

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Académico Profesional de Ingeniería Geológica



“Movimientos en Masa en la Quebrada Canto Grande. Lima”

Por: Jenny Marina Vásquez Acuña

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo

Departamento: Lima Provincia: Lima

Perú

2009

Asesor:

Ing. Antonio Guzmán M.

Jurado:

Dr. Néstor Chacón Abad. (Presidente)

Ing. Jaime Zegarra Navarro

Ing. Antonio Guzmán Martínez

Agosto 2009

“Movimientos en Masa en la Quebrada Canto Grande. Lima”

CONTENIDO GENERAL

Pág.

Resumen.....	1
--------------	---

I GENERALIDADES

1.1 Introducción.....	3
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Planteamiento del problema.....	4
1.4 Hipótesis.....	5
1.5 Objetivos.....	5
1.6 Justificación.....	6
1.7 Metodología y Procedimientos.....	6
1.7.1 Trabajo de Gabinete I.....	6
1.7.2 Trabajo de Campo.....	7
1.7.3 Trabajo de Gabinete II.....	7

1.6.4 Base Cartográfica.....	8
------------------------------	---

II CARACTERISTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Ubicación y Accesibilidad.....	9
2.2 Fisiografía.....	9
2.3 Límites y División.....	10
2.4 Aspectos Poblacionales y Socioeconómicos.....	10
2.4.1 Demografía.....	13
2.4.2 Educación.....	14
2.4.3 Vivienda.....	15
2.4.4 Actividad Económica.....	16
2.5 Planificación Urbana-Rural.....	18
2.6 Patrimonio Arqueológico.....	19

III. ASPECTOS CLIMÁTICOS

3.1 Factores Atmosféricos.....	22
3.1.1 Temperatura.....	22
3.1.2 Humedad relativa.....	23
3.1.3 Evaporación.....	24
3.1.4 Precipitación.....	24
3.2 Factor Hidrológico.....	25

IV. ASPECTOS GEOLÓGICOS

4.1 Geología.....	27
4.1.1 Afloramientos Rocosos.....	28
4.1.1.1 Grupo Casma.....	28
4.1.1.2 Superunidad Patap.....	30
4.1.1.3 Superunidad Santa Rosa.....	32
4.1.2 Depósitos de Cobertura.....	34
4.1.2.1 Depósitos Coluvio / Deluviales.....	34
4.1.2.2 Depósitos Proluviales.....	34
4.1.2.3 Depósitos Aluviales.....	35
4.1.3 Condiciones Estructurales.....	39
 4.3 Procesos Geodinámicos.....	 41
 4.3 Geomorfología.....	 45
4.3.1 Unidades Geomorfológicas Regionales.....	45
4.3.1.1 Flanco Occidental Andino.....	45
4.3.1.2 Zona de Valle.....	46
4.3.2 Unidades Geomorfológicas Localizadas	47
4.3.2.1 Relieve montañas.....	47
4.3.2.2 Colinas.....	48
4.3.2.3 Depósitos de pie de monte.....	49
4.3.2.4 Valle.....	49

V PELIGROS GEOLÓGICOS

5.1 Geoindicadores Ambientales.....	51
-------------------------------------	----

5.1.1 Geoindicadores en el Planeamiento Ambiental y Urbano.....	52
5.2 Terminología.....	53
5.2.1 Peligro.....	53
5.2.2 Amenaza.....	53
5.2.3 Susceptibilidad.....	54
5.2.4 Vulnerabilidad.....	54
5.2.5 Riesgo Geológico.....	54
5.3 Movimientos en Masa.....	57
5.3.1 Factores Condicionantes o Intrínsecos.....	57
5.3.1.1 Litología.....	57
5.3.1.2 Pendiente.....	59
5.3.2 Factores Detonantes.....	59
5.3.2.1 Sismicidad.....	59
5.3.2.2 Actividad Antrópica.....	67
5.4 Descripción de Peligros Geológicos en la Quebrada Canto Grande.....	68
5.4.1 Peligros geológicos por Movimientos en Masa.....	68
5.4.1.1 Caída de Rocas.....	68
5.4.1.2 Flujo de Detritos (Huaycos).....	68
5.4.2 Otros Peligros Geológicos.....	72
5.4.2.1 Vuelcos.....	72
5.4.2.2 Erosión de Laderas.....	74
5.4.2.3 Erosión Fluvial.....	74
5.5 Análisis Estadístico de los Peligros Geológicos.....	76

5.5.1 Ocurrencia de peligros geológicos según la litología.....	77
5.5.2 Ocurrencia de peligros geológicos según la pendiente.....	79

VI ZONIFICACIÓN DE SUCEPTIBILIDAD

6.1 Método Combinación de Mapas de Factores.....	80
6.1.1 Litología vs. Mapa de Peligros Geológicos.....	80
6.1.2 Pendiente vs. Mapa de Peligros Geológicos.....	80
6.2 Método Matriz de Susceptibilidad.....	82

VII ANÁLISIS DE AREAS CRÍTICA Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN FRENTE A LOS PELIGROS GEOLÓGICOS

7.1 Medidas de Protección y Corrección.....	100
7.1.1 Flujos de Detritos.....	100
7.1.2 Caídas de Rocas.....	101
7.1.2.1. Anclajes.....	102
7.1.2.2 Muros.....	102
7.1.2.3 Mallas de Alambre Metálico.....	108
7.1.2.4 Sembrado de Cobertura Vegetal en Taludes.....	108
7.1.2.5 Hormigón Gunitado.....	109
7.1.3 Erosión Fluvial.....	110
7.1.4 Erosión de Laderas.....	110
7.2 Programas de vivienda e infraestructura.....	111

7.3 Programas de educación ambiental.....	111
7.4 Programas de prevención de accidentes en las zonas críticas.....	112

VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1Conclusiones.....	115
7.1Recomendaciones.....	116

IX BIBLIOGRAFÍA

“Movimientos en Masa en la Quebrada Canto Grande. Lima”

RELACION DE TABLAS:

Tabla Nº 2.1 Tipo de Energía en las Viviendas.

Tabla Nº 2.2 Tipo de Abastecimiento de Agua en las Vivienda.

Tabla Nº 2.3 Tipo de Desagüe en las Viviendas.

Tabla Nº 2.4 Tipo de Actividades Económicas en San Juan de Lurigancho.

Tabla Nº 4.1 Rumbos y buzamientos de estructuras locales (graben) ubicadas en la quebrada Media Luna.

Tabla Nº 5.1 Factores a considerar en la evaluación de la vulnerabilidad.

Tabla Nº 5.2 Descripción de los Datos Macrosismicos ocurridos en Lima.

Tabla Nº 5.3 Número Total de Ocurrencias de Peligros Geológicos en la Quebrada Canto Grande.

Tabla Nº 5.4 Número Total de Ocurrencia de Peligros Geológicos de acuerdo a la litología en la Quebrada Canto Grande.

Tabla Nº 5.5 Número Total de Ocurrencia de Peligros Geológicos de acuerdo a la pendiente en la Quebrada Canto Grande.

Tabla Nº 6.1 Valores asignados en el mapa litológico de acuerdo a las unidades litológicas.

Tabla Nº 6.2 Valores asignados en el mapa de pendientes de terreno de acuerdo al grado de pendiente.

Tabla Nº 6.3 Mapa de Suma de los Factores.

Tabla Nº 6.4 Matriz de reclasificación de Suma de Factores.

Tabla Nº 7.1 Áreas afectadas por Erosión Fluvial

Tabla 7.2 Áreas afectadas por Caídas de Rocas.

Tabla 7.3 Áreas afectadas por Flujos de Detritos.

.

Tabla 7.4 Actividades efectuadas en la Gestión de Riesgos

RELACION DE GRÁFICOS

Gráfico N° 2.1 Ubicación de la Quebrada Canto Grande

Gráfico N° 2.2 Crecimiento de la Población por censos del distrito de San Juan de Lurigancho

Gráfico N° 2.3 Materiales de las viviendas de San Juan de Lurigancho

Gráfico N° 2.4 Perspectiva de la reconstrucción de un Templo Pre cerámico (3000 a. C) denominado "15 de Enero" o "Canto Grande"

Gráfico N° 3.1 Valores de variación de la temperatura registrados en la Quebrada Canto Grande entre los años 2003 y 2008.

Gráfico N° 3.2 Valores mínimos y máximos de humedad relativa registrados en la Quebrada Canto Grande entre los años 2003 y 2005

Gráfico N° 3.3 Valores máximos y mínimos de precipitación registrados en la Quebrada Canto Grande entre los años 2003 y 2008.

Gráfico 4.1 Columna Estratigráfica de la Quebrada Media Luna

Gráfico 4.2 Columna Estratigráfica de la parte alta de la Quebrada Canto Grande.

Gráfico 4.2 Gráfico 4.3 Perfil Geológico de la parte alta de la Quebrada Canto Grande SW - NE

Gráfico N° 4.4 Vertientes accesorias ubicadas al Noreste de la Quebrada Canto Grande

Gráfico N° 4.5 Vista panorámica de la Qda Media Luna

Gráfico 5.1 Litología de la Quebrada Canto Grande

Gráfico 5.2 Curva de Peligro Sísmico Anual calculado para La Quebrada Canto Grande

Gráfico 5.3 Porcentaje de Peligros Geológicos en la Quebrada Canto Grande

Gráfico 5.4 Porcentaje de Peligros Geológicos de acuerdo a la litología en la Quebrada Canto Grande

Gráfico 5.5 Ocurrencia de Peligros Geológicos de acuerdo a la pendiente en la Quebrada Canto Grande

Gráfico 7.1 Gaviones dispuestos en filas escalonadas con agujeros en la parte central.

Gráfico 7.2 Muros de contención ubicados en las laderas.

Gráfico 7.3 Construcción adecuada de pircas.

Gráfico 7.4 Muros tipo jaula y modelo de forestación.

RELACION DE FOTOS

Foto N° 2.1 Vista de la localidad: “Nuevo Amanecer 2”.

Foto N° 2.2 Geoglifo que se sitúa al interior de la Quebrada Canto Grande.

Foto N° 2.3 Muro del complejo arqueológico de Mangamarca.

Foto N° 4.1 Contacto entre el Grupo Casma y la Superunidad Patap.

Foto N° 4.2 Fracturamiento en los afloramientos del Grupo Casma.

Foto N° 4.3 Dique que intruye a un afloramiento del Grupo Casma, ubicado en el límite de la Quebrada Media Luna y la Quebrada Canto Grande.

Foto N° 4.4 Afloramientos de la Superunidad Patap (AAHH “Nueva Generación”)

Foto N° 4.5 Procesos de meteorización in situ de la Superunidad Patap

Foto N° 4.6 Exfoliación catáfila tipo tafoni en monzogranitos de la superunidad Santa Rosa.

Foto N° 4.7 Depósitos Proluviales en la Quebrada Media Luna.

Foto N° 4.8 Esquema de desplazamiento de estructuras geológicas.

Foto N° 4.9 Zonas alteradas observadas en los cortes de talud, evidencia de actividad tectónica en la Qda. Canto Grande.

Foto N° 4.11 Inundación producida en el año 2002.

Foto N° 4.12 Cadenas de cerros que constituyen la unidad de Flanco Occidental Andino en la Qda. Canto Grande.

Foto N° 4.13 Unidad Geomorfológica de Relieve de Montaña.

Foto N° 4.14 Unidad Geomorfológica de Colina.

Foto N° 4.15 Unidad Geomorfológica de Depósitos de Pie de Monte

Foto N° 4.16 Unidad Geomorfológica de Valle.

Foto N° 5.1 Materiales acarreados por los flujos hídricos. Comunidad Campesina Jicamarca Anexo 22

Foto N° 5.2 Flujo que inundó la Qda Media Luna en el año 2003.

Foto N° 5.3 Paredes colapsadas por la colisión de los bloques que trajo el flujo. en el año 2003.

Foto N° 5.4 Caída de rocas tipo canchal. AAHH Loma Alta.

Foto N° 5.5 Zona predispuesta a las Caídas de Rocas. AAHH Nuevo Amanecer.

Foto N° 5.6 Flujo de detritos antiguo. Quebrada Secundaria Rinconada de Villasol

Foto N° 5.7 Bloques individuales de diversos producto de la meteorización física. San Antonio de Chaclla.

Foto N° 5.8 Afloramientos rocosos meteorizados que muestran planos de discontinuidad y generan vuelcos. San Isidro. San Antonio de Chaclla

Foto N° 5.9 Vuelcos Las Lomas San Antonio de Chaclla

Foto N° 5.10 Erosión de laderas Quebrada. Quebrada Media Luna

Foto N° 5.11 Tramo del Río Rimac que limita con la Quebrada Canto Grande.

Foto N° 7.1 Urbanización Zarate. Erosión Fluvial:

Foto N° 7.2 Erosión fluvial en ambas márgenes del río Rimac,

Foto N° 7.3 Quebrada Vizcachera. Caída de Rocas

Foto N° 7.4 Valle El Triunfo. Caída de Rocas

Foto N° 7.5. Quebrada Media Luna. Caída de Rocas

Foto N° 7.6 Sector Nuevo Amanecer. Zona propensa a Caída de Rocas y Derrumbes

Fotos N° 7.7 y 7.8 Sector Pedregal Alto Jicamarca. Caída de rocas

Foto N° 7.9 AA.HHs. Unidos al Desarrollo. Zona propensa a Caída de Rocas,

Foto N° 7.10 Mariscal Cáceres / Las Vegas. Caída de Rocas:

Foto N° 7.11 Juan Pablo II, Nuevo Amanecer II. Asentamientos Humanos en donde se pueden producir Caídas de Rocas

Foto N° 7.12 AA HH Nuevo Jerusalén. Caída de rocas

Foto N° 7.13 AAHH Saúl Cantoral. Caída de Rocas

Foto N° 7.14 AAHH Santa Rosa de Lima. Sector propenso a caída de bloques rocosos

Foto N° 7.15 Cuarta Etapa de Mariátegui. Caídas de Rocas,

Foto N° 7.16 Urbanización Huanta. Bloques rocosos

Foto N° 7.17 Sector Los Pinos Jicamarca. Caída de Rocas

Foto N° 7.18 Anexo 08 Jicamarca. Quebrada. Evidencias de flujos de detritos antiguos

Foto N° 7.19 Comunidad Campesina Jicamarca Flujo de detritos inundó la zona,

Foto N° 7.20 Quebrada Media Luna.

ANEXOS

Ficha de Inventario

RELACION DE MAPAS

Mapa Base.....	N° 1
Mapa de Pendientes.....	N° 2
Mapa Litológico – Estructural.....	N° 3
Mapa de Inventario de Procesos Superficiales.....	N° 4
Mapa de Susceptibilidad a los movimientos en Masa	N° 5

A mi mamá, Marina,
principal motivadora en la realización de este trabajo.

Agradecimientos

A mi asesor y amigo Ing. Antonio Guzmán por el apoyo y confianza depositada en mi persona.

Al jurado calificador por sus sugerencias, que me ayudaron en la conclusión de esta tesis.

A los profesores de Pre-grado de la E.A.P. de Ingeniería Geológica, por la transmisión de sus valiosos conocimientos.

Al Ing. Lionel Fidel, director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, por sus sugerencias y apoyo para empezar esta investigación.

Al Ingeniero Segundo Núñez Juárez y a Diego Báez por su gran apoyo en el trabajo de Campo.

A Iván Moreno y a la Msc. Sandra Villacorta por sus observaciones y aportes en el Capítulo IV y VI respectivamente.

A mis queridos compañeros de trabajo de la dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, por las conversaciones y discusiones que permitieron la evolución de este trabajo.

A todos los que directa o indirectamente contribuyeron en la realización de esta investigación.

“El fracaso es mero accidente: es la promesa del éxito vivido”

Carlos Lissón

RESUMEN

La ocupación desordenada es uno de los mayores problemas urbanos que tiene Lima. Es necesario entonces planificar el uso de su territorio de acuerdo a las necesidades propias de una gran urbe, teniendo en cuenta que gran parte de la población se encuentra ubicada en las laderas de los cerros que limitan su territorio, expuesta a fenómenos de remoción en masa, principalmente caídas de rocas.

La zona de estudio de esta tesis es la Quebrada Canto Grande, que comprende al distrito más poblado del Perú: San Juan de Lurigancho en la provincia de Lima y parte del distrito de Jicamarca, perteneciente a la Provincia de Huarochirí; los que juntos tienen una población que supera los 900 000 habitantes.

El objetivo de este trabajo es detectar las áreas afectadas por los fenómenos de remoción en masa generados en la Qda. Canto Grande, para apoyar la gestión de riesgos, dentro de la planificación, el ordenamiento territorial, afianzando el papel de la Geología en el diseño urbano.

Para realizar esta tesis se siguió una metodología que incluye inicialmente la revisión de toda la información previa a los trabajos de campo, tanto de la geología y geodinámica del área de estudio, así como el procesamiento de la información obtenida en campo, con el fin de obtener la información básica para el análisis geodinámico frente a la activación de procesos de movimientos en masa.

Este trabajo se presenta inicialmente con una descripción general del área de estudio mencionando las características relacionadas a los aspectos poblacionales y socioeconómicos, la planificación urbana y el patrimonio arqueológico, para a continuación hacer mención a los factores atmosféricos e hidrológicos que la afectan.

En relación a los aspectos geológicos se toman en cuenta las características litológicas, geomorfológicas y las condiciones estructurales, estas son importantes porque proporcionan datos como el grado de meteorización física y el grado de pendiente que son determinantes para la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

En cuanto al capítulo de peligros geológicos, se mencionan algunos conceptos relacionados a los geoindicadores ambientales, además de la terminología y los factores condicionantes relacionados a los fenómenos de remoción en masa que ocurren en la zona de estudio.

Es importante mencionar el análisis estadístico de los peligros geológicos cuyos resultados muestran que la mayoría de viviendas ubicadas en las laderas de la Quebrada Canto Grande están sujetas a peligros como caídas de rocas, esta situación no solo está en función a los aspectos físicos sino también a la precariedad de las viviendas, es entonces cuando se hace necesario la zonificación de la susceptibilidad para lo cual se desarrolló un mapa en donde se enfocan las áreas susceptibles a experimentar fenómenos de remoción en masa.

En la parte final de este trabajo se han identificado las zonas más expuestas a la ocurrencia de peligros geológicos denominadas zonas críticas, en donde se tienen que adoptar medidas de prevención y corrección así como programas de participación de los pobladores en relación a la infraestructura, la educación ambiental y la prevención de desastres, teniendo en cuenta que todas estas acciones pueden mejorar la calidad de vida de los pobladores de la Quebrada Canto Grande.

I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Desde la década del 60, la Quebrada Canto Grande ha experimentado un proceso de ocupación irregular hacia las áreas periféricas (laderas de los cerros), surgiendo asentamientos humanos y urbanizaciones populares, en zonas vulnerables, sobre todo aquellas ubicadas en los abanicos de antiguos depósitos de flujos de detritos (huaycos).

Una forma de evitar que se produzcan situaciones de riesgo de movimientos en masa es estudiando las condiciones de seguridad física de las laderas antes de su ocupación; sin embargo este proceso hasta la actualidad no se ha dado, haciendo que se habiten estos lugares sin ningún conocimiento de los materiales (suelo y roca) que los constituyen; para contribuir con la solución a este problema el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET, está efectuando la evaluación de las características ingeniero geológicas que conforman la microcuenca de la Quebrada Canto Grande, necesarias para entender las condiciones en las que se producen los movimientos en masa, considerando que en la actualidad en esta quebrada se ubica tanto el distrito con mayor población en el Perú: San Juan de Lurigancho de la Provincia de Lima y parte del distrito de Jicamarca perteneciente a la provincia de Huarochirí.

1.2 Antecedentes

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) viene desarrollando el proyecto denominado "Geología, Geomorfología, Peligros Geológicos y Características Ingeniero – Geológicas del Área de Lima", proyecto que está permitiendo evaluar e inventariar los peligros geológicos de las laderas de los cerros que rodean Lima

Metropolitana, además contribuirá a su ordenamiento territorial y mejorará su desarrollo socioeconómico.

Uno de los objetivos principales de este programa es elaborar mapas de zonificación de peligros geológicos y amenazas, con el fin de fortalecer y mejorar las medidas y acciones que tiendan a elevar la calidad de vida de los Asentamientos Humanos que circundan la periferia de Lima Metropolitana.

1.3 Planteamiento del Problema

En la Quebrada Canto Grande se han generado básicamente dos tipos de peligros geológicos: caídas de rocas y flujos de detritos antiguos.

Las caídas de rocas, están asociadas a factores litológico-estructurales, y geotectónicos en relación directa con la actividad sísmica y la actividad antrópica (construcciones inadecuadas de viviendas ubicadas en los cerros).

Los flujos de detritos antiguos, sobre los cuales se ubica gran parte del sector urbano han sido depositados por huaycos de gran magnitud ocurrientes en las quebradas tributarias que desembocan en una principal.

Otros peligros en la Quebrada Canto Grande son la erosión fluvial que ejerce el Río Rimac sobre su margen derecha, afectando el pie del talud del área por donde se desplaza la Av. Gran Chimú y erosiones en cárcavas de poca profundidad pero que en condiciones excepcionales de lluvia discurrirían por la laderas alimentando las quebradas.

El problema que se ha generado en el área, es el crecimiento urbano indiscriminado, que ha motivado que una gran parte de la población se ubique en las laderas de los cerros en zonas inestables, amenazando su seguridad física, sus viviendas y las obras de infraestructura ahí asentadas; exponiéndose a la ocurrencia de un fenómeno de geodinámica interna (sismo) o externo (lluvia excepcional), sin que las autoridades del gobierno local o central adopten las medidas pertinentes que ayuden a corregir o mitigar sus efectos.

1.4 Hipótesis

La Quebrada Canto Grande alberga al distrito de San Juan de Lurigancho, el de mayor población en el Perú, su emplazamiento desde la década del 60, al inicio en forma ordenada en las partes bajas, se ha desarrollado en las cuatro últimas décadas en forma desordenada, ocupando lugares inestables de la quebrada, que comprometen la seguridad física de la población y las obras de infraestructura del distrito ante la ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa, generados por eventos de gran magnitud como un sismo o lluvias excepcionales

1.5 Objetivos

El objetivo del estudio es determinar las condiciones ingeniero geológicas de la Quebrada Canto Grande e inventariar las áreas afectadas por los movimientos en masa, para apoyar la gestión de riesgos, dentro de la planificación, el ordenamiento territorial, y el desarrollo socioeconómico de la zona.

Los objetivos específicos son:

Inventariar los peligros geológicos que afectan y han afectado a la Qda. Canto Grande.

Proponer medidas correctivas y de mitigación frente a la ocurrencia de peligros geológicos que afecten a la quebrada.

Sistematizar la información en un Sistema de Información Geográfica.

Obtener el título profesional en Ingeniería Geológica.

1.6 Justificación.

¿Por qué hacer un estudio sobre los movimientos en masa en las laderas de la Quebrada Canto Grande?

Porque los resultados de este estudio contribuirán, mediante la evaluación de las condiciones ingeniero geológicas, a la identificación y caracterización de movimientos en masa ocurrientes en la Quebrada Canto Grande; información que ayudará a adoptar medidas de prevención y corrección relacionadas a la ocurrencia de estos fenómenos causantes de desastres naturales.

Esta información puede ser utilizada por los organismos encargados de la planificación urbana, preparación y respuesta ante desastres como son: El Instituto Metropolitano de Planificación de la Municipalidad de Lima, La Municipalidad distrital de San Juan de Lurigancho, El Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI; El Organismo de Formalización de la Propiedad Informal COFOPRI, etc.

1.7 Metodología y Procedimientos

El trabajo se ha realizado en las siguientes fases:

1.7.1 Trabajo de Gabinete I

- Recopilación y evaluación de la información cartográfica (mapas topográficos escala: 1:25000) y bibliográfica existente, tanto de trabajos técnicos como de tesis universitarias.
- Interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales para determinar la geología y la geomorfología.

- Preparación de información básica para los trabajos de campo. Elaboración de mapas preliminares (geológico, plano de ubicación, etc.)

1.7.2 Trabajo de Campo

- Cartografía geodinámica convencional e inventario de movimientos en masa in situ a escala 1:25,000.
- Toma de fotografías digitales de las áreas afectadas por movimientos en masa y zonas críticas.
- Caracterización litológica del material de la quebrada (depósitos superficiales y substrato) con ayuda de información de la carta geológica nacional.
- Descripción de formaciones superficiales en base a cortes naturales, en donde se observan los depósitos de flujo de detritos recientes, ocurridos en la quebrada.

1.7.3 Trabajo de Gabinete II

- Análisis de la información geológico – estructural, del área.
- Evaluación de zonas críticas.
- Elaboración de los mapas: topográfico, de pendientes, litológico-estructural, de peligros geológicos y de susceptibilidad a los movimientos en masa.
- Preparación de cuadros, figuras y gráficos.
- Redacción y sustentación de la tesis.

1.7.4 Base Cartográfica

- Fotografías aéreas vuelo USAF (1962- 1963) escala 1:60 000
- Mapas de la Carta Geológica a escala 1:100 000
- Imágenes de satélite Aster a escala 1:25 000
- Mapas temáticos a escala 1:100 000 de Ecología, Hidrogeología, etc. En base a otros elaborados por diversos organismos públicos.especializados.

II. CARACTERISTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Ubicación y Accesibilidad.

La Quebrada Canto Grande se ubica en la margen derecha del Río Rímac, en dirección N-NE de la ciudad de Lima y está comprendida por las siguientes coordenadas UTM (PSAT 56)

N 8668000 - 8689000

E 278000 – 294000

Cubre una extensión de 136.674 Km² abarcando parte de las hojas topográficas de Huachipa, Comas, Caballero, Monterrico y Lima a escala 1:25 000 elaboradas por COFOPRI.

Políticamente, se haya comprendida en la jurisdicción de distrito de San Juan de Lurigancho y de la comunidad de Jicamarca

Para acceder a la zona de estudio desde el Centro de Lima, se puede utilizar las autopistas Ramiro Prialé o Evitamiento, una vez ubicados en la Av. Wiese, puerta de entrada del Distrito de San Juan de Lurigancho, se pueden utilizar las autopistas Próceres de Independencia, Pachacutec y Principal que recorren el distrito de San Juan de Lurigancho con dirección NE, hasta llegar a las Quebradas Media Luna y Canto Grande. Otras vías de acceso son Av. 9 de Octubre, el Par Vial Pirámides del Sol y Chinchaysuyo.

2.2 Fisiografía

Fisiográficamente presenta dos zonas bien definidas, la primera se caracteriza por un relieve plano ondulado constituido por promontorios medianos a altos con pendientes suaves a abruptas y la segunda zona es alta, caracterizada por cerros de pendientes abruptas y mesetas cortadas por valles en “v”. La parte más baja

se encuentra en área de Piedra Liza, y esta a 170 msnm y la más alta en el Cerro Colorado a 2300 msnm.

2.3 Límites y División

La Quebrada Canto Grande limita al norte y oeste con la cuenca del Río Chillón, al este con la Quebrada Jicamarca al sur con el Río Rimac y al oeste con la quebrada que alberga a los distritos de Comas y Carabaylo.

Políticamente la Quebrada Canto Grande coincide con los límites del distrito de San Juan de Lurigancho, a excepción del sector este da la zona 1 (Sureste de la quebrada) además ocupa parte del distrito de Jicamarca perteneciente a la Provincia de Huarochirí.

2.4 Aspectos Poblacionales y Socioeconómicos

En los últimos años la ciudad de Lima presenta elevadas tasas de crecimiento urbano. La urbanización de la ciudad capital avanza en forma acelerada y desordenada sin planeamiento alguno, dando lugar a la ocupación de nuevas áreas, no siempre adecuadas, para que la población pueda disfrutar de las condiciones básicas de vida.

En esa dinámica, Lima Metropolitana ha sido y sigue siendo hasta hoy el centro de la vida nacional. En ella se ha expresado el desarrollo y la modernización del país.

Lima Metropolitana cuenta con 43 distritos y una extensión total de 2,819.26 Km², que representan el 0,2% del territorio nacional. Con la explosión demográfica de las décadas de los 80' y 90' a causa del crecimiento de la ciudad y del proceso de migración intensificado por el conflicto armado en el país, la población de escasos recursos económicos se vio obligada a tomar tierras que por su naturaleza no son de gran valor urbano, por ser generalmente terrenos eriazos (no cultivables) de pendiente alta, de difícil acceso sin ninguna habilitación urbana, ni servicios básicos. Agotados los terrenos urbanizables en la ciudad (generalmente terrenos

agrícolas), la población volcó su mirada hacia la ladera de los cerros y quebradas que históricamente habían presentado fenómenos de geodinámica externa, como huaycos. (Montero et al., 2007)



Gráfico Nº 2.1. Ubicación de la Quebrada Canto Grande

Foto N° 2.1 Vista de la localidad: “Nuevo Amanecer 2”. Se observa la disposición desordenada de las viviendas en las laderas de los cerros.



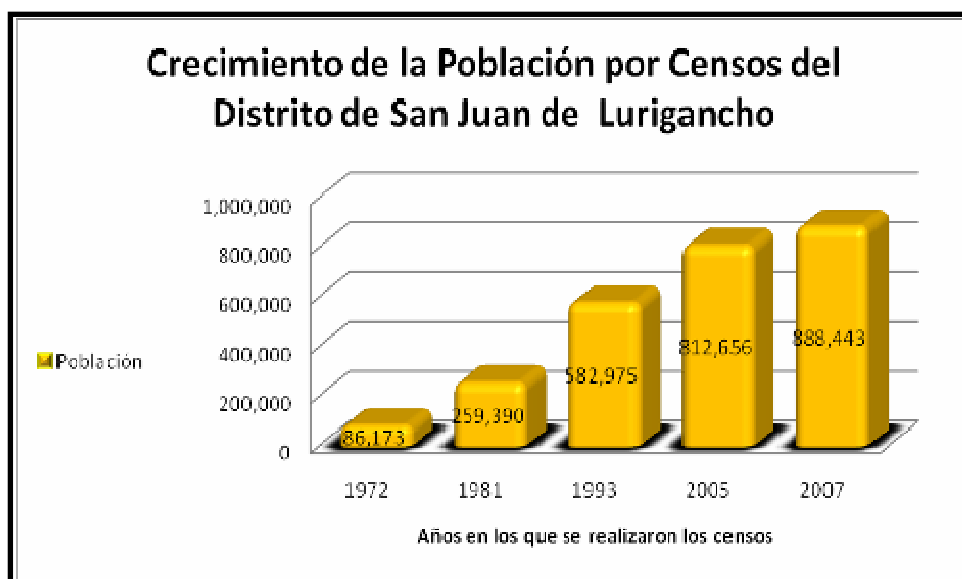
2.4.1 Demografía

La población de la Lima Metropolitana se concentra en gran porcentaje en los conos de la ciudad, el distrito de San Juan de Lurigancho se ubica en el Cono Este¹ y cuenta con una población de 888,443 habitantes (Fuente: INEI Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda)

Desde el año 2005 al 2007 el distrito de San Juan de Lurigancho, ha incrementado su población en 75,787 habitantes, es decir de 812,656 habitantes que había en el año 2005 ha pasado a tener en el 2007, 888,443 habitantes.

¹ El término "Cono" nace en base a una redefinición del espacio urbano de la ciudad a partir de su desarrollo económico, urbano y factores de dependencia. Lima ya no tiene conos o extremos dependientes de un centro económico, sino está constituida por centros de desarrollo económico independientes: Cono Norte, Cono Sur, Cono Este.

Gráfico Nº 2.2 Crecimiento de la Población por censos del distrito de San Juan de Lurigancho



Fuente: INEI - Censo 2005 X de Población y V de Vivienda, Elaborado por JVA

La densidad poblacional actual de San Juan de Lurigancho es de 5756,5 habitantes por Km².

Otra característica demográfica es la importante presencia de jóvenes, tal y como lo revelan los datos del Censo del 2005, en donde de los 812,656 habitantes con que contaba en ese año, 552,751 habitantes, tenían edades menores e iguales a 34 años, representando el 68.02 % del total de aquel entonces.

2.4.2 Educación

Según el Censo Nacional del 2005, la población del distrito de San Juan de Lurigancho que contaba con edad para tener educación (según el INEI personas de 3 a mas años) era de 768,682 habitantes, representando el 94.59% de toda la población del distrito; de todo este grupo el 92.22% si sabe leer y escribir (708,889 habitantes) y 7.78% no sabe (59,793 habitantes).

2.4.3 Vivienda

La información obtenida corresponde al Censo Nacional de Población realizado en el 2005 y las tablas N° 1, 2,3 muestran los datos del Censo de vivienda realizado el mismo año, (tipo de suministro de agua, luz y desagüe)

Tabla N° 2.1 Tipo de Energía en las Viviendas

TIPO DE ENERGÍA	SUB TOTAL	%
Electricidad	157,579	93,90
Kerosene (mechero/lamparín)	716	0,43
Petróleo/gas (lámpara)	126	0,08
Vela	5,408	3,22
Generador	191	0,11
Otro	2,716	1,62
No tiene	1,080	0,64
Total	167,816	100,00

Fuente: Plan de Desarrollo Distrital Concertado de San Juan de Lurigancho 2005-2015

Tabla N° 2.2 Tipo de Abastecimiento de Agua en las Vivienda

TIPO DE SUMINISTRO	SUB TOTAL	%
Red pública dentro de la vivienda	125,530	74,80
Red pública dentro de la vivienda, pero del edificio	8,354	4,98
Pilón de uso público	14,920	8,89
Camión-cisterna u otro similar	14,363	8,56
Pozo	476	0,28
Río, acequia, manantial o similar	5	0,00
Otro	4,168	2,48
Total	167,816	100,00

Fuente: Plan de Desarrollo Distrital Concertado de San Juan de Lurigancho
2005-2015

Tabla N° 2.3 Tipo de Desagüe en las en las Viviendas.

TIPO DE DESAGÜE EN LAS VIVIENDAS	SUB TOTAL	%
Red pública dentro de la vivienda	125,100	74,55
Red pública dentro de la vivienda, pero del edificio	8,607	5,13
Pozo séptico	5,349	3,19
Pozo ciego o negro/letrina	19,421	11,57
Río, acequia o canal	41	0,02
No tiene	9,298	5,54
Total	167,816	100,00

**Fuente: Plan de Desarrollo Distrital Concertado de San Juan de Lurigancho
2005-2015**

2.4.4 Actividad Económica

Actualmente en la Quebrada Canto Grande, la actividades económicas están relacionadas mayoritariamente a empresas que desarrollan actividades pertenecientes a diferentes rubros: agricultura, comercio, educación, inmobiliarias, construcción, etc.

Estas actividades han variado según la ocupación poblacional, por ejemplo hace tres décadas las actividades económicas básicamente estaban relacionadas a la agricultura y la ganadería, en donde las tierras de cultivo así como las granjas vacunas y porcinas se distribuían en la parte central e inferior de la quebrada. En la actualidad predomina la actividad comercial e industrial.

Tomando como fuente el Plan de Desarrollo Distrital Concertado de San Juan de Lurigancho 2005-2015, notamos que las actividades económicas se localizan en función de las facilidades espaciales, accesos, valor del suelo, variación en el mercado, así mismo las grandes empresas, en su entorno generan aglomeraciones en un área de influencia de 10 cuadras a la redonda

que hace que sus habitantes puedan potencialmente realizar alguna actividad económica, conectada directa o indirectamente a la gran empresa.

En San Juan de Lurigancho, funcionan Micro, Pequeñas, Medianas y Grandes Empresas, de manera formal e informal

Tabla Nº 2.4 Tipo de Actividades Económicas en San Juan de Lurigancho.

TIPO DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS	Nº DE EMPRESAS DE CADA RUBRO
Agricultura, ganadería, caza y selvicultura	79
Pesca	23
Explotación de minas y canteras	73
Industrias manufactureras	7,212
Suministro de electricidad, gas y agua	28
Alquiler de equipo de construcción	4,460
Comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos	14,599
Hoteles y restaurantes	1,019
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	2,867
Intermediación financiera	70
Actividades. inmobiliarias, empresariales y de alquileres	40,387
Administración pública y defensa de planes de seguridad social de afiliación obligatoria	592
Enseñanza	5,023
Actividades de servicios sociales y de salud	3,276
Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales	15,684
Hogares privados y servicios domésticos	74
TOTAL	95,466

**Fuente: Plan de Desarrollo Distrital Concertado de San Juan de Lurigancho
2005-2015**

2.5 Planificación Urbana-Rural

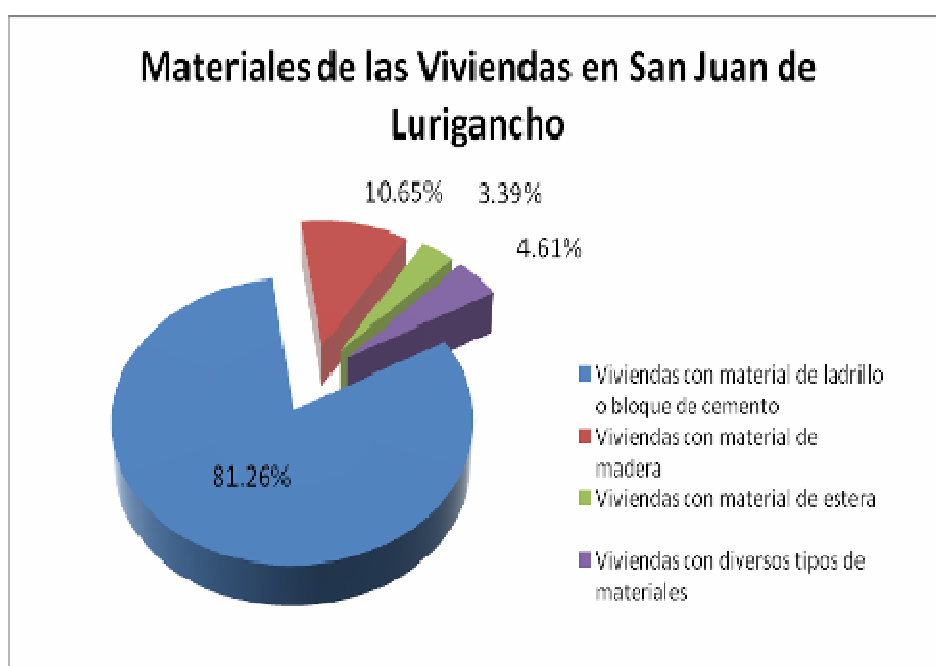
El distrito de San Juan de Lurigancho, debido a la extensión de su territorio y a su complejidad se ha dividido en 8 zonas que en total agrupan 27 comunas.

Los límites de la Quebrada Canto Grande coinciden con los límites de la jurisdicción del distrito de San Juan de Lurigancho, a excepción del sector este de la zona 1, ubicada al Sureste de la quebrada.

Las zonas se definen como espacios territoriales con una tendencia clara de zonificación residencial, vivienda taller, comercio u otros. Las comunas son divisiones internas que se han originado debido a la magnitud del territorio identificando internamente en cada zona problemáticas internas comunes. (Fuente: Plan de Desarrollo Distrital Concertado de San Juan de Lurigancho 2005-2015)

En el distrito de San Juan de Lurigancho según los materiales de construcción de las viviendas, en el año 2005 existían 136,360 viviendas con material de ladrillo o bloques de cemento (81.26%), 17,875 de madera (10.65%), 5,696 viviendas con material de esteras (3.39%) y 7,739 viviendas con uso de materiales diversos (4.61%)

Gráfico N° 2.3 Materiales de las viviendas de San Juan de Lurigancho



2.6 Patrimonio Arqueológico

La Quebrada Canto Grande cuenta con un patrimonio arqueológico que ha sido investigado solo durante la última década.

Los resultados de estas investigaciones se muestran en el estudio denominado: “Prospección Arqueológica en la parte Alta de la Quebrada Canto Grande”, cuya área de investigación abarca principalmente las vertientes Canto Grande y Media Luna.

Estos estudios muestran evidencias de culturas milenarias e incluyen hallazgos de campamentos, estructuras de carácter religioso y santuarios que van desde el periodo Precerámico Tardío (3000 a.C.) hasta la época Inca. (Instituto Cultural: Ruricancho)

Entre otros descubrimientos se ha detectado la existencia de geoglifos, que son enormes figuras sobre el terreno, algunas de ellas superan los 200 m ocupando las laderas de los cerros.

Todos estos hallazgos son únicos para la Quebrada Canto Grande y resumen la prolongada y variada ocupación de la zona de estudio de esta tesis desde periodos prehispánicos.

Por sus características la Quebrada Canto Grande tiene potencial arqueológico, sin embargo, la explosión urbana producida a fines del siglo XX, acentuada en los años ochentas, ha borrado innumerables vestigios arqueológicos y ha convertido verdaderas ciudadelas y palacios prehispánicos en restos de adobes que hoy sobreviven cercados por invasiones y urbanizaciones, amenazados por el descuido y las excavaciones clandestinas de quienes arrojan basura y desperdicios en su interior. (Fuente: “*La Identidad de los Ruricanchos*”, Jorge Paredes. Artículo de El Comercio 11/01/09)

Foto N° 2.2 Geoglifo que se sitúa al interior de la Quebrada Canto Grande



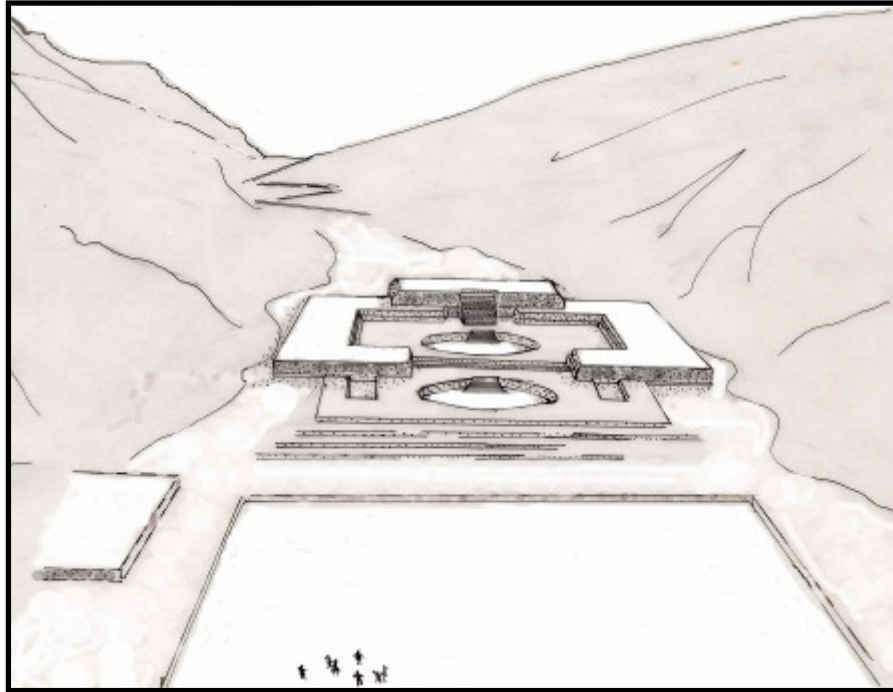
Fuente: Centro Cultural RURICANCHO

Foto N° 2.3 Muro del complejo arqueológico de Mangamarca (Parte baja de la Quebrada), capital del curacazgo Lurigancho durante el 1000 d C



Fuente: Centro Cultural RURICANCHO

Gráfico N° 2.4 Perspectiva de la reconstrucción de un Templo Pre cerámico (3000 a. C) denominado "15 de Enero" o "Canto Grande"



Fuente: Centro Cultural RURICANCHO

III. ASPECTOS CLIMÁTICOS

3.1 Factores Atmosféricos

La Quebrada Canto Grande cuenta con estaciones meteorológicas ubicadas en el límite de la misma con el Río Rímac, sin embargo para este trabajo, se han tomado los datos de la estación meteorológica del Radio Observatorio de Jicamarca; la que puede ser tomada como representativa, ya que es adyacente a la quebrada Canto Grande y que pertenece a la cuenca del Río Rimac, asimismo se localiza en una zona desértica subtropical con altitud similar a la del área estudiada.

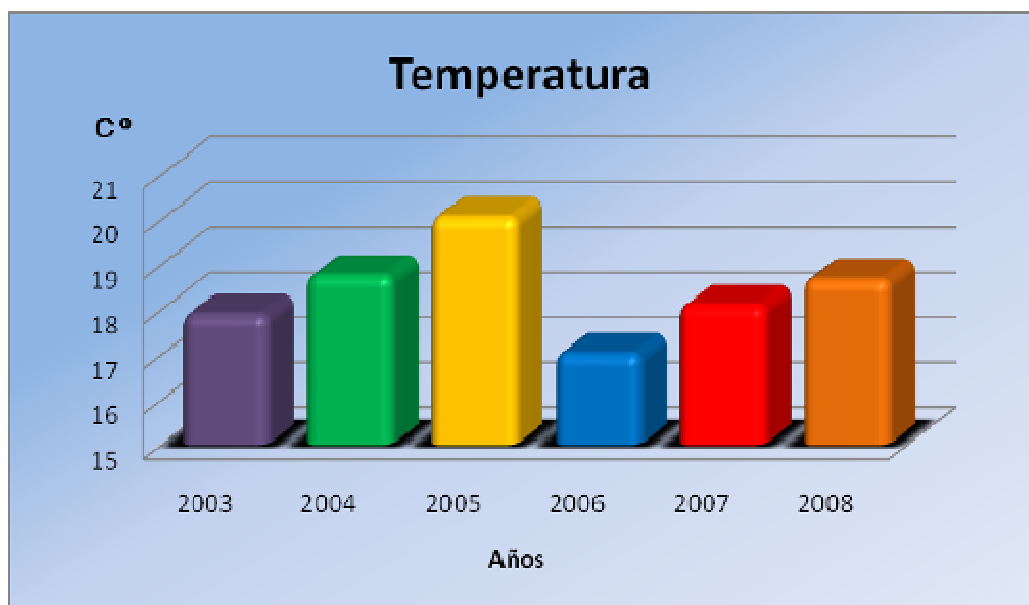
Esta estación se encuentra localizada el Este de Lima y a 10 Km de la Carretera Central, a una altura de 500 msnm, y sus coordenadas UTM son: N 8678031, E 295928

Los datos utilizados están comprendidos entre los años 2003 y 2008, son datos con una frecuencia de 10 minutos, el resultado del tratamiento y análisis de los mismos puede considerarse significativo.

3.1.1 Temperatura

Las temperaturas registradas en la estación de Jicamarca, indican un valor medio mensual que varía levemente alrededor de los 17.5°C a 21° C; sin embargo la temperatura máxima alcanza valores cercanos a los 24° C en los meses de verano (Enero - Marzo), el valor mas alto se registró en Marzo del 2005: 23.88° C La temperatura mínima varía entre los 14°C y 17°C en invierno (Junio - Setiembre), el valor mas bajo registrado en estos últimos años es de 12.98 °C en Agosto del 2006.

Gráfico N° Variación de la temperatura entre los años 2003 y 2008.

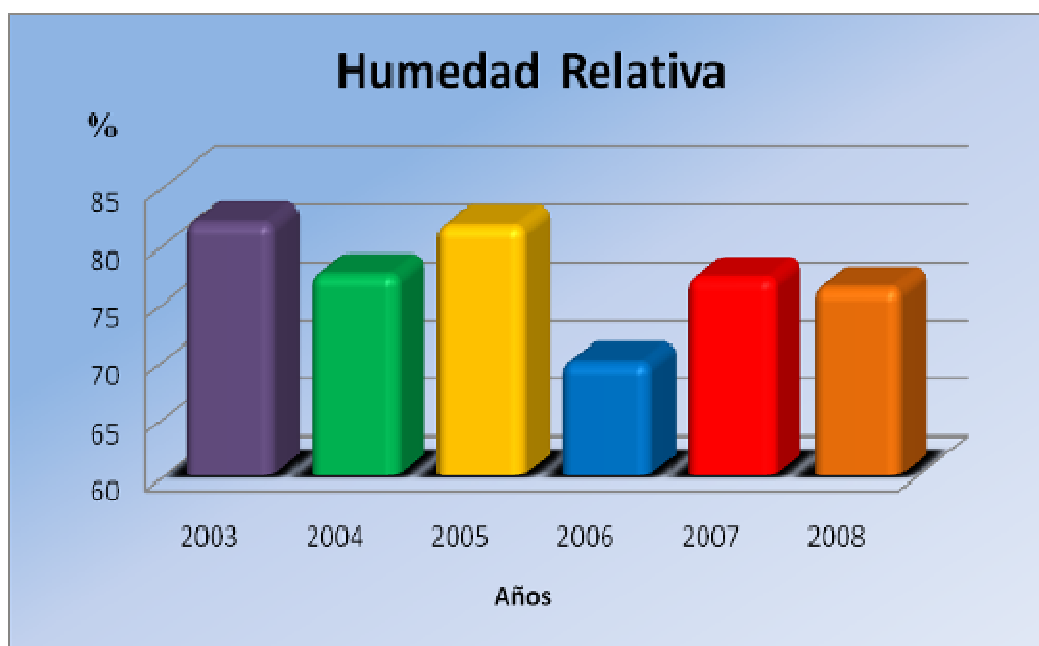


3.1.2 Humedad Relativa

Los valores normales registrados en la estación para un período de 6 años indican ciertas variaciones de un mes a otro.

Durante los meses en los que hay escasa precipitación (Octubre - Abril), la humedad normalmente varía entre 78% y 68%, registrando excepcionalmente un valor mínimo de 64.02% en Marzo del 2005. Durante el período de precipitación la humedad se incrementa notablemente hasta alcanzar valores cercanos al 81 % lo que indica que la quebrada es relativamente seca o poco húmeda durante el período de octubre a abril y húmeda los meses restantes.

Gráfico N° 3.2. Valores mínimos y máximos de Humedad Relativa registrados en la Quebrada Canto Grande entre los años 2003 y 2005



3.1.3 Evaporación

La información proporcionada por la estación meteorológica de Jicamarca no contiene datos acerca de la evaporación, sin embargo estudios realizados en la Quebrada Canto Grande indican que la evaporación guarda una relación directa con las temperaturas, registrándose los valores más altos en los meses de Diciembre a Abril.

