



**Instrumentación y monitoreo. Elaboración plan de manejo y diseño de obras de
remediación.**

Ron Córdova, Paulo Andrés

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Bonifaz García, Hugo Fabián Mgs.

10 de septiembre del 2021

Original

Document Information

Analyzed document	Ron.pdf (D112253957)
Submitted	9/8/2021 9:10:00 PM
Submitted by	
Submitter email	biblioteca@espe.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	ilbbioteca.GDC@analysis.orkund.com

Firma: HUGO FABIAN Firmado digitalmente
BONIFAZ por HUGO FABIAN
GARCIA BONIFAZ GARCIA
Fecha: 2021.09.10
07:25:27 -05'00'

Ing. Bonifaz García, Hugo Fabián Mgs.

C.C.: 0601786452



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Instrumentación y monitoreo. Elaboración plan de manejo y diseño de obras de remediación”** fue realizado por el señor **Ron Córdova, Paulo Andrés** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 9 de septiembre del 2021

Firma:

HUGO FABIAN
BONIFAZ
GARCIA

Firmado digitalmente
por HUGO FABIAN
BONIFAZ GARCIA
Fecha: 2021.09.22
15:35:15 -05'00'

Ing. Bonifaz García, Hugo Fabián Mgs.

C. C.: 0601786452



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Ron Córdova, Paulo Andrés**, con cédula de ciudadanía N° 1725132177, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Instrumentación y monitoreo. Elaboración plan de manejo y diseño de obras de remediación”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 9 de septiembre del 2021

Firma:

Ron Córdova, Paulo Andrés

C.C.: 1725132177



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Ron Córdova, Paulo Andrés**, con cédula de ciudadanía **N°1725132177**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Instrumentación y monitoreo. Elaboración plan de manejo y diseño de obras de remediación”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 9 de septiembre del 2021

Firma:

Ron Córdova, Paulo Andrés

C.C.: 1725132177

DEDICATORIA

A mi mami Osmary

Por su apoyo incondicional, por todo el amor que me ha brindado, por que en cada paso que doy está ahí para respaldarme, para aconsejarme y para escucharme; por enseñarme la sabiduría del amor, por que, sin ella, no sé qué sería de mí.

A mi papi Fernan.

Por enseñarme el trabajo duro, por enseñarme a nunca rendirme a pesar de lo difícil que se ponga la vida, por apoyarme en todo lo que hago, por defenderme y por hacer de mí un hombre de bien, sin su apoyo esto no sería posible.

A mi mamita Joty.

A mi abuelita, que ha estado ahí para mí incondicionalmente, aún recuerdo que me dijo que quería ser arquitecta o ingeniera de joven, que con mi tío ya se cumplió esa parte de su sueño y ahora esto también es para usted mi coquito, mi eterna consentidora. ¡Ya soy Ingeniero!

Y sobre todo a usted mi papito Edgar.

Nos faltó más tiempo de estar juntos, pero desde donde está nunca le he dejado de sentir junto a mí, esta culminación de trabajo es suya, nunca dejo de creer en mí y yo nunca dejaré de amarle, parte de lo que soy, es gracias a usted.

Paulo Andrés Ron Córdova

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que han sido parte en mi proceso de educación y parte de este proceso de investigación.

En primer lugar, agradezco a mis padres, que siempre han sido un pilar fundamental en mi educación, su apoyo ha sido infinito.

A la Universidad de la Fuerzas Armadas – ESPE, por permitirme ser parte de su educación de calidad.

A mis profesores de la carrera, que me han impartido su conocimiento para que yo me pueda convertir en un profesional.

A el Ing. Hugo Bonifaz, que ha estado siempre pendiente de este proyecto, brindándome una guía y apoyo constante para que este trabajo pueda cumplirse.

A mi grupo de amigos de la Universidad, con los cuales hemos sufrido, pero siempre nos hemos apoyado.

Paulo Andrés Ron Córdova

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I	16
Planteamiento del problema	16
Antecedentes	18
Justificación.....	19
Objetivos.....	21
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos.....	21
CAPITULO II	22
Deslizamientos.....	22
Tipos de deslizamientos	23
Inclinación y volcamiento.....	23
Modos de volcamiento	24
Deslizamientos en Masa (Traslacionales y Rotacionales).....	25
Traslacionales.....	26
Mecanismo de falla	27
Agua en taludes	28
Efectos de los ciclos hidrológicos sobre los taludes.	29
Infiltración de agua en el suelo	30
Flujos de agua subterránea	30
Manejo y estabilización de un deslizamiento.....	31
Acciones para disminuir el peligro de deslizamiento.	31
Drenaje de taludes.....	36
Clasificación de los sistemas de drenaje	36
Efectos del agua en los taludes:	37
Tipos de drenaje.....	37
Drenajes superficiales	37
Zanjas de coronación	37
Canales colectores en espina de pescado	38
Drenajes subterráneos	39
Pozos verticales de drenaje.....	39

Cortinas subterráneas impermeables	40
Drenes horizontales o californianos	41
Sistema de riego por aspersión	41
Cultivos Adecuados	42
Pendientes Adecuadas	42
Suelo Adecuado	42
CAPITULO III	43
Recolección de datos	43
Condiciones del talud	43
Propiedades Físicas	44
Velocidad del Deslizamiento	45
Velocidad del deslizamiento y de Ladera	45
Velocidad del deslizamiento	46
Velocidad de la Ladera	47
Capitulo IV	50
Secciones de Análisis en el Talud	50
Técnicas de Mitigación de Taludes	51
Modificación de la geometría del talud	51
Abatimiento o cambio de pendiente de taludes	52
Abatimiento de taludes por corte	52
Escalonamiento del talud	54
Sistemas de drenaje superficial	56
Cunetas	57
Cajas	59
Drenaje subterráneo o subdrenaje	61
Pozos de drenaje	61
Conformación del talud	64
Nivelación de terreno	64
Control de erosión	65
Protección de la superficie	65
Geo-sintéticos	65
Biomantas	66

CAPITULO V.....	67
Reforestación y revegetación.....	67
Arbolado en el corazón del talud	67
Revegetación de taludes de escalonamiento y abatimiento.....	67
Sistemas de riego	68
Diseño de un sistema de riego por aspersión.	69
Pasos para el diseño de un sistema de riego por aspersión.....	70
Tanques captadores de agua de escorrentía para riego.	78
Estudio de suelos	82
Alcantarillado sanitario	83
CAPITULO VI.....	85
Conclusiones	85
Recomendaciones	87
Bibliografía	88

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Acciones de prevención con ventajas y desventajas.....	32
Tabla 2: Acciones de elusión con ventajas y desventajas	33
Tabla 3: Acciones de control con ventajas y desventajas	34
Tabla 4: Acciones de conformación de talud con ventajas y desventajas	35
Tabla 5: Acciones de recubrimiento de superficie con ventajas y desventajas.....	35
Tabla 6: Acciones de control de agua superficial y subterránea con ventajas y desventajas.....	36
Tabla 7: Resumen de la clasificación y propiedades físicas de las muestras.	45
Tabla 8: Eficiencia de aplicación en riego por aspersión convencional.....	71
Tabla 9: Intensidades máximas de precipitación para condiciones medias de suelo, pendientes y vegetación.....	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Deslizamiento de zona de la Armenia visto frontalmente.	17
Figura 2: Grietas en zona de "La Armenia" meses despues del deslizamiento	18
Figura 3: Zona deslizada en el sector de “La Armenia”	20
Figura 4: El volcamiento puede generar un desmoronamiento del talud o falla en escalera, formando caídos o derrumbes.	23
Figura 5: Modos complejos de volcamiento	25
Figura 6: Deslizamiento Rotacional.....	26
Figura 7: Deslizamiento traslacional.....	27
Figura 8: El mecanismo de falla es la explicación técnica de la forma como un talud estable se convierte en inestable, por la acción del deterioro y los agentes activadores.	28
Figura 9: Fuentes y ciclo del agua subterránea en un talud.	29
Figura 10: Tipos de Zanjas	38
Figura 11: Canales colectores en espina de pescado	39
Figura 12: Esquema Pozos Verticales	40
Figura 13: Situación actual del talud	43
Figura 14: Comparación de posiciones, antes y después del deslizamiento	46
Figura 15: Método para identificar velocidad de ladera.....	47
Figura 16: Toma de distancia en sitio.	48

Figura 17: Regiones según urgencia de mitigación.	50
Figura 18: Flanco Derecho del talud.	53
Figura 19: Corona del Talud.....	55
Figura 20: Esquema de cuneta	57
Figura 21: Ejemplo caja.....	59
Figura 22: Esquema de pozo de drenaje.....	62
Figura 23: Ubicación de los pozos.....	63
Figura 24: Posición de los tanques.....	79
Figura 25: Esquema de tanque	80
Figura 26: Distribución de la tubería.....	81

Resumen

El siguiente proyecto tuvo como objetivo identificar obras de remediación para el sector de la Armenia y la Primavera en Chunchi, partiendo de visitas a campo y caracterización del sitio, en base a la topografía del lugar se identificó los lugares en los cuales es urgente que se realice una mitigación, ya que en el sector hay lugares que varios meses después del deslizamiento, siguen en movimiento, razón por la cual se determinó estrategias como el escalonamiento de taludes, el abatimiento de los mismos y su conformación mediante nivelación y control de la erosión mediante biomantas biodegradables, que además servirán de abono para futuras generaciones de capa vegetal, se propuso la implementación de sistemas de drenaje, tanto superficial como subterráneo, también se aconsejó la actualización de riego en la zona, debido a que el mismo era obsoleto en el sitio mediante gravedad, se sugirió la adopción del sistema por aspersión, mismo que es más eficiente en el uso del agua, por último se dio una alternativa para aprovechamiento de la gran cantidad de agua que existe en la zona, mediante el diseño de tanques de captación, los cuales serán utilizados por los miembros de la comunidad para regar los pastizales mediante el riego por aspersión.

- Palabras clave:
 - **REMEDIACIÓN**
 - **DESLIZAMIENTOS**
 - **ESCALONAMIENTO**
 - **ABATIMIENTO**
 - **DRENAJE.**

Abstract

The following project aimed to identify remediation works for the Armenia and Primavera sector in Chunchi, based on field visits and characterization of the site, based on the topography of the place, the places in which it is urgent to carry out mitigation, since in the sector there are places that, several months after the landslide, are still in motion, which is why strategies such as the staggering of slopes, their abatement and their conformation through leveling and erosion control were determined. By means of biodegradable bio-blankets, which will also serve as fertilizer for future generations of the vegetation layer, the implementation of drainage systems, both superficial and underground, was proposed, the updating of irrigation in the area was also recommended, because it was obsolete in the site by gravity, it was suggested the adoption of the sprinkler system, which is more efficient in the use of water, finally An alternative was given to take advantage of the large amount of water that exists in the area, through the design of catchment tanks, which will be used by the community members to irrigate the pastures through sprinkler irrigation.

- Key words:

- **REMEDICATION**
- **SLIDES**
- **STAGING**
- **WATER SUPPLY**
- **DRAINAGE.**

CAPITULO I

Generalidades

1.1. Planteamiento del problema

Los eventos naturales son sucesos que no se pueden evitar, tarde o temprano podrían llegar a ocurrir, lo que se puede hacer es brindar una alternativa en la cual, eventos como tales no terminen en fatales desenlaces, al hablar de eventos naturales podemos referirnos a una amplia gama de los mismos, desde terremotos, tsunamis, huracanes, etc., sin embargo en nuestro país, uno de los más catastróficos sin duda alguna es el de deslizamientos de tierra, a lo largo de la historia republicana de Ecuador, se ha evidenciado varios de los mismos, hechos que han cobrado la vida de varias personas, así como inconmensurables daños en propiedades que ha resultado en pérdidas millonarias de dinero, por lo cual resulta necesario establecer criterios que permitan a las autoridades identificar y evaluar el riesgo que conlleva los deslizamientos de tierra, así como brindar soluciones a los mismos en el caso de que estos llegasen a ocurrir.

Ese es el caso del cantón Chunchi, una pequeña ciudad ubicada en el centro de Ecuador, a una hora y media de Riobamba, la cual en los últimos meses ha tenido un gran problema, debido a un deslizamiento masivo que ocurrió dentro de su jurisdicción, el cual dejó una cuantiosa pérdida tanto material como económica, gran parte de sus pobladores perdió sus propiedades debido a esta catástrofe, donde se estima que 115,36 hectáreas de terreno se perdieron por completo, además que el volumen de masa de tierra deslizada fue de 30 millones de metros cúbicos, razón por la cual una zona residencial en creciente expansión en la zona conocida en el sitio como

“La Armenia” quedo completamente devastada, entre ellas varias zonas donde antes se podía practicar la ganadería como se puede ver en la **Figura 1**, satisfactoriamente este acontecimiento no dejo pérdidas humanas, pero si grandes pérdidas a los pobladores, los cuales muchos de ellos han perdido la inversión de su vida por este hecho tan lamentable.

Figura 1

Deslizamiento de zona de la Armenia visto frontalmente.



Nota: En el grafico se puede evidenciar la magnitud del deslizamiento

Ya han pasado varios meses y aun no existen planes de manejo claros para este desastre, así como de obras de remediación que permitan en cierta manera mermar el suceso que ocurrió en el sitio el mes de Febrero del 2021, conforme pasan los meses el sitio ha quedado “relativamente estable”, sin embargo una visita reciente al sitio, hizo que quede en evidencia que el lugar aún no está estabilizado, se pudo reconocer la aparición de grietas en diferentes zonas aledañas al deslizamiento como se ve en la **figura 2**; además que en sitios cercanos al mismo, hay masas de tierra que están próximas a desprenderse.

Figura 2

Grietas en zona de "La Armenia" meses después del deslizamiento.



Nota: Grietas en la misma dirección de las grietas del suelo, producidas por el desprendimiento que aún se mantiene en el sector.

Debido a estos problemas es indispensable crear un plan lo más pronto posible, en el cual se pueda manejar los daños que se siguen produciendo en el sitio. Además de dar alternativas en las cuales se pueda reducir el riesgo a un evento de las mismas magnitudes.

1.2. Antecedentes

Si bien el deslizamiento ocurrido en Febrero del 2021, fue un evento catastrófico, se puede asegurar que no fue un evento aislado, el cantón Chunchi ha sufrido durante años eventos como este, en abril del 2017 hubo 4 fallecidos y varios vehículos quedaron sepultados producto de un deslizamiento, entonces asegurar que el último deslizamiento fue algo circunstancial es una falacia evidente, con esta información se puede evidenciar la falta de gestión por parte de las autoridades competentes, las cuales durante años, no han hecho el mínimo esfuerzo por realizar mapas de gestión de

riesgos dentro del cantón, lo que ha desembocado que la población del cantón, viva en riesgo permanente ante esta problemática, sin embargo es correcto mencionar que el cantón no cuenta con recursos suficientes ni económicos, ni técnicos; que le permitan realizar un correcto control de lo que pasa en el mismo, sin embargo no es justificativo suficiente, ya que estos estudios se vuelven algo urgente dentro de las actividades internas del cantón, por lo cual pedir asesoría externa, debió haber sido una prioridad.

