

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN GEOTECNIA Y VÍAS
TERRESTRES



ANÁLISIS ESTRATÉGICO Y EVALUACIÓN, “ESTABILIDAD DE TALUDES DEL
CCACCAÑAN” DISTRITO TAMBOBAMBA, PROVINCIA DE COTABAMBAS - REGIÓN
APURÍMAC PERIODO 2019.

Presentado por:

Bach. PERCY BRAVO OSCCO

Tesis para optar al grado académico de:

Maestro en Ingeniería Civil mención
Geotecnia y Vías Terrestres

Asesor

Mgt. Juan Teófilo Pasos Miranda.

Cusco – Perú

2020

DEDICATORIA

“Al todopoderoso ya que ha guiado mis pasos”

“Para mi mamá quien se encuentra descansando en paz, por su guía y confianza, bondad y todo el apoyo que me brindo de manera absoluta”

“A cada uno de los miembros de mi familia, debido a que me dieron sugerencias para continuar en todos los momentos que me otorgan”

AGRADECIMIENTO

A mis profesores de la casa de estudios, los cuales me enseñaron y dieron recomendaciones sabias a lo largo de mi formación, también a las personas involucradas en el estudio.

Agradezco a mi asesor quien me colaboro con su guía y sobre todo por los momentos durante las acciones del proyecto.

A todos aquellos quienes apoyaron por el termino de mi profesión así como de mi tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PRESENTACIÓN.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción del Problema	1
1.2. Formulación del problema general.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación del problema.....	4
1.5. Limitaciones de la investigación.....	6
1.5.1. Estabilización de taludes	6

CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. Antecedentes internacionales	8
2.1.2. Antecedentes nacionales	9
2.1.3. Antecedentes locales	10
2.2. BASES TEÓRICAS.....	10
2.2.1. Taludes estables	10
2.2.2. Estabilidad de masa de tierra.....	12
2.2.3. Movimientos de masa	13
2.2.3.1. Clasificaciones en dinámicas de masas	13
2.2.3.2. REMOCIÓN EN MASAS.....	15
2.2.4. Modos de falla.....	18
2.2.5. Estructura de los taludes.....	29
2.2.6. “Descripción de los parámetros de la metodología MVM”	32
2.2.7. “Método determinístico”	43
2.2.8. Método de Bishop simplificado	44
2.2.9. “Método de Janbu2	44
2.2.10. “Método de Sarma”	46
2.3. Hipótesis.....	70

2.3.1. Hipótesis general.....	70
2.3.2. Hipótesis Específicas	70
2.4. Identificación de variables	71
2.4.1. Variable Independiente	71
2.4.2. Variable Dependiente.....	71
2.4.3. Operacionalización de Variables e Indicadores	72
2.4.4. Matriz de consistencia.....	73
CAPITULO III	75
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	75
3.1. Ámbito de Estudio.....	75
3.2. Tipo de Investigación	75
3.3. Nivel de investigación.....	75
3.4. Diseño de investigación	75
3.5. Método de investigación	76
3.6. Método científico	76
3.7. Población muestra y muestreo.....	77
3.7.1. Población.....	77
3.7.2. “Muestra”	77
3.7.3. Muestreo.....	77
3.8. Técnicas e instrumentos de recolección	77

3.8.1. Técnicas.....	77
3.8.2. Análisis Documental	78
3.8.3. Instrumentos.....	78
3.9. Procedimiento de Recolección de Datos.....	78
3.9.1. Procedimiento metodológico	78
3.9.2. Mapeo geomecánica.....	79
3.9.2.1. Geología local.....	79
3.9.2.2. Geología estructural	80
CAPITULO IV.....	121
EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO- MECANICAS DE ROCA	121
4.1. Ubicación	121
4.2. Ensayos de laboratorio realizados:.....	121
4.3. Ensayos de compresión en roca - NTP-339.059-2011	121
4.3.1. Equipo utilizado	121
4.3.2. Peso específico y absorción AASHTO T 84.....	122
4.3.3. Equipo	122
4.3.4. Preparación de la muestra	122
4.4. Procedimiento detallado de ensayos laboratorio.....	123
4.5. DISCUSIÓN.....	127
4.6. Dispositivos de protección y seguridad (solución)	128