La evaporación media mensual en la quebrada varía entre 65 y 120 mm., registrándose valores menores en los meses de Mayo a Setiembre. (Saharig G. 1973)

3.1.4 Precipitación

En la Quebrada Canto Grande se observan lloviznas esporádicas durante los meses de Mayo a Setiembre.

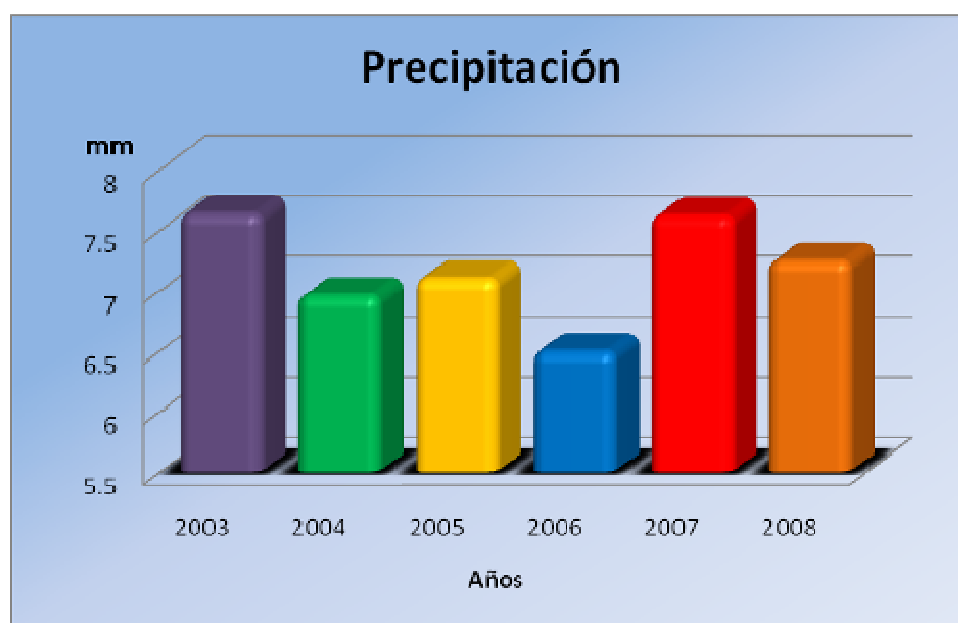
Los niveles de precipitación son mínimos, registrando valores que en los últimos 6 años van entre los 6 y 7 mm.

Las máximas precipitaciones fueron registradas en Junio del 2003.

Los cambios que se presentan en la hidrología superficial están íntimamente ligados a la hidrología subterránea.

Generalmente estos cambios se reflejan según las características del terreno en la zona, después de un cierto tiempo en la hidrología del subsuelo. (Saharig G. 1973)

Gráfico Nº 3.3 Valores máximos y mínimos de precipitación entre los años 2003 y 2008.



3.2 Factor Hidrológico

Río Rímac

El Río Rímac tiene su origen en los deshielos del nevado UCO a 5 100 msnm. Tiene un área total de 3 583 Km² con una superficie de área húmeda aproximada de 2 211 Km², es decir el 61.2% del área total contribuye sensiblemente al escurrimiento superficial, recorriendo una distancia total de 138 Km., con una pendiente promedio a lo largo de su recorrido de 3.6%. Los ríos San Mateo y Santa Eulalia que conforman el río Rimac, en su confluencia aguas arriba de la localidad de Chosica, presentan una pendiente de 4.5% y 6.3% respectivamente; estos valores disminuyen en el curso inferior del río Rimac, donde el valle se empieza a extender, formando un abanico sobre el

cual se encuentra una importante zona agrícola y la ciudad de Lima; este segundo tramo tiene una pendiente aproximada de 1.7%.

El río Santa Eulalia tiene unos 60 Km. de longitud estimados desde su nacimiento hasta la altura de Ricardo Palma, localidad que se encuentra en el kilómetro 41 de la carretera Central.

Dentro del conjunto de los ríos de la Costa, el río Rímac es uno de los pocos que no se llega a secar en la época de estiaje, debido a que es un río regulado artificialmente mediante los trabajos realizados por las empresas eléctricas para el abastecimiento de energía hidroeléctrica a la ciudad de Lima.

En cuanto a los cambios del cauce del río Rímac, Dollfus (1965) expone que durante el Cuaternario estos cambios afectaron el sector de aguas abajo de Vitarte en donde el valle se ensancha y pasa por una serie de conos de diferente edad, los mismos que sepultan parcialmente una zona de subsidencia con cerros aislados. En el último período de acumulación, el río que ya había rellenado la depresión entre los cerros Agustino y San Cristobal se ubica al pie de este último, probablemente atraído por el área de subsidencia del aeropuerto del Callao, llegando hasta el contacto con el cono formado por el río Chillón.

IV. ASPECTOS GEOLÓGICOS

4.1 Geología

El contexto geológico de La Quebrada Canto Grande está constituido esencialmente por rocas volcánico sedimentarias del Grupo Casma y cuerpos hipabisales que conforman las Superunidades Patap y Santa Rosa, estas dos últimas forman parte del Batolito de la Costa en el segmento de Lima.

El Batolito de la Costa, está compuesto por varias Superunidades cuyas edades van de 100 a 30 Ma. (Pitcher et al., 1985)

El concepto de Superunidad fue establecido por Pitcher, en el se agrupan a los plutones del Batolito de la Costa que tienen características comunes, como la cosanguineidad y que están relacionados a una evolución magmática común, con una cierta coherencia química.

Las edades de las unidades estratigráficas van desde el Cretáceo Medio al Cuaternario Reciente.

En la actualidad los afloramientos rocosos en la zona de estudio se encuentran en un avanzado estado de alteración y ocupan las nuevas áreas urbanas de la Quebrada Canto Grande.

El mapa geológico-estructural (Mapa N°3) muestra la distribución espacial de las unidades litológicas así como las principales estructuras de la zona de estudio. El mapa fue elaborado en dos etapas, la primera consistió en la interpretación de imágenes satelitales (Landsat TM7), fotografías aéreas y la recopilación de los trabajos realizados anteriormente. (Palacios *et al.* 1992). La segunda etapa consistió en el trabajo de campo, cartografía, toma de datos y levantamiento columnas estratigráficas.

A manera general las unidades cartografiadas, pueden ser agrupadas en Afloramientos Rocosos y Depósitos de Cobertura, descritos a continuación:

4.1.1 Afloramientos Rocosos

4.1.1.1 Grupo Casma

A lo largo del Batolito de la Costa, la parte superior del Grupo Casma (*Volcánico Quilmaná*), ha sido metamorfozada constituyendo una metaandesita de color oscura y en partes silicificada. Se le asigna una edad Cretácica Superior (Palacios et al., 1992)

Los afloramientos del Grupo Casma se encuentran al noreste de la zona de estudio, justo en el límite de las Quebradas Canto Grande (margen derecha) y Media Luna (margen izquierda), (ver Mapa N°3) muestran una zona de contacto discordante con la Superunidad Patap.

Localmente estos afloramientos presentan una coloración rojiza, se encuentran altamente fracturados y están dispuestos en bloques angulosos a manera de cuña.

El contacto entre el Grupo Casma y la Superunidad Patap es oblicuo.

Foto N° 4.1 Contacto entre el Grupo Casma y la Superunidad Patap. Nótese la disposición de los bloques y su alto grado de fracturación.



Foto Nº 4.2 Fracturamiento en los afloramientos del Grupo Casma.



En la zona de estudio se pueden observar diques y cuerpos menores que intruyen a las rocas volcánico-sedimentarias. Tales intrusiones según sus características físicas son generalmente de composición básica.



Foto Nº 4.3 Dique que intruye a un afloramiento del Grupo Casma, ubicado en el límite de la Quebrada Media Luna y la Quebrada Canto Grande

4.1.1.2 Superunidad Patap:

La Superunidad Patap está constituida por cuerpos de gabros y dioritas, las más antiguas del Batolito, emplazados al lado occidental del mismo, con intervalos que pueden variar entre 84 y 102 Ma. (Pitcher et al., 1985)

El principal cuerpo intrusivo gabroide de esta superunidad, ocurre en el Cerro Colorado al sureste de Lima, entre Atocongo, La Molina y La Quebrada Manchay, desde aquí continúa hacia el Cerro El Agustino (Cuadrángulo de Lurín), Cerro Mirador y Cerro Negro en La Quebrada Canto Grande (Cuadrángulo de Chosica).

Estos cuerpos plutónicos intruyen a las rocas sedimentarias y volcánicas del Mesozoico a las que metamorfizan, dando lugar a contactos externos por lo general verticales. A su vez son intruídos por los cuerpos más jóvenes del Batolito, pertenecientes a la superunidad Santa Rosa (Palacios et al., 1992)

Los afloramientos de la Superunidad Patap se observan a los alrededores del Cerro Negro, Cerro Pirámide Alta y Cerro Mirador, presentan una coloración grisácea, la mayoría de veces se observa fracturamientos locales y un alto grado de meteorización.

En apariencia los afloramientos de esta Superunidad presentan un aspecto masivo, como puede apreciarse en la fotografía N° 4.4, sin embargo en las muestras de mano se observan que predominan minerales máficos, especialmente biotitas y hornblendas de diversos tamaños con cierto grado de alteración.

Foto N° 4.4 Los afloramientos de la Superunidad Patap, muestran rocas intrusivas bastante alteradas en la parte media de la Qda. Canto Grande. (AAHH “Nueva Generación”)



Foto N° 4.5 Los procesos de meteorización in situ de la Superunidad Patap dan como resultado la disgregación del afloramiento rocoso: Nótese los bloques sueltos con formas subredondeadas v subangulosas.



4.1.1.3 Superunidad Santa Rosa:

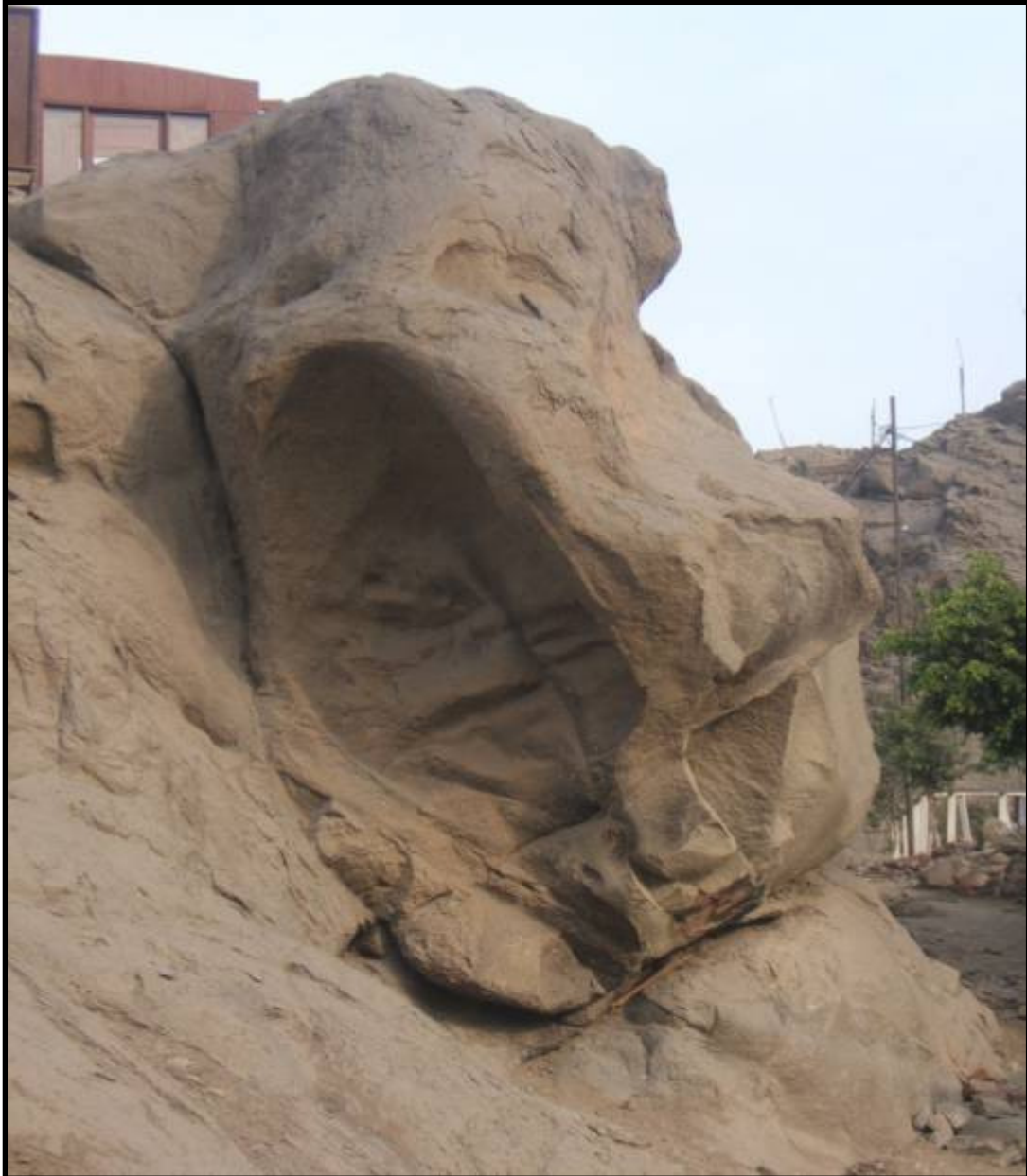
Esta superunidad está constituida por cuerpos tonálíticos - dioríticos y tonalítico-granodioríticos, tiene gran extensión dentro de los cuadrángulos de Chancay y Chosica formando el segmento de Lima; se emplaza con posterioridad a los gabros y dioritas de la Superunidad Patap a los que intruye con contactos definidos casi verticales, asimismo intruye a las secuencias mesozoicas del Grupo Casma (Palacios et al., 1992)

Hacia la margen derecha de la Quebrada se observan los afloramientos de la Adamelita Santa Rosa, conocida en actualización del cuadrángulo de Lima, escala 1:50 000 como Monzogranito Santa Rosa. (León., 2002)

Las muestras en mano nos indican que estas rocas ígneas se caracterizan por presentar una mineralogía bien definida, con un porcentaje de máficos que van 35 % a un 40% en donde predominan micas como la Biotita y la Flogopita.

Sus afloramientos rocosos tienen una coloración gris pardusca, presentan formas peculiares debido a los procesos de erosión tipo exfoliación catáfila y tipo tafoni, (Ver foto N° 4.6) esta última es una forma resultante de los procesos de meteorización, que se da en paredes rocosas de moderada o gran inclinación en donde se observan oquedades redondeadas, se desarrolla sobre todo en rocas isogranulares ígneas. Si el tamaño de las oquedades es centimétrico se les denomina alvéolos, se presentan orientados según los planos de debilidad de la roca. (Gutiérrez, 2008).

Foto N° 4.6 Exfoliación catáfila tipo tafoni en monzogranitos de la superunidad Santa Rosa. Urbanización Huanta cerca a las instalaciones del Penal de San Juan de Lurigancho.



4.1.2 Depósitos de Cobertura

Los depósitos de talud son resultado de la acumulación de material proveniente de las formaciones que rodean a la Quebrada Canto Grande (Superunidades: Patap, Santa Rosa y Grupo Casma)

Estos depósitos tienen un espesor variable que puede superar los 7 metros y en la parte superficial presentan un relieve irregular con tramos escarpados y áreas modificadas por la intervención humana.

Los depósitos de cobertura muestran una composición bastante heterogénea con un gran número de bloques rocosos de tamaños diferentes, gravilla y matrices areno limosas.

Estos depósitos han sido clasificados como depósitos coluvio / deluviales, depósitos proluviales y depósitos aluviales.

4.1.2.1 Depósitos Coluvio / Deluviales:

Los depósitos coluvio/deluviales cubren las laderas de la quebrada, están representados por material suelto y bloques rocosos afectados producto de la erosión y la gravedad.

El material que predomina en los depósitos coluvio/deluviales de la Quebrada Canto Grande es grava media y clastos subangulosos de origen intrusivo o volcánico sedimentario de acuerdo a la litología predominante.

4.1.2.2 Depósitos Proluviales:

Este tipo de depósitos rellenan el valle y están representados por secuencias de forma irregular que se extienden a lo largo de la Quebrada Media Luna, donde se levantaron las columnas en las cortes naturales.

El material de estos depósitos esta representado por clastos intrusivos y volcánicos sedimentarios con diámetros que van desde los 0.10 a los 0.90 m. Las formas son subangulosas y subredondeadas. Estos bloques están

soportados en una matriz limosa, arenosa o de gravas medias a finas, en su mayoría de coloración beige. Se observan secuencias de debris flow.

Observar los gráficos 4.1 y 4.2

Foto N° 4.7 Depósitos Proluviales en la Quebrada Media Luna: se observa cinco eventos; los clastos están dispuestos de manera irregular y tienen matriz areno-limosa.



4.1.2.3 Depósitos Aluviales:

Los depósitos aluviales son los depósitos que se forman en la planicie donde coleasen los depósitos coluvio / deluviales, proluviales y fluviales en la zona de estudio, estos depósitos se ubican en las inmediaciones de la Av. Gran Chimú (urbanización Zárate), en el inicio de la Av. Próceres, en la Av. Malecón Checa Eguiguren, Av. 9 de Octubre, en general en las zonas de la quebrada que limitan con el Río Rímac.

Los materiales que constituyen estos depósitos son cascajos, gravas, clastos subangulosos y subredondeados. En esta zona son frecuentes los depósitos antrópicos.

Gráfico 4.1 Columna Estratigráfica de la Quebrada Media Luna
Coordenadas (N 8683734 E 288375)

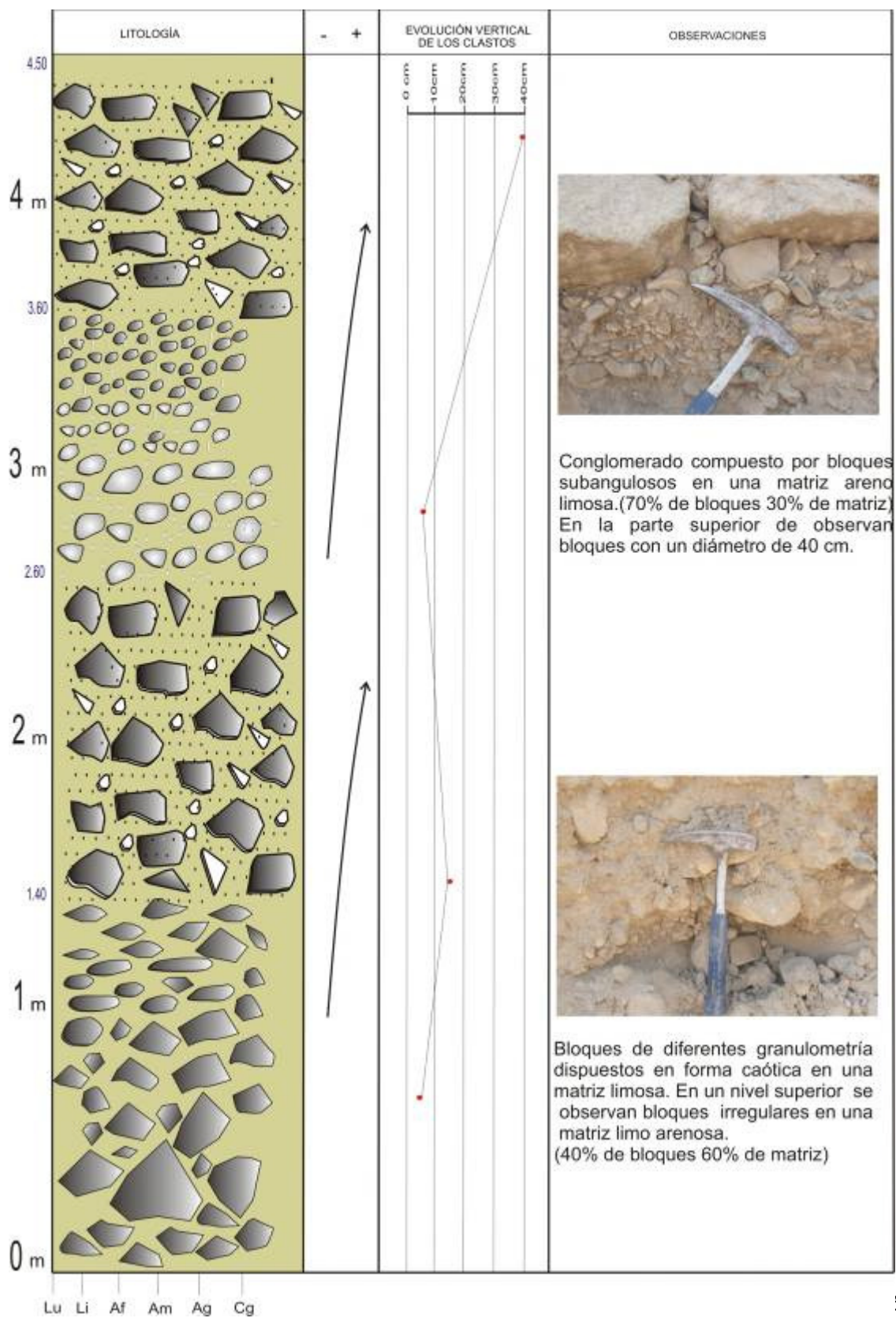


Gráfico 4.2 Columna Estratigráfica de la parte alta de la Quebrada Canto Grande.
Coordenadas (N 8603366 E288688)

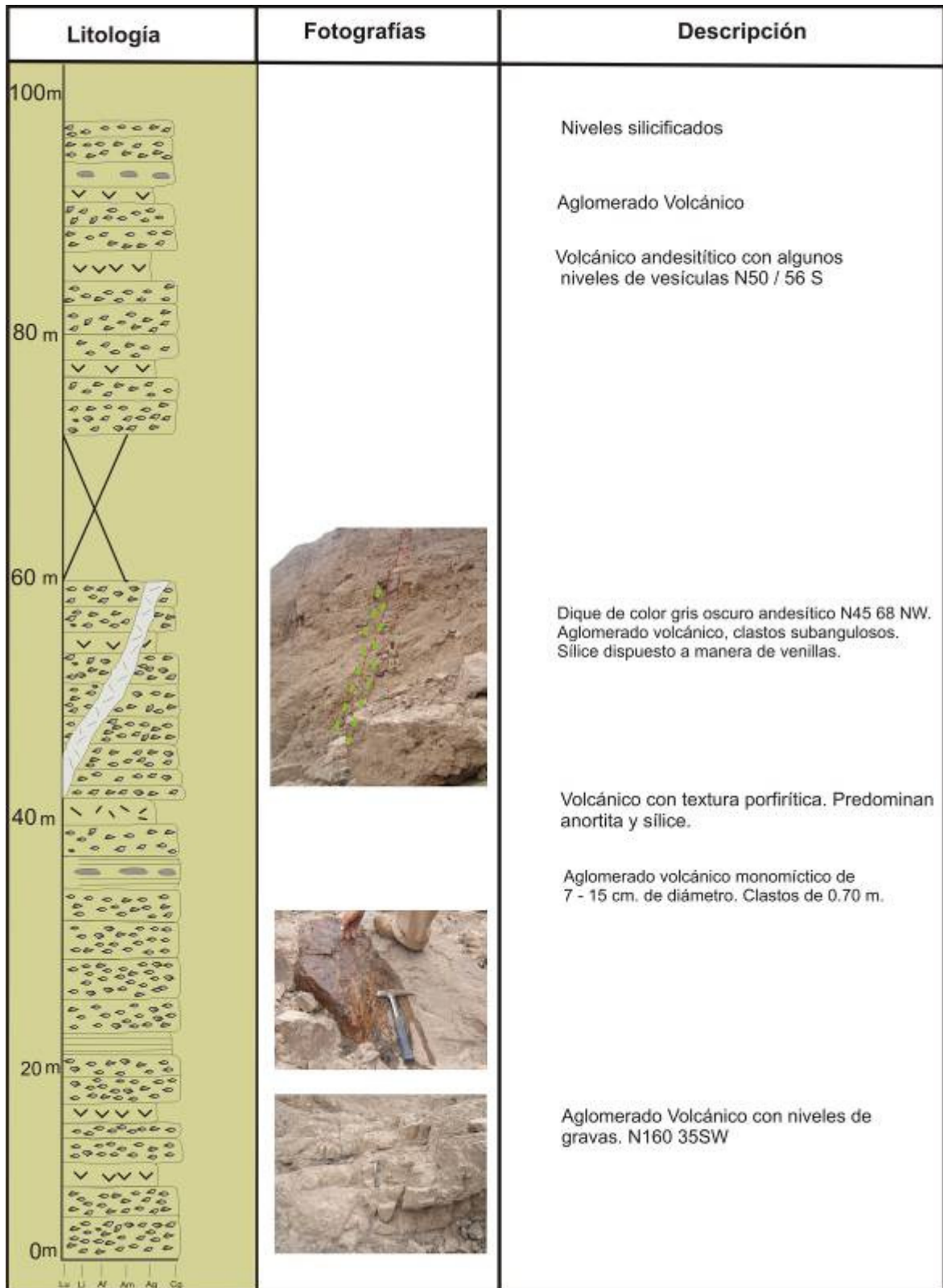


Gráfico 4.3 Perfil Geológico de la parte alta de la Quebrada Canto Grande SW - NE



4.1.3 Condiciones Estructurales

Las fallas y lineamientos propuestos en este trabajo han sido determinados a través de imágenes satelitales, modelos de elevación digital, fotografías aéreas y trabajos de campo, registrándose un total de 7 fallas y 19 lineamientos

Las condiciones estructurales de la Quebrada Canto Grande están definidas por fallas de extensión local.