Garantizar que estos eventos nunca más volverán a pasar, es algo absurdo dentro del cantón, dado el tipo de suelo y topografía accidentada que tiene el mismo, sin embargo quedarse con los brazos cruzados, mientras la gente vive con un riesgo inminente es algo irresponsable, la alternativa más adecuada es encontrar manera en la cual se puedan disminuir al máximo estos riesgos, es indispensable que las autoridades a cargo tomen cartas en el asunto y si bien en un pasado no se hizo la correcta gestión del mismo, es aceptable que ahora la situación cambie y se vea un verdadero interés en los ciudadanos y el cantón como tal.

1.3. Justificación

La presente investigación busca crear un plan de manejo y obras de remediación en el cantón Chunchi, el cual tenga un gran aporte al mismo y pueda servir de guía para disminuir el peligro que conlleva que un evento de tales características vuelva a ocurrir, ya que sería catastrófico para la ciudad y probablemente se perdería muchas vidas y afectaría fuertemente a la economía del lugar.

Para asegurar un correcto plan de manejo y obras de remediación para el cantón es necesario obtener una topografía detallada del lugar, la cual permita identificar quebradas, desniveles importantes y sobre todo la totalidad del terreno, para

con ello identificar el mismo y encontrar los lugares más propensos a tener un evento del mismo tipo, además es primordial caracterizar los suelos que se encuentran en el lugar, debido a que con esa información se puede trabajar en planes de acción específicamente para el comportamiento de ese suelo y sus alrededores, otro de los trabajos importantes es el de identificar las posibles causas que en el pasado pudieron resultar en tal fatídico accidente que se puede evidenciar en la **Figura 3**, las mismas servirán para brindar alternativas viables para la comunidad que permitan que eventos como tal, no se vuelvan a repetir.

Figura 3

Zona deslizada en el sector de “La Armenia”



Nota: Se puede notar la gran altura que quedó después del deslizamiento

El motivo más importante acerca de la presente investigación, es generar un documento que pueda servir para el GAD cantonal, que permita que se disminuya al máximo el riesgo de que gente inocente muera en fatídicos accidentes, y sobre todo que se genera una responsabilidad social de los peligros tan grandes que conlleva que eventos como un deslizamiento tan masivo pueda repetirse.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Crear un plan de manejo y obras de remediación para el deslizamiento de Chunchi.

Objetivos específicos

- Determinar el tipo de deslizamiento y velocidad del mismo.
- Crear planes de acción para mitigar el daño producido por el deslizamiento.
- Definir los tratamientos de recuperación de la cobertura de los taludes y cauces de río en el sitio.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Deslizamientos

Son movimientos lentos o rápidos del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca) pendiente abajo debido a un aumento de peso, pérdida de consistencia de los materiales o algún otro factor que genere un desequilibrio en la ladera. A estas condiciones se le debe sumar factores externos como la sismicidad, vulcanismo y las lluvias (Jiménez, 2002).

La morfología de la tierra es alterada debido a los deslizamientos, además que se producen daños ambientales, daños en infraestructura de todo tipo, destrucción de hogares, puentes, etc., sin embargo, muy pocas personas le dan la atención que requiere a esta problemática, la cual se estima que, al año, causa más muertes que terremotos o inundaciones. Sin embargo, a diferencia de sismos, los deslizamientos pueden ser evitables en el caso de que se los identifique a tiempo, además que se creen planes de prevención y control de los mismos. (Suárez, 2009)

Existen zonas en donde la posibilidad de que ocurran este tipo de eventos es más probable, normalmente las mismas suelen tener un relieve accidentado, poseer alta sismicidad y lluvias intensa. Sin embargo, las áreas susceptibles a deslizamientos se pueden identificar y proyectar en base a los factores físicos asociados con la actividad de deslizamiento, sin embargo, no es posible la predicción de dónde y cuándo han de ocurrir los deslizamientos, aún con la mejor información disponible. (Abril).

Con el objetivo de entender los deslizamientos, además debemos conocer acerca de taludes. Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No hay duda que el talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable. (De Matteis, 2003)

2.1.1. Tipos de deslizamientos

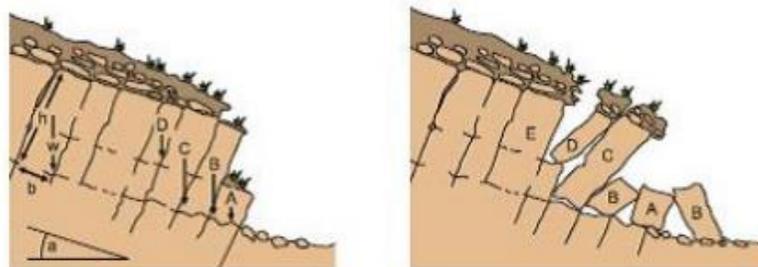
Se nombrarán algunos de los tipos de deslizamiento más importantes.

Inclinación y volcamiento

Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad, como se puede ver en la **figura 4**. (Suárez, 2009) .

Figura 4

El volcamiento puede generar un desmoronamiento del talud o falla en escalera, formando caídos o derrumbes.



Nota: Tomado de (Montero Olarte, 2017)

Modos de volcamiento

Se pueden diferenciar tres tipos de volcamiento según (Cruden & Varnes, 1996):

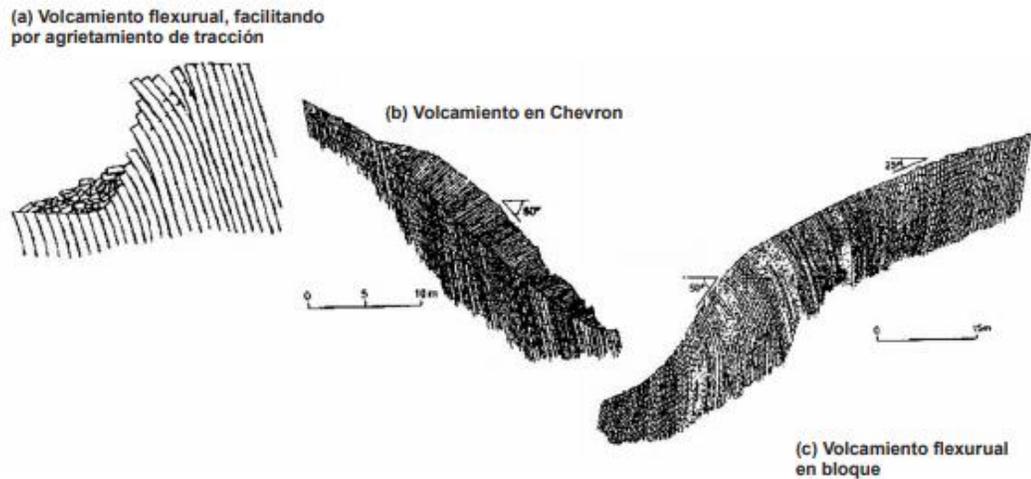
Volcamiento Flexural. Este tipo de movimiento es frecuente en masas de roca con un sistema de discontinuidad preferente con buzamiento fuerte hacia el interior de una ladera, de tal modo que se presentan columnas dispuestas en cantiliver. Estas columnas se doblan (flexión) y se agrietan (grietas de tensión), provocando el desprendimiento de fragmentos de roca y su acumulación al pie del talud o ladera. De acuerdo con la clasificación de (Cruden & Varnes, 1996), el volcamiento flexural corresponde a un movimiento complejo: volcamiento-caída de rocas como se muestra en la **figura 5**.

Volcamiento en Chevron. Es un volcamiento, donde se encuentran macizos de roca, los cuales además contienen diaclasas con una fuerte inclinación con dirección al interior de la ladera, lo más común con rocas metamórficas como esquistos o filitas. Las mismas son sometidas a volcamiento parcial junto a una deformación de carácter flexural gradual, esto debido a que existen zonas más débiles en las cuales su comportamiento es parecido al de una bisagra, que es donde se dobla el conjunto de bloques (Montero Olarte, 2017) como se muestra en la figura 5.

Volcamiento flexural en bloque. Es una flexión pseudocontinua en forma de grandes macizos de roca parecidos a columnas, debido a movimiento acumulado a lo largo de numerosas diaclasas transversales, en ella se puede identificar que es un deslizamiento distribuido en la apta de una masa inestable a lo largo de la superficie de diaclasas, con deslizamiento y volcamiento asociado en el resto de la masa (Goodman & Bray, 1976).

Figura 5

Modos complejos de volcamiento



Nota: Tomado de (Cruden & Varnes, 1996)

Deslizamientos en Masa (Traslacionales y Rotacionales)

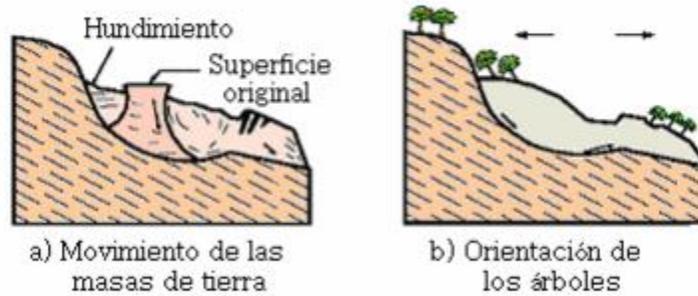
Rotacionales

Los deslizamientos traslacionales son aquellos que, por su forma de ocurrir, solo se dan en suelos homogéneos, sean naturales o artificiales, la superficie de falla de este tipo de deslizamientos se encuentra directamente influenciada por discontinuidades, juntas y planos de estratificación. Por lo tanto, una vez que se realice el análisis de estabilidad del mismo, el efecto de las discontinuidades debe tomarse en cuenta.

En este tipo de deslizamiento, existe un plano de falla de característica curva en el cual se desarrolla el movimiento, todo esto dentro del talud, normalmente este evento ocurre cuando los esfuerzos cortantes actuantes sobrepasan la resistencia del material, como se muestra en **la Figura 6**.

Figura 6

Deslizamiento Rotacional



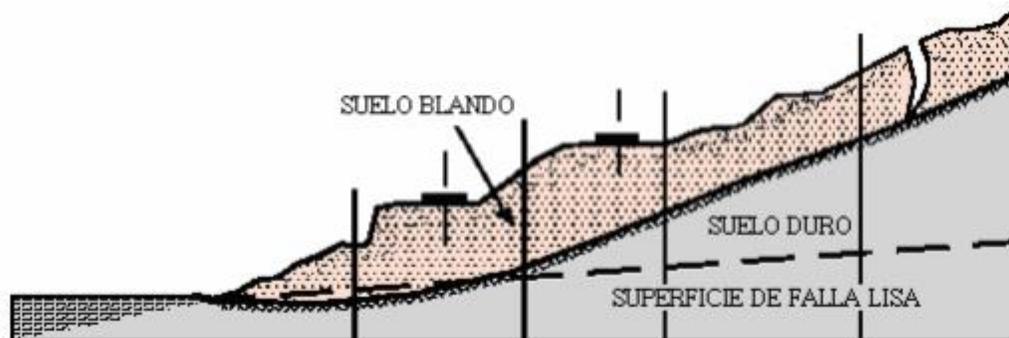
Nota: Tomado de (ALBERTI, CANALES, & ELIZABETH, 2006)

Traslacionales

Los deslizamientos traslacionales son aquellos en el cual en una superficie relativamente plana o con una ligera ondulación, se desplaza una masa hacia fuera o hacia abajo y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo como se puede ver en la **figura 7**.

Figura 7

Deslizamiento traslacional.



Nota: Tomado de (ALBERTI, CANALES, & ELIZABETH, 2006)

Se pueden identificar varias diferencias entre los movimientos de rotación y de traslación, una de las más importantes es que el movimiento de rotación busca siempre estabilizarse, a diferencia del de traslación, el cual es más inestable y el deslizamiento puede progresar indefinidamente a lo largo de la ladera. Otra de las diferencias que se pueden encontrar entre deslizamiento es que en los traslacionales la masa deslizada se desplaza sobre su superficie de falla, mientras que en los rotacionales la masa del deslizamiento se separa de la superficie de falla.

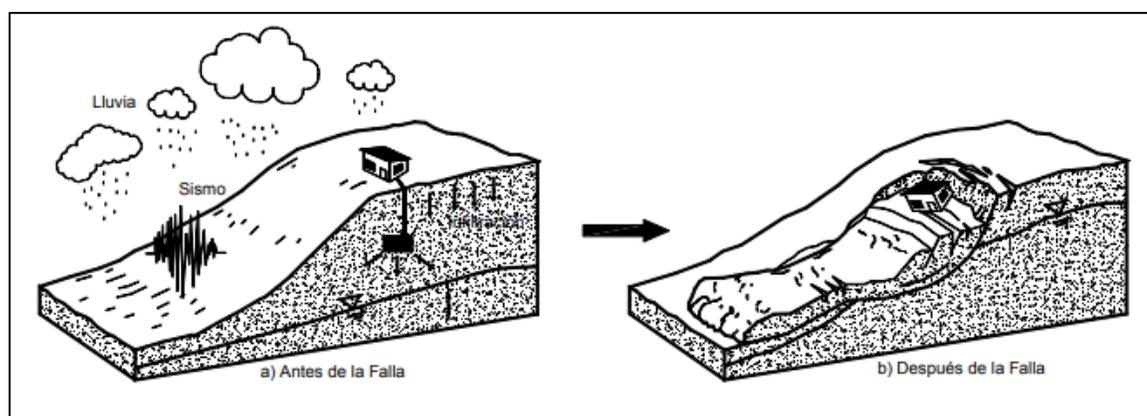
2.2. Mecanismo de falla

Casi la totalidad de taludes se encuentran “estables” y estáticos, esto debido a que existen muchos factores externos que con el tiempo pueden desestabilizarlos, además el llamarlos estáticos es una falacia, puesto que son sistemas en constante evolución en donde la ocurrencia de un deslizamiento es un fenómeno propio de ese proceso como se puede apreciar en la **Figura 8**. Por lo tanto, se requiere conocer

detalladamente lo que ocurre dentro de un talud para poder diagnosticar correctamente su comportamiento. Este diagnóstico es un aspecto fundamental en la ciencia de la estabilidad de los taludes. Si el diagnóstico es equivocado, las medidas remediales y/o los procedimientos de estabilización fracasarían. Previamente al diseño de las medidas remediales, se debe tener un conocimiento completo de la magnitud de la amenaza, las causas y los mecanismos que la generan. (Suárez, 2009)

Figura 8

El mecanismo de falla es la explicación técnica de la forma como un talud estable se convierte en inestable, por la acción del deterioro y los agentes activadores.