4.6.1. Colocación de anclajes	131
CONCLUSIONES.	135
RECOMENDACIONES.	138
Bibliografía	139
ANEXOS	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Organización de los movimientos de suelos y rocas en regiones tropicales:</i>	17
Tabla 2 <i>Cf respecto a los análisis de los sismos y su estabilidad en el talud</i>	23
Tabla 3 <i>Respuestas geodinámicas.....</i>	33
Tabla 4 <i>Composición del suelo residual en función de la roca madre.....</i>	36
Tabla 5 <i>Organización de las dinámicas en las fallas del talud por Vames (1978)</i>	38
Tabla 6 <i>Organización de acuerdo a las velocidades de la dinámica en masa</i>	38
Tabla 7 <i>Organización de acuerdo a las profundidades de masas en deslizamiento</i>	39
Tabla 8 <i>Características de los grandes grupos de movimientos en masa.....</i>	40
Tabla 9 <i>Sistema de remediación</i>	49
Tabla 10 <i>Amenazas</i>	50
Tabla 11 <i>Forma de los controles de masas dinámicas</i>	51
Tabla 12 <i>Coficiente sísmico para analizar cuan estable es un talud.....</i>	55
Tabla 13 <i>Factor de seguridad, coeficiente sísmico y frecuencias características del sitio para diferentes pesos unitarios.</i>	65
Tabla 14 <i>Operacionalización de Variables e Indicadores.....</i>	72
Tabla 15 <i>Matriz de consistencia</i>	73
Tabla 16 <i>Cuaternario.....</i>	80
Tabla 17 <i>Ensayo de índice manual de resistencia de la roca (ISRM, 1978)</i>	82
Tabla 18 <i>Valoraciones</i>	82
Tabla 19 <i>Valoraciones</i>	84
Tabla 20 <i>Persistencia.....</i>	85

Tabla 21 <i>Valoraciones</i>	86
Tabla 22 <i>Valoraciones</i>	87
Tabla 23 <i>Rugosidad</i>	87
Tabla 24 <i>Valoraciones</i>	88
Tabla 25 <i>Relleno</i>	89
Tabla 26 <i>Valoraciones</i>	90
Tabla 27 <i>Alteración</i>	90
Tabla 28 <i>Valoraciones</i>	91
Tabla 29 <i>Agua subterránea</i>	91
Tabla 30 <i>Valoraciones</i>	93
Tabla 31 <i>Familia 1</i>	93
Tabla 32 <i>Familia 2</i>	94
Tabla 33 <i>Familia 3</i>	94
Tabla 34 <i>Ajuste de la valoración por orientación de las discontinuidades</i>	95
Tabla 35 <i>Clase de masa rocosa determinadas por las valoraciones totales</i>	97
Tabla 36 <i>Significado de las clases de rocas</i>	97
Tabla 37 <i>Clasificaciones de las rocas según su resistencia a la compresión uniaxial Mpa</i>	104
Tabla 38 <i>Clasificaciones ingenieril de la roca de acuerdo al índice (σ_c)</i>	105
Tabla 39 <i>Métodos de análisis para estabilidad de taludes</i>	108
Tabla 40 <i>Listado de tablas para cálculo de estabilidad de taludes disponibles en la literatura</i>	109

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ccaccañan de Una Falla por Deslizamiento-	18
<i>Figura 2.</i> Ccaccañan-Tambobamba.....	19
<i>Figura 3.</i> Grafico de las fallas en superficie	20
<i>Figura 4.</i> Esquema de una Falla por Movimiento	20
<i>Figura 5.</i> Esquema de flujos	21
<i>“Figura 6.</i> Formula de los métodos pseudoestaticos.....	24
<i>Figura 7.</i> Taludes naturales.....	33
<i>Figura 8.</i> Perfil de meteorización simplificado	36
<i>Figura 9.</i> Método de Janbu.....	45
<i>Figura 10.</i> Método de Sarma	46
<i>Figura 11.</i> Confrontación de FS de los taludes analizados por cada método.....	47
<i>Figura 12.</i> Cambio de la geometría	53
<i>Figura 13.</i> Modelo empleado en el análisis paramétrico.....	61
<i>Figura 14.</i> Desplazamiento vertical total en crestas de frecuencias $f=0.1-8$ Hz.	62
<i>Figura 15.</i> Aceleración horizontal en la cresta $a_{x,t}$ (línea discontinua fina), vertical $a_{y,t}$ (línea discontinua gruesa) y aceleración horizontal en la base $a_{x,b}$ (línea sólida) para: (1) $f = 0.5$ Hz y (2) $f = 1$ Hz.	63
<i>Figura 16.</i> Desplazamientos verticales totales en la cresta versus aceleración máxima PGA para varias frecuencias f	64
<i>Figura 17.</i> Desplazamiento vertical en la cresta versus la duración T_d para valores de PGA = 1.5 y 2.5 m/s^2 y $f = 1.25$ y 2.5 Hz.....	65

