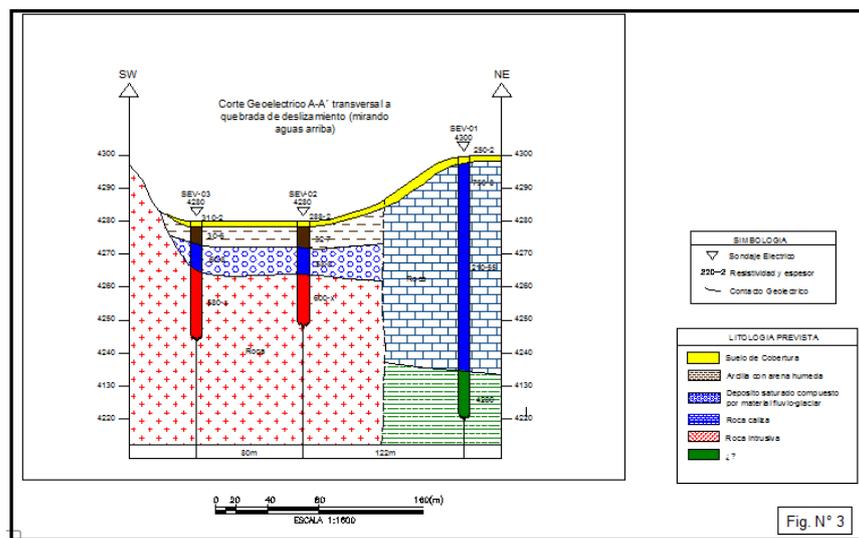


Figura N° 7.1: Sección A-A del estudio de Sondaje eléctrico vertical mostrando profundidad del NF.

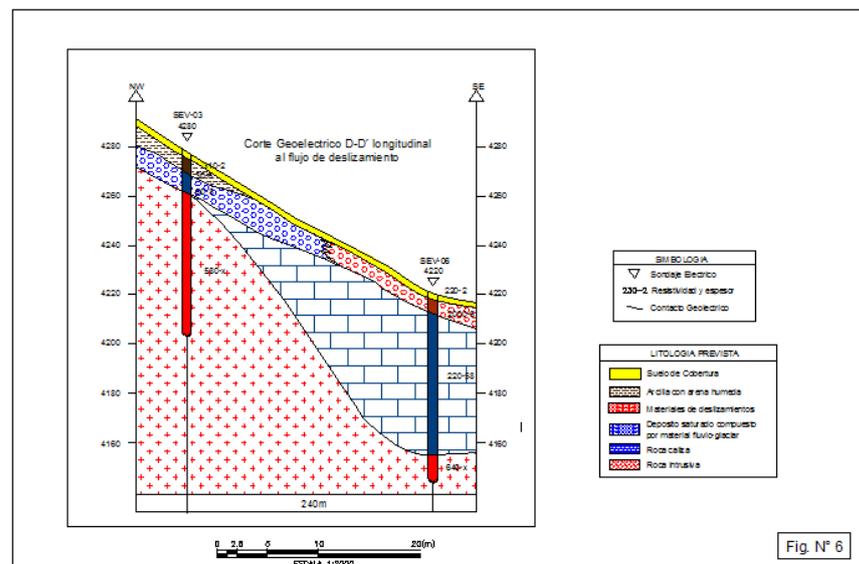


Figura N° 7.1: Sección A-A del estudio de Sondaje eléctrico vertical mostrando profundidad del NF.

Se ha utilizado el programa Geoslope para el análisis de estabilidad de taludes por el método de Morgenstern-Price, dado las características de los materiales.

6.1 Deslizamiento Ilimacancha.

Se ha realizado el análisis de estabilidad de taludes con los parámetros geotécnicos del estudio de geotecnia, es decir con el ángulo de fricción de 32° , y cohesión 0 con un peso específico de 1.52 kg/cm^2 . Se ha asumido para todas las secciones el mismo valor, ya que solo se ha obtenido un valor para este deslizamiento.

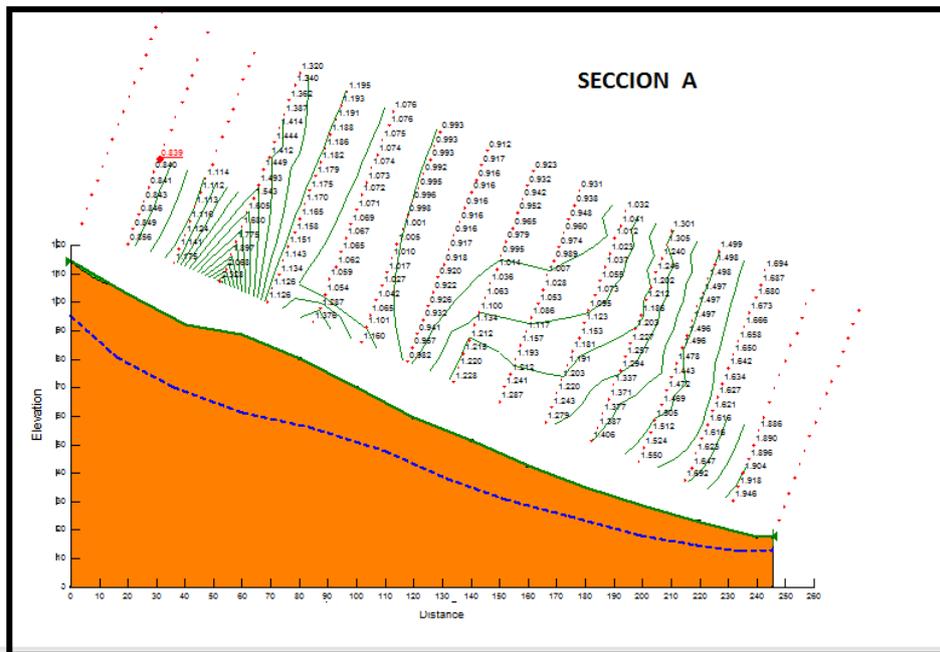


Figura N° 7.2: Talud de la sección A del deslizamiento Ilimacancha con un FS=0.839.