Nota: Tomado de Deslizamientos (p 37) por (Suárez, 2009)

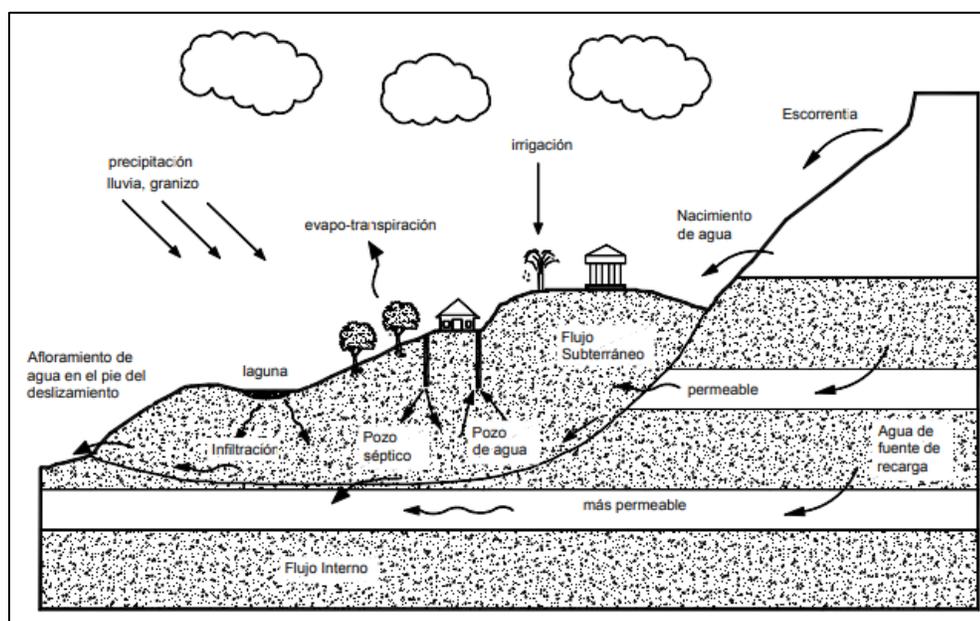
2.3. Agua en taludes

El agua es el factor que más comúnmente se le asocia con las fallas de los taludes en zonas tropicales, debido a que la mayoría de los deslizamientos ocurren después de lluvias fuertes o durante periodos lluviosos y el control del agua subterránea es uno de los sistemas más efectivos para la estabilización de deslizamientos (Ochoa, 2011).

La interpretación más frecuente del efecto del agua es que las lluvias por infiltración, saturan el talud y la presión de poros, induce a una disminución de la resistencia al cortante, la cual, a su vez, puede activar un deslizamiento como se puede apreciar en la **figura 9** (Suárez, 2009).

Figura 9

Fuentes y ciclo del agua subterránea en un talud.



Nota: Tomado de Deslizamientos (p 37) por (Suárez, 2009)

2.3.1. Efectos de los ciclos hidrológicos sobre los taludes.

Debido a que, ante eventos como la lluvia, cierta cantidad de la misma se infiltra en el suelo, además que otra se desliza sobre la superficie como escorrentía, se puede concluir que la precipitación como tal, engloba a los siguientes procesos unitarios: Evapotranspiración, Escorrentía, Flujo Subterráneo, Cambio de humedad en el suelo, acumulación de agua subterránea en los acuíferos.

Razón por la cual, uno de los procesos que intervienen mucho sobre la estabilidad de taludes son los flujos subterráneos del lugar, los cuales su cambio de volumen son críticos para la estabilidad de un talud, debido a que son directamente responsables del nivel freático del sitio, así como el grado de saturación del lugar.

2.3.2. Infiltración de agua en el suelo

El agua al infiltrarse dentro del talud produce dos tipos de efectos, el primero es aquel que contribuye en aumentar el contenido de agua en la zona no saturada y el segundo tipo es la que recarga el sistema saturado de agua subterránea.

Al inicio de la lluvia la totalidad de la precipitación se infiltra humedeciendo el suelo. La humedad en el suelo, antes de la lluvia, es determinante en la cantidad de infiltración porque al llover, el agua trata de penetrar al suelo humedeciéndolo y creando una capa delgada de saturación; y hasta que esta capa no haya llegado a un punto de equilibrio, no se forman una escorrentía y una corriente de infiltración. (Suárez, 2009)

2.3.3. Flujos de agua subterránea

El agua infiltrada por las lluvias penetra en el suelo, en forma semivertical, hasta encontrar un manto de alta conductividad hidráulica (permeabilidad) que facilita la formación de una corriente, o uno semi-impermeable, que impide su paso y obliga a la formación de una corriente de agua paralela a la superficie de baja conductividad hidráulica (permeabilidad). Estas corrientes subterráneas pueden ser temporales o permanentes. (Suárez, 2009)

2.4. Manejo y estabilización de un deslizamiento.

Una vez cedido el talud y después de que se haya producido un deslizamiento, hay que tomar acciones con las cuales, podamos garantizar seguridad en el mismo, estas acciones se las conoce como medidas de mitigación y según (Hurtado, 2009) el objetivo principal de un estudio de estabilidad de taludes o laderas es el de establecer medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo.

Generalmente, los beneficios más importantes desde el punto de vista de reducción de amenazas y riesgos es la prevención.

(Schuster & Kockelman, 1996) proponen una serie de principios generales metodologías para la reducción de amenazas de deslizamiento utilizando sistemas de prevención, los cuales requieren de políticas del Estado y de colaboración y conciencia de las comunidades. Sin embargo, la eliminación total de los problemas no es posible mediante métodos preventivos en todos los casos y se requiere establecer medidas de control para la estabilización de taludes susceptibles a sufrir deslizamientos o deslizamientos activos.

Es un trabajo complejo el identificar medidas para estabilizar deslizamientos activos o con una alta probabilidad de suceder, debido a que se requiere de metodologías de diseño y construcción. A continuación, se detallará los sistemas de prevención, manejo y estabilización más importantes.

2.4.1. Acciones para disminuir el peligro de deslizamiento.

Existen varias formas de reducir y eliminar el peligro de deslizamiento, enfocadas principalmente en la prevención, elusión, control y por último estabilización.

Prevención.

Para este apartado se incluye todo lo relacionado a cómo manejar las vulnerabilidades, logrando con eso no aparezcan amenazas o riesgos. Para este tipo de apartado la responsabilidad reca directamente sobre el municipio, estado, juntas vecinales, etc.

Tabla 1

Acciones de prevención con ventajas y desventajas

Método	Ventajas	Desventajas
Disuasión con medidas coercitivas	Son muy efectivas cuando la comunidad está consciente del riesgo y colabora con el estado	El manejo de los factores socioeconómicos y sociales es difícil.
Planeación del uso de la tierra	Es una solución ideal para zonas urbanas y es fácil de implementar.	No se puede aplicar cuando ya existe el riesgo
Códigos técnicos	Presenta herramientas precisas para el control y prevención de amenazas	Se requiere de una entidad que los haga cumplir.
Aviso y Alarma	Disminuye en forma considerable el riesgo cuando es inminente.	Generalmente se aplica después de ocurrido el desastre

Nota: (Hurtado, 2009)

Elusión

Esta variable habla directamente de las acciones que se toman para evitar que los elementos en riesgo se enfrenten directamente con amenazas de deslizamiento.

Tabla 2*Acciones de elusión con ventajas y desventajas*

Método	Aplicaciones	Limitaciones
Variantes o relocalización del proyecto	Se recomienda cuando existe el riesgo de activar grandes deslizamientos difíciles de estabilizar o existen deslizamientos antiguos de gran magnitud. Puede ser el mejor de los métodos si es económico hacerlo.	Puede resultar costoso y el nuevo sitio o alineamiento puede estar amenazado por deslizamientos.
Remoción total de deslizamientos	Es atractivo cuando se trata de volúmenes pequeños de excavación.	La remoción de los deslizamientos puede producir nuevos movimientos.
Remoción parcial de materiales inestables	Se acostumbra el remover los suelos sub superficiales inestables cuando sus espesores no son muy grandes.	Cuando el nivel freático se encuentra sub superficial se dificulta el proceso de excavación.
Modificación del nivel del proyecto o subrasante de una vía.	La disminución de la altura de los cortes en un alineamiento de gran longitud puede resolver la viabilidad técnica de un proyecto.	Generalmente, al disminuir la altura de los cortes se desmejoran las características del proyecto.
Puentes o viaductos sobre los movimientos	Muy útil en terrenos de pendientes muy altas	Se requiere cimentar los puentes sobre suelo estable y las pilas deben ser capaces de resistir las fuerzas laterales del material inestable.

Nota: (Hurtado, 2009)

Control

Son acciones tomadas para controlar el problema antes de que este se produzca, usualmente estas estructuras son capaces de retener la masa en movimiento.

Tabla 3

Acciones de control con ventajas y desventajas

Método	Ventajas	Desventajas
Bermas	Generalmente son económicas rápidas de construir.	Se requiere un espacio grande a mitad de talud.
Trincheras	Sirven al mismo tiempo para controlar las aguas lluvias.	Los cantos fácilmente pasan por encima.
Estructuras de retención	Retienen las masas en movimiento	Se pueden requerir estructuras algo costosas.
Cubiertas de protección	Son uno de los métodos más efectivos para disminuir el riesgo en carreteras.	Son muy costosas.

Nota: (Hurtado, 2009)

Estabilización

Para realizar una estabilización en un talud, se debe tomar en cuenta las siguientes variables.

1. Identificar todas las variables del talud, e identificar el tipo de sistema o combinación del mismo más adecuado.
2. Diseñar con planos y especificaciones exactas de diseño, es decir todo detallado.
3. Control del mismo después de realizada la obra.

Los tipos de sistemas de estabilización existentes se pueden clasificar en 3 categorías.

- Conformación del talud

Estos sistemas ayudan a conseguir en equilibrio dentro del talud, debido a que con ellos se reducen las fuerzas actuantes dentro del mismo.

Tabla 4

Acciones de conformación de talud con ventajas y desventajas.

Método	Ventajas	Desventajas
Remoción de materiales de la cabeza del talud.	Muy efectivo en la estabilización de deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes las masas a remover tendrían una gran magnitud.
Abatimiento de la pendiente	Efectivo especialmente en suelos friccionantes.	No es viable económicamente en taludes de gran altura.
Terraceo de la superficie.	Además de la estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.

Nota: (Hurtado, 2009)

- **Recubrimiento de superficie**

Son aquellos métodos con los cuales se intenta impedir la infiltración o la ocurrencia de erosión superficial y además son capaces de reforzar el suelo subsuperficial. Pueden ser varias formas de recubrimiento, desde concreto hasta cobertura vegetal.

Tabla 5

Acciones de recubrimiento de superficie con ventajas y desventajas.

Método	Ventajas	Desventajas
Recubrimiento de la superficie del talud.	El recubrimiento ayuda a controlar la erosión.	Se debe garantizar la estabilidad del recubrimiento.
Conformación de la superficie.	Puede mejorar las condiciones del drenaje superficial y facilitar el control de erosión.	Su efecto directo sobre la estabilidad es generalmente, limitado.

Nota: (Hurtado, 2009)

- **Control de agua superficial y subterránea.**

Son métodos que sirven para direccionar el agua a lugares en donde no se vuelva un problema para el talud.

Tabla 6

Acciones de control de agua superficial y subterránea con ventajas y desventajas.

Método	Ventajas	Desventajas
Canales superficiales para control de escorrentía.	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud.	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y disipación de energía.
Subdrenes de zanja.	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos en suelos saturados subsuperficialmente.	Pocos efectivos para estabilizar deslizamientos profundos o deslizamientos con nivel freático profundo.
Subdrenes horizontales de penetración.	Muy efectivos para interceptar y controlar aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje.	Efectivos para estabilizar deslizamientos profundos en formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas.	Muy costosos.
Pozos profundos de subdrenaje.	Útiles en deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para excavaciones no permanentes.	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente.

Nota: (Hurtado, 2009)

2.5. Drenaje de taludes

2.5.1. Clasificación de los sistemas de drenaje

Para estabilizar y aumentar la seguridad en los taludes al controlar la presencia de agua, es importante considerar que el agua es inteligente y buscará siempre el

camino de menor resistencia, donde pueda convertir su energía potencial en la máxima energía cinética. (Ramírez & Alejano, 2007)

Efectos del agua en los taludes:

- Aumenta el peso del talud.
- Aumenta la presión intersticial en poros y fracturas, generando esfuerzos desestabilizadores.
- Aumenta los empujes sobre los elementos de contención.
- En algunos materiales puede producir disolución y karstificación.
- Degrada la calidad del macizo rocoso (meteorización).
- Los rellenos de algunas juntas pueden ser expansivos, generando esfuerzos que las abren aún más.
- La escorrentía produce erosión y arrastre de materiales.

2.5.2. Tipos de drenaje

2.5.2.1. Drenajes superficiales

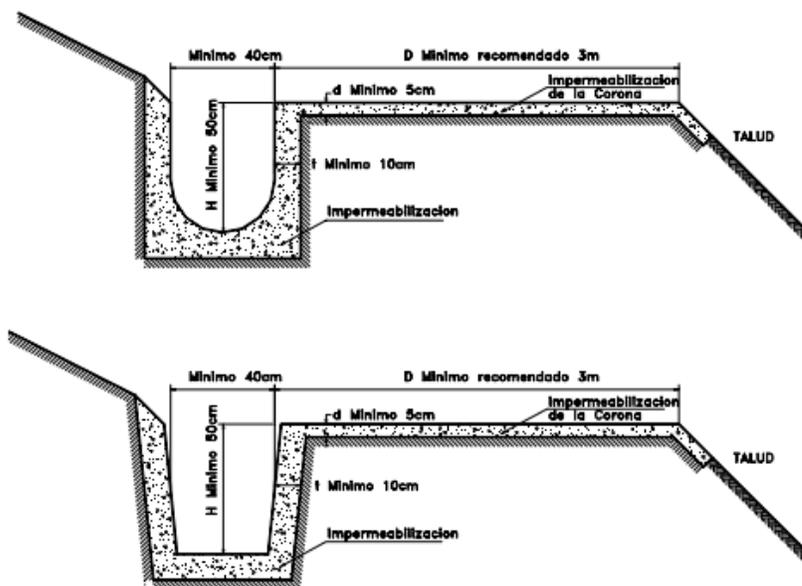
Zanjas de coronación

Las zanjas en la corona o parte alta de un talud son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias, evitando su paso por el talud. La zanja de coronación no debe construirse muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un deslizamiento en cortes recientes o de una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos ya producidos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe. (SUAREZ DIAZ, 1998) Se recomienda que las zanjas de coronación sean totalmente impermeabilizadas, así como

debe proveerse una suficiente pendiente para garantizar un rápido drenaje del agua captada. (SUAREZ DIAZ, 1998), tal como se ve en la **Figura 10**.