<i>Figura 18.</i> Efecto del peso unitario en los desplazamientos verticales de la cresta: (a) u_y vs f para diversos γ (10 a 22 kN/m ³) y (b) $u_{y,max}$ vs γ para $f = fs$	67
<i>Figura 19.</i> Efecto del módulo de Young en los desplazamientos verticales en la cresta.	67
<i>Figura 20.</i> Efecto del coeficiente de Poisson (ν) en los desplazamientos verticales en la cresta: (a) f para varios ν (0.20 a 0.45) y (b) ν para varias f	68
<i>Figura 21.</i> Efecto de los parámetros de resistencia en los desplazamientos verticales en la cresta: a) cohesión (2 a 40 kPa) y b) ángulo de fricción (20 a 40°).....	69
<i>Figura 22.</i> Desplazamientos verticales frente a la frecuencia para varias relaciones de amortiguamiento (ξ desde 2 a 10).....	70
<i>Figura 48.</i> Investigación no experimental	76
<i>Figura 23.</i> Histograma de Esparcimiento	84
<i>Figura 24.</i> Histograma de persistencia	85
<i>Figura 25.</i> Histograma de persistencia	87
<i>Figura 26.</i> Histograma de rugosidad	88
<i>Figura 27.</i> Histograma de relleno	89
<i>Figura 28.</i> Histograma de alteración	91
<i>Figura 29.</i> Histograma agua subterránea	92
<i>Figura 30.</i> En contra de la pendiente RMR=48.....	96
<i>Figura 31.</i> Estereograma de schimidt.....	98
<i>Figura 32.</i> Ensayo de carga puntual.	101
<i>Figura 33.</i> Esclerómetro	102
<i>Figura 34.</i> Equipo para ensayo de carga puntual.....	102
<i>Figura 35.</i> Máquina de compresión uniaxial.....	103

<i>Figura 36.</i> Método de cálculo.....	107
<i>“Figura 37.</i> Mecanismo de rotura de un talud rocoso.”	110
<i>Figura 38.</i> Mecanismos de rotura de planar.	111
<i>Figura 39.</i> Geometrías estereográficas de rotura planar de un talud.	112
<i>Figura 40.</i> Geometría de rotura planar de un talud.....	113
<i>Figura 41.</i> Fallas de cuñas.....	115
<i>Figura 42.</i> Esquemas generales en fallas de cuñas	115
<i>Figura 43.</i> Análisis cinemático de la falla en cuña (Hoek y Bray, 1981).....	116
<i>Figura 44.</i> Gráfico de un talud con falla cuñar (Hoek y Bray, 1981).....	117
<i>Figura 45.</i> Falla por volteo	118
<i>Figura 46.</i> Esquema general de la falla al volteo.....	119
<i>Figura 47.</i> Análisis cinemático de la falla al volteo (Norris y Wyllie, 1996).....	120
<i>Figura 49.</i> Dispositivos y sistemas de protección y seguridad para taludes.....	130
<i>Figura 50.</i> Colocación de anclajes.....	131
<i>Figura 51.</i> Efecto del agua.....	132
<i>Figura 52.</i> Métodos de remoción de rocas para estabilidad de talud.....	133
<i>Figura 53.</i> Métodos de refuerzo para taludes de Roca.	134

PRESENTACIÓN

Sr. Director de la Escuela de post grado de la UNSAAC.

Señores miembros del jurado:

Siguiendo las normativas generales de grado de la Escuela de post grado, presento antes ustedes la siguiente investigación , la cual lleva por nombre: ANÁLISIS ESTRATÉGICO Y EVALUACIÓN ESTABILIDAD DE TALUDES DEL CCACCAÑAN DISTRITO TAMBOBAMBA - PROVINCIA DE COTABAMBAS – REGIÓN APURÍMAC. PERIODO: 2019. Tiene como propósito principal determinar la situación actual de los Taludes del distrito y provincia de Cotabambas, región de Apurímac, dada la necesidad de responder con más cuidado a la eficiencia de la población.