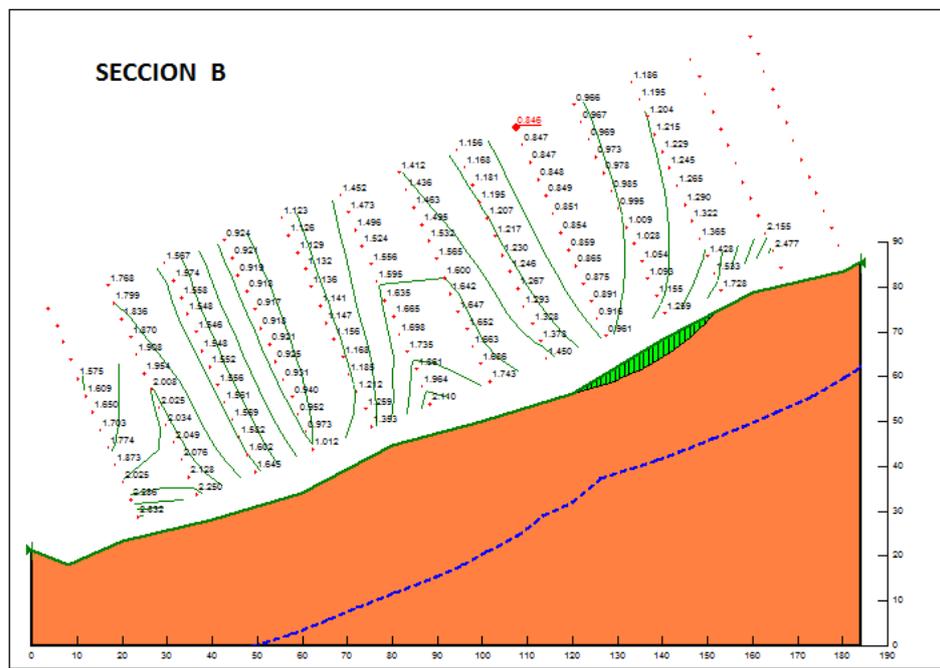


Figura N° 7.3: Talud de la sección B del deslizamiento Ilimacancha con un FS=0.846

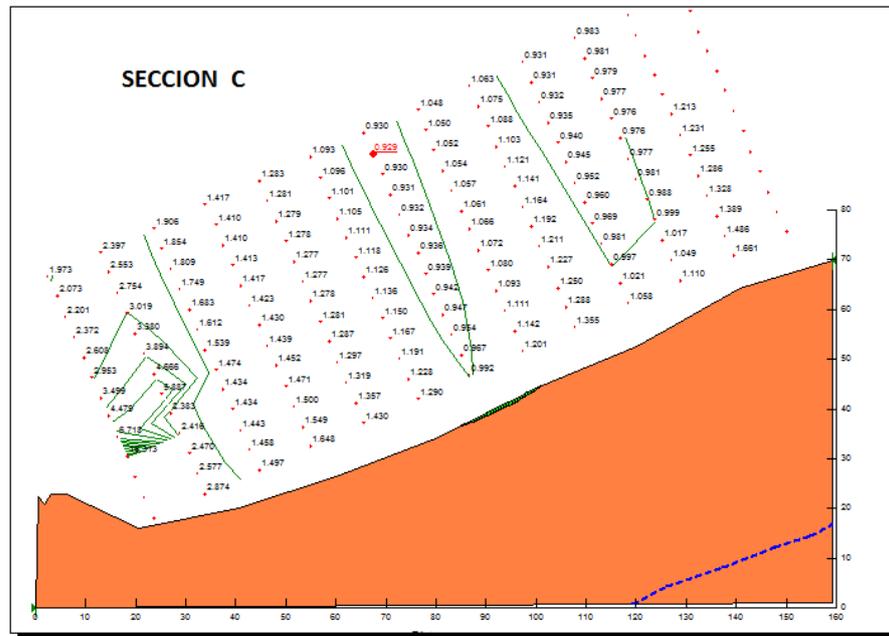


Figura N° 7.4: Talud de la sección C del deslizamiento Llamacancha con un FS=0.929.

En los tres casos el factor de seguridad es menor que 1.00, y para considerarlo estable el factor de seguridad debe ser superior a 1.5, por tanto estos taludes son inestables en el momento actual.

6.2 Deslizamiento Cancaro.

Al igual que en el caso del deslizamiento Llamacancha se ha realizado el análisis de estabilidad con los parámetros geotécnicos obtenidos en el estudio geotécnico para este deslizamiento, cuyas secciones son la Sección D y E respectivamente.