Figura 10

Tipos de Zanjas.

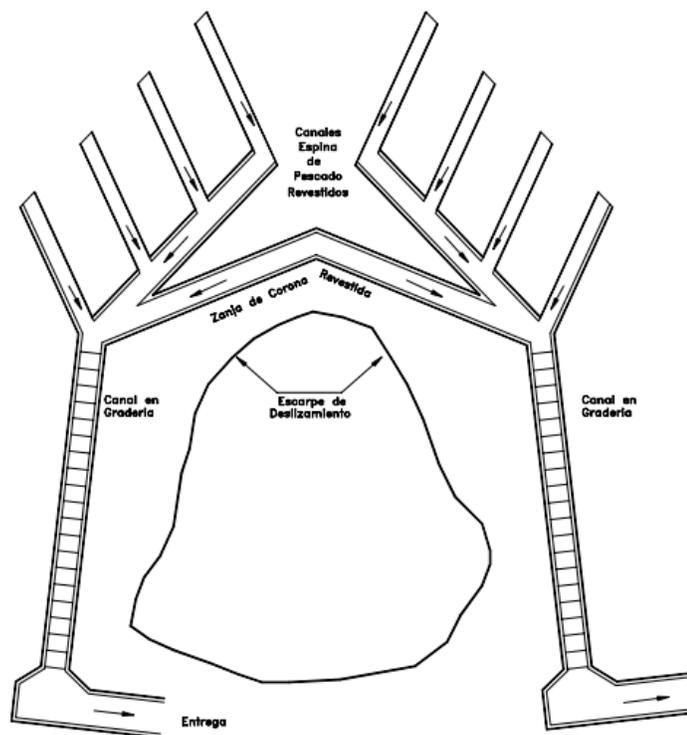


Canales colectores en espina de pescado

Con el objetivo de reducir el agua en los taludes, se puede construir canales de espina de pescado, los cuales serán capaces de recolectar el agua y conducirla fuera de la zona vulnerable dentro del talud, en el caso de que se hagan en las partes superiores del talud, estas pueden descargar su agua en canales de gradería, es importante que los canales sean adecuadamente impermeabilizados tal como se puede apreciar en la **Figura 11**.

Figura 11

Canales colectores en espina de pescado.



2.5.2.2. Drenajes subterráneos

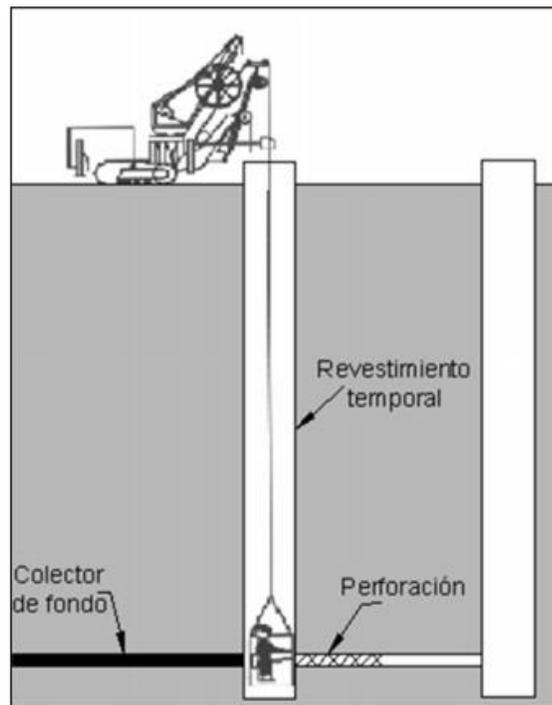
Pozos verticales de drenaje

Se llama pozos verticales, a la técnica de drenaje subterráneo en la cual se perfora el suelo verticalmente, dejando la abertura abierta, de esta forma se logra disminuir la presión de poros del talud, en el nivel freático, así como en acuíferos confinados por materiales impermeables. Los pozos verticales, tienen generalmente un diámetro externo de 16 a 24 pulgadas, con un tubo perforado de 4 a 8 pulgadas de diámetro en el interior de la perforación. En ocasiones se utilizan drenes de diámetro hasta de dos metros (SUAREZ DIAZ, 1998). El espacio anular entre la perforación y el

tubo se llena con material de filtro. Su sistema de drenaje puede ser por bombeo, interconectando los pozos por drenes de penetración o por medio de una galería de drenaje o empleando un sistema de sifón, como se identifica en la siguiente **figura 12**.

Figura 12

Esquema Pozos Verticales



Cortinas subterráneas impermeables

Puede impedirse que el agua subterránea alcance la zona de inestabilidad potencial mediante la construcción de pantallas impermeables profundas. Las pantallas subterráneas pueden consistir en zanjas profundas rellenas de asfalto o concreto, tablestacados, cortinas de inyecciones, o líneas de bombeo de agua consistentes en hileras de pozos verticales. (SUAREZ DIAZ, 1998) El diseño de estas cortinas debe tener en cuenta los efectos que sobre las áreas adyacentes tiene el cambio del régimen

de aguas subterráneas. Este sistema produce un aumento del nivel freático y represamiento del agua subterránea arriba del deslizamiento y su utilización debe complementarse con la construcción de subdrenes para controlar los efectos negativos. (SUAREZ DIAZ, 1998)

Drenes horizontales o californianos

Un dren horizontal o subdren de penetración consiste en una tubería perforada colocada a través de una masa de suelo mediante una perforación profunda subhorizontal o ligeramente inclinada, con la cual se busca abatir el nivel freático hasta un nivel que incremente la estabilidad del talud. La principal ventaja de los drenes horizontales es que son rápidos y simples de instalar y se puede obtener un aumento importante del factor de seguridad del talud en muy poco tiempo.

2.6. Sistema de riego por aspersión.

Según (Guerra, 2009) el sistema de riego por aspersión es un sistema que trata de modelar al fenómeno de la lluvia. En este tipo de sistemas, como en todo sistema de riego, el inicio está en la fuente desde donde se captará el agua. Seguido del canal principal, el que se encarga de llevar el agua hacia los ramales secundarios. Este canal representa la columna vertebral de la red de riego.

La red secundaria se conecta a los canales secundarios, los cuales se encuentran dentro de la parcela en el terreno de cultivo y que a su vez se hallan conectados con la tubería de aspersión. Estas tuberías son tuberías que elevan el agua desde la red secundaria hasta los artefactos de aspersión, o aspersores. El agua debe llegar a los aspersores con la presión especificada en el diseño (Guerra, 2009).

2.6.1. Cultivos Adecuados.

Según (Guerra, 2009) el método de riego por aspersión es un método que en cuanto a cultivos es muy bueno y útil. Se lo utiliza en diversos tipos de cultivo, como por ejemplo los de hilera, cultivos arbóreos y pastizales. Estos sistemas son muy útiles ya que su agua puede regarse por encima o por debajo de la cubierta de suelo.

Al ser Chunchi una comunidad que en su mayoría es ganadera es una de las mejores alternativas el uso de riego por aspersión.

2.6.2. Pendientes Adecuadas.

En cuanto a las pendientes que debe tener el terreno, pues no existe una limitación muy grande ni definida, que este tipo de método es manejado a través de presión artificial.

Esta característica ayuda a que el sistema se adapte a la mayoría se adapte a cualquier pendiente que sea arable. Incluso se adapta a terrenos ondulados (Guerra, 2009).

Debido a lo accidentado de el terreno de Chunchi actualmente, también es una de las mejores alternativas para riego en el sitio.

2.6.3. Suelo Adecuado.

Este tipo de riego se adapta de mejor manera a suelos arenosos con elevadas velocidades de infiltración, aunque su utilización puede darse sin mayores complicaciones con la mayor parte de los suelos.

El rango que, en promedio de aplicación del agua desde los aspersores, medida en mm/hora, debe ser siempre inferior a la velocidad de infiltración del suelo, para de esta manera evitar los fenómenos de encharcamiento y de escorrentía, que no son deseados ya que producen enfermedades, desperdicios de agua y reducciones de la producción

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Recolección de datos

La recopilación de información se realizó mediante visitas de campo, registro fotográfico, toma de muestras de suelo y ensayos de laboratorio.

Para la obtención de los parámetros geotécnicos necesarios para la modelación de taludes, se utilizó la siguiente Normativa:

- Granulometría: INEN 696
- Contenido de Humedad: AASHTO T 265 , INEN 690 , ASTM D2216 – 10

3.1.1. Condiciones del talud.

Mediante Inspección Visual se identificó los sectores en los cuales, se podría dar una remediación al talud de la forma más urgente posible.

Figura 13

Situación actual del talud.



- Corona del talud
- Flanco derecho Superior
- Flanco Izquierdo Superior
- Corazón del deslizamiento.

Una vez identificado los lugares que requieren una intervención inmediata, se procedió a caracterizar los suelos e identificar con exactitud la topografía del lugar.

3.1.2. Propiedades Físicas

Mediante inspección visual en campo se identificó 3 tipos de materiales en el perfil del talud en estudio, del cual se tomaron muestras a 3 diferentes profundidades, para obtener las propiedades físicas por medio de su respectivo ensayo en laboratorio.

Tabla 7

Resumen de la clasificación y propiedad físicas de las muestras.

Muestra	Clasificación		Contenido de Humedad %
	SUCS	Descripcion	
1			
5.00m	SM	Arena Limosa	17.24%
7.00m	SM	Arena Limosa	13.83%
9.00m	SC	Arena Arcillosa	18.37%
Muestra 2			
1.00m	SM	Arena Limosa	30.39%
2.00m	SC	Arena Arcillosa	28.05%
3.00m	SC	Arena Arcillosa	30.22%
Muestra 3			
1.00m	CL	Arcilla media plasticidad con arena	5.68%
3.00m	SM	Arena Limosa	4.00%
8.00m	SM	Arena Limosa	7.78%

Nota: Se identifico el tipo de suelo de la zona y su respectivo contenido de humedad.

3.1.3. Velocidad del Deslizamiento

Se determino la velocidad de deslizamiento en el momento del fallo del talud, además se determinó la velocidad del mismo actualmente, debido a que existen zonas en las cuales de no hacer la remediación lo más pronto, existe la posibilidad de que vuelva a ocurrir otro deslizamiento, ya que en campo se identificó evidencia que en ciertas zonas están apareciendo grietas, las cuales antes no había.

3.1.3.1. Velocidad del deslizamiento y de Ladera.

Para hacer el cálculo de la velocidad a la cual se deslizo el mismo se debe identificar zonas antes y después del deslizamiento, en su respectiva topografía,

calcular la distancia y el tiempo utilizar el de los videos del día en el que se produjo la calamidad.

El tiempo de deslizamiento según los videos utilizados fue de: 1:50 minutos de deslizamiento, lo cual en segundos es 110 segundos.

Velocidad del deslizamiento

Se comparó la topografía antes y después, tomando como referencia cualquier tipo de estructura como se muestra en la **Figura 14**.

Figura 14

Comparación de posiciones, antes y después del deslizamiento.



Distancia de diferencia: 57 metros de diferencia.

Por lo cual al aplicar la formula

$$Velocidad = \frac{Distancia}{Tiempo}$$

Se obtiene que:

$$Velocidad = \frac{57}{110} = 0,52m/s$$

Velocidad de la Ladera.

Para el cálculo de velocidad de la ladera se utilizó los datos obtenidos de dos mediciones en dos fechas distintas realizadas frente a la zona de las lagunas de oxidación. A continuación, se muestra el método utilizado en la **figura 15**.

Figura 15

Método para identificar velocidad de ladera.



El método consiste en dos varillas empotradas en la tierra, en donde se identifique una grieta en el suelo, en base a esto tomar la medida inicial y después de varios días tomar la medida de final. Se utiliza después la siguiente ecuación.

$$Velocidad = \frac{Distancia}{Velocidad}$$

Para el caso estudiado se tomó una diferencia de tiempo de 44 días, la cual fue utilizada para el dato, para el caso de la distancia, se tomó la diferencia de espacio el día 0 y el día 44. Como se muestra en la figura 16.

Día 0

Figura 16

Toma de distancia en sitio.



El cual dio un resultado de 1,25 metros, a milímetros 1250mm

Día 44

Dio un resultado de 1,27m, a milímetros 1270 mm

Lo cual es una diferencia de 20 mm, que es lo que se desplazó en ese tiempo.

Por lo tanto

$$Velocidad = \frac{20mm}{44 \text{ días}} = 0,45mm/dia$$

Se puede evidenciar que la ladera sigue en movimiento, esto debido a que el talud de por si aún no se ha estabilizado, por lo tanto, es de suma urgencia que se realicen las obras de mitigación lo antes posible.

Capítulo IV

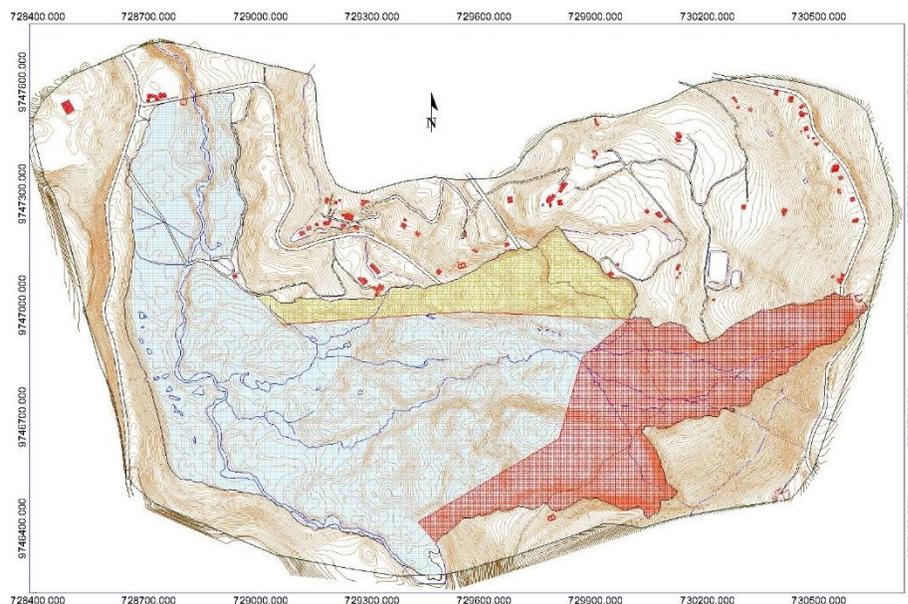
Análisis y Diseño de resultados.