La red de fracturamientos y lineamientos estructurales que se presenta en la zona de estudio tiene un rumbo Noreste-Suroeste; este sistema de fallas está desarrollando en dos tipos de litología: Rocas intrusivas del Batolito de la Costa y Rocas volcánico sedimentarias del Grupo Casma. Ver Mapa N° 2

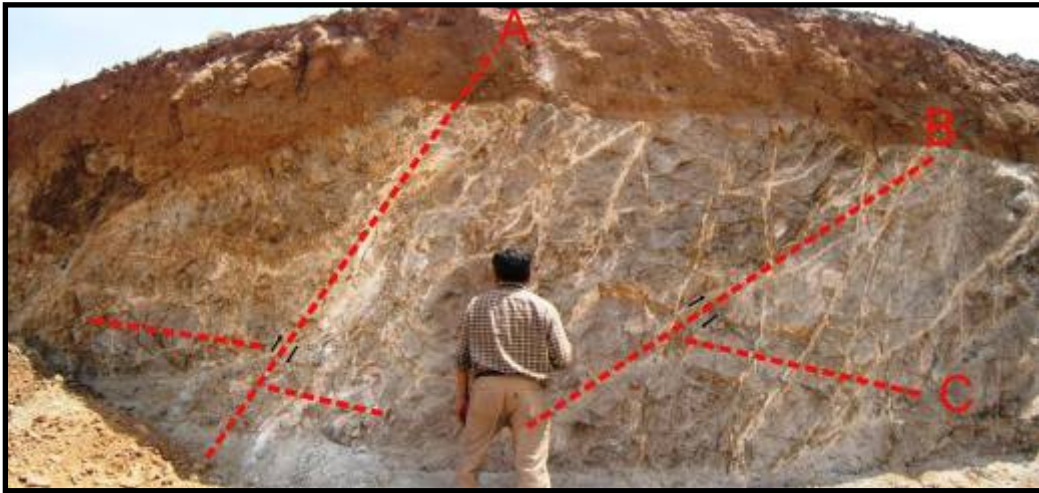
Los lineamientos y fallas de la zona de estudio están cubiertos por depósitos recientes, actualmente la expansión urbana hace que se tengan pocas evidencias de los desplazamientos de estas estructuras, sin embargo en la parte alta de la Qda. Canto Grande (Media Luna) se han podido observar brechas de falla (Ver foto N° 4.8), de coloración gris blanquecina con evidencias de panizo, en un macizo rocoso completamente fracturado.

A manera local se observaron estructuras que indican la existencia de microfallas cuyos rumbos se describen en el siguiente cuadro:

Tabla 4.1 Rumbos y buzamientos de estructuras locales (graben) ubicadas en la quebrada Media Luna. Coordenadas N 8786730 E 287708

Estructura	Rumbo	Buzamiento
A	N 150°	51 SW
B	N 144°	48 NE
C	N 180°	52 SW

Foto N° 4.8 Esquema donde se observa el desplazamiento de la estructura C en relación a las estructuras A y B



Otra evidencia de las estructuras a manera local son las zonas de alteración observadas en los cortes de talud para las viviendas, estas presentan colores amarillos a rojizos con brechamiento y fracturamiento intenso, las medidas de las brechas son 1.80 de largo.

Foto N° 4.9 Zonas alteradas observadas en los cortes de talud, evidencia de actividad tectónica en la Qda. Canto Grande.



4.2 Procesos Geodinámicos

En la Qda. Canto Grande, los procesos geodinámicos externos se evidencian en las características físicas de los bloques rocosos y depósitos recientes en la zona de estudio.

En las dos vertientes principales de la Quebrada (Qda. Media Luna y Qda. Canto Grande - parte alta -) se observan secuencias de deposición típicas de debris flow (flujos de detritos), así como secuencias con bloques subangulosos, de tamaños irregulares dispuestos de manera desordenada; además en las vertientes accesorias ubicadas al Noreste de la Quebrada (Comunidad San Antonio de Jicamarca, límite con la Av. Naciones Unidas) se observan bloques irregulares en matrices limosas, ubicados en capas superpuestas; en general todas estas diferencias en el tamaño de la granulometría y los clastos nos indican la existencia y la variación de energía de flujos de detritos (huaycos).

La ocurrencia de estos flujos de detritos en la Qda. Canto Grande se manifiesta por la morfología existente, tratándose de pequeños abanicos con pendientes inferiores a 5° y 10° que aportan a un cauce central, este a su vez este ha ido aportando materiales al abanico aluvial del Río Rímac.

Gráfico N° 4.4 Vertientes accesorias ubicadas al Noreste de la Quebrada Canto Grande, existen evidencias de flujos de detritos relacionados a eventos excepcionales. Actualmente estas quebradas están urbanizadas



Otra característica que se observa en las vertientes principales de la Qda Canto Grande, es la disposición de bloques de grandes dimensiones, algunos superan los 4 metros y están insertos en pleno cauce. De acuerdo a la litología (en su mayoría intrusiva) y las secuencias de flujos posteriores a estos bloques, se estima que se movilizaron por procesos geodinámicos asociados a lluvias extraordinarias y / o sismos.

Es importante mencionar que el clima ejerció una influencia directa e indirecta en los procesos geodinámicos que tienen lugar en el desarrollo de los depósitos de la zona de estudio; la disponibilidad del agua afectó a la meteorización de las rocas y al transporte de sedimentos, dándole las características que observamos hoy en día.

La carencia o escases de precipitaciones suponen la ineficacia de la meteorización o del transporte (Gutiérrez 2008). No obstante en quebradas secas como Canto Grande con una precipitación media anual entre 6 mm a 7 mm, la carga solida que alimenta a la quebrada se produce como consecuencia de lluvias excepcionales.

Foto Nº 4.10 Flujo de detritos y lodo como consecuencia de lluvias excepcionales no relacionadas con el Fenómeno Meteorológico “El Niño” que afectó directamente a la Qda. Media Luna en el año 2002, (Fuente. Comunidad Campesina Jicamarca Anexo 22)



Foto N° 4.11 La inundación producida en el año 2002 llegó a una altura de 30 cm. llegando a destruir algunas viviendas precarias ubicadas en el lecho de la Qda. Media Luna. La fotografía muestra un local comunal ubicado 4 Km. Al sur de Media Luna (Fuente. Comunidad Campesina Jicamarca Anexo 22)

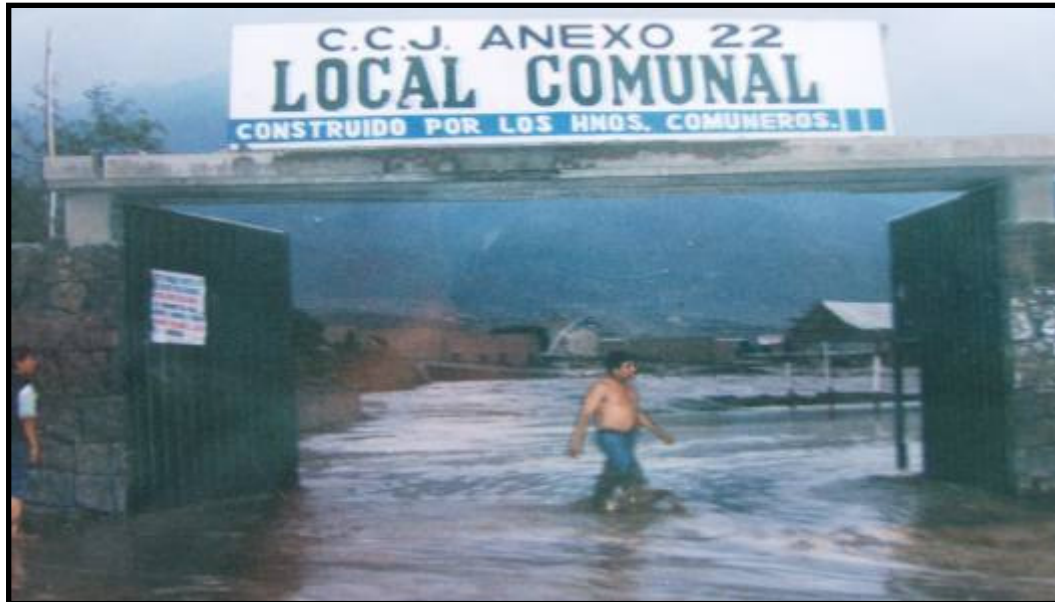


Grafico N° 4.5 A) Vista panorámica de la Qda Media Luna, donde se observan depósitos de flujos históricos. B) Bloque inserto (Recuadro rojo en la fotografía A) en el cauce de la Qda. Media Luna (4.40 m de largo), en la base del mismo se observan evidencias de flujos anteriores. C) Bloque (2.30 m de largo) ubicado en los depósitos de la margen derecha de la Qda Media Luna, se encuentra cubierto por una secuencia de flujos con bloques irregulares y matrices limosas



A



B

Jenny Vásquez Acuña



C

4.3 Geomorfología

El área de estudio está representada por una quebrada con dirección Noreste - Suroeste, que esta interceptada en el sur por el Río Rimac. El relieve esta disectado con pequeños abanicos de extensión local. Los terrenos planos ocupan el 45% y los terrenos montañosos (Flanco Occidental Andino) ocupan un 55 % del área total. Las altitudes máximas varían entre los 800 y 1400 m.s.n.m.

La red hidrográfica está representada por un tramo del Río Rimac que se extiende por la Av. Gran Chimú y la Av. Campoy en la urbanización Zarate; en esta zona las planicies aluviales no están bien definidas debido a que ha sufrido cambios drásticos en el proceso de urbanización.

A partir del estudio de imágenes satelitales y trabajos de campo, fueron definidas las unidades geomorfológicas. Estas unidades son definidas como “terrenos formados por un proceso natural, que tienen una composición definida y un conjunto de características físicas y visuales que aparecen donde quiera que se encuentren la unidad geomorfológica territorial” (MOPT, 2004)

En el área de estudio generalmente se han diferenciado dos unidades geomorfológicas regionales que son el Flanco Occidental Andino y la Zona de Valle, y localmente se han diferenciado cuatro unidades localizadas que son Relieve de montañas, Colinas, Depósitos de pie de monte y Valle

4.3.1 Unidades Geomorfológicas Regionales

4.3.1.1 Flanco Occidental Andino:

Esta unidad geomorfológica corresponde a cadenas de cerros que alcanzan altitudes entre los 800 y 1400 m. Tiene pendientes que van desde los 25° hasta los 55°.

Se encuentra constituida por formaciones volcánicas sedimentarias (Grupo Casma) y por macizos ígneos correspondientes al Batolito de la Costa. (Superunidades Patap y Santa Rosa)

Esta cadena de cerros presenta una topografía abrupta y está disectada por numerosas quebradas y el río Rímac. Ocupa el 55% del área de la Quebrada Canto Grande.

4.3.1.2. Zona de Valle:

Formado por material acarreado por las aguas que drenan desde las cumbres, integradas por un lado por los cerros: San Jerónimo de Amancáes, Repartición, Canto Grande, Pirámide, Canterillo, Colorado, Babilonia, Santa María, Lomas de Matacaballo Chico y Lomas de Matacaballo Grande (G. Saharig, 1973)

Comprende el valle de la quebrada, presenta superficies suaves a moderadamente inclinadas, el material que lo compone es variado, compuesto por grava, arenas y limos.

Esta unidad está ocupada totalmente por la zona urbana, ha sido totalmente modificada en su morfología a excepción de la parte alta de la quebrada. Ocupa el 45% del área de la Quebrada Canto Grande.

Foto N° 4.12 Imagen que muestra hacia la parte de atrás las cadenas de cerros que constituyen la unidad de Flanco Occidental Andino en la Qda. Canto Grande; hacia adelante se observa la unidad denominada Zona de Valle,



4.3.2 Unidades Geomorfológicas Localizadas

4.3.2.1 Relieve de montañas

La unidad de relieve de montañas comprende la zona que bordea el cauce principal de la Qda. Canto Grande, engloba a las quebradas principales: Media Luna y Canto Grande, ubicadas al norte de la quebrada, se extiende abarcando las urbanizaciones San Antonio de Jicamarca, San José Obrero, Juan Pablo II 3^{era} Zona en el flanco Este y José Carlos Mariátegui, Canto Bello u y Caja de Agua en el flanco Oeste.

Los relieves de montaña son de origen intrusivo o volcánico sedimentario. A esta unidad corresponden las mayores altitudes de la zona de estudio (800 a 1400 m); posee pendientes que van entre los 30° y 45° pudiendo llegar hasta los 50°. En algunos sectores estos terrenos están ocupados por viviendas de material precario. Los procesos geodinámicos superficiales de esta unidad originan torrenteras (relieves de origen volcánico sedimentario) y caídas de rocas.

Foto N° 4.13 Unidad Geomorfológica de Relieve de Montaña, nótese como las partes más bajas de esta unidad se encuentran pobladas.



4.3.2.2 Colinas

La unidad de colinas está representada por superficies locales suaves a moderadamente inclinadas, representadas por afloramientos intrusivos de poca elevación, que se hallan dentro del cauce de la quebrada y que han quedado como monte isla, remanentes de los procesos denudativos, tienen pendientes que van entre los 15° a 25°. Se observan en las Av. LLoque Yupanqui y Sinchi Roca, transversales a la Av. Pachacutec, en las avenidas paralelas a la Av. Naciones Unidas (Flanco Oeste de la Quebrada), en la Av. Río Grande, Bayovar 3^{era} zona, Av. Mariátegui, en las inmediaciones de las avenidas Jena y República de Polonia (Flanco Este de la Quebrada).

Sus alturas se encuentran entre los 250 y 350 m. Los procesos geodinámicos superficiales de esta unidad son las caídas de rocas.

Foto N° 4.14 Unidad Geomorfológica de Colina. Obsérvese los bloques sueltos de rocas producto de los procesos de meteorización.



4.3.2.3 Depósitos de pie de monte.

Esta unidad geomorfológica está representada por la acumulación de los depósitos Coluvio / Deluviales en las laderas, limita con la unidad de Relieve de Montaña y se presenta individualizada debido a que presenta pendientes más suaves, estas van entre los 10° a 15° . Esta unidad esta sujeta a fuertes procesos erosivos. Los procesos geodinámicos superficiales de esta unidad son las caídas de rocas.

Foto N° 4.15 Unidad Geomorfológica de Depósitos de Pie de Monte. Nótese el cambio de color del material y la ocupación urbana en la base del relieve montañoso.



4.3.2.4 Valle

Compuesta por depósitos proluviales y depósitos aluviales, esta unidad tiene los valores de pendientes más bajos (menores a 10°). Están representados por bancos de materiales acumulados en el vértice de la quebrada con una dirección aproximada N - S, esta dirección que varía hacia la parte alta de la

quebrada según la dirección que siguen las quebradas Canto Grande y Media Luna. Toda esta zona se encuentra ocupada densamente por la expansión urbana, esta sujeta a flujos de detritos y caídas de rocas.

A lo largo de toda la quebrada, esta unidad ha sido totalmente modificada en su morfología por cortes para la construcción de los principales accesos a las áreas urbanas de la zona de estudio, prácticamente es plana con taludes de excavación que superan los 4 metros

Foto N° 4.16 Unidad Geomorfológica de Valle. Unidad que presenta los valores de menor pendiente. Vista desde la Quebrada Media Luna hacia el SW.



V. PELIGROS GEOLÓGICOS

Dentro de las Ciencias Geológicas, la Geología Ambiental estudia los riesgos que pueden ocasionar los Peligros Geológicos sobre la población y los recursos naturales.

La importancia de esta rama en la ciudad de Lima es muy grande y merece interés debido a que la periferia de la ciudad se ha caracterizado por un crecimiento acelerado y desordenado en los últimos 60 años.

Muchas de las zonas pobladas en la Quebrada Canto Grande (laderas de los cerros, quebradas accesorias y esta misma), pueden ser denominadas zonas de riesgo por tratarse de lugares sujetos a fenómenos naturales, geológicos-geotécnicos que implican la posibilidad de pérdidas de vidas o daños materiales.

Evaluar los peligros geológicos implica el análisis histórico y la deducción geológica combinados con el monitoreo y modelos apoyados en sensores remotos e interferometría de radar (Valenzuela 2003)

Las quebradas de la ciudad de Lima presentan las condiciones geológicas, geomorfológicas y sísmicas para que la ocurrencia de peligros geológicos, tales como las caídas de rocas y los flujos de detritos, constituyan un problema latente; la Quebrada Canto Grande no es una excepción.

5.1 Geoindicadores Ambientales

Los geoindicadores son las medidas de los procesos y fenómenos geológicos que ocurren en la superficie terrestre y están sujetos a cambios ambientales significativos en períodos menores a 100 años. Abarcan tanto los eventos catastróficos como los graduales pero dentro de un espacio de vida humano.

La IUGS (International Unión of Geological Sciences) decidió, en 1992, a través de su Comisión de Ciencias Geológicas para el Planeamiento Ambiental (COGEOENVIRONMENT), establecer indicadores geológicos para utilizar en los informes ambientales y en el manejo de los ecosistemas.

Los geoindicadores deben ayudar a la respuesta de cuatro cuestiones básicas:

1. ¿Qué está sucediendo en el medio Ambiente? (condiciones y tendencias)
2. ¿Por que están sucediendo? (causas, vínculo entre influencias humanas y procesos naturales)
3. ¿Por que esto es significativo? (efectos ecológicos, económicos y salud)
4. ¿Qué se puede hacer acerca de eso? (implicaciones en el planeamiento y las políticas).

Durante los últimos años, principalmente como resultado de varios desastres naturales, la geología ha empezado a ser considerada fundamental en el diseño urbano, en la selección de lugares para la ubicación de rellenos sanitarios, obras de infraestructura civil o minera y en todo lo que tiene que ver con peligros naturales (Valenzuela 2003)

5.1.1. Geoindicadores en el Planeamiento Ambiental y Urbano

La dificultad para diferenciar las mudanzas ambientales naturales de las causadas por el hombre, no se torna nada fácil en la administración de paisajes en las zonas urbanas, pero ignorar las fuerzas naturales en las actitudes políticas y prácticas parece ser la garantía del fracaso.

Los Geoindicadores son los indicadores de la sustentabilidad y representan la mejor garantía para las tendencias ambientales, fundamentales cuando se piensa en las necesidades de las futuras generaciones.

Los Geoindicadores pueden ser un buen instrumento para mejorar las investigaciones multidisciplinarias focalizándose en los cambios naturales e

inducidos por el hombre en el paisaje, siendo el camino para la conexión con otros asuntos ambientales, económicos y sociales.³

5.2 Terminología

En el estudio de riesgos geológicos se utiliza una terminología propia, asociada a definiciones como: peligro, amenaza, susceptibilidad y vulnerabilidad.

Las definiciones de estos términos han ido variando con el tiempo y según la disciplina que las enfoque.

A continuación se mencionan algunos de estos conceptos:

5.2.1 Peligro:

Se define como los elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él (Burton, 1978). Específicamente todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) y a los incendios que por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente OEA/DDRMA (1991)

5.2.2 Amenaza

Según Varnes, (1984) se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de una intensidad determinada dentro de un periodo de tiempo y dentro de un área específica

Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en un período de tiempo y un área dada. Es decir, que cuando se quiere analizar la amenaza, se debe especificar para cuál fenómeno en específico se está analizando, en qué momento y en qué área. Eso automáticamente induce a

2 Párrafo traducido de la Tesis de Maestría: *A Integração de Geoindicadores e Reparcelamento do Solo na Gestão Ambiental Urbana*. Rego, C. (2003) Universidad Federal de Santa Catarina. SC. Brasil. Pag. 110.

pensar que se debe conocer el período de retorno o recurrencia de los fenómenos en estudio, si se quiere pensar en probabilidad de ocurrencia. (Cardona, 2005)

5.2.3 Susceptibilidad

Es el grado de predisposición que posee un lugar en el que se genera un determinado fenómeno natural. (Valenzuela 2003)

Según Lavell (2003). es definido como el factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio natural o antrópico. Representa también las condiciones que imposibilitan o dificultan la recuperación autónoma posterior.

5.2.4 Vulnerabilidad

Es el grado de pérdida (de 0 a 100%) como resultado de un fenómeno potencialmente dañino (UNDRO, 1979)

Los elementos expuestos pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, que pueden sufrir las consecuencias, directas o indirectas de un proceso geológico, en una determinada zona. En el cuadro 5.1 se presentan los factores a considerar en la evaluación de la vulnerabilidad

5.2.5 Riesgo

El término de riesgo puede ser definido como una situación de peligro, pérdida o daño, social o económico, en razón de la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno natural u económico resultantes de la acción humana o no (AUGUSTO FILHO et al., 1990).

Los procesos geológicos naturales de la dinámica externa e interna del planeta ocurren independientemente de la presencia del hombre. No obstante, con las actividades antrópicas en la superficie terrestre, muchos procesos geológicos pasaran a actuar con más frecuencia, de manera que pueden ser inducidos acelerados y potencializados por las alteraciones derivadas de la falta de planeamiento del uso de la ocupación del suelo y de las degradaciones al medio ambiente (CERRI et al.1990)

La terminología de riesgo está relacionada a causas naturales con sus respectivos daños provocados o no, por la acción de hombre y que generan necesariamente un daño socio económico.

Tabla N° 5.1 Factores a considerar a considerar en la evaluación de la vulnerabilidad

VULNERABILIDAD	DAÑOS O PERDIDAS	FACTORES DETONANTES
Social	Muertos y desaparecidos. Heridos y discapacitados. Personas sin vivienda. Personas sin trabajo. Epidemias enfermedades. Pérdida de elementos del Patrimonio cultural	Intensidad y velocidad del fenómeno. Densidad poblacional. Vulnerabilidad de obras de infraestructura. Tiempo de aviso. Sistemas de emergencia y respuesta.
Estructural	Daños sobre edificios y estructuras. Daños sobre el contenido de los mismos. Pérdida de beneficios. Efectos sobre las personas.	Intensidad y velocidad del fenómeno. Tipo y características de las obras de infraestructura. Concentración en áreas de población.
Económica	Costos de reposición, reparación o mantenimiento de estructuras, instalaciones o propiedades, sistemas de comunicación, electricidad, etc. Reducción del valor de los bienes. Interrupción de los sistemas de transporte. Pérdidas de productividad del suelo agrícola o industrial. Pérdida de ingresos por impuestos. Pérdidas en la productividad humana. Pérdidas en beneficios comerciales. Pérdidas en la recaudación de impuestos. Costos de medidas preventivas o de mitigación. Pérdida de calidad de aguas y contaminación.	Tipo y Vulnerabilidad de las Obras de infraestructura. Densidad poblacional y Concentración en áreas de población. Tiempo de aviso y respuesta de los Sistemas de emergencia. Intensidad, velocidad y dimensiones del fenómeno. Contaminación por residuos sólidos en ríos y sus afluentes

(Modificado de Smith. (2001).

5.3 Movimientos en Masa

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera bajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efecto de la gravedad (Cruden 1990)

Bromhead (1986) los define como procesos en los que se movilizan materiales por acción de la gravedad y pueden ser peligrosos o incluso desastrosos cuando afectan la vida y a las propiedades del hombre.

Los fenómenos de remoción en masa tienen múltiples causas, tales como la geología, las precipitaciones intensas, los sismos, aspectos físicos y humanos; estos pueden clasificarse en dos grandes grupos Factores Condicionantes o Intrínsecos (Litología y Pendiente) y Factores Detonantes (Sismicidad y Gravedad).

En la Quebrada Canto Grande, se observan movimientos ocurridos en épocas históricas y otros ocurridos en épocas recientes, un alto porcentaje de estos movimientos han sido desencadenados por precipitaciones intensas o largas (excepcionales) y/o sismos. Muchos de ellos tienen lugar en las laderas de pendientes abruptas y en rocas de origen volcánico sedimentario o intrusivo. La zona de estudio tiene como factores condicionantes a la litología y la pendiente y como factores detonantes al clima, los sismos y la actividad antrópica.