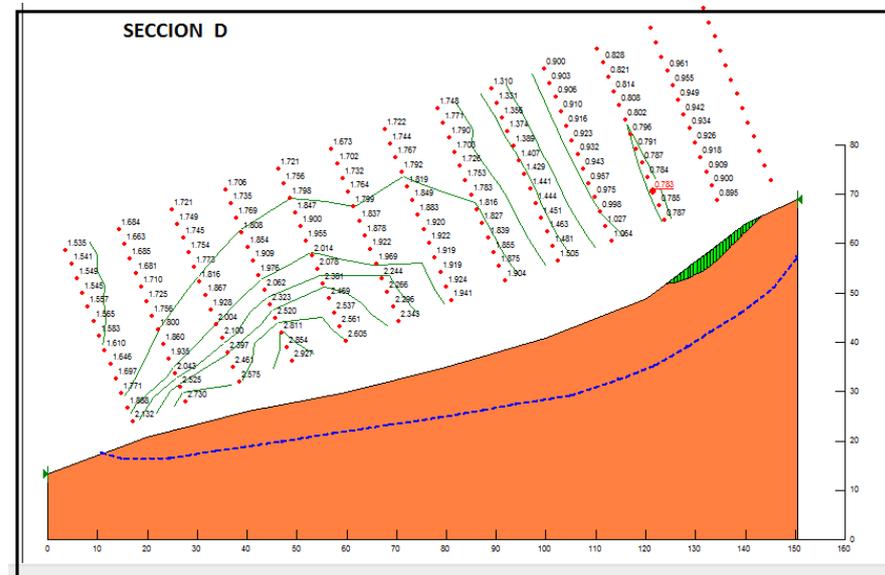


Figura N° 7.5: Talud de la sección D del deslizamiento Cancaro con un FS=0.783

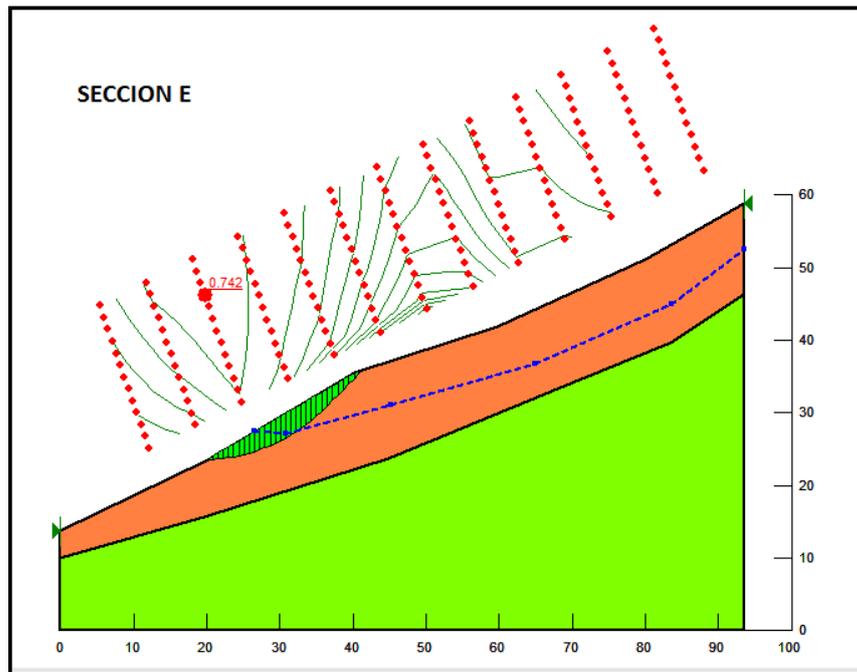


Figura N° 7.6: Talud de la sección E del deslizamiento Cancaro con un FS=0.742

6.3 Deslizamiento Unuraquina.

Se ha tomado los valores de los estudios geotécnicos y la sección topográfica obtenidos por los estudios de topografía y geotecnia respectivamente, en base a los cuales se ha realizado el análisis de estabilidad de talud.

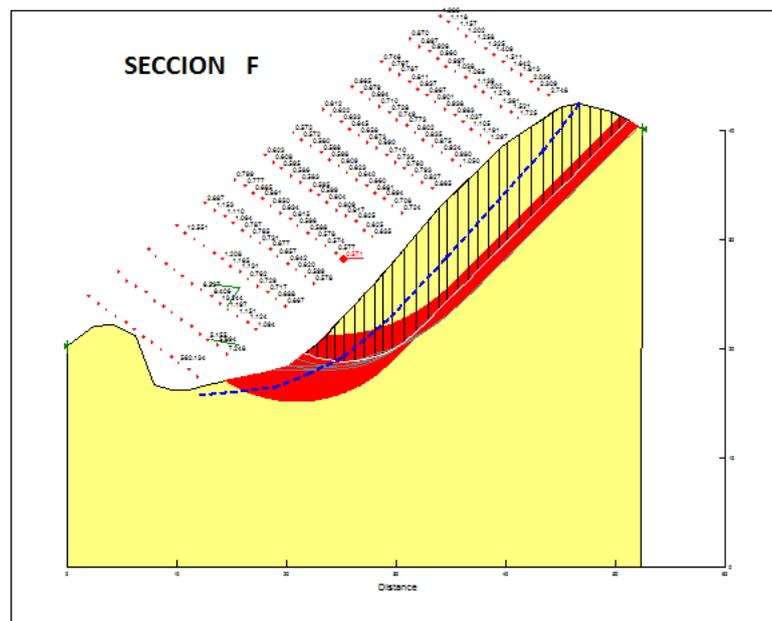


Figura N° 7.7: Talud de la sección F del deslizamiento Unuraquina con un FS=0.571

Como se puede observar en ninguno de los casos el talud de los deslizamientos analizados es estable, por tanto se debe prever medidas correctivas de estabilización, que correspondería por el tipo de materiales a la modificación de la geometría del talud, drenajes, y construcción de muros u otros elementos de contención.

7.1.1 Variable pendiente.

Esta variable es muy importante debido a que la inclinación de los taludes obedece a otros parámetros, es decir se encuentran asociados a la litología, tipos de estructuras y otros por lo que son dependientes unos de otros. Por ejemplo las pendientes en rocas difieren de las pendientes en suelos compactos y estos difieren los que se presentan en suelos sueltos.

Estas se han considerado en porcentaje del talud de inclinación tal como se muestra en el cuadro, es decir 0-3%, 3-25%, 25-50%, 50%-75% y mas del 75%, que se asume de las experiencias del IMA en estudios anteriores.

7.1.2 Variable Geomorfología.

La morfología es un factor importante en el desarrollo de procesos geodinámicos activos, habiendo muchos dentro de la clasificación, se ha considerado como influyentes los siguientes: Morfología montañosa, colinoso, Penillanuras, Pie de Montaña, Terrazas inundables, Terrazas bajas, Terrazas altas, Escombreras, Formaciones cársticas, Conos aluviales antiguos, Terrazas aluviales, Cárcavas grandes recientes.

Estas geoformas se presentan en el área del Proyecto y han sido descritos en el ítem de geomorfología.

7.1.3 Variable Litología

En función a los materiales existentes en la microcuenca Ramuschaca y que tienen influencia en determinados procesos geodinámicos se ha considerado los siguientes rangos de litología:

Granodiorita y tonalita, Areniscas cuarzo feldespáticas, Areniscas feldespáticas, Areniscas cuarcíticas y conglomerados, Calizas masivas y fracturadas, lutitas y limolitas, yesos y evaporitas, Suelos de lutitas y areniscas, Suelo de roca ígnea deslizada, Roca ígnea fracturada, suelos de lutitas y turba. Los componentes litológicos se encuentran distribuidos en asociaciones, por lo que se ha tomado estas asociaciones de elementos litológicos.

Siendo un factor que tiene una influencia importante en el desarrollo de los procesos geodinámicos, se ha considerado los valores mas altos para los que presentan mayor resistencia y valores bajos a los que son más susceptibles a la erosión y procesos geodinámicos.

7.1.1 Variable Geología Estructural.

Esta variable esta asociada a los eventos tectónicos, principalmente fallas en el que se presentan anomalías texturales y estructurales de las rocas, que tienen susceptibilidad los procesos de geodinámica. Se ha considerado entre los principales a la presencia de fallas, Fallas locales (en los estratos y bancos de rocas), fallas regionales, intersección de fallas regionales, y la presencia de fallas activas.

7.1.1 Resistencia al corte (estado compacto y saturado).

Esta variable esta asociada al comportamiento de los suelos en estado compacto y en estado saturado, en general depende de los parámetros geotécnicos como el ángulo de fricción y la cohesión de los suelos. Para la valoración se ha considerado la clasificación de suelos, y se asigna el mayor valor a los suelos gravosos bien graduados y menor valor a los que son malos desde el punto de vista geotécnico como las turbas y suelos orgánicos.

7.1.3 Variable permeabilidad.

Para el caso de la permeabilidad ha tomado en cuenta los parámetros que se utilizan para la evaluación de los macizos rocosos, así como cambios en las condiciones de circulación de aguas profundas en suelos y rocas fracturadas. Se ha establecido los rangos de : seco, ligeramente húmedo, húmedo, goteando, y agua fluuyendo; con valores mayores palas áreas secas y con menor valor para las zonas con presencia de aguas.