RESUMEN

La investigación siguiente brindara conocimientos sobre análisis estratégico y evaluación en referencia de la falta de estabilidad de taludes buscando analizar cuan seguro es a nivel estratégico, evaluativo con dinámicas. Se hace uso de componentes del ambiente en este caso Ccaccañan parte del distrito de Tambobamba- Cotabambas- región de Apurímac en el periodo 2019 el fin investigativo fue encontrar aquellos factores que proporcionen estabilidad en los taludes, se hizo uso de la heurística para analizar cuan susceptible es un deslizamiento de masa de tierra, los métodos empleados fueron Mora Vahrson el cual considera como elementos de trabajo el aspecto geológico, las pendientes, geomorfologías, geomecánicas, vegetación y como desencadenante los aspectos fluviales y sísmicos. En ese sentido, metodológicamente la investigación uso métodos determinísticos para hacer cálculos sobre cuan seguro es un talud. Se pudo encontrar que los taludes de la zona de estudio no presentan estabilidad con factores menores a uno, se hizo uso de elementos dinámicos y estáticos que dieron como resultados puntuaciones menores de 1.25 entendidos como inestabilidad. En base a lo hallado se realiza la propuesta de generar disposiciones para la mitigación de peligros como por ejemplo elaborar anclas de acuerdo a la condición y naturalidad de los ambientes de la investigación.

PALABRAS CLAVE:

- INESTABILIDAD DE TALUDES
- FACTOR DE SEGURIDAD
- ELEMENTOS FINITOS
- ANÁLISIS DINÁMICO
- GEOMECANICA.

ABSTRACT

The following research will provide knowledge on strategic analysis and evaluation in reference to the lack of slope stability, seeking to analyze how safe it is at a strategic, evaluative level with dynamics. Environmental components are used in this case Ccaccañan part of the district of Tambobamba- Cotabambas- Apurímac region in the period 2019, the research purpose was to find those factors that provide stability in the slopes, heuristics were used to analyze how susceptible It is a landslide, the methods used were Mora Vahrson, which considers geological aspects, slopes, geomorphologies, geomechanics, vegetation as work elements, and fluvial and seismic aspects as a trigger. In this sense, methodologically the research used deterministic methods to make calculations about how safe a slope is. It was found that the slopes of the study area do not present stability with factors less than one, dynamic and static elements were used that resulted in scores of less than 1.25 understood as instability. Based on the findings, the proposal is made to generate provisions for the mitigation of hazards, such as developing anchors according to the condition and naturalness of the research environments.

KEYWORDS:

- STABILITY OF TALUDES
- SECURITY FACTOR
- FINITE ELEMENTS
- DYNAMIC ANALYSIS
- GEOMECHANICATION.

INTRODUCCIÓN

Se propone de forma metódica generar un modelo que amenace el proceso para remover las masas de tierra. Se hace uso metodológico de evaluación espacial multicriterio se hace uso de la misma técnica para las variables con su respectivo método Mora- Vahrson el cual ordena las amenazas en caso de deslizamiento, basándose en las características del área de análisis estratégico y evaluación, se considera como elementos la susceptibilidad lo geológico, pendientes, geomorfológicos, mapeo geomecánico, vegetación y los conflictos con respecto a el ambiente así como elementos que desencadenan lluvias y movimientos telúricos.

La investigación se encuentra en relación con el tema ambiental por lo cual resulta trascendental para diversas instituciones, ya que al encontrarnos en un ambiente proclive a lluvias es necesario realizar acciones para prevenir pérdida de todo tipo o riesgos innecesarios. Debido a dichas problemáticas es necesario adelantarse a los riesgos y generar propuestas de acción.

La investigación, se realizó con los procedimientos metodológicos científicos, se identificó y diagnóstico la zona de análisis estratégico y evaluación, en diferencia las variable análisis (variables de la investigación), sometíéndolas a análisis metodológico. Debido a ello, en la etapa precedente del análisis estratégico, se usó revisión bibliográfica. La etapa siguiente es caracterizada por ser realizar un análisis, por medio de las debidas técnicas de recolección de muestra siguiendo para analizar en específico (G-L.SAC.LABORATORIO DE METROLOGIA) caracterización física. El fin es tener garantía y credibilidad de los resultados para su respectivo análisis estratégico y en la interpretación de resultados. La tesis se concibió de tipo cuantitativa, diseño no experimental, las hipótesis se entienden con respecto al título de investigación.

La investigación está dividida en cuatro secciones por capítulo:

El capítulo uno comprende las explicaciones sobre la problemática, planteando los problemas y los fines investigativos del estudio.

El capítulo numero dos describe las teorías que existen sobre las variables y la unidad de análisis estratégico y evaluación, se considera varias teóricas; se presentan los antecedentes de la investigación.

El capítulo tres se refiere al método de lo investigado, dentro del cual se hace una descripción teórica de las variables, se operacionalizo, se identificó la tipología, así como el diseño, los evaluados y las técnicas del proceso de evaluación, así como el analizar la información.