5.3.1 Factores Condicionantes o Intrínsecos

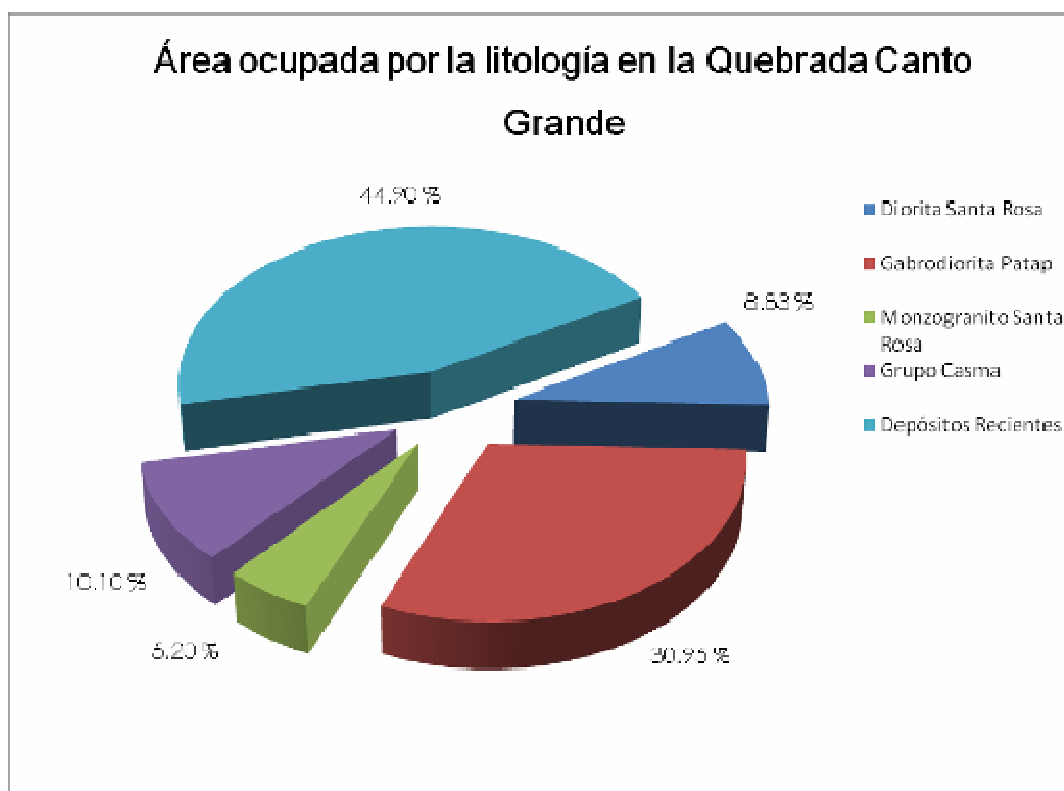
5.3.1.1 Litología

Las causas geológicas representan las características fundamentales en el estudio de las laderas, comprenden litología, composición mineralógica y textura del material así como su estructura (Borgatti y Soldati, 2005) que en conjunto determinan el comportamiento geomecánico (Gutiérrez 2008)

La litología cumple un papel muy importante en el control del tipo de movimiento generado, de esta forma, se observó que en las laderas de la quebrada Canto Grande la mayor cantidad de caídas de rocas se registraron en gabrodioritas de la formación Patap (Ver tabla 5.4), lo que sugiere que el control de las mismas está dado por la interfase roca -material meteorizado y por el grado de pendiente. Los flujos de detritos son cuaternarios y se registraron tanto en rocas intrusivas como en volcánico-sedimentarias a lo largo de toda la quebrada. En el caso de las erosiones de ladera (torrenteras) y vuelcos, ocurrieron en mayor cantidad en rocas intrusivas.

La combinación del factor litológico y el grado de meteorización es de singular importancia en el caso de la Gabrodiorita Patap, debido a que en este tipo de roca ocurren 81 movimientos en masa, este es un porcentaje significativo ocurrido en rocas intrusivas, se debe tener en cuenta que esta unidad geológica ocupa el 30.95% del área de estudio (42.30 km²). Obsérvese el Gráfico 5.1. La relación entre la litología y los procesos cartografiados pueden observarse en la tabla 5.4

Gráfico 5.1 Litología de la Quebrada Canto Grande



5.3.1.2 Pendiente:

La pendiente juega un papel preponderante en el control de los procesos de remoción en masa, toda vez que se tratan de movimientos gravitacionales por excelencia. Fernández y Lutz (2003)

En el sector de estudio predominan las pendientes medias y bajas. Casi la totalidad de los movimientos identificados se produjeron en pendientes superiores a 25° mientras que en las pendientes mayores a 45° se inventarió un grupo menor. (Observar tabla 5.5). Se debe tener en cuenta que las pendientes varían en la zona de estudio, por lo que en algunos procesos, como en el de caída de rocas, tiende a ser más importante la pendiente del talud.

- 5.3.2 Factores Detonantes

5.3.2.1 Sismicidad:

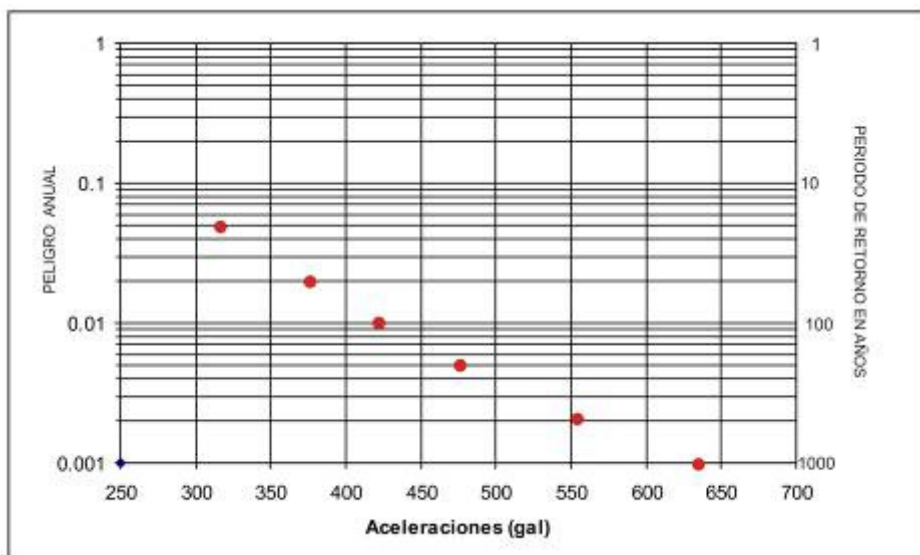
La sismicidad es un factor detonante para los fenómenos de remoción en masa.

La ciudad de Lima se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, por lo que sus laderas están expuestas a los efectos de sismos de gran magnitud (Ver tabla 5.2); se debe tener en cuenta que los sismos ocurridos en Lima afectaron áreas que en ese entonces no estaban pobladas. Algunos relatos orales, de los primeros pobladores de la parte baja de la quebrada Canto Grande, mencionan que “en las faldas de los cerros se visualizaban polvaderas”, lo que nos hace deducir que se trataba de un efecto de los derrumbes y las caídas de rocas en esas zonas.

En las laderas de Lima las principales amenazas son los sismos, debido a que originan el desprendimiento de caídas de rocas que afectan directamente a los asentamientos ubicados en ellas. Las condiciones de vulnerabilidad en estas zonas son altas en casi todos los aspectos, por lo tanto la manifestación del riesgo es alta para los casos de colapso de viviendas derrumbes y caídas de pircas. (Montero et al., 2007)

En el gráfico N° 5.2 se presenta un ejemplo de la curva de probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para La Quebrada Canto Grande, de dicha figura se deduce que en esta zona se produciría una aceleración máxima de 553 gals³ con una probabilidad de 0.002%, siendo el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones del orden de 317 gals se producirían con un porcentaje de probabilidad de 0.05% con periodos de tiempo de 60 años en promedio.

Gráfico 5.2 Curva de Peligro Sísmico Anual calculado para La Quebrada Canto Grande



Fuente: Walter Pari

³ El Gal o Galileo es la unidad de aceleración en el sistema cegesimal. Se define como aquella aceleración igual a un centímetro por segundo al cuadrado 0,01 m/s²

Tabla 5.2 Descripción de los Datos Macrosísmicos ocurridos en Lima

FECHA	HORA	LOCALIDADES	INTENSIDAD	OBSERVACIONES
1555-11-15		Lima	VII	Ocurrió en Lima un temblor, el más fuerte desde su fundación, que causó muchos desperfectos en sus edificaciones.
1568-04-04		Lima	IX	Por la tarde, se sintió en Lima un fuerte temblor al comenzar la prédica del padre jesuita Jerónimo Ruiz del Portillo, en el convento de Santo Domingo, fue tan fuerte y largo el estremecimiento que todos los fieles allí congregados salieron despavoridamente. No ha quedado registro de daños materiales. Polo, anota que el sismo se sintió en Ica y otros puntos.
1581		Lima	X	Según la versión de los antiguos vecinos de Lima, y que recogiera años más tarde el virrey Conde del Villar, hubo por este año un gran temblor que maltrató las casas de la ciudad. La fecha exacta nos es desconocida. En la crónica de Charcas, Fray Diego de Mendoza, menciona otro terremoto que hizo hundir con todos sus habitantes al pueblo de Yanaoca, situado a unas 24 leguas del Cuzco.
1582-08-15		Lima	VII	Fuerte temblor, durante la celebración del Concilio Provincial, cuya apertura tuvo lugar el 15-08-1582.
1584/03/17		Lima	VII	Gran temblor en Lima, que averió edificios. El cabildo acordó que Don Francisco Morales, de la ciudad junto con los fieles vieran los edificios, reparasen los que tenían necesidad y apuntalaran los que ofrecían peligro de desplome. En el Callao queda el edificio de Casas Reales dañado. Por espacio de dos días quedó temblando la tierra contándose de 8 a 9 movimientos.
1609- 10-19	20:00:00	Lima	VII	Violento temblor que derribó y arruinó muchas de sus edificaciones. La catedral en construcción quedó tan maltratada que hubo necesidad de demoler sus bóvedas de ladrillo y labrar otras de crucería.

FECHA	HORA	LOCALIDADES	INTENSIDAD	OBSERVACIONES
1630-11-27	11:30:00	Lima	VII	Cuando la población de Lima estaba congregada en la Plaza de Armas, esperando una corrida de toros sobrevino un fortísimo movimiento de tierra que causó varios muertos y contusos. El diario de Lima estimaba los daños causados a los edificios en más de un millón de pesos y anotaba “muy pocas son las casas cuyas paredes no han sido abiertas”.
1655-11-13	14:38:00	Lima - Callao	VIII – IX	Fuerte movimiento de tierra que derribó muchas casas y edificios en Lima, abriéndose grietas en la Plaza Mayor y cerca del convento de Guadalupe. Graves daños en el presidio de la isla San Lorenzo.
1678-06-17	19:45:00	Lima- Callao	VII	Fortísimo temblor averió muchas edificaciones en Lima entre ellas el Palacio del Virrey. Reparaciones en el orden de tres millones de pesos. Estragos en el Callao. 9 muertos en Lima, Callao y Chancay. Ocurrieron dos terremotos en Lima
1687- 10-20	4:15:00 y 5:30:00	Lima – Callao Ica- Cañete	VII – VIII- IX	El primer movimiento sacudió y desarticuló los edificios y torres de la ciudad, y el segundo más prolongado las acabó de arruinar ocasionando cerca de cien muertos. Los estragos fueron grandes en el puerto del Callao y alrededores, extendiéndose hasta setecientos kilómetros al sur de Lima, especialmente en las haciendas de los valles de Cañete, Ica, Palpa, Nazca y Camaná. Como efectos secundarios de estos sismos, se formaron entre Ica y Cañete, grandes grietas de muchos kilómetros de extensión.
1699-07-14	04:00:00	Lima	VII	Fuerte temblor en Lima, derribó algunas casas.

FECHA	HORA	LOCALIDADES	INTENSIDAD	OBSERVACIONES
1746-10-28	22:30:00	Lima - Callao	X- XI	Terremoto en Lima, y tsunami en el Callao. En Lima de las 3 000 casas existentes distribuidas en 150 manzanas, sólo 25 quedaron en pie. Cayeron a tierra los principales y más sólidos edificios, la Catedral, monasterios, conventos, hospitales, y otros. El movimiento según Llano y Zapata fue de 3 a 4 minutos. Según el relato oficial, perecieron en Lima 1141 personas de un total de 60 000, otros cronistas suben estas cifras por diversas causas, y por las epidemias que luego se desataron.
04/03/1904	05:17:00	Lima	VII- VIII	Intenso movimiento sísmico sentido en un área de percepción de aproximadamente 230,000 Km ² . En un área epicentral de 4,000 Km ² . Dentro de esa área, en Lima cayeron cornisas, paredes antiguas y se agrietaron las torres de la catedral; en el Callao y Chorrillos no quedó casa sin rajadura. Hacia el sur la destrucción se extendió hasta Mala. Otros efectos se apreciaron en el este, o sea en La Molina, y en el fundo Ñaña. El mismo fue sentido en Casma, Trujillo, Huánuco, Pisco, Ica y Ayacucho.
24/05/1940	11:35:00	Lima	VII – VIII	La ciudad de Lima y poblaciones cercanas fueron sacudidas por un terremoto; se extendió hasta el puerto de Guayaquil-Ecuador al N. y el puerto de Arica-Chile al sur. Ocasiónó la destrucción de muchas edificaciones en Lima, Callao, Chorrillos, Barranco, Chancay y Lurín.
15/06/1945	04:10:00	Lima		Temblor muy fuerte. Causo cuarteaduras en las construcciones modernas del barrio obrero del Rimac. Sentido desde Supe hasta Pisco por la costa. En Canta, Matucana, Morococha, Casapalca y Huaitará en el interior .El sismo dejó un saldo de 179 muertos y 3500 heridos, estimándose los daños materiales en unos 3 600 000 soles oro. Las estadísticas oficiales consignaban que sufrieron daños un 38% de las viviendas de quincha; 23% de las de adobe;20% de las casas de ladrillo; 9% de cemento y 10% de las casas construidas de diversos materiales.

FECHA	HORA	LOCALIDADES	INTENSIDAD	OBSERVACIONES
31/01/1951	11:39:00	Lima	VI – VII	Fuerte temblor, comenzó con un ruido sordo, segundos después, un fuerte remezón que hizo crujir paredes. Ocasionó una fina rajadura vertical en la fachada de un edificio de concreto armado de la Plaza San Martín. El Observatorio de Lima, registró aceleraciones máximas de 68 cm/seg ² , con períodos de 0,1seg. en las componentes horizontales. El movimiento fue sentido desde el paralelo 10º hasta el 14º de latitud sur. El Observatorio de Huancayo inscribió este movimiento a una distancia de 220 km., el foco posiblemente estuvo localizado en el Océano, cerca de la costa.
17/10/1966	16:41:00	Lima	VIII	Uno de los sismos más intensos desde 1940. Dejó un saldo de 100 muertos y daños materiales ascendientes a mil millones de soles oro. El área de percepción cubrió aproximadamente 524 000 km ² y fue destructor a lo largo de la franja litoral comprendida entre Lima y Supe. La aceleración registrada en Lima estuvo acompañada de periodos dominantes del orden de un décimo de segundo. La amplitud máxima fue de 0,4 g., entre ondas de aceleraciones menores de 0,2 g. Rotura de vidrios por doquier y ruidos intensos. En el centro de Lima y en algunos sectores, se veían caídas de comisas y enlucidos. En la hacienda San Nicolás a unos 156 km al N. de Lima, aparecieron numerosas grietas y de varias de ellas surgió agua de color amarillo. En el tramo 169 de la carretera Panamericana Norte se observaron otras especialmente el km 51 y el km 22 de la carretera Central quedaron bloqueadas a consecuencia de los derrumbes. En la costa hubo deslizamientos de material suelto de los acantilados de Chorrillos, Miraflores y Magdalena.
31/05/1970	15:23:00	Costa de Lima – Ica	V – VI	Uno de los más catastróficos terremotos en la historia del Perú, se sintió en casi toda la costa del Perú hasta las cordilleras. Lima fue sacudida por largo y recio temblor que ocasionó 78 muertos, unos 2 500 heridos y pérdidas materiales estimadas en unos 2 700 millones de soles. Duración del movimiento de más de minuto y medio, contribuyó a acentuar la destrucción de muchas casas antiguas de adobe y quincha en el área litoral comprendida entre 12º y 14º de latitud sur.
03/10/1974	09:21:00	Lima	VII- VIII	En Lima metropolitana sufrieron daños entre leves a considerables, las iglesias y monumentos históricos, los edificios públicos y privados, las viviendas antiguas de adobe de los Barrios Altos, Rimac, el Cercado, Callao, Barranco y Chorrillos. Los efectos destructores del sismo se extendieron a Mala, Chincha, Cañete, Pisco.

Modificado de Silgado (1978)

La Quebrada Canto Grande, puede clasificarse como una quebrada seca, sin embargo por las evidencias en los depósitos proluviales, se deduce que **las precipitaciones y las variaciones de clima** en el Cuaternario constituyeron el principal factor desencadenante de los procesos observados.

En la actualidad la escasez de lluvias en la zona de estudio genera las condiciones para la acumulación de materiales secos, y en el caso de presentarse periodos de lluvias excepcionales el efecto que provocaría sobre los materiales sería el incremento de las presiones y el flujo de agua a través del terreno. Esto genera una disminución en la resistencia al corte de los materiales, además de elevar su peso e influir en sus propiedades resistentes. Fernández y Lutz (2003).

En los últimos años lluvias excepcionales, algunas relacionadas con el **Fenómeno “El Niño”**, han afectado directamente a la parte alta de la Qda Canto Grande (Jicamarca. Anexo 22, Qda. Media Luna), tal como sucedió en el 2003 en donde lluvias intensas inundaron algunas localidades, destruyendo viviendas precarias y estructuras de material noble. Se registraron algunos huaycos que trajeron consigo bloques subredondeados mayores a 50 cm.



Foto N° 5.1 Materiales acarreados por los flujos hídricos, nótese como han afectado el suelo. (Fuente. Comunidad Campesina Jicamarca Anexo 22)

Foto N° 5.2 Flujo que inundó la Qda Media Luna en el año 2003 (Fuente. Comunidad Campesina Jicamarca Anexo 22)



Foto N° 5.3 Paredes colapsadas por la colisión de los bloques que trajo el flujo en el año 2003 (Fuente. Comunidad Campesina Jicamarca Anexo 22)



5.3.2.2 Actividad Antrópica:

Otro factor detonante es el antrópico, ya que juega un papel importante en los cambios que modifican el medio que nos rodea.

Dentro de las actividades que modifican de manera importante e irreversible el medio, aumentando la probabilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa podemos citar, la construcción de caminos, gasoductos, represas para agua, la explotación de canteras y la instalación de sistemas de transferencia como torres de alta tensión y antenas en terrenos no aptos. Valenzuela (2003).

En el siglo XX la expansión urbana en la Qda. Canto Grande se dio de manera progresiva de acuerdo a la migración del campo a la ciudad, a partir de los años 60 poblando la parte baja de la quebrada, en los ochentas la expansión urbana aumenta ocupando las laderas de la Quebrada, registrándose una gran cantidad de asentamientos humanos, lo que continúa hasta la actualidad.

En la parte media y alta de la zona de estudio la desestabilización de las laderas se produce por los cambios en la geometría y pendiente, como consecuencia de la necesidad de ensanchar las bases para construir las plataformas artesanales de las viviendas (pircas) y la construcción de carreteras de acceso.

En muchos casos, si se evitara el uso de áreas inestables o propensas a sufrir algún tipo de peligro geológico, la probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos disminuiría. Esto último sólo es posible si se dispone de la información geológica adecuada, a una escala determinada, del área o sectores que serán intervenidos para el desarrollo de obras de ingeniería. Valenzuela (2003).

5.4 Descripción de Peligros Geológicos en la Quebrada Canto Grande

En la Qda. Canto Grande se encuentran 5 tipos de peligros geológicos: Caídas de rocas, Flujos de Detritos (Huaycos), Vuelcos y Erosión de laderas. A continuación se mencionan las definiciones y las características de cada uno de ellos.

5.4.1 Peligros Geológicos por Movimientos en Masa

5.4.1.1 Caídas de Rocas

Se definen como una masa de rocas que se desprende de un talud abrupto, mediante una superficie de corte.

En la ocurrencia de estos procesos, los materiales descienden por caída libre si la ladera es subvertical y cuando el ángulo es menor las partículas saltan. En laderas con inclinación menores de 45° las partículas se movilizan rodando (Cruden y Varnes, 1996).

Los bloques desprendidos, al impactar con la ladera, suelen romperse en fragmentos más pequeños. Por otra parte, en las laderas de la Quebrada Canto Grande, los depósitos de las caídas de rocas pueden estar compuestos por bloques aislados, canchales (Fotografía 5.4) o talud de detritos; para nuestro estudio las características más importantes son: el tamaño de los bloques, la forma de la zona de arranque, el tipo de rotura entre otros.

Debido a la actividad antrópica (construcción de pircas) los pobladores de las laderas generan una cantidad de bloques inestables, originando potenciales caídas de rocas (Fotografía 5.5)

5.4.1.2 Flujo de Detritos (Huaycos)

Los huaycos, son flujos de materiales sólidos (bloques, árboles, etc.) que pueden alcanzar una fuerza destructiva imposible de detener afectando o cortando carreteras, puentes, áreas de cultivo y áreas pobladas o asentamientos poblacionales rurales.

A diferencia de los flujos de lodo, este fenómeno natural posee un elevado porcentaje de fragmentos gruesos, del tamaño de bloque hasta fragmentos del orden centimétrico, su ocurrencia es muy frecuente en nuestro territorio, siendo observados en quebradas confinadas a laderas de valles intramontanos, de moderada a fuerte pendiente que presentan lluvias estacionales a excepcionales, quebradas secas con pendientes moderadas a suaves que cortan pampas o superficies colinosas.

Los huaycos periódicos son los que ocurren y repiten con mayor frecuencia y causan mayores daños, los huaycos ocasionales pueden o no generarse con lluvias estacionales y su frecuencia es menor, mientras que los excepcionales tienen un periodo de retorno mayor y están relacionados a variaciones climáticas importantes como el Fenómeno El Niño, pudiendo o no afectar la infraestructura. Su ocurrencia es independiente de la altitud, presentándose tanto en la costa como en el sector alto andino⁴.

Los flujos de detritos que se presentan en la Quebrada Canto Grande por sus características, pertenecen a flujos ocurridos en el Cuaternario son flujos de detritos antiguos (fotografía 5.6) en donde predominan los bloques en relación a las gravas, en las quebradas secundarias algunos llegan a recorrer distancias de un kilómetro o dos, y en lecho de la quebrada se registran flujos antiguos de mayor recorrido. La mayoría de ellos termina en forma de cono y actualmente están ocupados por zonas urbanas.

⁴ Tomado de la tesis de Maestría "La Geología Ambiental en la Zonificación de Amenazas Naturales" Valenzuela, G. (2003) Universidad Nacional de Ingeniería . Lima. Perú. Pag. 49.

Foto N° 5.4 Caída de rocas tipo canchal depositada sobre un cauce de flujo antiguo, compuesta de fragmentos subredondeados. Nótese las torrenteras que aportan material. AAHH Loma Alta.



Foto N° 5.5 Zona predispuesta a las Caídas de Rocas de origen antrópico debido a la construcción de pircas. AAHH Nuevo Amanecer.



Foto N° 5.6 Flujo de detritos antiguo que discurrió por esta quebrada secundaria. Recibe el aporte de las torrenteras en épocas de lluvias excepcionales. Quebrada Secundaria Rinconada de Villasol



Foto N° 5.7 Fotografía en donde se observan bloques individuales de diversos tamaños en el cauce, producto de la meteorización física y que en caso de producirse un flujo de detritos contribuirían a la carga sólida del mismo. San Antonio de Chaclla.



5.3.2 Otros Peligros Geológicos

5.4.2.1 Vuelcos

Un vuelco consiste en una rotación hacia fuera de la ladera de una masa de roca o suelo, en torno a un punto o eje por debajo del centro de gravedad de la masa desplazada (Cruden y Varnes, 1996). Los vuelcos son roturas que se desarrollan sobre materiales con estructuras verticales, formada por planos de discontinuidad de la roca. El despegue de las columnas puede realizarse sobre una o varias superficies y la descompresión suele ser un requisito esencial. (Dikau et al., 2004).

Se distinguen varios tipos de vuelcos (Goodman y Bray, 1976; Cruden y Varnes, 1996): el vuelco por flexión se encuentra frecuentemente en pizarras, filitas y esquistos. El vuelco de bloques, presenta columnas con diaclasas muy espaciadas y son típicos de calizas y areniscas masivas y rocas volcánicas columnares. En el vuelco en chevron el cambio de buzamiento se realiza a lo largo de una superficie de rotura. Finalmente, los vuelcos de bloques flexionados se caracterizan por flexiones falsamente continuas de largas columnas afectadas por movimientos a lo largo de numerosas diaclasas.

En la Qda. Canto Grande los vuelcos no representan una cantidad significativa. Se presentan en afloramientos de rocas intrusivas altamente meteorizadas con sistemas de fracturas. Se observan zonas de arranque irregular y está compuesto por bloques menores a un metro.

Al ubicarse en las laderas, pueden afectar directamente a las viviendas y carreteras.