7.2 Estimación de grados de peligro o valoración de las variables

Se ha considerado cinco rangos o categorías, basados en las matrices de riesgos y peligros contemplados en el INDECI, estos son: peligro muy bajo, peligro bajo, peligro medio, peligro alto y peligro muy alto.

La valoración se ha iniciado en 1.0 para el peligro muy bajo y termina con el valor de 3 para el peligro muy alto, con 4 rangos en todos los grados de peligro excepto el peligro medio donde tiene cinco categorías debido a que este peligro tiene mas amplitud de ocurrencia en la mayoría de variables.

Esta matriz valorada ha sido ingresada en el GIS a partir del cual se ha obtenido el mapa de peligros.

EJEMPLO DE VALORACION PARA UN VARIABLE DE PELIGROS

PELIGRO	valor	Geoforma	Litología	Pendiente	Proceso Geodinámico	Aguas Subterráneas
Muy alta	3	Grietas de tensión			Esfuerzos tensionales	
	2.9		Derrubio Ígneo	>75%		Flujo de manantes
	2.8		Suelos de lutitas y limolitas			
	2.7	Laderas de deslizamientos	Suelos de lutitas y areniscas		Cuerpo deslizado	
Alta	2.6	Áreas de Reptación	Suelo de roca ígnea deslizada	50%-75%		Con Nivel freático
	2.5	Área de derrumbe	Roca ígnea fracturada		Cono de deyección	
	2.4	Escombreras	suelos de lutitas y turba		Reptación	
	2.3	Cono de escombros	Lutitas , limolitas y margas		Zona de desbordes	
Media	2.2		Suelos orgánicos y turba		Derrumbes	
	2.1	Cauce de socavación			Aluviones	
	2	Flancos escarpados		25%-50%	Zonas de socavación	Goteando
	1.9		Grava, arena aluvial		Escombreras	
Baja	1.8	Laderas de escombros				
	1.7	Cauce de erosión				
	1.6					Húmedo
	1.5		Roca ígnea fracturada	8%-25%	Escarpes	
Muy Baja	1.4	Laderas deslizadas	Escombros aluvionicos			
	1.3					
	1.2			0%-8%		Seco
	1.1					
	1					

7.3 EVALUACIÓN DE PELIGROS.

Los procesos geodinámicos y climáticos que ha originado daños a la infraestructura y áreas de cultivo, consiguientemente pérdidas económicas que tienen mayor incidencia en la Población de Zurite se presentan en las laderas de cerros de la sub cuenca Ramuschaca, los conos de escombros que se encuentran en estas laderas y con la presencia de corrientes de agua de precipitación que pueden llegar a los 12m³/s son los potenciales factores que han ocasionado aluviones con flujos de lodo y escombros después de un proceso de deslizamientos y podrían tener recurrencia en cuanto esos factores condicionantes sean similares, por lo que se ha considerado en función a estos antecedentes una zonificación de peligros.

7.3.1 Zona de peligro muy alto

El peligro más alto en la Población de Zurite es debido a las fuertes intensidades de precipitaciones; que son generadores de deslizamientos y un caudal de hasta 11m³ de agua en la parte baja de a Subcuenca que son capaces de arrastrar gran cantidad de lodos , que se traducen en un aluvión de consecuencias funestas.

Se ha zonificado como de alto peligro un área 2.9 Ha de la parte alta del Sub cuenca localizada en la zona del deslizamiento de llama cancha y deslizamientos de la sub cuenca alta. Representa el 5.9 % del área evaluada.

La probabilidad de ocurrencia de este fenómeno es alta, dado los cambios climáticos que vienen ocurriendo principalmente en el sistema hidrológico y las variaciones de la temperatura considerando que existe volúmenes deslizados potenciales que son susceptibles de ser transportados por las aguas de los riachuelos y manantiales del zona superior de la sub cuenca.

7.3.2 Zona de peligro alto

El peligro alto esta en relación a las condiciones litológicas y elementos condicionantes para la ocurrencia de procesos geodinámicos.

El peligro alto, en base a la matiz de peligros evaluada tiene un área de 11.8 ha y representa el 23.7% .

Este peligro se sitúa en los deslizamientos d la margen derecha del Ramuschaca, y en la cantera de agregados de Zurite.

7.3.3 Zona de peligro medio

El peligro medio considerado para la Subcuenca de Ramuschaca, es la ocurrencia de aluviones que podrían afectar a las zonas laterales del rio, constituyen las escombreras que son potenciales materiales transportables por algún evento similar al ocurrido el 2010. El área para esta zona es de 30.5Ha y representa el más alto porcentaje de área es decir el 61.3%.

Se ha zonificado como de medio peligro porque su ocurrencia tiene menor probabilidad de ocurrencia y son aislados unos de otros, es decir que no todos se darán en el mismo espacio de tiempo y lugar.

7.3.4 Zona de peligro bajo

El peligro bajo esta en relación a las condiciones de distancia de la ocurrencia del evento aluvionicos y sus efectos en las áreas de influencia.

El peligro alto, en base a la matiz de peligros evaluada tiene un área de 4.5 ha y representa el 9.10%.

Este peligro se sitúa en los márgenes del cauce del rio en diferentes tramos del mismo, por lo que dependerá del caudal de agua del rio en determinados tramos.

7.3.5 Zona de peligro muy bajo

Representa suelos compactos o presencia de bloques y bolones, alta compacidad y capacidad portante, nivel freático ausente, alejada de taludes inestables.

En la población de Zurite, corresponde a las márgenes alejadas del cauce del rio y representa el 5.3 del área evaluada con un 10.7% del total.

8 HIDROGEOLOGIA

Se refiere a la acción de las aguas, contenida en las rocas y materiales del subsuelo que provocan saturación.

El presente trabajo resume la geología, hidrogeología y la calidad de agua que produce el Acuífero ubicado en sus diversas formas de horizontes acuíferos de la microcuencas de ramuschaca, con el objetivo de evaluar la capacidad de almacenamiento de las rocas acuíferas y el flujo de circulación de las aguas subterráneas.

Se llevo a cabo en base al plano topográfico, litológico, geológico a escala 1/25,000, tomando en cuenta las áreas de influencia de la cuenca hidrogeológica, como apoyo se utilizó, la imagen satélite y la prospección de campo. (Ver mapa N°)

8.1 HIDROMETRIA

Durante el estudio se ha realizado un inventario de las principales fuentes de surgencia de agua el cual se aforo y midió la calidad química del agua subterránea. Estas lecturas están detalladas en el plano de inventario de fuentes hídricas del mapa hidrogeológico (ver mapa N° 03).

El proceso de trabajo de campo se completo con medidas directas de caudales, pruebas de permeabilidad, direcciones de rumbo y buzamiento, así como la medición de la calidad del agua de cada manante con el equipo de conductivímetro.