Se concluye, con el cuarto capítulo en el cual se desarrollan los hallazgos logrados, representados con sus correspondientes gráficos. Se hará evidente los hallazgos y los análisis según los supuestos, así como las proyecciones de lo estudiado, parte del capitulo se dirige a comparar literariamente de estudios previos. Se concluye brindando los hallazgos finales, así como las sugerencias.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

La topografía en Apurímac, distrito Tambobamba, Provincia de Cotabambas, se caracteriza por ser muy irregular ya que cuenta con una serie de pendientes un tanto inclinadas que a vez posee prominencias y algunas depresiones, es de esta manera que los taludes se van deslizándose a causa de algunos elementos como el nivel freático alto, ciertas propiedades que posee el suelo o cargas externa, a razón de ello estructuras de gran magnitud como las vías comunicativas, sistemas de captación o viviendas llegan a colapsar. (Yurfa, 2016)

Este fenómeno conocido como inestabilidad del talud, es un proceso geológico que con frecuencia aparece en la zona sierra del país, esto conlleva a presentar grandes déficits económicos y en algunos casos pérdidas de seres humanos. Este fenómeno logró ser observado en la zona de Tambobamba. La ocurrencia de estos eventos ocasiona intervenciones de factores internos tales como: geología, geomecánica, geomecánica, humedad del suelo o topografía, y humedad del suelo, etc.; tanto como algunos factores externos, estos pueden ser el clima y eventos sísmicos, que durante y después de su actividad producen desastres naturales, repercutiendo negativamente a niveles sociales, naturales y económicos. (Yurfa, 2016)

En así que existe la necesidad de determinar e identificar una serie de medidas y causas de gran relevancia para ser tomados en cuenta, y así poder otorgar una prevención oportunamente de modo que se tome en cuenta ciertas zonas de riesgo y a la vez los eventos naturales presentes en el distrito de Tambobamba, la zona identificada como “Ccaccanan” del distrito de Tambobamba posee el antecedente del fenómeno dado en los años 2016 - 2019 causando

interrupciones permanentes del tránsito vial entre Tambobamba-Cotabambas-Challhuahuacho-Mara y Progreso, ocasionando una serie de desgastes económicos en la región .

El área de análisis estratégico y cuenta con antecedentes de presentar deslizamientos de masas de tierra tal como se observa en el plano topográfico; no existiendo a la actualidad medidas de control - prevención, es así que nace la importancia del análisis en la de investigación respecto a lo estable del talud de la zona de Ccaccañan, Tambobamba, utilizando una variedad de métodos para el análisis, guiándose de las variables considerada como métodos heurísticos, de modo que se conozca el factor de seguridad, mediante él se pueden conceptualizar y definir factores de estabilidad o inestabilidad de los taludes a través del análisis y evaluación estratégica. Es así que la diferencia respecto al empleo con métodos heurísticos, se centra en que este método representa a aquellos factores que ocasionan estados de inestabilidad en el ámbito de análisis; así estos factores son ponderados de acuerdo a la importancia asumida respecto a la formación del deslizamiento.

La evaluación de la susceptibilidad permite analizar deslizamientos de masas, de otro lado el análisis determinístico utiliza metodología basada en modelos numéricos, que incluye algunos criterios como la mecánica de suelos, geomecánica, geodinámica, así como su comportamiento del área, la topografía del entorno, el flujo del agua, la geometría del talud. Es por ello que se busca reconocer la susceptibilidad e inestabilidad de taludes y mediante estos análisis obtenidos en laboratorio se propondrá mecanismos de estabilización de taludes, mediante los resultados producto de la investigación indicará la validez, objetividad y confiabilidad, garantizando de esta forma una adecuada gestión de riesgo, así como asegurar los asentamientos localizados dentro de estas zonas.

Existe una gran cantidad de zonas donde los deslizamientos se presentan continuamente, esto puede ser por las propiedades con las que cuentan los suelos o algunos agentes externos como cargas excesivas, drenajes deficientes, sismo, esto es a causa de un proceso de meteorización presentes en las variaciones físicas del talud. Tomando en cuenta las condiciones expuestas, surge la necesidad de realizar aportes y a su vez conclusiones en cuanto a la estabilidad del talud y poder dar la relevancia necesaria a estas estructuras para ser priorizada por las autoridades y así reducir las consecuencias que generan estos deslizamientos.

1.2. Formulación del problema general

Se tiene como propósito analizar estratégicamente la estabilidad estructural del talud de la zona Ccaccañan, el cual logrará determinar el factor seguridad adecuado, y hacer propuestas en función a de prevención para reducir las distintas amenazas y riesgos, causados por la falta de estabilidad de los taludes en el ambiente de estudio.