Foto N° 5.8 Afloramientos rocosos meteorizados que muestran planos de discontinuidad y generan vuelcos. San Isidro. San Antonio de Chaclla



Foto N° 5.9 Vuelcos ubicados en la parte superior de la ladera, los bloques sueltos pueden producir daños en las viviendas ubicadas en la parte inferior. Las Lomas San Antonio de Chaclla



5.4.2.2 Erosión de Laderas

Se trata del desgaste y traslado de los materiales de la superficie, sea suelo o roca, producido por las aguas de lluvia la escorrentía superficial que tiende a degradar la superficie del terreno. Se presenta como procesos poco desarrollados (erosión laminar), erosión pronunciada (en surcos o en cárcavas), hasta en áreas con casos extremos (tipo bad lands o tierras malas) (Valenzuela 2003)

En la Quebrada Canto Grande las erosiones de laderas se presentan como surcos (Fotografía 5.10), su ocurrencia está ligada a la litología del grupo Casma en la Quebrada (volcánica-sedimentaria); también intervienen otros factores como lluvias fuertes, topografía y pendiente de las laderas. Los problemas o daños principales que originan en la zona de estudio, tienen que ver principalmente con el aporte de bloques sueltos al cauce de las quebradas secundarias influyendo frecuentemente en la ocurrencia de otros procesos de remoción en masa como caídas de rocas y probables flujos de detritos.

Foto N° 5.10 Erosión de laderas en forma de surcos en el relieve montañoso. En caso de lluvias excepcionales actuarían como torrenteras acarreando agua y materiales a la quebrada. Quebrada Media Luna



5.4.2.3 Erosión Fluvial

Se define también como erosión de riberas y se da a lo largo de las márgenes de ríos principales o tributarios.

Es considerado como un peligro hidrológico porque para su ocurrencia intervienen la morfología del valle fluvial, la pendiente, el ancho del cauce y la naturaleza de los suelos o rocas de las márgenes de los ríos, además se tiene que tener en cuenta los cambios estacionales y climáticos en relación a la dinámica del río.

Los daños ligados a la erosión fluvial en la Qda. Canto Grande ocurren en las inmediaciones de la Av. Gran Chimú, en esta zona se han depositado materiales (desmonte) formando terraplenes artesanales los mismos que no resistirían ante el incremento del caudal del río por lluvias excepcionales, aportando carga sólida y que han originado inundaciones.

Foto Nº 5.11 Tramo del Río Rimac que limita con la Quebrada Canto Grande. Se observan los terraplenes hechos de depósitos de basura y desmonte, que son erosionados en su base y que pueden colapsar en caso de lluvias excepcionales.



5.5 Análisis Estadístico de los Peligros Geológicos

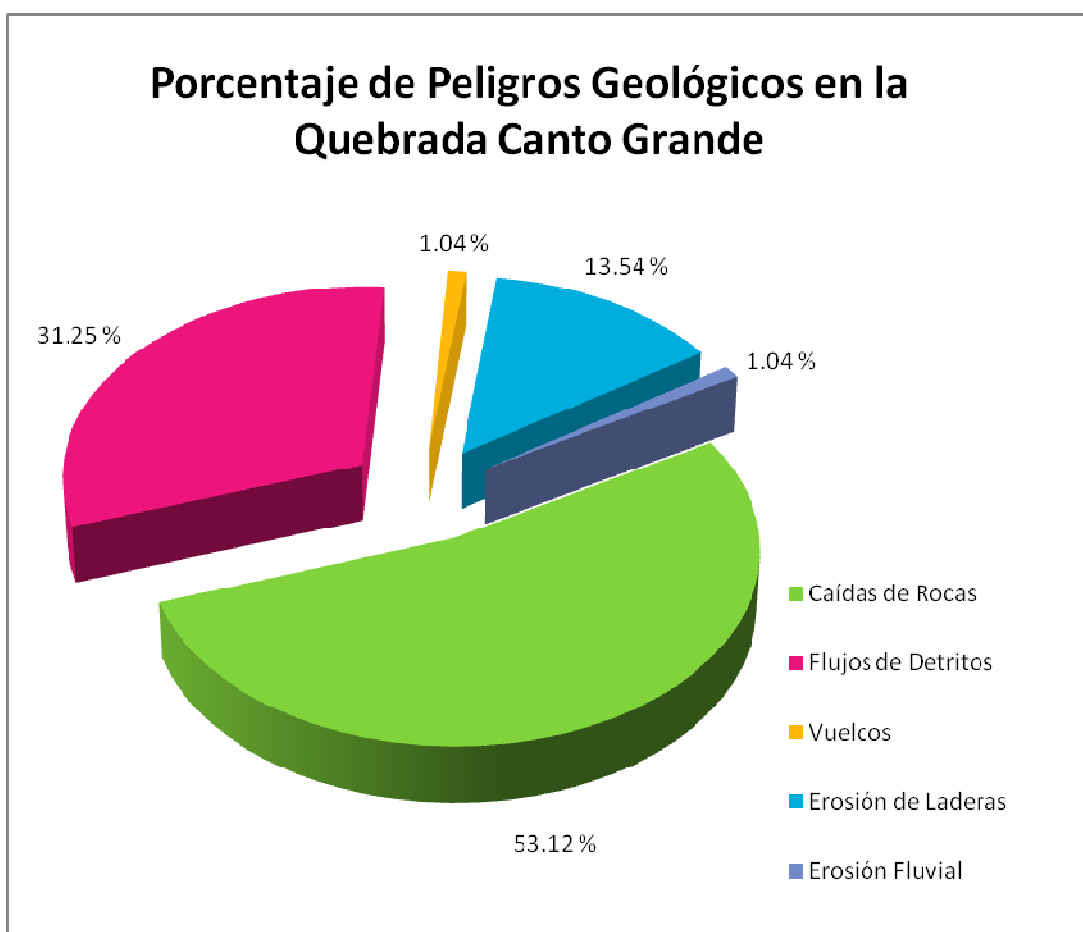
Teniendo como base una población de datos compuesta por el inventario de peligros geológicos (fichas llenadas en el campo) y la recopilación de información existente (inventario de peligros geológicos en trabajos anteriores) se realizó un análisis estadístico cuyo resultado son tablas y gráficos que describen el número total y el porcentaje de ocurrencia de los peligros geológicos en la Quebrada Canto Grande así como su relación con las unidades litológicas y la pendiente.

En la tabla 5.3 se observa que el número total de peligros geológicos registrados es de 205, del mismo se deduce que las caídas de rocas son los fenómenos más recurrentes (53.12%) en la zona de estudio, seguidos de los flujos de detritos (31.25%) (Observar Gráfico 5.3)

Tabla 5.3 Número Total de Ocurrencias de Peligros Geológicos en la Quebrada Canto Grande

Fenómeno	Nº Total de Ocurrencias	Porcentaje
Caídas de Rocas	115	53.12%
Flujos de Detritos	60	31.25%
Vuelcos	2	1.04%
Erosión de Laderas	26	13.54%
Erosión Fluvial	2	1.04%
Total	205	100

Gráfico 5.3 Porcentaje de Peligros Geológicos en la Quebrada Canto Grande



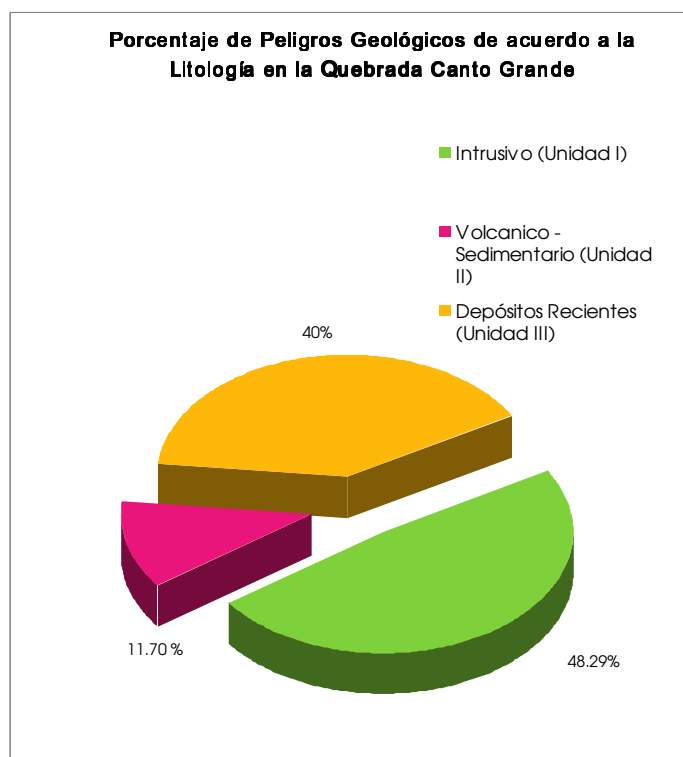
5.5.1 Ocurrencia de peligros geológicos según la litología

En la tabla N° 5.4 se muestra el número de ocurrencias de peligros geológicos de acuerdo a la litología y en el gráfico N° 5.4, se expresa esta información en porcentajes. Se puede observar que las mayores ocurrencias se presentan en rocas intrusivas (99 peligros inventariados) seguidas de los depósitos recientes (82 peligros inventariados). Esto se debe a que en la Quebrada Canto Grande, las rocas intrusivas ocupan un área considerable (45% del área total) y se encuentran con un fuerte grado de meteorización, por otro lado los depósitos recientes se presentan inconsolidados, lo que los hace susceptibles a la erosión, tal como se expresó en el capítulo IV

Tabla 5.4 Número Total de Ocurrencia de Peligros Geológicos de acuerdo a la litología en la Quebrada Canto Grande

Fenómeno	Tipo de Roca				Depósitos Recientes (Unidad III)	Total
	Intrusivo (Unidad I)			Volcánico – Sedimentario (Unidad II)		
	Diorita Santa Rosa	Gabrodiorita Patap	Monzogranito Santa Rosa	Grupo Casma		
Caídas de Rocas	9	43	6	14	43	115
Flujos de Detritos	2	18		3	37	60
Vuelcos	1	1				2
Erosión de Ladera		19		7		26
Erosión Fluvial					2	2
Total	99			24	82	205

Gráfico 5.4 Porcentaje de Peligros Geológicos de acuerdo a la litología en la Quebrada Canto Grande



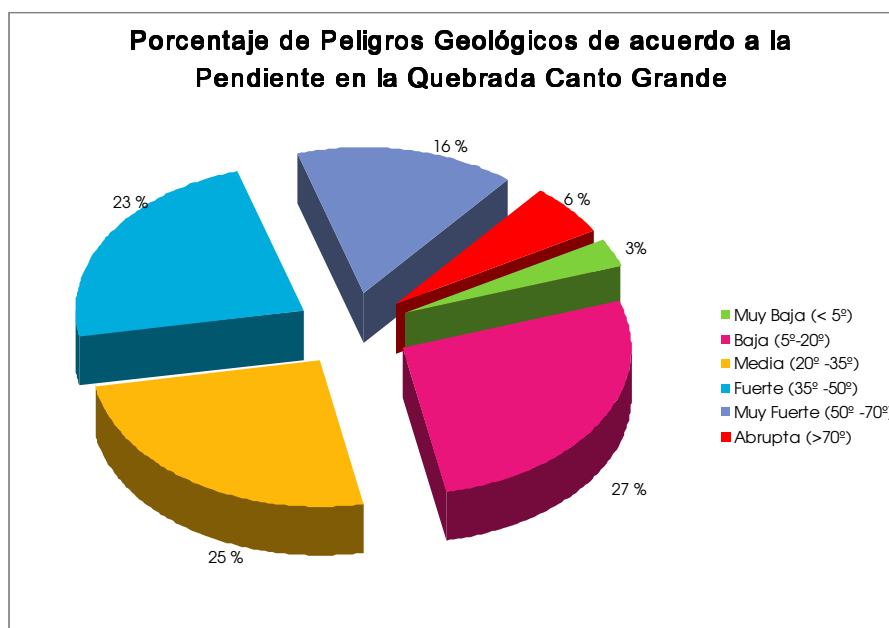
5.2.2 Ocurrencia de peligros geológicos según la pendiente

El mayor número de ocurrencias (51.21 %) de peligros geológicos en el área de estudio, se presentan en terrenos de pendiente baja, consisten en: caídas de rocas, flujo de detritos (huaycos) y erosión de laderas, mientras que un porcentaje menor (1.95%) se presenta en zonas con pendiente muy alta. Obsérvese Gráfico 5.5

Tabla 5.5 Número Total de Ocurrencia de Peligros Geológicos de acuerdo a la pendiente en la Quebrada Canto Grande

Fenómeno	Pendiente						Total
	Muy Baja (>5°)	Baja (5°-20°)	Media (20°-35°)	Fuerte (35 - 50°)	Muy Fuerte (50 - 70°)	Abrupta (> 70°)	
Caídas de Rocas	3	23	36	16	28	9	115
Flujos de Detritos	3	28	14	9	3	3	60
Vuelcos	0	2	0		0	0	2
Erosión de Ladera	0	1	2	22	1	0	26
Erosión Fluvial	0	2	0		0	0	2
Total	6	56	52	47	32	12	205

Gráfico 5.5 Ocurrencia de Peligros Geológicos de acuerdo a la pendiente en la Quebrada Canto Grande



VI. ZONIFICACIÓN DE LA SUCEPTIBILIDAD

La zonificación es una división de la superficie terrestre en áreas que representan diferentes grados de susceptibilidad potencial o actual hacia los fenómenos de remoción en masa y procesos erosivos. (Valenzuela 2003)

Para generar el mapa de susceptibilidad se utilizaron dos métodos: el Método de Combinación de Mapas de Factores⁵ y el Método de Matriz de Susceptibilidad⁶

6.1. Combinación de Mapas de Factores:

En este procedimiento se utilizó el mapa de inventario de peligros geológicos (Mapa N° 4), analizando individualmente los factores más influyentes en la ocurrencia de estos fenómenos.

El método consiste en mezclar la totalidad de estos fenómenos con los mapas litológico y de pendientes, de esta manera se determinará la influencia de cada unidad en forma individual.

Los valores que se le ha dado a la susceptibilidad en este trabajo son Nula (1-2), Baja (2 -3) Moderada (3-4), Alta (4-5) y Muy Alta (5-6)

6.1.1 Litología vs. Mapa de Peligros Geológicos

Al hacer la comparación del mapa de inventario de peligros geológicos (Mapa N° 4) con el mapa litológico-estructural (Mapa N° 3) observamos que la mayoría de ocurrencias se dan en rocas intrusivas, especialmente en la formación Patap (30.95% del área total), además la litología de esta formación se encuentra con un alto grado de meteorización, esto justifica la asignación de un valor alto para la unidad de rocas intrusivas; el caso de los depósitos recientes, muestra que en esta unidad se han inventariado el 61% del total flujos de detritos y el 37 % del total de caídas de rocas, se le ha asignado una

⁵ Método utilizado en la Tesis de Maestría: *“La Geología Ambiental en la Zonificación de Amenazas Naturales”* (Valenzuela 2003)

⁶ Método utilizado en la Tesis de Maestría: *“Análisis de la susceptibilidad de los Movimientos de Ladera en la Cuenca del río Llaminchan”* Cajamarca-Perú (Villacorta 2007)

valoración moderada debido a que la ocurrencia de estos fenómenos en esta unidad es poco probable,

Tabla 6.1 Valores asignados en el mapa litológico de acuerdo a las unidades litológicas.

Unidad Litológica	Valor
I Roca Intrusiva (Diorita Santa Rosa)	3
I Roca Intrusiva (Gabrodiorita Patap)	4
I Roca Intrusiva (Monzogranito Santa Rosa)	3
II Rocas Volcánicas – Sedimentarias (Metaandesita)	5
III Depósitos Recientes (coluvio / deluviales, proluviales y aluviales)	3

6.1.2 Pendiente vs. Mapa de Inventario de Peligros Geológicos

La pendiente de los terrenos juega un papel primordial en la generación de movimientos en masa. Para asignar los valores en el Mapa de pendientes de los terrenos de la Quebrada Canto Grande (Mapa N° 2), se tomó en cuenta el inventario efectuado y el grado de inclinación de la pendiente. Observar cuadro N° 6.2

Si bien es cierto en el inventario efectuado, una menor cantidad de peligros geológicos se registra en pendientes muy fuertes y abruptas, teniendo en cuenta el criterio de que la susceptibilidad a movimientos en masa es proporcional al grado de pendiente, se incrementó el valor asignado a las pendientes comprendidas en el rango de 30 a 70 ° (muy alta a abrupta) considerándose una valoración alta (6). Del mismo modo, se disminuyeron los valores asignados a las pendientes más bajas donde ocurren el 52% de los peligros registrados.

Tabla 6.2 Valores asignados en el mapa de pendientes de terreno de acuerdo al grado de pendiente

Pendiente	Valor
Muy Baja ($< 5^\circ$)	1
Baja ($5^\circ - 20^\circ$)	2
Media ($20^\circ \alpha 35^\circ$)	3
Fuerte ($35^\circ \alpha 50^\circ$)	4
Muy Fuerte ($50^\circ - 70^\circ$)	5
Abrupta ($> 70^\circ$)	6

6.2. Método de Matriz de Susceptibilidad

El primer paso de este método consiste en construir una matriz de susceptibilidad. Dicha matriz se utiliza para localizar las combinaciones posibles entre litología y pendiente y así darles una ponderación (Villacorta 2007).

Se ha consignado números enteros que identifiquen a las diferentes litologías y a los rangos de las pendientes. Cada Dígito del número entero nos ubica dentro de la clase y la subclase de pendiente y litología, entonces se pueden sumar sin que por ellos se vea alterado el significado de cada uno de ellos.

En este caso se trabajó con las diferentes litologías registradas en la zona de estudio, asignándose un código para cada una de ellas: **DR**: Depósitos Recientes, **DI**: Diorita Santa Rosa, **GA**: Gabrodiorita Patap, **GC**: Grupo Casma, **MO**: Monzogranito Santa Rosa.

Para identificar a las diferentes litologías se ha usado centenas y unidades, de esta manera si se quiere ubicar la unidad litológica DR su número identificador es 101, la unidad DI es 102 y así sucesivamente.

Para las pendientes se hizo lo mismo pero con el millar y las decenas, de tal modo que si se quiere ubicar una pendiente muy baja el número identificador sería 1010. De esta forma se asegura una determinada posición de la matriz (tabla 6.3) este asociado a un único valor de suma entre pendiente y litología., por ejemplo considerando la unidad DR (101) y la pendiente muy baja (1010), la suma de ambas resulta 1111.

Los valores de la matriz suma de factores (tabla 6.3) sirven para identificar las ponderaciones de pendiente y litología correspondientes (tabla 6.4).

El rango de valores arbitrarios usados en las ponderaciones es de 1 a 6, de esta manera el valor 1 corresponde a una susceptibilidad “muy baja” y el valor 6 corresponde a una susceptibilidad “muy alta”. Por ejemplo si consideramos la unidad DR y una pendiente menor de 5º el valor asignado sería 2 porque en ese rango de pendiente las rocas de dicha unidad desarrollarían movimientos en masa excepcionalmente.

Posteriormente se volcaron estas matrices en mapas para realizar el algebra de capas.

Para este trabajo de tesis, se consideró valorar a cada uno de los métodos utilizados en el análisis de la susceptibilidad, de manera que al mapa originado por el método de combinación de mapa de factores se le multiplico por 0,3, debido a que a que el inconveniente es que los valores asignados a menudo no tienen suficiente base de campo, es decir no se ajustan a modelos reales.

Por otro lado al mapa generado con el método de matriz de susceptibilidad se le multiplico por 0,7 por considerarse que se contaba con una información adecuada para clasificar y ponderar la contribución de factores causantes a la ocurrencia de movimientos de ladera en la zona de estudio.

Tabla 6.3 Matriz de Suma de Factores

Mapa de Unidades Litológicas Clasificadas				Litología				
				100				
				1	2	3	4	5
Mapa de pendientes Reclasificado				DR	DI	GA	GC	MO
Pendientes	1000	10	< 5º	1111	1112	1113	1114	1115
		20	5 a 20º	1121	1122	1123	1124	1125
		30	20 a 35º	1131	1132	1133	1134	1135
		40	35 a 50º	1141	1142	1143	1144	1145
		50	50 a 70º	1151	1152	1153	1154	1155
		60	> 70	1161	1162	1163	1164	1165

Tabla 6.4 Matriz de Reclasificación de Suma de Factores

Mapa de Unidades Litológicas Clasificadas				Litología				
				100				
				1	2	3	4	5
Mapa de pendientes Reclasificado				DR	DI	GA	GC	MO
Pendientes	1000	10	< 5º	2	2	2	1	2
		20	5 a 20º	2	3	3	3	3
		30	20 a 35º	3	4	4	4	3
		40	35 a 50º	4	5	5	5	4
		50	50 a 70º	5	5	5	5	5
		60	> 70	6	6	6	6	6

De acuerdo al mapa de susceptibilidad a los movimientos de ladera, se puede decir que la mayor parte del territorio de la Quebrada Canto Grande presenta una susceptibilidad media alta. Las zonas con grado de susceptibilidad muy alta corresponden a zonas con pendiente fuerte y que presentan rocas intrusivas con alto grado de meteorización física; razón por la cual se registran la mayor cantidad de movimientos en masa.

Las zonas ubicadas en la parte alta de la quebrada, donde afloran rocas volcánicas-sedimentarias presentan una susceptibilidad alta a muy alta.

La mayoría de la zona de estudio está ubicada en las quebradas secundarias, esta es una zona de susceptibilidad media, mientras que las viviendas con mayor antigüedad en el distrito de San Juan de Lurigancho, ubicadas en el lecho de la quebrada y en parte baja presentan una susceptibilidad baja.

VII. ANÁLISIS DE ZONAS CRÍTICAS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN FRENTE A LOS PELIGROS GEOLÓGICOS

En la Quebrada Canto Grande se han identificado sectores con características fisiográficas, geológicas y geotécnicas propicias para la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, que causan daños a áreas pobladas y vías de comunicación.

En la zona de estudio estos sectores han sido definidos como Zonas Críticas, estas zonas son problemáticas debido a la ocurrencia de procesos geológicos y han sido clasificadas por el tipo de peligro identificado, de esta manera se han registrado 19 zonas críticas: 2 áreas afectadas por erosión fluvial, 14, por caídas de rocas y 4, por flujos de detritos.

En relación a las medidas de prevención frente a los peligros geológicos, estas son sugeridas de acuerdo a las características, y al grado de susceptibilidad de la zona. Se ha tomado en cuenta el contexto urbano de las áreas ubicadas en las laderas y en el cauce de los flujos, teniendo como base el inventario de peligros geológicos.

A continuación se presentan los cuadros en donde se describe cada zona crítica por sector, características y posibles soluciones.

Tabla 7.1 Áreas afectadas por Erosión Fluvial

SECTOR	CARACTERÍSTICAS	RECOMENDACIONES
1. Zarate-Mangomarca Coordenadas: N: 8668395 E: 281200	En esta zona la erosión fluvial afecta a la margen derecha del río. En ambos márgenes del río se observa desmonte y basurales que están cubriendo la base del enrocado y de los terraplenes. La erosión fluvial está afectando los terraplenes ubicados en el cauce.	Mejorar los terraplenes, estos están contruidos con acumulaciones de desmonte. Se debe impedir el arrojo de desmonte y basura al cauce del río. Ejecutar campañas de sensibilización a los moradores de las riberas, para evitar que arrojen sus desperdicios al cauce del río.
2. Av. Gran Chimú Coordenadas: N: 8669894 E: 282370		

Foto N° 7.1 Urbanización Zarate. Erosión Fluvial: Se observa desechos y desmonte en el cauce, en épocas de lluvia excepcional pueden sobrepasar las barreras artificiales.



Foto N° 7.2 Erosión fluvial en ambas márgenes del río, se observa el socavamiento en las bases de las barreras artificiales inestables. En caso de avenidas afectaría directamente a zonas urbanas.