8.2 INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA.

El inventario de puntos de agua, nos permitirá caracterizar la potencialidad de las Unidades Acuíferas más importantes de la microcuenca

Este inventario nos ha conllevado a que podamos complementar mas el nivel del acuífero del área de estudio y poder determinar el área de recarga

No existe información alguna sobre aforos e inventarios de fuentes de agua sin embargo fuentes directas de los lugareños indican que la mayoría de las fuentes tiene un carácter de permanente que en los últimos años ha empezado a variar su producción

En el cuadro N° 0 se presenta el inventario y aforos de 36 manante, en la cual describe el caudal, salinidad, conductividad eléctrica, tipo, geología y estado actual de cada manante.

Inventario de Fuentes de Aguas

CODIGO	FUENTE	SALINIDAD (ppm)	C.E. (μ S)	Q	LOTOLOGIA
1	Manante	0.08	178.3	0.02	Areniscas fel despáticas
2	Rio	0.05	146.2	30	bloque arenisca
3	Manante	0.07	176.3	2	material coluvial,arenisca
4	Manante	0.09	199.3	0.5	material coluvial con caliza
5	Manante	0.12	262	0.5	material coluvial con caliza
6	Manante	0.1	234	0.4	material coluvial con caliza
7	Manante	0.15	372	0.5	material coluvial con caliza
8	Manante	0.7	162.2	5	bloques de arena
9	Manante	0.1	222	4	lutita cuarzosa y caliza

10	Manante	0.12	180	0.5	Areniscas feldespáticas
11	Manante	0.14	302	0.01	caliza y falla
12	Manante	1.5	250	4	arenisca y coluvial
13	Manante	0.8	190.1	1	arenisca y coluvial
14	Manante	0.8	190.1	1	arenisca y coluvial
15	Manante	0.8	190.1	4	arenisca y coluvial
16	Manante	0.8	189	1.5	arenisca y coluvial
17	Manante	1	320	0.5	Caliza
18	Manante	1.5	170	0	Areniscas feldespáticas
19	Manante	0.1	169	0	Areniscas feldespáticas
20	Manante	0.1	159	0	Areniscas feldespáticas
21	Manante	0.05	179	0.3	Areniscas feldespáticas
22	Manante	0.09	184	0.5	Areniscas feldespáticas
23	Manante	1	177	1.2	Areniscas feldespáticas
24	Manante	0.07	169	1	Areniscas feldespáticas
25	Manante	0.09	178	0.5	Areniscas feldespáticas
26	Manante	0.08	177	0.7	Areniscas feldespáticas
24	Manante	0.07	183	0.4	Areniscas feldespáticas
25	Manante	0.09	181	0.3	Areniscas feldespáticas
26	Manante	0.07	178	0.3	material coluvial con caliza
27	Manante	0.06	177	0.02	material coluvial con caliza
28	Manante	0.05	181	0.3	material coluvial con caliza
29	Manante	0.08	180	0.2	material coluvial con caliza
30	Manante	0.09	184	1.2	Cuaternario aluvial
31	Manante	1	189	1	Cuaternario aluvial
32	Manante	1.2	260	0.4	Evaporitas
33	Manante	1.6	230	0.6	Evaporitas

Fuente: Equipo de estudio

8.3 PERMEABILIDAD Y POROSIDAD EN ACUÍFEROS

Con fines comparativos del sistema de acuíferos previamente identificados se realizó estudios de pruebas de permeabilidad con el método de carga variable para lo cual previamente se realizó un estudio del grado de fracturamiento para conocer la porosidad secundaria fracturada y ubicar su porosidad eficaz con valores comparativos.

8.3.1 Porosidad

Con la finalidad de determinar el volumen estimado por métodos directos se han utilizado valores de la porosidad eficaz para diversas rocas las que se muestran en la siguiente tabla, con la que se determinará el volumen aproximado

Valores estimados de la Porosidad (%) Según Sender (1998)

	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
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

8.3.2 Conductividad Hidráulica o Permeabilidad

La conductividad hidráulica se definía como una medida de la capacidad de un medio (suelo) para permitir el paso del agua en unidades m/s. Con respecto al acuífero, el medio no es el suelo si no normalmente roca (o arena). K es un propiedad tanto del medio como del flujo y dinámica variando con el contenido de humedad. Usaremos los términos conductividad hidráulica y permeabilidad indistintamente. Los valores oscilan sobre 12 con valores más alto grava y caliza (10^{12} y 10^4 m/día) y los más bajos para rocas ígneas).

Con este precedente podemos decir que los valores de conductividad para las rocas calcáreas fisuradas se han determinado valores de $5.1E-3$ cm/sg, considerados como acuíferos buenos puesto que estos no presenta oquedades o bolsones subterráneas por la que su porosidad insipiente es de tipo fracturado en le área de estudio.

Según recomendación del "Soil Conservation Service" de los Estados Unidos la permeabilidad se clasifica de la siguiente forma:

K (cm / s)	10^2	10^1	$10^0 = 1$	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
K (m / día)	10^5	10.000	1.000	100	10	1	0,1	0,01	0,001	0,0001	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
Permeabilidad relativa	Permeable			Semi-permeable				Impermeable					
Acuífero	Bueno				Pobre				Ninguno				
No Consolidado Arena y Grava	Grava Bien Ordenada		Sand Bien Ordenada o Sand & Gravel		Arena muy fina, limo, Loess , Marga								
Clay no consolidado y de comida orgánica					Turba		Capas de arcilla		Grasa / Clay protegidas de la intemperie				
Las rocas consolidadas	Las rocas altamente fracturadas				Depósito de aceite Rocks		Fresh Sandstone		Fresh piedra caliza , dolomita		Fresh Granito		