4.1. Secciones de Análisis en el Talud

En base a visitas y observaciones que se realizaron in situ en el sector de “La Armenia y La Primavera en Chunchi”, además de una modelación con el Software, se determinó las más críticas en peligrosidad en el talud de Chunchi, se hizo una simulación de su actual estado y se determinó su factor de seguridad, el cual nos arrojó que se debe intervenir lo antes posible, para así evitar en un futuro un hecho de las mismas características, las secciones se muestran a continuación en la figura 17.

Figura 17

Regiones según urgencia de mitigación.



En rojo la zona más crítica, amarillo zona relativamente peligrosa y azul zona de menor peligrosidad. Es decir, se debe poner énfasis en dar solución a la zona más peligrosa.

A continuación, se detallará acciones recomendadas para mitigar el sitio del deslizamiento.

4.2. Técnicas de Mitigación de Taludes.

El sector de “La Armenia” en el cantón de Chunchi, es la zona donde se encuentra una gran afectación debido a el deslizamiento ocurrido en febrero, razón por la cual en este estudio se identificaron acciones potenciales para la respectiva mitigación de la zona, las mismas que permitirán aumentar el factor de seguridad del talud, así como garantizar seguridad en la zona.

Una de las formas de aumentar la seguridad dentro del talud es reducir las fuerzas actuantes del mismo, a continuación, se detallarán algunas de las alternativas propuestas para el cantón Chunchi.

4.2.1. Modificación de la geometría del talud.

Se entiende por la modificación del talud, a las acciones realizadas dentro del mismo con el objetivo de redistribuir las cargas debido al peso de los materiales, logrando con eso que se estabilice el suelo. No todas las formas en las cuales se modifica las características geométricas del talud, son aplicables para todos los sitios en el deslizamiento en el cantón Chunchi, sin embargo, en este escrito se identificará cada una de las acciones para los sitios específicos.

4.2.1.1. Abatimiento o cambio de pendiente de taludes

El fin de este sistema de estabilización es modificar la pendiente con el objetivo que al ser mayor, el talud pueda aumentar su estabilidad, debido a que este tipo de modificación de la geometría del suelo no es recomendado para taludes de gran altura, debido a que su costo sería muy elevado, por lo tanto no se puede aplicar a toda el área del deslizamiento, solo a ciertas zonas del mismo en el flanco derecho del mismo en el sector de “La Armenia” en Chunchi, ya que en estas zonas los taludes a mejorar son de un menor tamaño y el esfuerzo en aplicar esta técnica el costo sería aceptable.

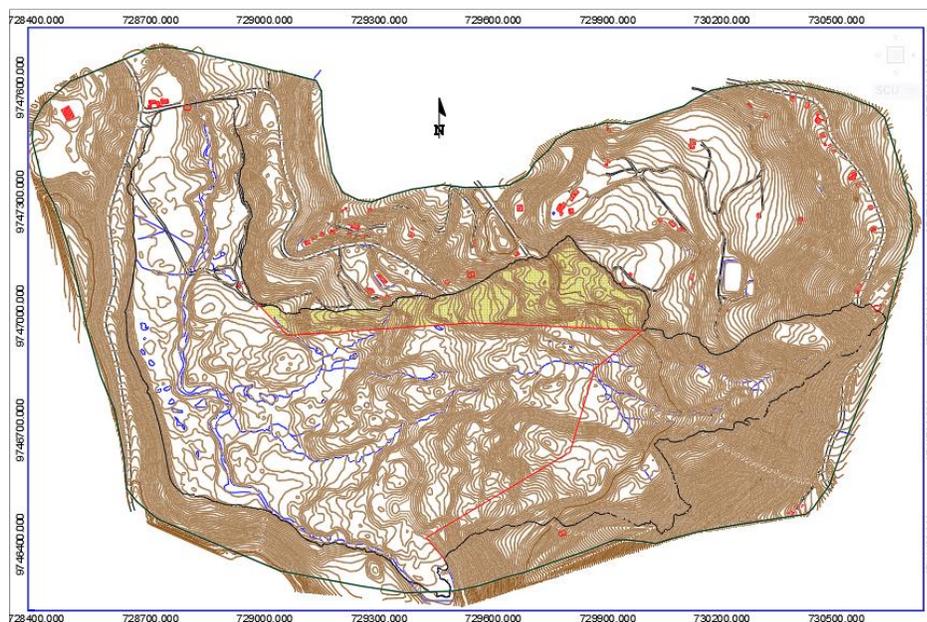
Existen varios tipos de abatimientos como lo son: abatimientos de taludes por relleno, abatimiento de taludes por corte, abatimiento de taludes en rocas o suelos duros, pero dadas las condiciones en las que se encuentra el deslizamiento de Chunchi en su flanco derecho, la mejor opción es el abatimiento de taludes por corte, debido a que si se agregara en relleno solo se sobrecarga aun mas el talud, así como en la zona no existe suelo duro que justifique la utilización de explosivos, a continuación se especificara el proceso del proceso elegido.

Abatimiento de taludes por corte

Como menciona (ALBERTI, CANALES, & ELIZABETH, 2006) este método es aplicado con mayor éxito en deslizamientos en el cuerpo del talud, aunque su eficiencia no es de alcance universal, ya que se debe tener presente que el comportamiento del talud abatido es diferente al original, por lo que con los resultados del factor de seguridad determinado se deberá hacer un nuevo análisis de estabilidad del talud abatido. **(Ver Figura 18)**

Figura 18

Flanco Derecho del talud.



Para el flanco derecho de talud del sector de “La Armenia” en el cantón de Chunchi, es una de las mejores opciones para mitigar el daño realizado por el deslizamiento en el sitio, siempre tomando en cuenta que se debe hacer un diseño previo en el cual mediante la topografía se pueda analizar el factor de seguridad que resulte de esa geometría, utilizando los valores de cohesión y ángulo de fricción interna identificados en laboratorio.

Proceso de Construcción

1. Se debe hacer un diseño previo en el cual se establezca los cortes a realizar en el talud, se lo puede establecer en campo, así como en softwares dedicadas, como Civil3D, etc.

2. Luego se procede a disminuir la pendiente con una retroexcavadora, debido a que los taludes en el sitio son menores a 25 metros, que es la altura máxima recomendada para este sistema de estabilización, con los datos recopilados gracias a los cortes directos, los cuales identificaron la pendiente que se debe realizar para que el talud alcance estabilidad, dependiendo de su cohesión y ángulo de fricción interna. Cabe resaltar que, para el sistema de abatimiento por corte, la remoción de suelo debe empezar por la cabeza del mismo.
3. Se procede al afinado del talud.

Escalonamiento del talud

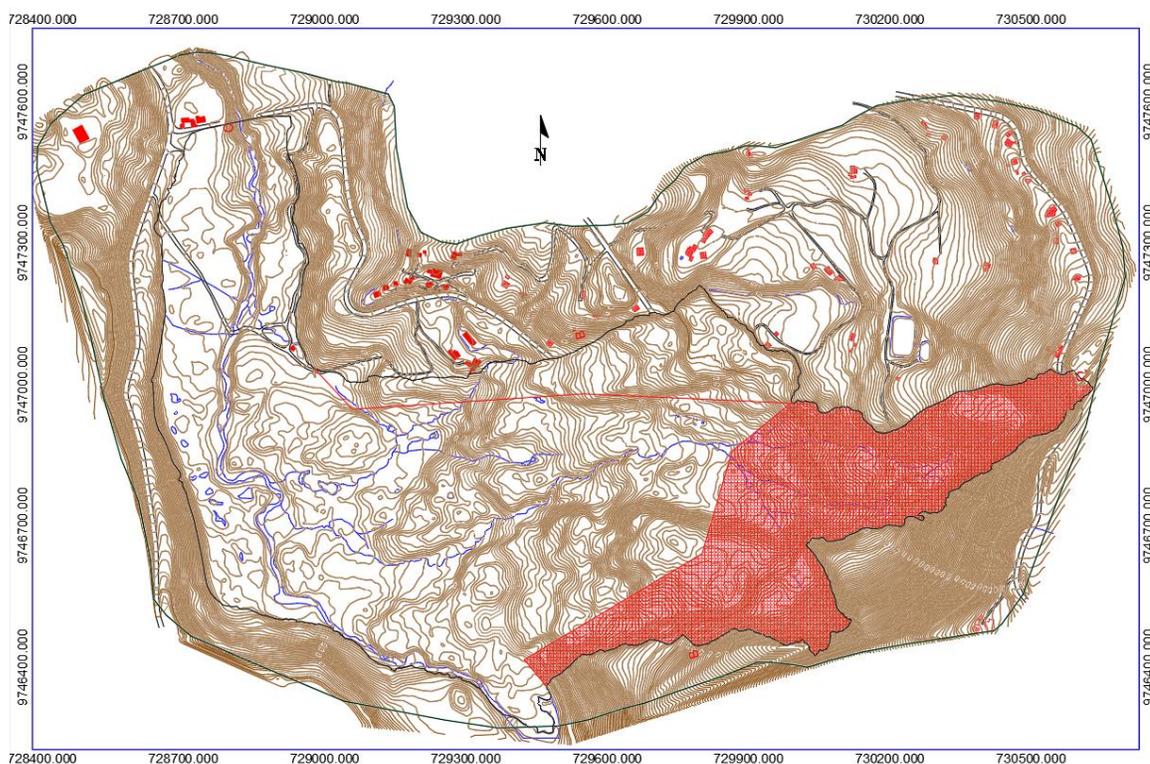
Es una técnica en la cual se construye descansos planos en las zonas medias de los taludes, las cuales depende su altura pueden ir desde un descanso, hasta las que sean necesarias. A estos escalones se los conoce como “bermas”, las cuales son masas de tierra compactadas en el exterior del talud, las mismas que son capaces de proporcionar estabilidad a taludes de gran altura.

En el caso específico para el sector de “La Armenia”, se puede aplicar esta técnica a la parte baja de la corona del talud y al flanco izquierdo del mismo, debido a quedaron taludes de grandes dimensiones, los cuales urgentemente deben ser mitigados para que en un futuro no se repitan sucesos tan lamentables como el ocurrido, por lo cual, al realizar Bermas en estos sitios, el talud alcanzara estabilidad en base a su propio peso. Cabe recalcar, que, en la parte alta de la corona del talud, se recomienda no hacer ningún tipo de intervención, ya que es muy peligroso y se debe esperar que se estabilice por sí mismo. Otra de las ventajas es que, una vez conformadas las bermas en el sitio, se podrá captar el agua de escurrimiento, mediante cuneta revestidas que conducirán el agua superficial a canales de recolección, los

mismos que conducirán el agua a sitios seleccionados en los cuales se pueda aprovechar, como se verá más adelante en este mismo capítulo, además que las bermas se pueden utilizar con el propósito de controlar la erosión y facilitar el establecimiento de la vegetación. **(Ver Figura 19)**

Figura 19

Corona del Talud



Para el diseño de las bermas a utilizar en la zona, es necesario tomar en cuenta las características intrínsecas del suelo del sector, estos datos se obtuvieron mediante ensayos de laboratorio del suelo de la zona.

Proceso de construcción

1. Con ayuda de softwares dedicados (Civil3D, etc.), se procede a realizar un diseño de distribución de bermas con la topografía del sitio e identificar si el mismo permite aumentar el factor de seguridad del talud, además de identificar el volumen de corte a retirar.
2. Luego debe establecerse las dimensiones de las bermas, tomando en cuenta el añadir una cuneta revestida que sirva para evacuar el agua superficial que escurra por el sitio y midiendo cada tramo con exactitud para verificar su adecuado dimensionamiento.
3. Se procede al corte del material solicitado por el diseño.
4. Finalmente, se debe desalojar el material removido por corte, mediante cargadores y camiones de volteo.

4.2.2. Sistemas de drenaje superficial.

El drenaje superficial son todas las obras civiles que captan el agua que escurre por la superficie, con el objetivo de conducirlos a lugares en los cuales, ya no sea peligrosa para la estabilidad de un talud.

El diseño de estos sistemas superficiales debe evitar la llegada y acumulación de agua en todo el talud al cual este sirviendo, sobre todo en las partes más altas del mismo, además se debe evitar que en las remediaciones tipo “berma” se acumule agua en los escalones, debido a que es usual en épocas de lluvia que este tipo de eventos ocurra.

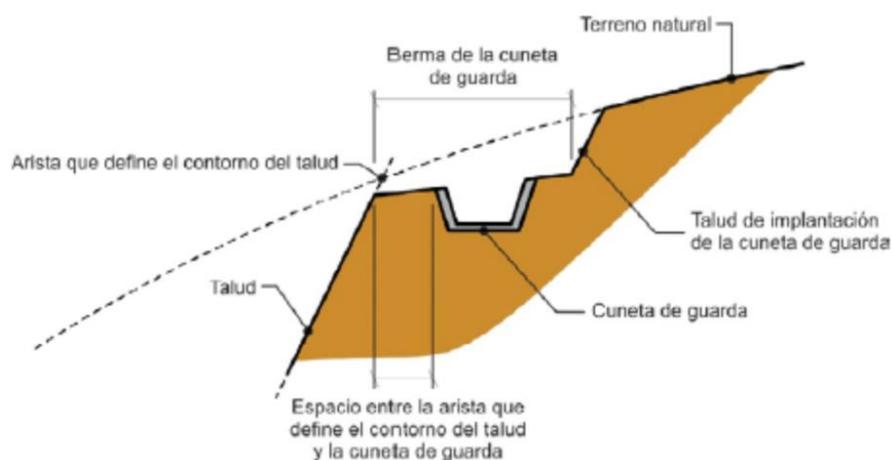
Para el caso de la remediación del sector de la armenia en el Cantón Chunchi, se determinó que las acciones más adecuadas para el sector son las siguientes.

Cunetas

Las cunetas son zanjas de una sección previamente calculada, las cuales se construyen depende de la necesidad en ambos lados de la corona de un talud en los cortes. Normalmente suelen ir revestidas, pero no es estrictamente necesario en todos los casos, son responsables de conducir el agua aledaña a las cajas, las cuales captan el agua y la dirigen a donde se tenga planeado, estas pueden ser triangulares, trapezoidales, rectangulares y semicirculares en su sección, a continuación, un ejemplo en la **figura 20**.

Figura 20

Esquema de cuneta



Para el caso del deslizamiento en el sector de “La Armenia” el uso de cunetas es indispensable para redirigir el agua que caiga sobre el talud, para que no siga saturando el suelo y evitar así que el talud se vuelva más pesado y cause un nuevo deslizamiento, el lugar al cual se recomienda utilizar este tipo de sistema, es al pie de talud en cada

una de las bermas que se realicen, además de al pie de los abatimientos, el sistema de cunetas debe diseñarse de tal manera que su descarga final coincida con el escurrimiento natural que se formó en la zona.