Es por ello que se debe intervenir a través del análisis estratégico en in situ; entonces, la investigación tendrá como objetivo llegar a encontrar respuestas a lo siguiente:

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el factor de seguridad de talud mediante el análisis estratégico y evaluación, estático, dinámico por elementos finitos en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba-Cotabambas-Región Apurímac en periodo 2019?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son los factores internos determinantes que intervienen en la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba-Cotabambas- Región Apurímac en periodo 2019?

- b. ¿Cuáles son los factores externos más determinantes para determinar la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba-Cotabambas-Región -Apurímac en periodo 2019?
- c. ¿Cuáles son los excesos de presión de poros y las posibles zonas de licuefacción que establezca garantizar la máxima seguridad para situaciones de riesgo en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba-Cotabambas-Región-Apurímac en periodo 2019?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el análisis estratégico y evaluación “estabilidad de taludes” del Ccaccañan distrito Tambobamba, provincia de Cotabambas, Región Apurímac periodo 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar los factores internos que intervienen en la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba provincia Cotabambas, Region-Apurimac en periodo 2019.
- b. Determinar los factores externos. que intervienen en la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba provincia Cotabambas, Region-Apurimac en periodo 2019
- c. Determinar los excesos de presión de poros, que intervienen en la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba provincia Cotabambas, Region-Apurimac en periodo 2019

1.4. Justificación del problema

Considerando que Perú es un país que presenta vulnerabilidad en cuanto riesgo climático a nivel mundial, Apurímac no es la excepción ya que el aspecto social es la muestra del desorden en la zonificación rural y por lo tanto se refleja en la geomorfología de tipo accidentado

Originalidad.

La investigación es innovadora puesto que hay pocos estudios relacionados con “El talud en la zona”.

Pertinencia.

El análisis estratégico y evaluación en referencia es viable o factible porque en la actualidad existe el problema de referente a la gestión, específicamente a la evaluación de riesgo y la urbanización, lo cual puede ocasionar accidentes en zonas de riesgo.

Relevancia.

El proyecto de investigación tiene relevancia por que estudiara los riesgos que puede generar la naturaleza, en este caso los aludes, el fin es minimizar las situaciones de peligro a través de mecanismos matemáticos.

Teórico.

La presente investigación tiene relevancia ya que se utiliza el conocimiento teórico basado en “Los Taludes”.

Práctico.

Es práctico porque tiene el propósito de analizar los factores de seguridad de los taludes los cuales se someten a los diseños de sismo diseño analizando distintas soluciones y así conseguir mejoras en el equilibrio de la estructura evitando los diversos peligros geotécnicas respecto a la estabilidad de los taludes en “Ccaccañan” con el propósito de disminuir riesgos de destrucción por fallas geotécnicas. Es así que necesario identificar zonas de riesgo, tomando como referencia el

desastre producido en tambo bamba ocasionado por el embalse del río Pal caro en el 2016, en el Tambobamba se vio incomunicada con los distritos de Chalhuhhuacho, Mara y Haquira, posterior a las caídas de carreteras que unían a los distritos indicados y dejando pérdidas económicas atentando contra la seguridad de las familias ubicadas en el sector.

Metodológico.

La relevancia metodológica ya que utiliza procesos y técnicas del método científico lo cual validara los resultados de la investigación. Respecto a los fenómenos naturales en el sentido en que esta zona es conocida por ser de alto riesgo por sus características topográficas, geológicas y geomecánicas que afectan a los taludes. Es así que se busca el factor de Seguridad utilizando Métodos de Elementos Finitos el cual resulta el más apropiado para el estudio para determinar el sistema que de estabilidad en corregir la falla de un talud.

1.5. Limitaciones de la investigación

1.5.1. Estabilización de taludes

a. Limitación técnica

Para estabilizar los taludes se usan sistemas que poseen interacción con el tipo de suelo, el tamaño de la deformación, la corrosión, la durabilidad y la constructividad. Las principales restricciones son: el lugar de niveles freáticos. Una vez que aflora el agua en el área, no es adecuado la creación de obras que dificulten el drenaje del agua.

b. Limitaciones ambientales

El tipo de estabilización seleccionado debería tener en cuenta las repercusiones potenciales en el medio natural, durante el proceso de construcción.

Este tipo de obras acerca de la estabilización tiene la posibilidad de producir contaminación en las corrientes de agua, lo que tienen la posibilidad de ser inaceptable por igual.