Tabla 7.2 Áreas afectadas por Caídas de Rocas

SECTOR	COORDENADAS		CARACTERÍSTICAS	RECOMENDACIONES
	N	E		
3. Quebrada Vizcachera	8677268	305553	Las caídas de rocas en estos sectores están relacionadas a la meteorización física de afloramientos intrusivos. Se observa erosión esferoidal, esto origina bloques sueltos de formas subredondeadas acumulados en las laderas. Los bloques rocosos en las laderas se caracterizan por estar dispuestos como bloques aislados o los denominados canchales (talus de detritos) Estas caídas de rocas presentan zonas de arranque que van entre los 20 y 50 metros de largo y una altura de 30 m en promedio. Por lo general las zonas de arranque son irregulares y los tipos de rotura son planares. La pendiente de las laderas esta entre los 30° a 40°. Otro factor por el que se producen caídas de rocas, es por los cortes inadecuados de talud en la construcción de las bases de las viviendas (pircas), estas estructuras son inestables, y generan el colapso de una vivienda sobre la otra. Estos cortes inadecuados en los taludes, el humedecimiento del suelo, y la pendiente del terreno son condiciones que generan derrumbes. Los materiales sueltos en la ladera ante un movimiento sísmico de fuerte intensidad pueden ceder cuesta bajo y afectar a las viviendas ubicadas en la parte inferior. La mayoría de viviendas pertenecientes a los distritos de San Juan de Lurigancho y San Antonio (Comunidad de Jicamarca), se ubican en los cauces de las quebradas principales y secundarias, esta situación se da por el proceso de expansión urbana.	Ante un sismo de gran magnitud muchas de las caídas de rocas podrían activarse y las viviendas ubicadas sobre terraplenes colapsarían. En algunos casos se han construido estructuras pero la mayoría son insuficientes en el caso de caídas de rocas. Dentro de las recomendaciones más importantes están: Mejorar el sistema constructivo de las bases de las viviendas (pircas). No seguir construyendo en las laderas, sobre todo en las que tienen pendientes mayores a 40° Construir muros de contención En los cauces de quebradas pobladas, especialmente en los de la parte alta, se deben construir muros transversales, a fin de atenuar los efectos de los posibles flujos de detritos Dequinchar los bloques sueltos en las laderas, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes En los AA.HHs. se deben señalizar vías de evacuación en caso de sismo.
4. Valle El Triunfo	8674230	288650		
5. Quebrada Media Luna	8684220	288250		
6. AA.HH. Nuevo Amanecer	8679810	280720		
7. AA.HH. Pedregal Alto	8679500	288880		
8. AA.HHs. Unidos al Desarrollo	8678508	285452		
9. AA.HHs. Mariscal Cáceres / Las Vegas	8676790	286199		
10. AA.HHs. Juan Pablo II / Nuevo Amanecer	8680500	284380		
11. Nuevo Jerusalén	8677664	281219		
12. Saúl Cantoral / Santa Rosa de Lima	8679700	281860		
13. 4ta Etapa Mariátegui	8681800	283660		
14. AA.HH. Huanta	8674620	283230		
15. Sector Los Pinos. Jicamarca.	8680868	284560		

Foto N° 7.3 Quebrada Vizcachera. Caída de Rocas compuesta por bloques sueltos subangulosos mayores a 1m. que han caído de las laderas y afectarían directamente a las viviendas ubicadas en el cauce.



Foto N° 7.4 Valle El Triunfo. Caída de Rocas con bloques ubicados en una ladera con 45° de inclinación. Los fragmentos son subangulosos entre los 0.50 a 1 m y tienen con tipo de rotura planar.



Foto N° 7.5. Quebrada Media Luna. Caída de Rocas originada por desprendimiento de bloques rocosos de un afloramiento de roca intrusiva con u alto grado de meteorización.



Foto N° 7. 6 Sector Nuevo Amanecer. Zona propensa a Caída de Rocas y Derrumbes debido a la construcción inadecuada de "pircas"





Fotos N° 7. 7 y 7.8 Sector Pedregal Alto Jicamarca. Caída de rocas con bloques dispuestos a maneras de canchales en la ladera. El tamaño de los bloques varía entre 0.50 - 1 m.

Nótese como en las laderas (con pendientes mayores a 35°) están delimitados los nuevos terrenos destinados a viviendas.



Foto N° 7. 9 AA.HHs. Unidos al Desarrollo. Zona propensa a Caída de Rocas, ante un sismo los bloques pueden desprenderse del afloramiento rocoso afectando a las viviendas



Foto N° 7. 10 Mariscal Cáceres / Las Vegas. Caída de Rocas: Bloques dispuestos en una ladera con un ángulo de inclinación mayor a los 30°; poseen una zona de arranque irregular. Las viviendas están ubicadas sobre pircas inestables. De producirse un sismo de gran magnitud más de 50 viviendas serían afectadas.



Foto N° 7. 11 Juan Pablo II, Nuevo Amanecer II. Asentamientos Humanos en donde se pueden producir Caídas de Rocas debido a los bloques sueltos en la ladera, los mismos que están en una matriz compuesta por gravas y limos muy inestable.



Foto N° 7. 12 AA HH Nuevo Jerusalén. Caída de rocas dispuestas a manera de canchales en el cauce de las torrenteras, también se observó que las pircas de las viviendas están compuestas por bloques sin cimentación. En caso de ocurrencia de un sismo las viviendas colapsarían.



Foto N° 7. 13 AAHH Saúl Cantoral. Caída de Rocas con una zona de arranque irregular compuesta por bloques aislados subangulosos, dispuestos en una ladera con una pendiente de 40°



Foto N° 7. 14 AAHH Santa Rosa de Lima. Sector propenso a caída de bloques rocosos que se desprenden de un afloramiento meteorizado y diaclasado. Se observa un muro de contención que resulta insuficiente ante un desastre.



Foto N° 7. 15 Cuarta Etapa de Mariátegui. Caídas de Rocas, se observan bloques sueltos que superan el 1.5 m y también depósitos tipo canchal en la ladera. Pendiente mayor a 30°



Foto N° 7. 16 Urbanización Huanta. Bloques rocosos que superan los 2.5 m y que están afectados por meteorización, en caso de sismo pueden ceder.

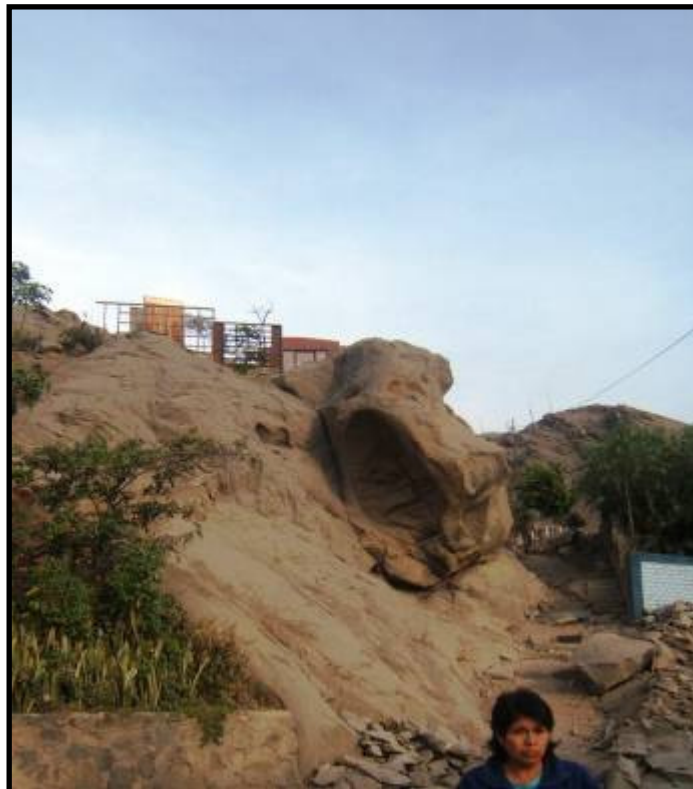


Foto N° 7. 17 Sector Los Pinos Jicamarca. Caída de Rocas con un depósito tipo canchal, bloques mayores a los 0.80 m. En caso de sismo, el Asentamiento Humano ubicado en la ladera se vería afectado.



Tabla 7.3 Áreas afectadas por Flujos de Detritos

SECTOR	COORDENADAS		CARACTERÍSTICAS	RECOMENDACIONES
	N	E		
16. Anexo 8 Jicamarca	8676720	288620	Estas zonas críticas están relacionadas a flujos de detritos (Huaycos) de tipo excepcional, que se han presentado en la quebrada Canto Grande.	En los años 1998 y 2003, flujos de detritos de tipo excepcional, se activaron en la parte alta de la quebrada, afectando a viviendas y vías de acceso; las medidas de prevención deben estar orientadas a minimizar los efectos de estos eventos para ello es necesario:
17. Anexo 8 Jicamarca (San Antonio de Chaclla)	8678780	289540	Los flujos se caracterizan por presentar bloques irregulares de diferente litología: intrusiva y volcánico-sedimentaria. En el pasado en estas zonas existieron huaycos de grandes dimensiones, esto se comprueba porque en los cortes naturales y artificiales de los cauces de la quebrada, se observan clastos de diversos diámetros dispuestos en forma caótica en matriz limo-arenosa.	
18. Parte Alta Quebrada Canto Grande	8681540	286060	Los depósitos de estos flujos tienen formas de abanico, generalmente con recorridos entre los 500m y 800m. Se encuentran canalizados y presentan material muy heterogéneo. Estos flujos generalmente están alimentados por caídas de rocas.	No permitir la expansión urbana los cauces de las quebradas, en especial lo de la parte alta-.
19. Pedregal Alto (San Antonio de Chaclla)	8678990	288669	Actualmente todas las quebradas por donde discurrían estos flujos están pobladas, en caso de lluvias excepcionales muchas de las viviendas colapsarían.	Se debe contar con planes de evacuación. Realizar estudios detallados de suelo y de estabilidad de taludes

Foto N° 7. 18 Anexo 08 Jicamarca. Quebrada en donde se han encontrado evidencias de flujos de detritos antiguos. Se observa gran cantidad de material suelto, compuesto por bloques rocosos subangulosos mayores a 0.60 m.



Foto N° 7. 19 Comunidad Campesina Jicamarca Anexo 22. En el año 2003 un flujo de detritos inundó la zona, destruyendo viviendas a su paso.



Foto N° 7. 20 Quebrada Media Luna. Vista de la Quebrada con dirección NE, en donde se observa el cauce por donde discurriría un flujo de detritos en caso de lluvias excepcionales. En la zona se aprecian torrenteras, las mismas que se alimentarían con material al flujo.



7.1 Medidas de Protección y Corrección

Con base en las características físicas (geología, geomorfología, clima) fue posible identificar y hacer un análisis de los principales problemas relacionados al medio físico de la Quebrada Canto Grande, de esta manera es evidente la complejidad de los mismos y la necesidad de plantear procedimientos y acciones con el objetivo de minimizar los impactos provocados por caídas de rocas y posibles flujos de detritos. En las medidas adoptadas, deben ser tomados en consideración los aspectos técnicos y las modificaciones del comportamiento por parte de la población.

Esta tesis permite identificar que la ocupación de terrenos geológicamente inestables, obras de ingeniería mal planeadas y la ocupación desordenada en la parte alta de la Quebrada Canto Grande, constituyen los principales problemas observados en la quebrada, generando áreas de riesgo y provocando la degradación del medio ambiente físico.

Teniendo conocimiento de que en la Quebrada Canto Grande los peligros geológicos que producen mayores daños son los huaycos, los derrumbes y las caídas de rocas; se plantean medidas de prevención y protección principalmente en referencia a estos fenómenos. También se plantean algunas medidas de importancia para la prevención de los demás peligros geológicos ocurrientes.

7.1.1 Flujos de Detritos

Para los cauces afectados por flujos de detritos, se presentan las siguientes alternativas:

” Construcción de andenes. Por su forma escalonada, estos impiden que el agua corra de manera violenta. Cuando los taludes son altos se construyen terrazas escalonadas o bancales para interceptar el agua a velocidades menores a 90 cm/seg.

“ Construcción de canales, zanjas de coronación, pilotes de madera y empalizadas que permitan mantener ciertas áreas libres de inundaciones. Otra opción es la construcción de diques o presas empleando bloques de roca de buen tamaño y densidad, filas escalonadas de gaviones, o pantallas de hormigón.

Gráfico 7.1 Una alternativa para atenuar los flujos de detritos son los gaviones dispuestos en filas escalonadas con agujeros en la parte central.



7.1.2 Caídas de Rocas

La parte alta de la Quebrada Canto Grande se caracteriza por tener laderas con pendientes medias y fuertes además de tener una litología intrusiva y volcánica-sedimentaria afectada por procesos de meteorización física, esto hace que sea una zona afectada por caída de rocas. En esta tesis se mencionan algunos diseños que pueden ser discutidos, analizados y aplicados en las laderas; pueden realizarse sobre aquellas que tienen pendientes más fuertes, para tener un factor de seguridad predeterminado y si es posible estabilizar fenómenos de rotura.

A continuación se muestran parte de los diferentes tipos de solución es empleado en la corrección y tratamiento de laderas:

7.1.2.1 Anclajes

Son armaduras metálicas, alojadas en taladros perforados desde el talud y cementadas. Se emplean como medida estabilizadora tanto en roca como en terreno suelto. Trabajan a tracción y colaboran a la estabilidad del talud de dos formas:

- ” Proporcionando una fuerza contraria al movimiento de la masa deslizante.
- ” Produciendo un incremento de las tensiones normales en la superficie de rotura existente o potencial, lo que provoca un aumento de la resistencia a la caída de rocas en dicha superficie.

En un anclaje se distinguen tres partes fundamentales:

- ” Zona de anclaje: Parte solidaria al terreno en profundidad, encargada de transferir los esfuerzos al mismo.
- ” Zona libre: Es la parte en que la armadura se encuentra independizada del terreno que la rodea, de forma que pueda deformarse con total libertad al ponerse en tensión
- ” Cabeza: Es la zona de unión de la armadura a la placa de apoyo

La longitud de los anclajes varía entre 10 y 100 m y el diámetro de la perforación entre 75 y 125 mm.

Cuando se proyecta instalar anclajes, es necesario poseer una detallada información previa sobre las características geológicas y resistentes del terreno. La elección del tipo de anclaje (activo, pasivo o mixto; bulones o cables) debe regirse de acuerdo a criterios técnicos.

7.1.2.2 Muros

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en laderas. Su uso más frecuente, es en la construcción de carreteras, en desmontes y terraplenes, en los que la falta de espacio impone taludes casi verticales.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos:

- Muros de Sostenimiento

Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente. Los más comunes son los Muros de Tierra Armada, consisten en muros reforzados mediante bandas generalmente metálicas. Las bandas van ancladas en la pared y se disponen perpendicularmente a la misma.

El rozamiento entre el suelo y las bandas proporciona la estabilidad del conjunto.

- Muros de Contención:

Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sin la acción del muro sería probablemente inestable. Entre ellos se tienen una serie de tipos:

1. Muros Aligerados: Son muros de hormigón armado. Pueden ser de forma en «L» o con contrafuertes.

Los muros aligerados en «L», son aquellos en los que la pantalla vertical actúa como viga en voladizo y contrarrestan el momento volcador del empuje del terreno por el momento estabilizador generado sobre el talón.

2. Los Muros Aligerados con Contrafuertes: Pueden disponerse en la zarpa o en el talón. En el primer caso se busca aligerar un muro de gravedad suprimiendo hormigón en las zonas que colaboran poco al efecto estabilizador. En el segundo caso se trata de un muro en «L» reforzado con contrafuertes interiores.

3. Muros Jaula: Consisten en un entramado resistente en forma de armazón o jaula, compuesta de vigas longitudinales y transversales, que se rellena de un suelo granular, preferentemente compactado.

La estabilidad de los muros jaula es proporcionada por su propio peso.

Gráfico 7.2 Muros de contención ubicados entre el talud y las viviendas, colaboran con la estabilidad, y pueden evitar caídas de rocas.



Son adecuados para alturas moderadas no mayores generalmente de 7 m. El ancho del muro está comprendido entre la altura y la mitad de ésta.

Sus principales ventajas son su montaje fácil y rápido, su capacidad de adaptación a los asientos que se pueden producir en el terreno y que puede actuar inmediatamente después de su construcción.

La jaula se construye con piezas de madera, bloques prefabricados de hormigón armado o piezas metálicas de acero o aluminio.

Si el relleno interior del muro se hace con un material permeable y si no se cierran los huecos en las caras del muro, la acción drenante queda garantizada sin necesidad de dispositivos especiales.

4. Muros de Apoyo: Se instalan en taludes en roca en los que se aprecia la existencia de masas importantes de roca en voladizo. Su misión es proporcionar un apoyo a dichas masas con el fin de evitar su desprendimiento para lo que se rellena el espacio que queda por debajo de la saliente con hormigón en masa o muy poco armado, empleándose en ocasiones hormigón pobre.

El muro absorbe parte del peso de la masa potencialmente inestable por lo que queda solicitado a compresión.

5.-Muros Anclados: El empleo de muros reforzados con anclajes es una medida mixta que elimina los problemas de estabilidad al vuelco del muro, disminuye los momentos flectores que actúan sobre él y reduce las tensiones máximas que actúan sobre el terreno.

- Muros de Revestimiento:

Se construyen sobre el talud natural, para proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador. Entre los más usados tenemos:

1. Muros de Gaviones: Los gaviones consisten en enmallados de alambre metálico galvanizado con forma de prisma rectangular, relleno por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.). Trabajan fundamentalmente por gravedad.

Las ventajas que presenta son:

- ” Instalación rápida y sencilla.
- ” Son estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- ” No tienen problemas de drenaje, ya que son muy permeables.

Los empujes sobre el muro, su estabilidad al vuelco y deslizamiento se calculan de igual forma que un muro de gravedad.

Cuando se proyecta la construcción de un muro, es necesario determinar las cargas y distribución a las que va a estar sometido, lo que permitirá dimensionar una estructura capaz de resistirlas.

2. Pantallas de Pilotes: Consisten en pilotes alineados, dejando espacios lo suficientemente pequeños entre dos adyacentes, cómo para conseguir un sostenimiento relativamente continuo. Se aplican en la superficie de un talud, afectando sólo a las capas más superficiales del terreno

Tiene como funciones:

- El sostenimiento de taludes excavados, teniendo cómo gran ventaja que pueden instalarse previamente a la excavación
- Actúan como medida estabilizadora de caídas de rocas existentes o potenciales, instalándose cerca del pie del talud y presentando las ventajas de requerir muy poca excavación y de no afectar significativamente el talud durante su construcción.
- ” Evitar o reducir la erosión y meteorización de la superficie del talud
- ” Eliminar los problemas derivados de los desprendimientos de rocas en taludes donde predominan estos.
- ” Aumentar la seguridad del talud frente a pequeñas roturas superficiales.

Gráfico 7.3 Representación de la construcción de la base de la vivienda (pirca) de manera adecuada.

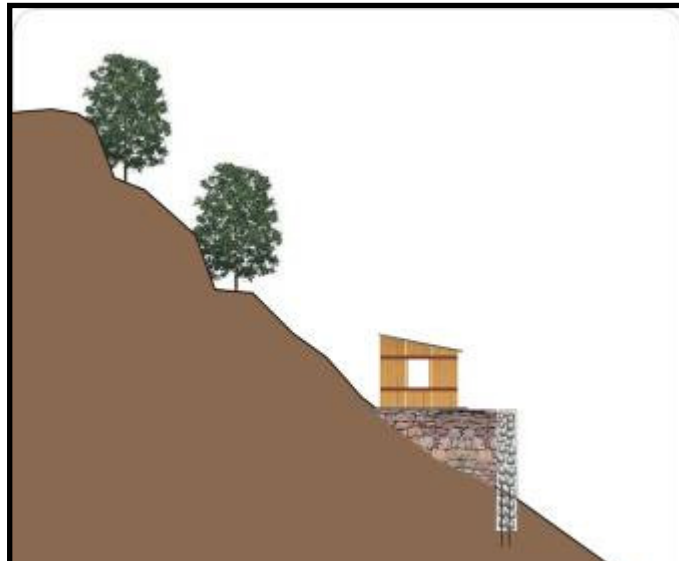
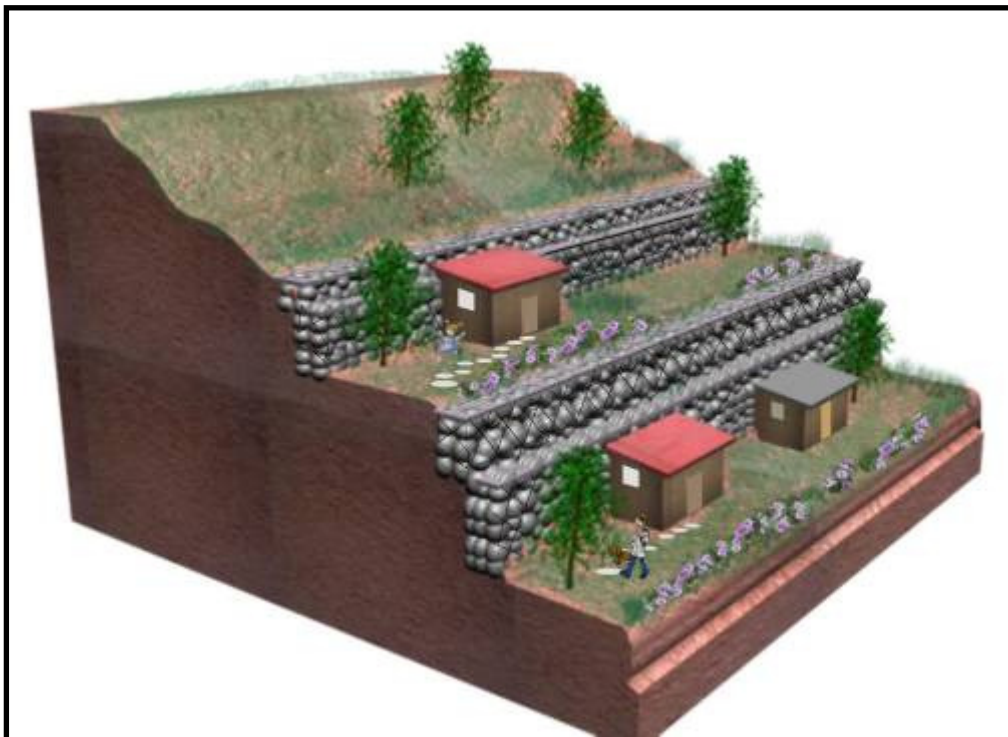


Gráfico 7.4 Muros tipo jaula, ubicados en las laderas, dispuestos a manera de andenes y que junto con una forestación adecuada pueden minimizar el efecto de los derrumbes y caídas de rocas.



7.1.2.3 Mallas de Alambre Metálico

Con ellas se cubren la superficie del talud con la finalidad de evitar la caída de fragmentos de roca, especialmente en vías de transporte o cuando hay personal trabajando en el pie del talud.

Las mallas de fierro galvanizado retienen los fragmentos sueltos de rocas y conducen los trozos desprendidos hacia una zanja en el pie del talud. Son apropiados cuando el tamaño de roca se encuentra entre 0.60 a 1.00 m.

La malla se fija siempre en la parte superior del talud o en bermas intermedias. Como sistemas de fijación pueden emplearse postes introducidos en bloques de hormigón que pueden a su vez ir anclados o simplemente un peso muerto en la parte superior del talud.

7.1.2.4 Sembrado de cobertura vegetal en taludes

Al igual que en laderas, el sembrado de cobertura vegetal, es muy útil en la conservación de taludes produciendo los mismos beneficios.

Para el sembrado de taludes se emplean hierbas, arbustos y árboles. Debiendo utilizarse especies capaces de adaptarse a las condiciones a las que van a estar sometidos (climas, tipo de suelo, presencia de agua, etc.), suelen convenir especies de raíces profundas y de alto grado de transpiración, lo que indica un mayor consumo de agua.

Generalmente el sembrado de un talud se hace por etapas, comenzando por la hierba y terminando por los árboles.

Es conveniente no dejar un talud muy plano, sino con salientes que sirvan de soporte, así cuando más tendido sea un talud es más fácil que retenga la humedad.

Un terraplén es más favorable para mantener una cubierta vegetal que un desmonte.

Los suelos arenosos y areno-arcillosos son ventajosos para un rápido crecimiento de la hierba. Las arcillas duras son inadecuadas a menos que se añadan aditivos o se are el terreno. Cuando la proporción de limo más arcilla es superior al 20 % se puede esperar un crecimiento satisfactorio, pero si es inferior al 5% el establecimiento y mantenimiento de la hierba es difícil.

7.1.2.5 Hormigón Gunitado

Consiste en una capa de hormigón rociado sobre la superficie de taludes en roca. La dosificación del hormigón se hace de forma convencional. El hormigón se proyecta sobre la superficie de la roca con una gran velocidad de impacto. Al principio, las partículas de tamaño apreciable rebotan sobre la superficie mientras una matriz compuesta de cemento y partículas finas queda adherida a la roca. Gradualmente se van adhiriendo partículas de mayor tamaño y la capa va creciendo en espesor

En la operación de gunitado, las pérdidas de hormigón son altas, mayores al 10 %, en parte, por las altas tracciones y tensiones tangenciales que pueden desarrollarse en el contacto entre hormigón y roca. Es preferible que la superficie se encuentre seca cuando se aplica hormigón y eliminar cualquier material de alteración existente en su superficie.

El hormigón gunitado es un material frágil. La ductilidad y resistencia del hormigón pueden incrementarse mediante su armado, el cual puede realizarse de dos maneras: colocando una malla de alambre metálico o un emparrillado de redondos de pequeño diámetro sobre el talud antes de proyectar el hormigón, o incorporando a la mezcla seca cemento-árido, trozos de alambre pequeños, lo que proporciona una buena resistencia a la tracción del orden de 140 Kg/cm^2 , aunque su empleo hace la instalación más complicada y cara.

El empleo de hormigón gunitado necesita una maquinaria especial de bombeo y de dosificación, además su colocación sobre la superficie del talud, requiere de un operario que generalmente es transportado en una plataforma suspendida de una grúa móvil.