Proceso de construcción.

1. Con la ayuda de softwares dedicados se identifica los sitios en donde se necesita colocar las cunetas en función de la topografía, además en campo se hace la proyección de donde se construirá.
2. Se procede a hacer la excavación para la conformación del canal

Para el caso de cunetas, estas pueden ser construidas a mano o con el uso de maquinaria, si en la zona están expuestas a erosión estas además pueden ser revestidas, para el caso puntual de Chunchi, es necesario que estas sean recubiertas, para que no exista agua de infiltración. Algunas formas de revestir las cunetas son: cantos rodados ligados con mortero arena – cal o arena – cemento, o en su defecto placas de concreto hidráulico prefabricadas o coladas en el lugar.

Para la construcción se debe realizar desde el desagüe hacia arriba. Una forma de evitar la erosión en el sitio es dar salida provisional al agua en los mismos puntos en que se construirán las bajadas definitivas.

3. A continuación, se procede a la colocación de la capa de base, la cual debe estar limpia y humedecida y se debe compactar.
4. El siguiente paso es la colocación de encofrado, en el caso de que la construcción de la cuneta sea in situ, caso contrario se procede a el colocado de la cuneta, cortándola en caso de que sea necesario.

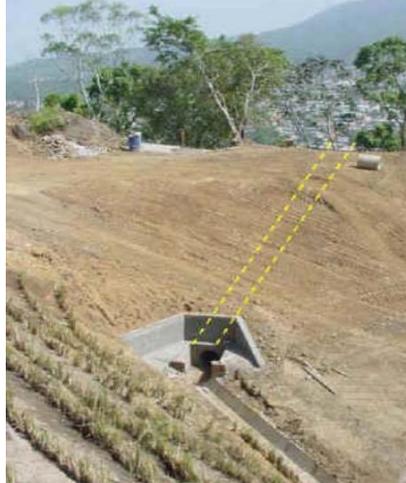
5. Se procede al colado del concreto en el caso de que sea la construcción in situ, o la ubicación y pegado de secciones del canal, en el caso de que el mismo sea prefabricado, para este además se debe tomar en consideración que las justas deben tener de 10 a 25 milímetros de ancho, las mismas que deben ser rellenas con mortero.
6. Por ultimo se procede a curar el hormigón y darle un acabado final al drenaje, el cual es dejar el hormigón en forma lisa y pareja con una llana de madera y se terminará con cepillo. Al menos el encofrado debe quedarse durante 24 horas, o mas depende si el concreto haya fraguado lo suficiente, lo que se busca es que al desencofrar no se dañe el canal.

Cajas

Las cajas son estructuras hechas normalmente de hormigón, estas se realizan con el objetivo de recolectar el agua captada por una cuneta o contracuneta y cambiar su dirección, según sea necesario. Se detalla un ejemplo en la **figura 21**.

Figura 21

Ejemplo caja



Nota: (ALBERTI, CANALES, & ELIZABETH, 2006)

Al crearse un sistema de cunetas en Chunchi, es indispensable poner cajas que capturen el agua recolectada por las mismas y cambiar su dirección con el objetivo de descargar en tanques de recolección de agua.

Proceso de construcción.

1. Se debe identificar en el diseño los lugares en los cuales exista un cambio de dirección de las cunetas.
2. Se procede a realizar la excavación en el sitio de desarrollo, esta puede ser de forma manual o mecánica.
3. Una vez realizada la excavación, se construye una capa base, la cual debe ser compactada.
4. Se enfría la caja.
5. Se procede a verter el hormigón y darle acabado final a la caja.

4.2.3. Drenaje subterráneo o subdrenaje

El drenaje subterráneo de un talud es el encargado de controlar y limitar la humedad de la superficie y de los diversos elementos de un talud.

Sus principales funciones es captar, desviar y reducir la línea de nivel freático que se encuentra en el suelo subterráneo, el agua captada se redirige y ya no presenta un peligro para el talud.

Para que el sistema de drenaje se considere bien construido, es indispensable que cuente con tres elementos básicos: El drenante, es el encargado de captar y conducir las aguas que entren al drenaje por infiltración, el filtro, el cual sirve como escudo frente a partículas que puedan ingresar al drenaje y que pueden llegar a taponar el mismo, por último, el colector, el cual es el que conduce el agua captada para su posterior descarga.

En el talud deslizado de Chunchi, se identificó que existe mucha agua subterránea, razón por la cual además de tener cunetas que sirvan para el agua superficial, se debe incluir además drenajes subterráneos que permitan bajar el nivel freático en la zona, sobre todo en la zona alta del talud. La más propensa a sufrir nuevamente un deslizamiento.

Pozos de drenaje

Es una técnica de drenaje de aguas subterráneas, cada vez más usado para taludes que son muy inestables y tienen proporciones grandes, como es el caso del talud de Chunchi, son muy eficientes y relativamente más económicos que trincheras de

drenaje, se puede observar su forma de actuar, reduciendo el nivel freático en la **figura 22**.

Figura 22

Esquema de pozo de drenaje.

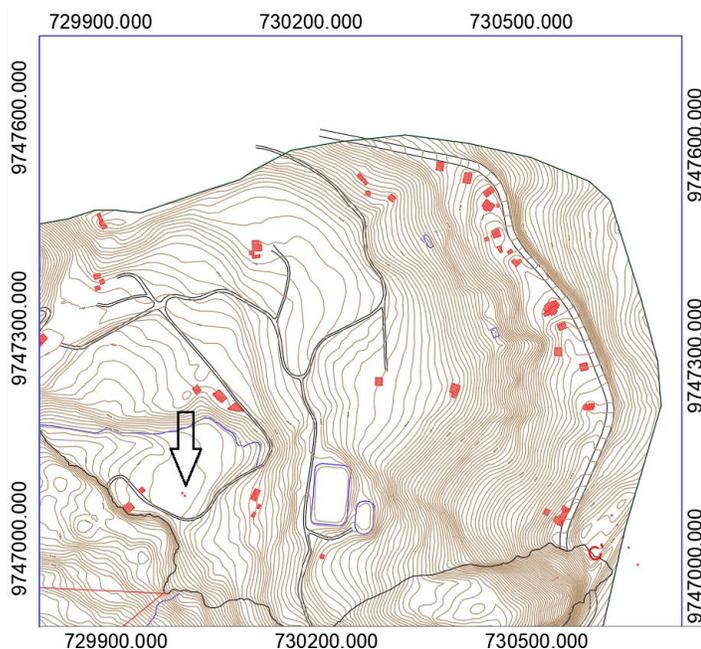


Nota: (ALBERTI, CANALES, & ELIZABETH, 2006)

Aunque son muy eficientes, su uso es muy limitado, debido a la operación de mantenimiento que requieren, sin embargo, para el talud de Chunchi en una alternativa ideal, debido a lo accidentado de su topografía, los mismos se deberán colocar en el flanco derecho, antes del deslizamiento, con el objetivo de que reduzca el nivel freático talud abajo. Se recomienda que el diámetro del pozo sea de mínimo 2 metros, y se hagan en total 2 de los mismos equidistantes, para drenar el mayor porcentaje posible en relación al ancho de la corona del talud. Además, se recomienda que para que sea suficiente para abatir el nivel freático del sitio, tenga una profundidad de 40 metros para retirar el exceso de agua con bombas. En la **Figura 23** se muestra la ubicación.

Figura 23

Ubicación de los pozos.



Proceso constructivo

1. Con la ayuda de softwares dedicados se inicia realizando las mediciones, además se lo realiza sobre el terreno inalterado.
2. Se procede con las obras de excavación, en el momento que ya se tenga ubicado los trazos y los pozos, esta debe llegar hasta la profundidad señalada y se debe obtener una superficie firme y limpia.
3. Se debe tomar acciones que eviten que el terreno se degrade, mientras se realizan las obras de excavación y ejecución de la misma.
4. Los pozos de drenaje se dispondrán de forma que se interpongan en el flujo de agua hacia el elemento a proteger. La profundidad, separación, diámetro y caudal en los mismos dependerá de las características hidrogeológicas de la

zona a drenar, debiendo efectuarse, siempre que sea posible, ensayos de campo previos.

5. En lo posible se rellenará con material granular drenante al espacio anular exterior, esto se lo hará con tubos perforados o ranurados.
6. Es necesario identificar las zonas inestables, o superficies de deslizamiento, ya que, si las hubiese, es importante que los pozos y sus conexiones no la atraviesen. Caso contrario al momento de diseñar, este factor debe tomárselo en cuenta, debido a que una falla o rotura en el mismo puede provocar una acumulación de agua indeseable en el sitio donde se quiere drenar.
7. Los pozos deberán tener en la medida de lo posible una solera de espesor de al menos 50 centímetros.
8. En el caso de tener dos pozos contiguos, los mismos deben ser conectados mediante drenes horizontales, utilizando equipos de perforación.
9. En las conexiones entre pozos se rellenará de hormigón el espacio anular en la zona de conexión.
10. Se deben diseñar los mismos con la idea de que entre personal para su mantenimiento.
11. Se debe sellar los mismos, para evitar ingreso de escorrentía superficial y aguas lluvia.

4.2.4. Conformación del talud

4.2.4.1. Nivelación de terreno

Debido al deslizamiento, el suelo quedo de forma irregular, razón por la cual es indispensable que se haga una nivelación en todo el lugar, en especial en el corazón del talud, para realizar este trabajo, en el sitio debe ingresar maquinaria, la cual retire el

material y lo transporte a otro lugar, es de suma importancia realizar este trabajo, para que la zona vuelva a ser utilizable, ya que, por las características topográficas actuales, la zona es inaccesible en muchos sectores.

El aproximado de cuanto volumen de tierra se debe retirar es de 2475758,49 metros cúbicos de tierra, con el objetivo de retirar el exceso de suelo y dejar una pendiente de 18 grados en el terreno. En varios escalones.

4.2.5. Control de erosión.

4.2.5.1. Protección de la superficie

Una forma de proteger a los taludes de la erosión natural es mediante técnicas de revestimiento de taludes, para el caso concreto de Chunchi, una vez realizado una adecuada modificación en la geometría de los taludes, se recomienda la utilización de cualquiera de las siguientes técnicas.

4.2.5.2. Geo-sintéticos

Los geos sintéticos, son elementos que se acomodan y adhieren al terreno en el cual vayan a ser colocados, suelen ser planos y flexibles, por lo tanto, una vez que se los instala evitan que el agua y el viento se erosionen, esto debido a que estos factores no interactúan directamente con el talud. Además, otra de las utilidades de los geos sintéticos, es promover la integración del talud con el medio circundante, es decir permite en la medida de lo posible, que se genere vegetación local. El más adecuado para las características del cantón Chunchi, se detalla a continuación.

Biomantas

Las biomantas son revestimientos biodegradables, suelen estas hechos de fibra de coco u otras fibras naturales, son ideales para taludes en los cuales se pueda sembrar plantas, tal es el caso de los taludes del flanco derecho, en donde para una mejor estabilización del mismo es ideal que la vegetación cubra por completo el talud, las fibras naturales servirán de abono para que las plantas puedan desarrollarse y después de varios meses al desaparecer la manta, la vegetación sea la encargada de proteger al talud de la erosión.

CAPITULO V

5.1. Reforestación y revegetación.

5.1.1. Arbolado en el corazón del talud

La zona del deslizamiento en Chunchi, como se ha mencionado previamente, se usa en su mayoría para la ganadería, esta es la razón por la cual los habitantes del sector talan los árboles indiscriminadamente, para así tener más terreno para su ganado, sin embargo a la larga, esta práctica trae más consecuencias que beneficios, las raíces de los árboles como tal ayudan a la erosión del suelo, porque su estructura forma una malla que protege la tierra, evitando que se desprenda ante los elementos que la golpean; adicionalmente, al adherirse a las partículas del suelo, lo mantienen unido como si tuviese una especie de pegamento y, por último, absorben el exceso de agua que al acumularse debilita el terreno haciendo que se desprenda, como en el caso de las pendientes inclinadas.

Con este antecedente es importante que en la zona se planten más árboles, los mismos que ayudaran a drenar el suelo, así como evitaran la erosión del mismo, lo cual hará que el talud como tal este más seguro.

5.1.2. Revegetación de taludes de escalonamiento y abatimiento.

Para la revegetación en los taludes artificiales construidos, debido a que se ofrece como alternativa las biomantas, las mismas pueden servir de abono en la nueva pendiente construida, por lo tanto, se considera que el mismo sea cubierto por una capa vegetal de césped, debido a que por los ángulos de inclinación no se recomienda el sembrado de arbustos ni de árboles grandes. El césped es una capa vegetal que protege mucho a los taludes y no genera mucho peso adicional al mismo.

5.2. Sistemas de riego

El sector de “La Armenia y La Primavera” en donde fue el deslizamiento del talud, es una zona donde hay y había cultivos de todo tipo, pero en especial era zona de ganadería, sin embargo, el método en el cual estas plantaciones y animales recibían agua, era mediante acequias, las mismas que además de ser un sistema de riego obsoleto, no estaban revestidas de ningún tipo de material que aislé el líquido que por ahí recorría, por lo que estos canales, son una de las razones por las cuales, el talud estaba saturándose constantemente.

Debido a esta problemática es indispensable que se actualice el tipo de riego en la zona por métodos más eficientes y actuales, el método más adecuado para la zona sin duda alguna es el método de riego por aspersión, el cual consiste en aplicar el agua al suelo simulando una lluvia. Este efecto es conseguido gracias a la presión en que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías y es expulsada al exterior a través de las boquillas de un aspersor. Normalmente, la presión requerida se obtiene a partir de bombas hidráulicas las cuales aspiran el agua desde un canal, río o pozo. Sin embargo, el sistema también puede operar sin bombas cuando la fuente de agua se encuentra en una posición más elevada que el terreno a regar (Peralta & Simpfendörfer, 2001) .

Este tipo de riego posee considerables ventajas en relación a riego del tipo gravitacional, el cual es el utilizado cuando se tiene acequias, este sistema posee ventajas en:

- Terreno de topografía irregular.
- Suelos delgados.
- Suelos con alta velocidad de infiltración.

- Suelos susceptibles a la erosión.
- Cuando se dispone de poco caudal.

Una vez identificadas las ventajas que posee este sistema, se vuelve mas que evidente los beneficios de utilizar este tipo de riego como alternativa para mejorar la

5.2.1. Diseño de un sistema de riego por aspersión.

A continuación, se detallará el método que se debe seguir para diseñar un sistema de riego por aspersión.

Factores a considerar

Al momento de implantar un sistema de riego por aspersión hay condiciones primordiales que no se pueden dejar de lado, entre las que se encuentran las siguientes.