Respecto a las construcciones de drenaje alteran patrones de agua, ya sean superficiales o subterráneos. Generalmente, estas obras de estabilización deben completarse por integridad para garantizar su efectividad así mismo es común que resulten costosas. En la mayoría de los casos, en una obra que debe estabilizarse dependen de acontecimientos que no se pueden proveer, incrementando presupuestos en doble de lo del proyectado pensado antes inicialmente de proyectos todos los gastos son costeados por el investigador de este trabajo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

El estudio nos remite a DYNA (2006). En “SIMULACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS”. Órgano Oficial de Ciencia y Tecnología de la Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales - Bilbao SPAIN. La metodología es novedosa en el sentido de simulación y evaluación de la estabilidad de los taludes aplicados en los suelos, tomando en cuenta la composición y forma que posee. En primer lugar, se toman datos geotécnicos de manera que se pudo definir características estructurales y geométricas además de analizar las cargas exteriores a las que se somete. Se aplicó la metodología de Bishop calculando puntos en un nivel tridimensional, representando el coeficiente de seguridad del talud. Es así que determinan líneas de bioseguridad. A través de esta metodología se calcula el valor del factor de seguridad crítico o mínimo del talud, es así que para calcular el trazado de superficies de deslizamiento definen su banda de rotura, otorgando taludes estables. (DYNA, 1992)

El estudio de (Valencia & Escobar, 2012) titulado “ESTUDIO Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y PROBABILIDAD DE FALLAS DE DOS TALUDES DE SUELO TROPICAL EN LA AUTOPISTA MEDELLÍN - BOGOTÁ EN EL TRAMO DE VÍA ENTRE MARINILLA Y SANTUARIO”. De la revista ciencias de la tierra Issn 0120 en Colombia el año 2015. Es comun conceptualizar cuan estable pueden ser los taludes en razón a los factores que determinan cuan estable es FS, es así que se determina mediante análisis matemáticos y componente los elementos que aseguran la estabilidad de talud, como sus característica

geometrías, límites geológicos, cargas por impacto de movimientos sísmicos, flujo de líquidos y ciertas características de los suelos.

Por lo cual se evalúa diferentes inclinaciones de taludes, y a través de un procedimiento probabilístico, estiman los elementos de equilibrio y las probabilidades de fallas, índices para confiar y los parámetros de los suelos con mas masa teniendo como meta la decisión de los taludes en cuanto el construir la vía. De acuerdo a el análisis e la teoría se puede concluir que los métodos mas utilizados son Bishop y Janbu entre otros que buscan más precisión los cuales son Spencer, Morgentem y Ponce y Sarma.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Urrutia (2008), “ANÁLISIS DINÁMICO DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS DE TALUDES DE LA COSTA VERDE EN EL DISTRITO DE MIRAFLORES”. Investigacion realizada para lograr la licenciatura en ingeniera civil en la PUCP. Debido a la presencia de sismo recurrentes de las costas de Perú, se escogió como variable de estudio el estudiar las dinámicas seguras en sismos, debido a la escasas de recursos se hizo uso de GeoStudio 2004 V6.2. Metodológicamente se describirá y explicará en cuatro partes los taludes de forma muestral. Los hallazgos son que los elementos de equilibrio constantes se mantienen en uno y ninguna dinámica lo hace decrecer. De acuerdo a lo encontrado se infiere que existe estabilidad en las zonas es decir las fronteras geológicas poseen modelos geométricos y el registro pertinente.

López (2006), “ESTABILIDAD DEL TALUD DE LA COSTA VERDE EN LA ZONA DEL DISTRITO DE BARRANCO”, investigación realizada con el fin de ser ingeniero civil en la PUCP. Se tuvo como fin estudiar las estabilidades de un talud y llegar a generar estabilidad en situaciones de movimiento sísmico 560m a de la zona de estudio. Se pudo demostrar que podría

presentarse fallas si hay aceleraciones superiores a 0.27g lo cual seria un riesgo, se sugiere planes de solución para equilibrar los taludes de la zona.

Zapata (2006), “ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA COSTA VERDE EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO”. Investigación realizada para ser ingeniero civil en PUCP. Se tiene como fin hacer una examinación de las problemáticas así como la exposición de opciones que soluciones una determinada área de estudio en talud, se hizo análisis de los movimientos y los posibles peligros focalizando en minorizar los gastos. Metodológicamente es descriptiva explicativa con ocho etapas en los taludes. Se concluyo que cuando se presentan circunstancias optimas, algunas de las áreas se optimizan mientras que otras no , lo cual llega a sugerir que mas actividades sobre estabilidad y prevención en especial a el muro ASTM C915(CribWalls), debido a aspectos económicos, constructivos y ambientales.