Fuente: modificado de Bear, 1972

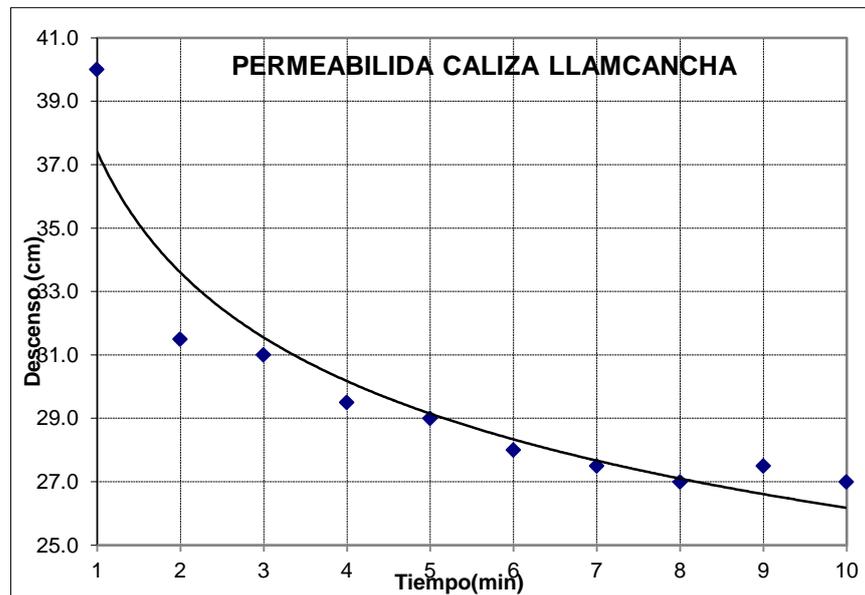
ENSAYO N°01

Lugar	:Llamacancha	Material	:Caliza fracturada
Ubicación	: Parte alta deslizamiento principal	Prof	: 0.50 m.
Fecha	: 09/09/2012	Tubo	: ϕ 2' = 5.08 cm.
Detalle	:Roca fisurada a semifracturada	Método	: Carga Variable

t	At	Hi	Ah	Q=AxAh	K	K
---	----	----	----	--------	---	---

(min)	(min)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(cm/seg)	(m/día)
0		0.0	50.0			
1	1	50.0	40.0	810.72	0.019344	16.71
2	1	48.0	31.5	638.44	0.015234	13.16
3	1	45.4	31.0	628.31	0.014992	12.95
4	1	43.0	29.5	597.91	0.014266	12.33
5	1	39.0	29.0	587.77	0.014025	12.12
6	1	36.0	28.0	567.50	0.013541	11.70
7	1	35.0	27.5	557.37	0.013299	11.49
8	1	34.5	27.0	547.24	0.013057	11.28
9	1	34.0	27.5	557.37	0.013299	11.49
10	1	32.2	27.0	547.24	0.013057	11.28
					0.01934	16.71

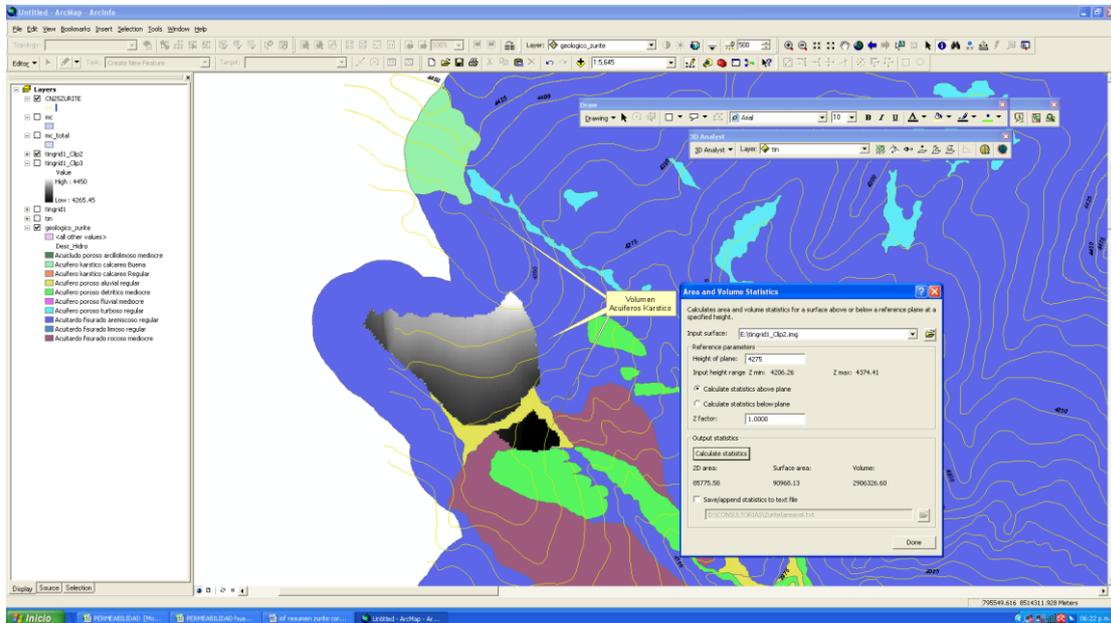
PARAMETROS CONSTANTES			
R =	2.54	cm	K= Q/(5.5RHT) 41910
H =	50	cm	Resultado = 1.93E-02 cm/seg
T =	60	seg	Resultado = 1.67E+01 m/día
A =	20.268	cm ²	Rocas permeables



En este ensayo se ha realizado la prueba en roca semifracturada con materiales finos en las fisuras por la que los valores resultan bajos no reflejándose valores de las caliza karstificada pero si de lo fisurado por la que los resultados son intrínsecos, permisibles para identificar el tipo de acuífero.

8.4 VOLUMEN DEL ACUIFERO KARSTICO (Buena productividad)

Con la finalidad de discernir el caudal que puede almacenar el acuífero Karstico de tipo figurado considerado como buena productividad se determino el volumen bruto del cuerpo 2'906,326.6 m³ considerado como acuífero kárstico figurado elaborado por el método directo del DEM tal como se ve en el siguiente figura.



Remplazando el volumen bruto con los valores estimados de la Porosidad (%) Según Sender (1998), se tiene un volumen de almacenamiento aproximado de 581,265.3 m³ lo que genera como máximo 18.4 l/seg. Tal como se ve en el cuadro adjunto.

Volumen de almacenamiento del acuífero Kárstico de tipo fisurado

VOL BRUTO CALIZA	POROSIDA EFICAZ %	Vol. Almacenado (m3)	Q (l/seg)
2'906,326.6	0.2	581,265.3	18.4

Por otra parte se ha determinado el volumen mínimo de almacenamiento con el caudal aforado de 5 l/seg. Lo que se podría aproximar a un volumen de 157,680 m³ anuales tal como se en el cuadro adjunto.

Q aforado L/seg	M3/año
5	157,680

8.5 UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.

Según el tipo de almacenamiento podemos clasificar a las formaciones hidrogeológicas en acuíferos, acuíferos y Acuícludo, cada una con sus diversas características de productividad.

FORMACIONES ACUIFERAS	TIPO	ESTRATO	PRODUCTIVIDAD	Ha	%	
Acuífero	Kárstico	Calcáreo	Buena	11.0	0.7	
			Regular	5.1	0.3	
	Poroso	Turba	Regular	176.5	11.3	
			Fluvial	Mediocre	4.6	0.3
			Aluvial	Regular	135.6	8.7
		Detrítico	Mediocre	40.2	2.6	
Acuífero	Fisurado	Areniscoso	Regular	393.8	25.1	
			Limoso	Regular	230.4	14.7
			Rocoso	Mediocre	122.8	7.8
Acuícludo	Poroso	Árcillolimoso	Mediocre	447.5	28.5	
				1567.5	100.0	

Por otra parte las surgencias de fuentes de agua del inventario realizado se pueden clasificar en función de su productividad en litros por segundo.