- Identificar exactamente, que extensión forma y topografía tiene el lugar en donde se va a realizar el sistema de riego.
- Con que regularidad se va a contar con agua en el sector, además la abundancia de la misma.
- Cuál es el clima del lugar, ya que es un factor primordial a la hora de identificar qué cantidad de agua necesita el sitio o el cultivo.
- Que propiedades físicas tiene el suelo del lugar, especialmente el indice de infiltración y su capacidad de retención de agua.
- Energía eléctrica o combustible para el funcionamiento de bombas, para el caso específico de Chunchi, se utilizará solo a gravedad.

Disposición del sistema

Generalmente los factores que indican en la disposición de un sistema de riego por aspersión son: extensión, forma del terreno y localización de la fuente de suministro de agua.

Los principios que se deben tener en cuenta son:

- Siempre que los demás factores lo permitan:
 - Las tuberías principales deberán situarse en la dirección de la pendiente principal.
 - Los ramales laterales deberán colocarse formando ángulo recto con los vientos dominantes.
- Deberán evitarse los ramales laterales de aspersión largos, que impliquen una distribución no uniforme del agua y tubos de mayor diámetro, lo que dificulta el manejo.

5.2.2. Pasos para el diseño de un sistema de riego por aspersión.

1. Dosis Bruta

Se inicia con el cálculo de pérdidas de agua producidas durante el riego por distribución $E_f(\%)$ y en la parcela por aplicación $E_a(\%)$; englobadas en el total de pérdidas $E_s = E_f \times E_a$

Normalmente las pérdidas de distribución no superan el 5%, es decir es prácticamente despreciable, esta es la razón por la cual E_f , ronda valores entre 95% y 100%.

Con la ayuda de la **Tabla 8**, se puede identificar las pérdidas por aplicación, en función de la d_r [mm], evaporación máxima diaria EPT_d (mm/día) y la velocidad media del viento V [km/h].

Tabla 8

Eficiencia de aplicación en riego por aspersión convencional

CUADRO N° 1: Eficiencia de aplicación en riego por aspersión convencional [%]

Altura de agua aplicada [mm]	Evaporación máxima de referencia [mm / día]		
	< 5	5 a 7.5	> 7.5
Velocidad media del viento < 6,5 [km/h]			
25	68	65	62
50	70	68	65
100	75	70	68
150	80	75	70
Velocidad media del viento de 6,5 a 16 [km/h]			
25	65	62	60
50	68	65	62
100	70	68	65
150	75	70	68
Velocidad media del viento > 16 [km/h]			
25	62	60	53
50	65	62	60
100	68	65	62
150	70	68	65

Nota: (Marin, 2018)

Como resultado, la dosis bruta se establece como

$$d_b = \frac{d_f}{E_f \times E_a}$$

2. Precipitación máxima $P_{max}(mm/h)$

Es el dato que se obtiene a partir de la **tabla 9**, tiene que ver con la precipitación de mayor intensidad, que puede producir el equipo de aspersión, sin que se supere durante el riego la velocidad de infiltración del suelo con objeto de evitar encharcamiento y en especial, la escorrentía.

Los factores que influyen en el dato, tienen que ver con distintas texturas de suelos, la pendiente del terreno y la cubierta vegetal.

Tabla 9

Intensidades máximas de precipitación para condiciones medias de suelo, pendientes y vegetación.

CUADRO N° 2: Intensidades máxima de precipitación para condiciones medias de suelo, pendientes y vegetación (SCS – USA. 1960) [mm/hora]

Pendiente Cobertura Suelo	Pendiente de 0 á 5 %		Pendiente de 5 á 8 %		Pendiente de 8 á 12 %		Pendiente > 12%	
	Con cubierta vegetal	Sin cubierta vegetal	Con cubierta vegetal	Sin cubierta vegetal	Con cubierta vegetal	Sin cubierta vegetal	Con cubierta vegetal	Sin cubierta vegetal
Arenoso grueso con textura uniforme hasta 1,80 m	50	50	50	40	40	25	25	12,5
Arenoso grueso sobre subsuelo compacto.	45	40	30	25	25	20	20	10
Franco arenoso fino con textura uniforme hasta 1,80 m	45	25	30	20	25	15	20	10
Franco arenoso fino sobre subsuelo compacto	30	20	25	12,5	20	10	12,5	10
Franco limoso con textura uniforme hasta 1,80 m.	25	12,5	20	10	15	7,5	10	5
Franco limoso sobre subsuelo compacto.	15	8	12,5	6	10	4	7,5	2,5
Franco arcilloso o arcilloso	5	4	4	2,5	3	2	2,5	1,5

Nota: (Marin, 2018)

3. Duración de cada posición. T(horas)

Se refiere a que tiempo debe permanecer los ramales laterales en una misma posición arrojando la precipitación de diseño, con el objetivo de aplicar la dosis de riego, para luego ser trasladado a la siguiente posición.

$$T_{min} = \frac{d_b}{P_{max}} (\text{Horas})$$

Se debe recalcular, debido a que se debe redondear al valor entero por exceso, cambio que hacer que la precipitación máxima adoptada sea menor.

$$P_{max} = \frac{d_b}{T_{min}} \text{ Adoptado} (\text{mm/h})$$

Entre una y otra posición de riego, se debe dejar un tiempo de cambio de los ramales, este tiempo es variable entre 1 y 2 horas; por lo que el tiempo total de cada posición será la suma del tiempo mínimo más el tiempo de cambio:

$$T_{total} = T_{min} + T_{cambio}$$

4. Número de ramales laterales

Está condicionado por

- La frecuencia de riego, que expresa el número máximo de días que pueden transcurrir entre dos riegos consecutivos.

- El número de posiciones que han de ocupar los ramales para regar toda la parcela.

Por lo que el número máximo de posiciones de cada ramal es:

$$N^{\circ}_{max} = \frac{TR}{T_{total}} \text{ (N}^{\circ} \text{ entero por defecto)}$$

Donde:

N°_{max} : es el número máximo de posiciones por ramal

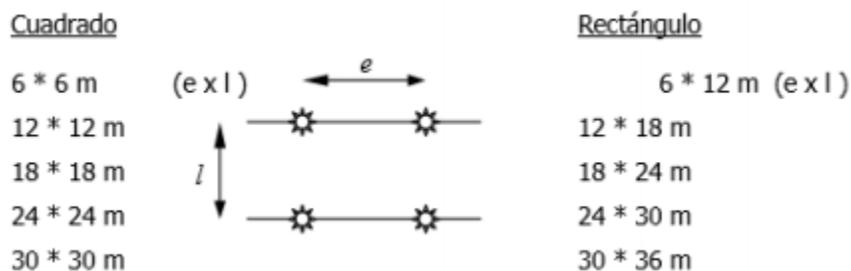
Además, es necesario conocer la separación entre aspersores de un mismo ramal "e" y la distancia entre posiciones sucesivas de los ramales "l" y para ello conviene señalar:

- Los aspersores pueden disponerse en triángulos, en cuadrado o en rectángulo.
- El espaciamiento entre aspersores está condicionado por la longitud standard de los caños, los más usuales son de 6m.
- La gama de espaciamiento va de 6× 6m para aspersores pequeños hasta de 60 × 60m para aspersores de gran porte.
- El escalamiento máximo está en función del alcance de los aspersores.
- En general un espaciamiento pequeño da lugar a un riego más uniforme, pero un equipo más caro y un espaciamiento grande da un riego menos uniforme, pero más barato.

La disposición en triángulo es la más ventajosa comparada con la cuadrada o la rectangular, desde el punto de vista de distribución de la lluvia, pero la dificultad de colocación hace que se reserve ésta para instalaciones fijas, en donde no se trasladan los tubos.

La disposición en rectángulo es usada con frecuencia cuando tiene preponderancia el viento y además tiene menos movimientos de ramales que la disposición en cuadrado.

Para el práctico en análisis, se adoptará en cuadrado o en rectángulo, con las dimensiones más usuales que se aconsejan:



Adoptada las dimensiones e y l, se calcula el N° total de posiciones para la parcela es:

$$N^{\circ}_{total} = \frac{L}{l}$$

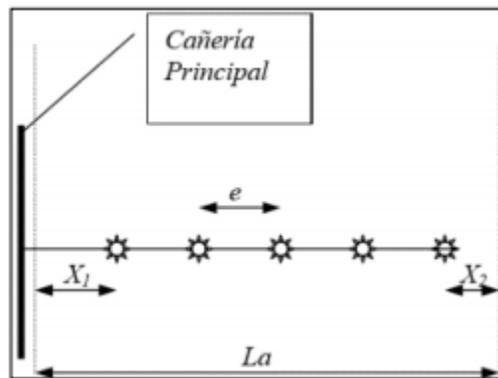
N°_{total} : Es el número total posiciones del ramal.

Se debe acondicionar, de tal manera que se adopta un N° entero con la especificación de la distancia a los extremos de la parcela.

El número de ramales se acondiciona con la relación entre el N° máx. de posiciones por ramal y el N° total de posiciones, de tal manera de cubrir la superficie total de la parcela durante el TR.

$$N^{\circ}_{ramales} = \frac{N^{\circ}_{total}}{N^{\circ}_{maxl}}$$

Número de Aspersores



$$L_a = 2 \times X + (N^{\circ}_{asp} - 1)$$

N°_{asp} = Numero de aspersores

$$X = X_1 + X_2$$

X = Distancia del aspersor al límite de la parcela.

L_a = Ancho de parcela

Por los ramales el número de aspersores es:

$$N^{\circ}_{asp} = \frac{(L_a - 2 \times X)}{e} + 1$$

Se toma como variable de ajuste, redondeando los valores y se acondiciona el valor de X

$$N^{\circ}_{asp\ totales} = N^{\circ}_{asp} \times N^{\circ}_{ramales}$$

5. Caudal de cada aspersor y caudal total q,Q (m³/h)

Los aspersores deben realizar el riego para una superficie teórica $e \times l$, por lo tanto, el caudal requerido es

$$q = P_{max} \times e \times l \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

El caudal total requerido para la parcela.

$$Q = q \times N^{\circ}_{asp\ totales}$$

6. Elección del aspersor

El tipo de aspersor se selecciona de entre los modelos comerciales disponibles. Cada aspersor tiene una o dos boquillas de diámetro d, un caudal q, un radio mojado R, según una presión de funcionamiento Pa y para tres grupos:

- a) De baja y media presión y una boquilla.
- b) De baja y media presión y dos boquillas.
- c) De alta presión de 2 boquillas.

El aspersor es seleccionado de acuerdo al caudal q que se debe arrojar y de los posibles modelos que se adecuan a ello, se adopta aquel que se encuentra en la zona

media de funcionamiento en cuanto a su presión media de funcionamiento, ya que el mismo puede empeorar conforme las condiciones se aproximan a los valores extremos de cada modelo, haciendo que los tamaños y distribución espacial de las gotas no resulten los adecuados.

Según el q calculado se deben interpolar los valores de P_a y R .

5.3. Tanques captadores de agua de escorrentía para riego.

Una de las necesidades más grandes entre los pobladores del sector del deslizamiento, es la falta de agua para la ganadería, en Chunchi estas necesidades, han derivado en que la gente capte agua de diferentes lugares por medio de acequias, las cuales actualmente fueron de las responsables de sobrecargar el talud y aumentar su peso, lo cual hizo que fuera uno de los factores para el siniestro ocurrido en febrero a continuación se abordara la forma en la cual, se puede aprovechar el agua de los taludes, así como de los ojos de agua que se encuentren actualmente en el sector y con seguridad se puede decir, luego de las respectivas visitas al sector de Chunchi, que posee mucha agua, la cual está en constante escurrimiento, una vez realizadas las acciones de mitigación propuestas, se procede a identificar las zonas por donde fluye el agua, además se ubicará sitios en los cuales se puede hacer la instalación de un perímetro de 60 cm de alto, el cual recolectara agua, la misma que, pueda ser aprovechada por los ciudadanos del sector.

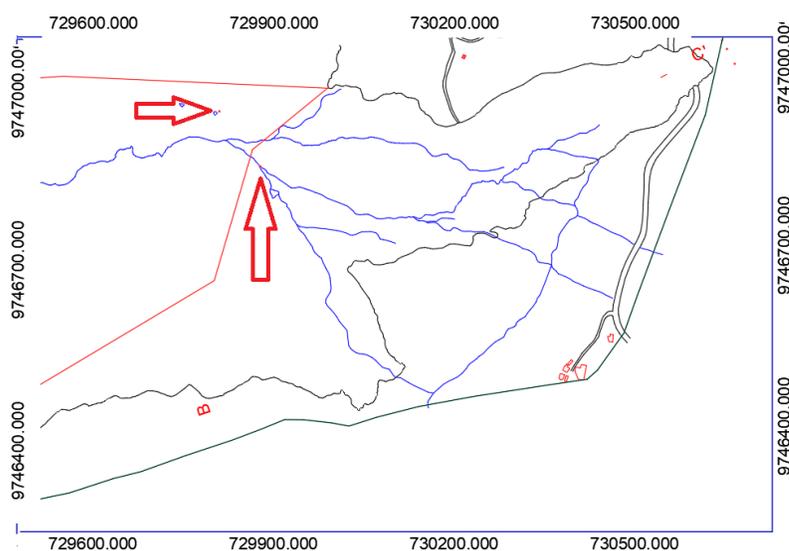
Se prevé utilizar el agua de descarga de los taludes, tanto la de escorrentía como la subterránea, mediante el aprovechamiento de los ojos de agua encontrados en el sitio de estudio, el objetivo del mismo es que la propia agua que se encuentra en el

talud sirva de riego para los cultivos aledaños con aspersión, por lo tanto para el caso de Chunchi, se identifico 2 lugares en los cuales se puede instalar estos tanques, el primero aprovechando la escorrentía del sitio y el segundo aprovechando el ojo de agua de la zona.