Otra medida a tener en cuenta es la construcción de las bases de las viviendas (pircas) de manera adecuada, generalmente estas son construidas con bloques rocosos irregulares a veces sin ningún tipo de cemento.

El hecho de que las viviendas estén ubicadas en pendientes que a veces superan los 35° y la posibilidad de ocurrencia de un sismo condiciona esta zona a derrumbes y caídas de rocas.

Las pircas deben ser construidas con un relleno de cemento y no deben superar los dos metros además deben estar ubicadas en cortes que no sean

irregulares, situación que es muy difícil porque casi todos los cortes de talud son hechos de manera artesanal.

7.1.3 Erosión Fluvial

Los problemas de erosión fluvial en la Quebrada Canto Grande están relacionados con la cantidad de desechos arrojados en el cauce y la construcción de estructuras inadecuadas en el tramo del Río Rímac que limita con la zona de estudio. Para controlar la erosión de las márgenes (orillas) producidas por las corrientes pueden colocarse espigones o contrafuertes de los mismos materiales que ayuden a encauzar el paso de las aguas por la zona central.

Cuando los taludes son altos se construyen terrazas escalonadas o bancales para interceptar el agua a velocidades menores a 90 cm/seg.

Entre otras alternativas está la construcción de canales, zanjas de coronación, pilotes de madera y empalizadas que permitan mantener ciertas áreas libres de inundaciones.

Las estructuras construidas no deben ser improvisadas ni hechas de desmonte (material residual de construcciones), deben estar ubicadas en el lugares adecuados y no en pleno cauce interrumpiendo el curso natural del río. Una actividad importante es la preservación del Río Rimac esto comprende acciones como la prohibición de residuos sanitarios, industriales y desmonte.

7.1.4 Erosión de Laderas

Si bien en la Quebrada Canto Grande las zonas afectadas por la erosión fluvial son pocas en relación a los demás zonas afectadas por otros fenómenos, es recomendable tomar algunas medidas para atenuar la erosión pluvial producida en caso de lluvias excepcionales, estas medidas implican controlar un buen mantenimiento de coberturas vegetales, en caso de que esta acción se haya realizado se debe resembrar u arborizar el área.

En la corrección de cárcavas además de las obras enunciadas líneas arriba es necesario controlar el agua de escorrentía por medio de zanjas impermeabilizadas y desagües adecuados.

Las medidas de solución propuestas frente a los peligros geológicos también deben incluir programas de prevención que permitan mejorar las condiciones urbanísticas de los asentamientos humanos existentes, estas deben ir acompañados de políticas de control en relación a la ocupación de nuevas áreas que no impliquen la ocupación de zonas de riesgo.

Con base en la realidad constatada en los trabajos de campo, se sugiere a continuación una serie de medidas orientadas a mejorar los problemas ambientales de la Quebrada Canto Grande compuesto por los siguientes programas:

7.2 Programas de vivienda e infraestructura:

Estos programas serían responsables por la mejoría de las condiciones de las viviendas, control de la ocupación, evitando la construcción de nuevas viviendas en las áreas calificadas de alta susceptibilidad, además se deben gestionar programas para proporcionar los servicios básicos de agua, desagüe y recolección sistemática de basura en las zonas más críticas.

Se debe incluir la capacitación a los pobladores de los asentamientos humanos, teniendo como objetivo mejorar la construcción de pircas y paredes en las zonas que ya están habitadas.

Este programa también sería responsable por la recuperación de los ambientes que se encuentran degradados por la ocupación desordenada y el uso inadecuado del suelo.

7.3 Programas de educación ambiental:

Este programa implicaría la creación de un equipo de profesionales especialistas en educación ambiental, con la finalidad de orientar a los pobladores de las zonas crítica, sobre la importancia de mantener el medio ambiente entre otros asuntos relacionados a la preservación del mismo.

7.4 Programas de prevención de accidentes en las zonas críticas.

Las atribuciones de este programa estarían orientadas al manejo de riesgos, actuando en forma preventiva, evitando o por lo menos minimizando la ocurrencia de accidentes.

Se debe tener en cuenta criterios para incluir medidas de señalización y de evacuación en caso de sismos, caída de rocas y huaycos.

Este programa contaría con el apoyo de Defensa Civil ya que esta institución es el órgano responsable por el auxilio durante los accidentes en áreas en riesgo. Para que este programa sea bien guiado se recomiendan que sean adoptadas algunas medidas propuestas por Housner (1987) encaminadas a la reducción de desastres a través de las siguientes medidas:

Medidas Físicas:

- Planear construcciones para resistir los impactos.
- Identificar y evitar las localidades susceptibles a accidentes.
- Prever la ocurrencia de eventos.
- Prevenir o alterar las características de un evento peligroso.

Medidas Sociales:

- Restringir el uso del suelo o establecer patrones mínimos para evitar situaciones y localidades peligrosas.
- Preparar programas de emergencia para proteger la vida y la propiedad en caso sea previsto un evento peligroso.
- Desarrollar etapas de concientización pública en áreas susceptibles a accidentes.
- Reducir las pérdidas económicas por medio de un seguro o garantías monetarias.
- Reconstruir las comunidades afectadas para que sean menos vulnerables a un próximo evento.

En el proceso de buscar soluciones para administrar los riesgos Cardona (1996) propone una guía para la administración de riesgos y prevención de desastres. En este sentido el autor presenta actividades relacionadas a la prevención y mitigación. Estas actividades serán efectuadas en tres momentos

Antes, durante y después del evento.

Tabla 7.4 Actividades efectuadas en la Gestión de Riesgos

ANTES DEL DESASTRE	DURANTE EL DESASTRE	DESPUES DEL DESASTRE
Prevención: Objetiva evitar que ocurra el evento.	Actividades de respuesta al desastre: Son aquellas que se desarrollan en el periodo de emergencia o inmediatamente después de ocurrido el evento. Puede incluir acciones de evacuación, búsqueda y rescate asistencia y alivio a la población afectada y acciones que se realizan durante el periodo en que la comunidad se encuentra desorganizada y los servicios básicos no funcionan.	Rehabilitación: Es el periodo de transición que se inicia al final de la emergencia y en el cual se establecen los servicios indispensables y los sistemas de abastecimiento de la comunidad afectada.
Mitigación: Pretende minimizar el impacto del mismo, reconociendo que muchas veces no es posible su ocurrencia.		
Preparación: Estructura de la respuesta frente al desastre.		Reconstrucción: Se caracteriza por los esfuerzos para reparar la infraestructura damnificada y restaurar el sistema de producción, revitalizar la economía buscando alcanzar o superar el nivel de desarrollo previo al desastre.
Alerta: Corresponden a la notificación formal de un peligro inminente.		

VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

1. El inventario en la zona de estudio ha permitido cartografiar 205 peligros, diferenciándolos en 5 tipos: Caídas de rocas, flujos de detritos, vuelcos, erosión de laderas, erosión fluvial.
2. La aceleración máxima esperada para un sismo en un periodo de 60 años en la Quebrada Canto Grande es de 317 gals con un porcentaje de peligro anual de 0.05%, en esta área los efectos del sismo serían destructivos debido a la cantidad de bloques sueltos generados por las caídas de roca y por el alto grado de meteorización en los afloramientos rocosos.
3. Las caídas de roca se localizan principalmente en las laderas de los cerros, tanto en las zonas de pendientes bajas como en las de pendientes medias, donde las condiciones litológicas han sido afectadas por procesos de meteorización física
4. Según lo observado en las Quebrada Canto Grande y Media Luna, es posible inferir que los movimientos en masa de gran magnitud (huaycos), ocurrieron de una manera excepcional, no registrada en los últimos 60 años (ocupación histórica de la Quebrada) y solo se manifiestan periódicamente como flujos de detritos menores relacionados a lluvias excepcionales.
5. Las áreas sujetas a erosión de laderas se encuentran tanto en rocas intrusivas como volcánicas, en el caso de lluvias excepcionales actuarían como torrenteras acarreando agua y materiales a las quebradas secundarias.
6. Los vuelcos y las zonas afectadas por erosión fluvial se registran en menor cantidad, sin embargo se deben tomar en cuenta porque estos fenómenos podrían afectar de manera significativa a zonas urbanas, en caso de sismos o lluvias de gran magnitud.

7. Los mapas litológico-estructural y de pendientes son básicos para el análisis de la susceptibilidad, y en base a ellos se puede indicar las áreas en las que se tienen que adoptar medidas de prevención y / o mitigación.

8. Mediante el análisis de la zona de estudio se constató que las viviendas ubicadas en la parte alta de la Quebrada Canto Grande están situadas en laderas con pendientes medias a fuertes, indicadores naturales desfavorables a la presencia de la ocupación humana en estos lugares,

9. El proceso de identificar y zonificar las áreas críticas en la Quebrada Canto Grande es importante para un futuro análisis de vulnerabilidad y para el planeamiento urbano del distrito más poblado del Perú.

8.2 RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en este trabajo se recomiendan algunas acciones necesarias como:

1 Realización de trabajos sistemáticos y detallados en otras áreas de riesgo en la Quebrada Canto Grande, con la intención de diagnosticar y prevenir a los organismos encargados y a la sociedad en cuanto a eventuales ocurrencias de derrumbes, o caídas de rocas que envuelvan bienes particulares y vidas humanas.

2. Efectuar una amplia divulgación por parte de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales e instituciones de enseñanza, sobre la importancia y los efectos de los peligros geológicos en las laderas, advirtiéndole a la población, más específicamente a los asentamientos ubicados en áreas consideradas de riesgo.

3. Reubicación inmediata de las familias, instaladas en áreas de riesgo situadas en las laderas a zonas ambientalmente planeadas, con

infraestructura y saneamiento básico, condiciones indispensables para una adecuada calidad de vida.

Como la reubicación inmediata de las casas en nuevos lotes es difícil se sugiere que en las áreas de riesgo por lo menos pasen por un control y monitoreo periódico, no solamente después de un sismo de gran magnitud.

4. En las áreas críticas se sugiere la adopción de medidas de estabilización como la plantación de especies vegetales en las laderas, construcción de muros de contención, mejorar la técnica de construcción de pircas de las viviendas, estabilización de bloques rocosos, señalización de zonas de evacuación entre otras acciones, así como aplicar programas de prevención que puedan reducir los riesgos de accidentes humanos.

IX BIBLIOGRAFÍA

AUGUSTO FILHO, O.; CERRI, L.; AMENOMORI, C. (1990). *Riscos geológicos: aspectos conceituais*. Simposio Latino-Americano sobre Riesgo Geológico Urbano, 1. p. 334-341. ABCE, São Paulo. Brasil

BORGATTI, M.; SOLDATI L. (2005). *Geomorphological Hazard and Human Impact in Mountain Environments*, Vol. 66, Nº 1.

BROMHEAD, E. (1986). *The Stability of Slopes*, Surrey University Press, London.

CARDONA, O. (2005) *Indicadores de Riesgo de Desastre y de Gestión de Riesgos* Informe Técnico Principal. Universidad Nacional de Manizales. Colombia

CERRI, L. et al. (1990) *Plano preventivo de defesa civil para a minimização de consequências de escorregamentos na área dos Bairro-Cota e Morro do Marzagão, municipio de Cubatão, SP, Brasil*. In: Simposio Latino Americano sobre Riesgo Geológico Urbano, 1: 381- 395. ABGE. São Paulo. Brasil

CRUDEN, D. (1990) *Suggested nomenclature for a landslide summary*. Boletín de International Association of Engineering Geology, n 41.

CRUDEN, M.; VARNES, D (1996). *Landslides Types and Processes*. En: TURNER, A.; y SHUSTER, R.: *Landslides: Investigation and Mitigation*. Reporte Especial 247. National Academy Press. Washington USA

DOLLFUS, O (1965) *Les Andes Centrales du Pérou et leurs piémonts (entre Lima et le Péréné): étude géomorphologique* Instituto Fránces de Estudios Andinos IFEA

DIKAU, R. (2004). *Mass Movement*. En: GUTIERREZ, M,(2008) *Geomorfología*. Págs. 254-256. Madrid España

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO REGIONAL Y MEDIO AMBIENTE OEA/DDRMA. (1991). *Desastres, planificación y desarrollo: manejo de amenazas naturales para reducir los daños*. Organización de los Estados Americanos Washington, D.C. USA

FERNÁNDEZ, D.; LUTZ, (2003) *Procesos de remoción en masa y erosión fluvial en la quebrada del río Los Sosa*. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Nº 58. Buenos Aires Argentina

GUTIERREZ, M,(2008) *Geomorfología* Editorial Pearson. Madrid España

GOODMAN, R.; BRAY, J. (1976); *Toppling of rock Slopes*. En: GUTIERREZ, M, *Geomorfología*. Págs. 254-256. Madrid España

HOUSNER, G; (1987) *Confronting Natural Disasters An International Decade for Natural Hazard Reduction*. Washington, National Academy Press

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA INEI
(2005) *Censo Nacional 2005: X de Población y V de Vivienda*

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA INEI
(2007) *Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda*

LAVELL, A. (2003). *Los Conceptos, estudios y práctica en torno al tema de los riesgos y desastres en América Latina. Evolución y Cambio, 1980-2004. El Rol de la RED, sus miembros y sus instituciones de apoyo*. Secretaría General, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-FLACSO. Costa Rica

LEÓN, W.; DE LA CRUZ, O. (2002) *Mapa Geológico del Cuadrángulo de Lima, Escala 1: 50 000*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. INGEMMET

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE DE ESPAÑA. MOPT,
(2004) *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. 5ta Edición Madrid. España

MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO (2005) *Plan de Desarrollo Distrital Concertado de San Juan de Lurigancho 2005-2015*.

MONTERO, D., LOZANO, O. (2007) "*Capitales Andinas 2007, Catalogo de Instrumentos en gestión municipal para la Reducción de Riesgos y Preparativos ante de Desastres*". Geología. La Paz 2007.

PITCHER, W.; ATHERTON, M.; COBBING, E. y BECKINSALE, R. (1985): *Magmatism at a plate edge; the Peruvian Andes*.

PALACIOS, O.; CALDAS, J. Y VELA, CH. (1992). "Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica". Bol. Serie A, Carta Geológica Nacional N.º 43.

PAREDES, J. (2009). "*La Identidad de los Ruricanchos*", Artículo de diario El Comercio 11/01/09

REGO, C. (2003). *A Integração de Geoindicadores e Reparcelamento do Solo na Gestão Ambiental Urbana*. Santa Catarina. Brasil. Universidad Federal de Santa Catarina. (Tesis de Maestría)

SMITH, K. (2001). *Environmental Hazards. Assessing risk and reducing disaster*. Routledge

SAHARIG, G. (1973) *Estudio Hidrogeológico de la Quebrada Canto Grande*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Tesis de Grado)

SILGADO E. (1978). *Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú, 1513-1974*. Instituto Geológico Minero del Perú, Lima.

VALENZUELA, G. (2003). *La geología ambiental en la zonificación de amenazas naturales*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (Tesis de Maestría)

VARNES, D. (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. *Natural Hazards*. nº 3. UNESCO, Paris.

VILLACORTA, S. (2007). *Análisis de la susceptibilidad de los Movimientos de Ladera en la Cuenca del río Llaminchan. Cajamarca-Perú*. Master Internacional Aprovechamiento Sostenible de los Recursos minerales

UNDRO (1979). *Natural disasters and vulnerability analysis*. Report of Expert Group Meeting. Geneve.

ANEXOS

INGEMMET													
INVENTARIO DE PELIGROS GEOLOGICOS EN PERU													
FICHA DE INVENTARIO													
I UBICACIÓN GEOGRAFICA													
1 FICHA N°		2 LATITUD		3 LONGITUD		4 COTA		5 FRANJA N°		6 CUADRANGULO (IGN)			
7 REGION / DPTO.		8 PROVINCIA		9 DISTRITO		10 PARAJE / CASERIO / LUGAR							
11 CUENCA HIDROGRAFICA				12 FECHA		13 EFECTUADO POR		14 FOTOGRAFIA (S)					
II TIPOLOGIA													
15 TIPO DE PELIGRO													
16 NOMBRE ESPECIFICO													
17 DENOMINACION													
III DESCRIPCIÓN													
18 PROCESOS O CAUSAS NATURALES													
19 ACTIVIDAD ANTRÓPICA													
FACTORES DE SITIO													
DEL ENTORNO GEOGRAFICO													
FACTORES ANTRÓPICOS													
20 EVIDENCIAS VISUALES DEL MOVIMIENTO EN MASA													
DESPLAZAMIENTO / DESLIZAMIENTOS COMPLEJOS/FLUJOS DE TIERRA													
INUNDACIONES													
AREA SUSCEPTIBLE A INUNDACION													
EXTENSION (m ²)													
ESTILO													
FORMA DE LA ESCARPA													
RECTA													
CIRCULAR													
ELONGADA													
CONTINUA													
Llanura inundable													
Circunlastru													
Litoral													
Terraza baja													
Depresión topografica													
Otra área													
ALTURA DE AGUA ALCANZADA (m):													
ZONA INUNDADA O INUNDABLE													
Urbana / rural													
Carretera o vía													
Agrícola/pastos													
Otra													
Altura de terrazas (m)													
Pendiente longitudinal del río													
Avenida normal													
Avenida excepcional													
CURSO PRINCIPAL													
Anastomosado													
Meándrico													
Rectilíneo													
REPTACION													
Ladera suave													
Ladera abrupta													
Avance cara libre a quebrada													
Desgarre de cobertura vegetal													
Área afectada													
Saltos y discontinuidades pequeñas en la ladera													
Saturación y remoción de suelo superficial													
Zonas involucradas													
Pastizales													
Cultivos													
Bofedales													
Corte artificial													
Área urbana													
HUNDIMIENTO O SUBSIDENCIA													
Galería mina													
Área urbana													
Tierra de cultivo													
Área cársica/dolinas													
Otra													
Dimensiones del área afectada													
EROSION DE LADERAS													
Tipo de erosión													
Cárcavos													
Surcos													
Laminar													
Bad lands													
Dimensiones del área afectada													
Longitud													
Prof (m)													
Área													
Terrenos													
Cultivos													
Pastizales													
Obras civiles													
Área urbana													
EROSION FLUVIAL O DE RIBERAS													
Socavamiento o erosión en el pie de ladera													
Estrangulamiento de río o meandro													
Longitud erosionada (m)													
Margen													
Derecha													
Izquierda													
Ambas													
Terraza													
Terraplen													
Estructura													
Urbana													
Agrícola													
21 MOVIMIENTOS EN MASA ANTIGUOS (RECONOCIDOS O INFERIDOS)													
Tipo													
Deslizamiento													
Flujo de detritos													
Avalancha de detritos													
Movimiento complejo													
DIMENSIONES PRINCIPALES													
Longitud de escarpa antigua (m)													
Salto visible (m)													
Desnivel entre escarpa y pie de (m)													
Estado del movimiento en masa antiguo													
Estabilizado													
Reactivado													
Superficie cóncavo-convexa identificada en la carta topográfica													
Bloques de roca aislados o material de remoción identificable													
CARACTERÍSTICAS DE EMBALSES O REPRESENTAMIENTOS ANTIGUOS													
Desviación de curso fluvial													
Laguna o embalse natural													
Cono proluvial antiguo con vegetación más joven													
Área													
Vale de Representamiento con modificación de pendiente del río													
Canchales cubiertos con vegetación													
Área													
Restos de pueblo sepultado													
Depósitos aluviales extensos en valle con poca dinámica actual													
Abaricos aluviales extensos en la desembocadura de ríos o quebradas													
Depósito coluvial antiguo con gran granulometría													
Dimensiones del depósito antiguo													
Área (m ²)													
Altura embalse (m)													
Long. Embalse													
Tipo represamiento (Según Costa & Schuster, 1988)													
ARENAMIENTO													
Características													
Dunas aisladas													
Campo de dunas													
Dep. eólicos													
Medanos													
Efectos o daños principales													
Áreas de cultivo													
Áreas urbanas													
Invasión de vías													
Extensión o área afectada													

OTRAS CARACTERISTICAS ENCONTRADAS:										OTROS PROCESOS GEOLÓGICOS ANTIGUOS IDENTIFICADOS									
										Áreas cársticas desarrolladas									
										Dunas o campo de dunas fósiles									
										Vestigios de cursos de agua o meandros abandonados									
										Otro:									
										25 EDAD ESTIMADA DEL FENÓMENO									
										Activo									
										Inactivo-Joven									
										Inactivo-maduro									
										Viejo									
22 OCURRENCIA ACTUAL (d/m/a)																			
23 OCURRENCIAS ANTERIORES																			
24 RECURRENCIA DEL PELIGRO																			
Periódico										Ocasional									
										Excepcional									
										Estabilizado									
										Alta									
										Baja									
										Media									
										Sin registro histórico (>500 años)									
										Reciente (20 a 100 años)									
										Antiguo (<500 >100 años)									
										Actual < 20 años									

IV ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS																			
26 ASPECTO GEOMORFOLÓGICO PRINCIPAL										27 PENDIENTE DEL TERRENO									
VALLE										Muy baja									
Llanura										Baja									
Cáscara										Media									
Montaña										Fuerte									
Represamiento										Muy fuerte									
Volcán										Abrupta									
										<5°									
										5-20°									
										20-35°									
										35-50°									
										50-70°									
										>70°									
28 RED DE DRENAJE										Río Principal									
										Río Tributario									
										Quebrada Secund.									
29 FORMA DEL TERRENO										30 PRESENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS									
LADERA										Filtraciones									
Depósitos de vertientes										Ozonales									
Escambrina o cascadas										Bofedales									
Materia																			
Depósito de neivación																			
Uniforme																			
Escalonada																			
Convexa																			
Cónica																			
MIXTA																			
31 CUBIERTA VEGETAL										32 TIPO DE VEGETACION									
Abundante										Sembríos o cultivos									
Escasa										Pastos naturales									
Regular										Arbustos									
Nula																			

V ASPECTOS GEOLÓGICO-ESTRUCTURALES Y GEOTÉCNICOS																			
33 LITOLOGIA DEL SUBSTRATO										34 DEPOSITOS SUPERFICIALES O SUELOS									
Sedim.										Aluv.									
Volc-sed										Fluv.									
Volcanic.										Procl.									
Litológica										Col.									
Predominante										Del.									
										Eól.									
										Res.									
										Lac.									
										Mar.									
										Flu-glac.									
										Glac.									
										Ambr.									
Intrusivo										35 TIPO DE SUELO (% clastos)									
Metam.										36 GRADO DE SATURACIÓN									
Formación/Grupo										Bloques									
Unidad/Complejo										Bolón									
										Grava									
										Arena									
										Limo									
										Arcilla									
										Seco									
										P. Sat.									
										Med. Sat.									
										Satur.									
37 SUELOS GRANULARES (COMPACIDAD)										38 SUELOS COHESIVOS (CONSISTENCIA)									
M. suelta										Med. comp.									
Suelta										Compacto									
Med. denso										Muy Compacto									
Dense										Duro									
Muy Denso																			
Muy Blando																			
Blando																			
40 ESTRUCTURAS Y DISCONTINUIDADES EN LAS ROCAS										41 INTENSIDAD DE FRACTURAMIENTO									
Fallamiento										F1									
Plegamiento										F2									
Fracturamiento										F3									
Diadasamiento										F4									
Esquistosidad										F5									
Estratificación										A1									
Favorable al talud										A2									
Desfavorable al talud										A3									
Horizontal										A4									
										A5									
										A6									

VI DAÑOS OCASIONADOS () O PROBABLES ()										CROQUIS (planta o perfil):									
43 CARRETERA (Km)																			
44 CAMINO RURAL (Km)																			
45 VIA FÉRREA (m)																			
46 VIVIENDAS AFECTADAS																			
47 VIVIENDAS DESTRUIDAS																			
48 CULTIVOS O PASTIZALES (has)																			
49 MUERTOS / DESAPARECIDOS																			
50 HERIDOS																			
51 REDES DE ENERGIA (m)																			
52 CANAL (m)																			
53 PUENTE (m)																			
54 REDES DE ENERGIA (m)																			
55 GASEODUCTO / OLEODUCTO (Km)																			
56 PATRIMONIO NATURAL O CULTURAL																			
57 OTRA INFRAESTRUCTURA MAYOR																			
58 CARACTERÍSTICAS DE LOS DAÑOS																			
Sin daños / no registrados										Livres									
										Moderados									
										Severos									
										Destrucción, total									
										Probables									
VII CALIFICACION DE RIESGO																			
59 GRADO DEL PELIGRO										Bajo									
60 VULNERABILIDAD										Medio									
61 RIESGO ESTIMADO										Alto									
										Muy alto									
VIII OTRAS OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES																			
62 MEDIDAS U OBRAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN REALIZADAS										SI									
DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS ADOPTADAS:										NO									
										CUAL (ES)									
63 RECOMENDACIÓN DE OBRAS DE PREVENCIÓN:																			

IX FUENTE DE INFORMACION (64)									
TESIS UNIV.									
BOL. TECNICO									
REVISTA									
INF. TECNICO									
ART. PERIODISTICO									
INFORM. CAMPO									
FOTOINTERPRETAC.									
AUTOR (S):									
TÍTULO ESTUDIO:									
FECHA:									