Caudal (l/seg)	Productividad
más de 2	Buena
2 - 0.1	Regular
0.1 - 0	Mediocre
0	Nula

8.5.1 ACUIFERO

Se denomina acuífero a las formaciones geológicas que tienen la capacidad de circular agua a través de sus poros, fisuras y grietas.

La permeabilidad es debida a su porosidad inter-granular, fracturado y/o fisurado y se encuentran entre ellos: areniscas media finas y gruesas, rocas calcáreas fracturadas, karstificadas y diaclasadas, etc., las que pueden tener una porosidad primaria y secundaria.

Acuíferos Karsticos de Buena Productividad.

Superficialmente presenta los 11 ha, que representa el 0.7 % por cuanto no aflora en su totalidad, pero los estudios geofísicos indican una amplia distribución espacial hacia adentro.

Dentro de la clasificación de acuíferos son de buena producción a nivel local constituidos por rocas carbonatadas de flujo rápido y grietas visibles su productividad supera los 5 l/seg y presenta una porosidad secundaria permeable.

Este tipo de acuífero se considera como acuíferos karsticos de tipo fisurado, por cuanto no muestra oquedades ni bolsones de agua subterránea retenida (según estudios geofísicos).

Por otra parte los flujos subterráneos son directos de norte a sur se dan en las partes altas con alguna presencia de undimiento (dolinas) por las son alimentadas directamente, así mismo la presencia de manantes

Acuíferos Karstico de Regular Productividad.

Estos acuíferos tiene una superficie de 5.1 ha que representa el 0.3 % del area total de la cuenca.

Su distribución espacial se encuentra en contactos disperso con las rocas evaporíticas de la formación maras su composición es calcareo y su productividad regular que varía entre 0.1 a 2 l/seg. También presenta una porosidad secundaria y permeable.

Acuíferos Poroso de turba de Regular Productividad.

Presenta una superficie de 176.5 ha que representa el 11.3 % del area total de la microcuenca .

Se les ubica en la parte baja se caracteriza por ser una zona de nivel freático alto con una productividad regular teniendo como horizonte acuífero algo permeable de naturaleza arcillo limosa considerándose como acuíferos libres a semi confinados.

Estas zonas también se les considera zonas de bofedales o pantanos temporales de buena producción de pastos.

Acuíferos Poroso Fluvial de Productividad Mediocre

Superficialmente tiene 4.6 ha que representa el 0.3 % del área total de la microcuenca.

Estos horizontes son considerados de alta permeabilidad sin embargo corresponde a lechos de río donde su acumulación o flujo de agua de por sí no se daría por la misma presencia de agua permanente.

Acuíferos Poroso Aluvial de Productividad Regular

Esta unidad hidrogeológica se encuentra en una superficie de 135.6 ha que representa el 8.7 % del área total de la cuenca.

Corresponde a horizontes de materiales aluviales y fluviales de buena porosidad y permeabilidad, cuyo control del flujo se da por los paleo cauces en procesos evolutivo por la que la surgencias de agua se da en forma errático o esporádica.

Acuíferos Poroso Detritico de Productividad Mediocre

Unidad que presenta una superficie de 40.2 ha que representa el 2.6 % del area total de la microcuenca.

Se identificado materiales de escombros y aluvionico de característica permeables a semipermeable don los flujos pueden darse pero no existe un control de retención del flujo subterráneo, por la que su productividad se cataloga como mediocre.

8.5.2 ACUITARDO.

Se denominan así, a las rocas que almacenan y transmiten agua en su interior muy lentamente o en forma muy localizada. La acumulación y descarga de aguas subterráneas en este tipo de suelos es local, debido a su baja transmisividad que es función del grado de heterogeneidad de sus componentes (alta arcillosidad), localmente puede tener importancia más en el control de escurrimiento superficial

Acuitardo Fisurado Areniscosode Productividad Regular

Unidad hidrogeológica que mayor superficie presenten 393.8 ha y que representa el 25.1 % por cuanto mayor caudal que en suma produce.

Se refiere a las areniscas fracturadas y porosas cuyo flujo subterráneo se da en forma lenta y regulado o controlado por fallas locales las que emanan en forma regular su productividad de las fuentes en promedio es de 0.1 a 2 l/seg.

Dentro de la micro cuenca de Ramuschaca se le atribuye ha esta unidad como la más productiva por la mayor superficie que presenta la microcuenca.

La calidad de agua de estos acuíferos es neutra de baja salinidad tal como se ve en el mapa Hidrogeológico.

Acuitardo Fisurado Limoso de Productividad Regular

Presenta una superficie de 230.4 ha. Que representa el 14.7 % del área total de la microcuenca.

A esta unidad se le puede considerar a los horizontes de rocas areniscosa con matriz arcillosa bien fracturadas cuyo flujo se da por fractura y tiene un control estructura por fallas locales las que su productividad sea regular y errática.

La calidad de agua de estos horizontes son buenas y neutra y de bajo contenido de carbonato de calcio esto debido al contenido mineralógico ceniza volcánica en su matriz.

Acuitardo Fisurado Rocoso Productividad Mediocre

Esta unidad presenta una superficie de 122.8 ha que representa el 7.8 % del área total de la microcuenca.

Son horizontes de baja productividad cuyos estratos están enmarcados en roca intrusivas fracturadas cuyo flujo lento se da por fractura y tiene un control estructura por fallas locales por la que su productividad sea baja o nula e inferiores a 0.1 l/seg.

8.5.3 ACUICLUDO.

Se refiere a aquellos estratos o formaciones porosas como la arcilla pero impermeables por la que pueden almacenar agua hasta sus niveles de saturación pero no la transmite.

Acuicludo Poroso Arcillolimoso Productividad Mediocre

Es la mayor superficie que tiene la microcuenca con 447.5 ha que representa el 28.5 % de la microcuenca.

Se le localiza en la parte baja del área de estudio como esto por horizontes arcillosos de la formación San Sebastián, cuya estratificación está compuesta en su mayoría de limo a arcilla la misma que pueden albergar agua en estratos confinados por su naturaleza de formación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El área del Proyecto se encuentra emplazada en rocas de edad cretácica, conformados por la formación Muñani(en la región de Cusco conocido como Grupo San Jerónimo), formación Ayabacas, formación Maras , rocas intrusivas terciarias y depósitos cuaternarios.