Las coordenadas de los sitios son las siguientes. **(Ver Figura 24)**

Figura 24

Posición de los tanques



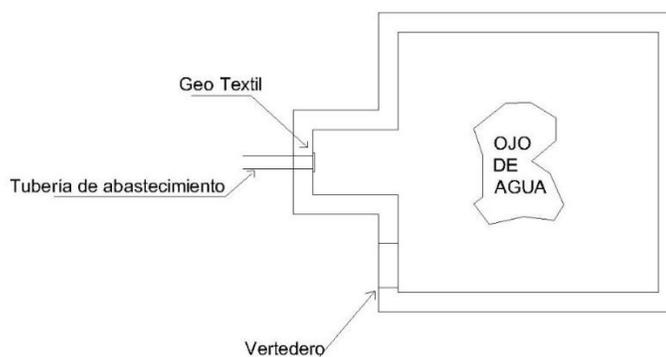
	ESTE	NORTE
Captador de ojo de agua.	729785,425	9746923,853
Captador de agua de escorrentía del talud.	729878,784	9746833,267

Para el sitio en donde se ubicarán las estructuras se debe realizar un confinamiento del agua que llegue al lugar, por medio de una altura de dos bloques alrededor del sitio en donde de los sitios seleccionados para captar el agua, con ayuda

de la topografía del sitio, las dimensiones no son fijas, pero se las puede ampliar depende de la necesidad, para este trabajo se recomienda las medidas de 5m x 5m. Los muros se recomiendan de 60cm de alto alrededor del ojo de agua y del captador del agua del talud, para el caso del captador se recomienda recubrir la zona de una capa de hormigón que evite la infiltración del agua. A su vez con el objetivo de filtrar el agua del lugar se recomienda la utilización de un geotextil a inicio de la tubería abastecedora del lugar. El geotextil permitirá la filtración de la misma para su posterior aprovechamiento de riego. A continuación, un esquema del sistema propuesto en la **figura 25**.

Figura 25

Esquema de tanque



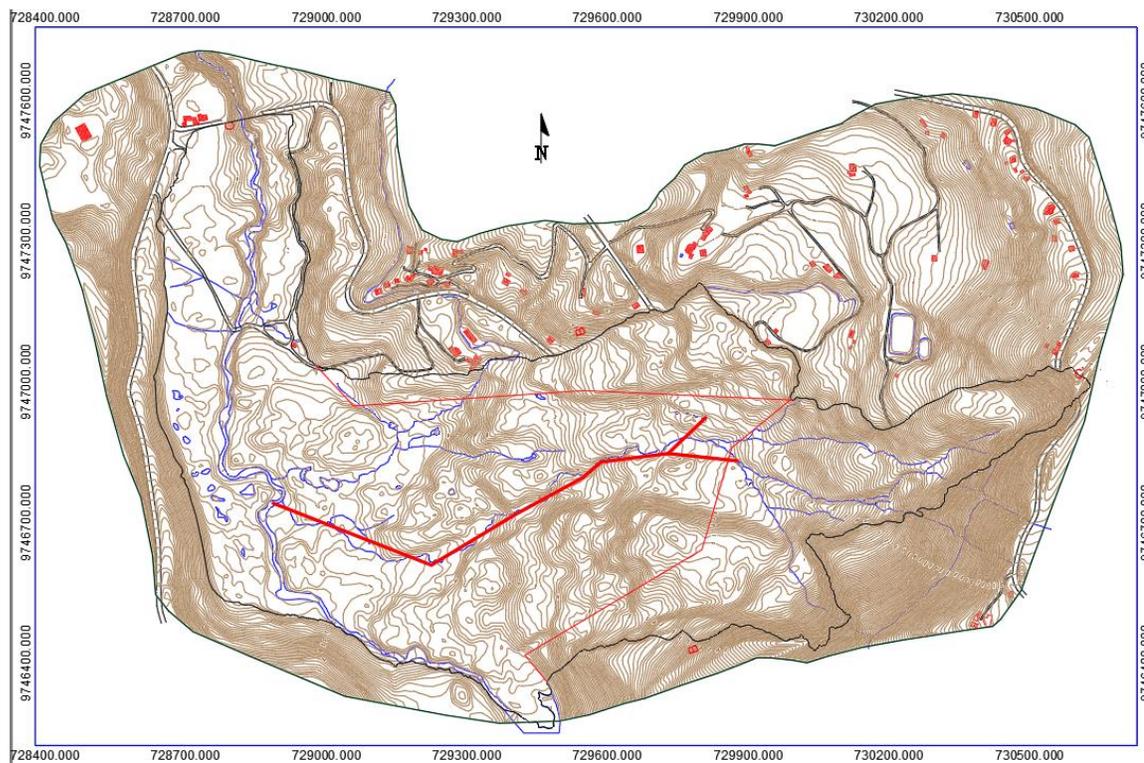
Para el caso del que se use para el ojo de agua, solo es necesario colocar el perímetro alrededor, con el objetivo de que el agua se almacene naturalmente, por otro lado, para el que capte el agua del talud, es necesario que el mismo sea recubierto en la parte de abajo, con el objetivo de que esa agua no se infiltre y por medio del vertedero siga su camino hacia el río sin necesidad de que esta sea absorbida por el suelo.

Una vez captada el agua, esta será filtrada por el geotextil, y será direccionada hacia el rio Chanchan, mediante una tubería principal de 4 pulgadas y se derivara para los habitantes del sector según lo requieran, con el objetivo de utilizar el agua como abastecimiento para regar el césped para el ganado.

La tubería se distribuirá como se muestra en la siguiente **figura 26**, con el objetivo de distribuir equitativamente tanto para el sector de la derecha como la de la izquierda. En su tramo final descargara las aguas que no se utilicen en el cauce del rio Chanchan, evitando que esa agua se infiltre en el sector del talud.

Figura 26

Distribución de la tubería.



Se realizó mediciones en el sitio del deslizamiento y se obtuvo un caudal de 4.5 litros por segundo el cual se obtiene de la suma de caudales de los dos captadores propuestos, el cual servirá para llenar los tanques de 15m³, los mismos que según las necesidades de las personas, puede abastecer de 2,4m³ a 6 personas cada día, la cantidad requerida para regar 60mm/día, un área de 40 metros cuadrados.

5.4. Estudio de suelos

Acercándonos a la realidad, si bien no es recomendable, se sabe que en algún momento, este sitio a pesar de no ser apto para la construcción, esta se la hará, por eso se recomienda que si se desea construir en el sitio, se haga primero un estudio de suelos de la zona, con el objetivo de identificar si es apta o no para la construcción de edificaciones, ya que como dice el (Ministerio de desarrollo urbano y Vivienda, 2014), para proyectos, se debe realizar la asesoría en la etapa de diseño como una etapa posterior al estudio geotécnico por parte de un ingeniero civil especialista en geotecnia. En todos los casos de clasificación de las unidades, los planos de diseño deben guardar relación con el estudio geotécnico.

Así mismo, los proyectos clasificados como categoría Media, Alta o Especial, deberán contar con el acompañamiento de un Ingeniero Geotécnico, quien aprobará durante la ejecución de la obra los niveles y estratos de cimentación, los procedimientos y el comportamiento durante la ejecución de las excavaciones, rellenos, obras de estabilización de laderas y actividades especiales de adecuación y/o mejoramiento del terreno. Para esto, deberá dejar memoria escrita del desarrollo de dichas actividades y los resultados obtenidos (Ministerio de desarrollo urbano y Vivienda, 2014).

Especial atención se deberá dar a preservar la estabilidad y evitar asentamientos de las construcciones aledañas o adyacentes al proyecto, para lo cual se deberá implementar las recomendaciones que el diseñador geotécnico del proyecto entregue para tal fin. Se deberá suscribir un acta de vecindad de forma previa al inicio del proyecto que deje constancia del estado de las edificaciones y terrenos adyacentes al proyecto. En caso de que se detecten efectos adversos en las edificaciones vecinas por efecto del desarrollo del proyecto, se deberá implementar una instrumentación adecuada y adoptar las medidas necesarias para evitar la propagación de dichos efectos, sin perjuicio de otro tipo de acciones que se deriven de estos hechos (Ministerio de desarrollo urbano y Vivienda, 2014).

Esto quiere decir que el ingeniero civil, experto en geotecnia, es el único que puede tomar la decisión si se puede realizar o no el proyecto, por lo tanto, la legislación del lugar debe garantizar que no se generen construcciones informales y solo se pueda construir con permisos, en base a análisis técnicos detallados del mismo.

5.5. Alcantarillado sanitario

La zona del deslizamiento en Chunchi no cuenta con un alcantarillado sanitario adecuado, se recomienda que como estrategia de dejar de sobrecargar los taludes, se construya un sistema de alcantarillado en la zona, el cual se una directamente con el alcantarillado principal proveniente de la zona urbana de Chunchi o en su defecto se construya uno adecuado para la zona, el construir este sistema permitirá garantizar un mejor estilo de vida para los pobladores, así como brindara mayor seguridad al talud de la zona, el cual ya no se sobrecargará.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se determinó que el tipo de deslizamiento en el sector es de tipo rotacional y que, aunque ya han pasado varios meses desde el suceso, el mismo aún sigue en movimiento, eso se lo determino mediante un ensayo, el cual permitió medir la velocidad del mismo, lo que arrojo que la ladera se mueve a razón una velocidad de 0,52mm/día, lo cual denota que se requiere mitigar la zona lo antes posible, antes de que exista algún suceso de las mismas características dentro del mismo sitio.
- Se identificaron varios planes de acción para la zona, se concluyó que las tareas más importantes a realizar como primera acción dentro del trabajo de mitigación en el sitio, es la reconfiguración de la geometría del mismo, debido a que existen zonas en las cuales el talud a descubierto puede generar un peligro en el futuro, por tal motivo, se debe realizar el terraceo o abatimiento de los taludes del flanco derecho del talud, así como el escalonamiento de este en el flanco izquierdo y la zona baja de la corona del talud, para el caso de la zona alta de la corona del talud, se concluye que no se debe intentar ninguna obra de remediación debido a la peligrosidad del lugar.
- El talud de Chunchi, posee gran cantidad de agua, la cual, si no es correctamente conducida, puede acarrear problemas en el futuro, por tal motivo se propone crear sistemas de cunetas a lo largo de los abatimientos y escalonamiento del lugar, el agua debe ser descargada de los taludes sin necesidad de que se infiltre, estas cunetas deben ser recubiertas con ese mismo fin y se debe conducir el agua de tal

manera que la misma pueda ser aprovechada por la comunidad del sitio, es decir debe ser transportada por sitios previamente premeditados.

- Al ser una zona ganadera, se necesita el riego en los pastizales para aprovechamiento del ganado, sin embargo Chunchi necesita una actualización en su sistema de riego, se propone que los habitantes del lugar empiecen a utilizar el sistema por aspersión, el cual al mismo tiempo que es más eficiente en el uso del agua, no carga más al talud con la misma, reduciendo la peligrosidad de que se sobrecargue el talud por agua desperdiciada, a su vez se identificó los lugares en donde mediante el agua de escorrentía y de nivel freático del talud, se pueden hacer tanques de captación que abastezcan de agua a toda la comunidad, mediante una tubería principal con ramificaciones.
- Es necesario que en el sitio del deslizamiento se trabaje en la revegetación del lugar, puesto que proveer a un talud de esta cobertura, evita la erosión del mismo, lo que desencadenara en una mayor seguridad en su estabilización, se debe trabajar tanto en la zona nivelada, como en los taludes de terraceo y escalonamiento.

Recomendaciones

- Para determinar qué medida es la más adecuada para estabilizar un talud, es importante que se determine las características intrínsecas del mismo, es decir sus propiedades físicas, mismas que nos darán la idea completa del diseño que se pueda realizar.
- Hay que tomar en cuenta que, para encontrar una medida de mitigación del sitio, no solo se debe analizar los factores geotécnicos del talud a mitigar, sino también el contexto socio – económico del sitio.
- Para la correcta implementación de cada medida de mitigación se recomienda que se tenga un elevado control de calidad mientras las obras se están realizando, tomando en cuenta factores como los materiales utilizados en el sitio y el proceso de construcción que se esté realizando, estos factores serán los que garanticen la seguridad y funcionalidad del sistema de mitigación.
- Para el caso de construcciones, es importante realizar los ensayos propuestos por el NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción), el cual determinará si la zona es apta o no para construir, sin embargo, se recomienda que no se construya en el sitio.
- Para futuros proyectos en el lugar es indispensable que se considere realizar un ensayo detallado de nivel freático en la zona, para determinar la altura exacta de su ubicación, dato que servirá para próximos proyectos.

Bibliografía

- Abril, L. (s.f.). Metodología de zonificación de áreas de susceptibilidad de deslizamientos. *Universidad de Cuenca*.
- ALBERTI, J., CANALES, R., & ELIZABETH, B. (2006). "TECNICAS DE MITIGACIÓN PARA EL CONTROL DE DESLIZAMIENTOS EN TALUDES Y SU APLICACIÓN A UN CASO ESPECÍFICO". San Salvador.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslide Types and Processes. In Special Report 247 Landslides Investigation and Mitigation. Turner, A. K. and Schuster R. L. (eds.). Washington: TRBNRC.
- De Freitas, M., & Watters, R. J. (1973). Some field examples of toppling failure. En *Geotechnique*. (Vol. 23, págs. 495 - 514).
- De Matteis, Á. (2003). *Geología y Geotecnia*. Rosario.
- Goodman, R. E., & Bray, J. W. (1976). Poppling of rock slopes. En *In Rock Engineering for Foundations and Slopes* (págs. 201 - 234). Boulder - Colorado.
- Guerra, M. (2009). *Manual de Diseño de Sistemas de Riego a Gravedad y por Aspersión*. Quito.
- Hurtado, M. (2009). *Modelo para estabilización de taludes en la carretera Selva Alegre - Saguangal que permita disminuir costos de mantenimiento*. Ambato - Ecuador.
- Marin, D. (2018). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATICO PARA LOS CULTIVOS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA U.M.S.A. EN COTA COTA*". La Paz - Bolivia.
- Ministerio de desarrollo urbano y Vivienda. (2014). *Codigo NEC-SE-GC*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Montero Olarte, J. (2017). *Clasificación de movimiento en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia*. Bogota: Imprenta Nacional de Colombia.
- Ochoa, M. C. (2011). *LA EROSIÓN PLUVIAL Y FLUVIAL Y SU INCIDENCIA EN LA VULNERABILIDAD DE LA TERRAZA ALUVIAL SOBRE LA CUAL ESTA ASENTADA LA CIUDAD DE MERA, PROVINCIA DE PASTAZA*. Ambato.
- Peralta, J. M., & Simpfendörfer, C. (2001). *RIEGO POR ASPERSIÓN. COMISION NACIONAL DE RIEGO CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN*.
- PROSAP. (2010). *Drenaje de suelos para uso agrícola*. Buenos Aires.
- Ramírez, O., & Alejano. (2007). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería*.
- Schuster, R., & Kockelman, W. (1996). "Principles of landslide hazard reduction". En *Landslides investigation and mitigation* (págs. 91-105). Special report 247.

- SUAREZ DIAZ, J. (1998). *DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES*. Bucaramanga.
- Suárez, J. (2009). *Deslizamientos* (Vol. 1: Análisis geotécnico). Bucaramanga, Colombia: División de Publicaciones UIS.
- Van Westen, C. (2014). *Introducción a los deslizamientos, Tipos y Causas*. Honduras.
- Varnes, D. J. (1978). Slope Movement Types and Processes. En Special Report 1976: Landslides Analysis and control. Washington D. C.