La actividad geodinámica está ligada a la conformación litológica, estructural, morfológica e hidrogeológica. El carácter litológico de la formación Maras por su contenido de sales solubles, yesos y calizas con lutitas disconformes presenta inestabilidad generando deslizamientos como el ocurrido en la lomada de Suytuorco que es recomendable estabilizar. Las rocas intrusivas (granodiorita y microdiorita)que aflora en el cerro Llamacancha se encuentra altamente fracturadas y meteorizada, este material estructuralmente yace en forma de un lacolito entre estratos de la formación Ayabacas, abarcando la ladera de Llaullikancha, cerro Huch'uy Ayamoqo y el tramo superior de la quebrada Llamacancha, conformando el gran volumen tabular, cuyo conformación es un factor condicionante importante dentro de las causas del deslizamiento.

El deslizamiento de Llamacancha y el deslizamiento Cancaro que tienen similar litología, ha sido causado por factores condicionantes y desencadenantes; dentro de los condicionantes la disposición estructural del intrusivo (en formas tabulares concordantes a la inclinación de la pendiente y la muy mala calidad del macizo rocoso) y como otro condicionante la pendiente del terreno que tenía entre 21% y 25% de talud. Siendo los factores desencadenantes la alta permeabilidad del material intrusivo y la fuerte e infiltración de agua dentro del volumen deslizado.

Al realizar el análisis de estabilidad de taludes el factor de seguridad en las tres secciones de este deslizamiento son menores a 1.00 por tanto son inestables, considerándose estable un talud de con un factor de seguridad de 1.5. en el Perú para los diseños en Minería donde se utiliza con mayor énfasis y que se ha extendido a las obras civiles.

El deslizamiento de Unuraquina ha sido desencadenado por su carácter litológico, su constitución muy heterogénea de materiales limo arcillosos con gravas y sales solubles sin ninguna disposición estratigráfica como factor condicionante y la alteración de la pendiente del talud, cuyo ángulo de reposo ha sido alterado por la socavación del pie del talud a raíz del aluvión ha sido el factor desencadenante.

Existen otros deslizamientos activos en el área de la Micro cuenca, dos de los cuales se encuentran hacia el nor este de Llamacancha que tienen los mismos caracteres litológico y estructurales del deslizamiento Llamacancha, por lo que es recomendable su estabilización. Así mismo en el flanco derecho del sub cuenca existe pequeños deslizamientos aguas abajo de la quebrada Llamacancha que será necesario su monitoreo.

En base a levantamiento topográfico, y cartografía de campo se ha realizado el cálculo de volúmenes cuyo resultado es un acumulado de 305 407 m³ erosionados y 296 492 m³ de material depositado a lo largo de la sub cuenca, con un material excedente de 9005.m³, que ha debido ser transportado y depositado a lo largo del cauce del rio Zurite hasta el rio Vilcanota.

Los procesos geodinámicos y climáticos que ha originado daños a la infraestructura y áreas de cultivo, consiguientemente pérdidas económicas que tienen mayor incidencia en la Población de Zurite se presentan en las laderas de cerros de la sub cuenca Ramuschaca, los conos de escombros que se encuentran en estas laderas y con la presencia de corrientes de agua de precipitación que pueden llegar a los 12m³/s son los potenciales factores que han ocasionado aluviones con flujos de lo-

do y escombros después de un proceso de deslizamientos y podrían tener recurrencia en cuanto esos factores condicionantes sean similares, por lo que se ha considerado en función a estos antecedentes una zonificación de peligros, en peligro muy alto, peligro alto, peligro medio y peligro bajo, los mismo que se muestran en el plano correspondiente.

Frente a los peligros evaluados se ha considerado pertinente realizar las recomendaciones para la mitigación de los efectos de estos peligros.

En el deslizamiento Llamacancha que se encuentra inestable se debe prever medidas correctivas de estabilización, por el tipo de material que presenta y las características topográficas es recomendable la modificación de la geometría del talud, drenajes y construcción de muros u otros elementos de contención. Para el caso de modificación de la geometría del talud descabezar el peso del deslizamiento, para lo cual se recomienda banquetas con bermas amplias que permita la arborización con especies que tengan propiedades de extracción de grandes cantidades de agua del subsuelo para evitar que el plano de deslizamiento mantenga contenido de agua, y al mismo tiempo sirva de elemento de cohesión de las partículas y fragmentos de suelos. En estas banquetas es recomendable que el talud tenga 40° de pendiente, en cuyos taludes deberá sembrarse especies vegetales rastreras.

En el deslizamiento de Cancaro, es recomendable realizar medidas de estabilización mediante drenaje en la cabecera del deslizamiento, con una profundidad mínima de 1.50 m ya que es la altura del seudo estrato de granodiorita tiene este espesor; en el cuerpo del deslizamiento el drenaje recomendable es prever zanjas paralelos a la dirección del movimiento, así mismo prever arborización con especies que tengan capacidad de extracción de agua del subsuelo.

En el deslizamiento de Unuraquina, será recomendable prever muros de pie de talud con doble propósito, de contención y control de la erosión, ya que el peso del deslizamiento debe ser compensado con peso en el pie del deslizamiento y evitar que el río continúe socavando, ya que este proceso erosivo es el causante de la presencia de este deslizamiento. Por el tipo de material plástico es recomendable el uso de gaviones o similar que no sean rígidos.

Siendo el aluvión un proceso geodinámico de alto peligro para la población de Zurite, es recomendable mitigar su energía de transporte y erosión para disminuir su volumen movable, Por tanto se recomienda prever una zona de acumulación de lodos en un área libre. Para lo cual será necesario diseñar uno o varios desvíos de lodos hacia las áreas laterales de la micro cuenca, aguas abajo de Chaupiorco de manera que se disipe la energía de los lodos en una explanada en forma de una cancha de lodos que evite la llegada a la ciudad de los escombros. Estos desvíos se deben diseñar de manera que permita el paso del agua limpia pero que impida el paso de material grueso de escombros, es decir en forma de peines de desvío a la salida de las gargantas naturales existentes en la quebrada.

La cancha de lodos debe tener una pendiente aproximada de 5% hacia la zona este de la micro cuenca, de modo que el flujo de los lodos pueda dirigirse en esa pendiente, se debe concebir esta cancha de lodos como un abanico aluvial artificial, de manera que el primer flujo rellene un determinado área, y luego rellenar otra área.

Hidrogeológicamente se ha identificado acuíferos kársticos, (producción mayor a 4 l/seg en épocas de seca) fisurados (producción 0.1-1 l/seg.) y porosos (producción entre regular a mediocre).

Según estudios geofitos los acuíferos kársticos de buena productividad tienen un comportamiento de tipo fisurado por la que su circulación son en pequeños grietas y

fisuras descartándose la presencia de bolsones o lagunas subterráneas las que en un inicio se podía presumir la causante del deslizamiento.