2.1.3. Antecedentes locales

Mata (2010) “INSPECCIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES DE COTABAMBAS EN EL DISTRITO Y PROVINCIA DE ABANCAY, ZONA ZAGUAN”, de acuerdo al informe Geologico ambiental de INGEMMET. Se explica las inspecciones elaboradas en los sectores de Zanguan. Se llega a la conclusión que para ser vulnerables a las dinámicas de las masas (riesgo geológico) dentro del lugar es elevado por que se desconoce elementos de estabilidad frente a un deslizamiento.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Taludes estables

Según (Hernández & Tamayo, 2019) define las características de la estabilidad de los taludes de modo que indica:el termino se ha estudiado desde distintas perspectivas, la estabilidad se mide por la altura y la carga que se da en el talud de esta manera se puede obtener de la geometria

y características del suelo. Se realizan diferentes estudios dirigidos a el suelo y sus resistencia, perfiles, filtraciones y agua del subsuelo, etc a causa de los factores de protección en la cual se da tendra que ubicar la falla critica. (pág. 18)

Del mismo modo se considera el estudio del material del suelo, considerándose para evaluar los aspectos de análisis de las estructuras. De acuerdo a lo anterior cuando se calibra y se hace la verificación en modelos computacionales se lleva a cabo el análisis que involucra complejidades relevantes cuando se hace referencia a la realización de aspectos del diseño para la eficacia y el consecuente estudio de suelos. (Hernández & Tamayo, 2019, pág. 18)

Existe una diversidad de evaluaciones a nivel cuantitativo para conocer la estabilidad de los taludes, respecto al método de dovelas, la masa de suelo es fraccionada en dovelas. Asumiendo un equilibrio estático en una suposición de superficie al deslizar donde el FS es menor.

Respecto a la metodología para la evaluación de suelos referenciamos a (Beneyto A. , 2011) el cual indica que: Existen métodos para la medición de los suelos tales como los propuestos por Fellenius que habla de las dovelas, de Bishop de las fallas no circulares, Janbu referentes a los taludes y tablas. (pág. 847)

Del mismo modo Beneyto (2012) menciona que: últimamente se han planteado diferentes formas para el estudio de la estabilidad de los taludes. Los más usuales son el uso de la gravedad y la resistencia. (pág. 846)

Actualmente la metodología para el análisis de los elementos se va actualizando y desarrollando permanentemente. Ya que de acuerdo a (Beneyto, 2012): de acuerdo a la normativa estadounidense los métodos de estilo finitos se aplicarían de mejor manera a los desplazamientos y las tensiones de la carga. (pág. 846)

A su vez se señala que respecto a este método como una herramienta potencial para ingeniería en el sentido que simula una serie de comportamientos usando la tecnología sin simplificar el problema de manera que se obtiene una serie de resultados con alto nivel de confianza, hoy en día se usa métodos de tipo elemental finito propuestos en ingenierías.

En concordancia con la problemática de la estabilidad del talud Beneyto (2012) menciona que: existen diferencias entre los métodos de abordaje limitado, el primero referido a la existencia de la adeterminación y la segunda es de tipo lineal, en otro sentido el equilibrio como método se basa en Bishop, utilizando procesos de tipo iterativo para más seguridad.

Esa metodología de elementos finitos suele usarse en el estudio de estabildades de taludes, suponiendo una serie de deslizamientos en superficies de manera que se evalúa la seguridad de la misma a través de las relaciones en cuanto resistencias a los cortes existente y las resistencias movilizadoras en la superficie.

2.2.2. Estabilidad de masa de tierra

De tipo netamente gravitacional, se genera movimiento sin mediación de algún transporte necesitando que las fuerzas de tipo estabilizador sean mayores que las desestabilizadas. Durante tiempo de lluvias los procesos mencionados anteriormente se relacionan, es así que se podría sustentar que las precipitaciones causan dinámica en masa en especial las fuerzas que desestabilizan el desplazamiento. (Gray & Sotir, 1996)

Los movimientos de masa en los cuales se encuentran los deslizamientos, derrumbes, etc. dependen de cuan saturado es un espacio, cuan veloz es un desplazamiento, cuan profundo son las masas desplazadas, grado y las longitudes de las pendientes del ambiente.

Debido a ello se agrupo con la denominación de golpe por cuchara, por su dimensión diminuta y la escasas en profundidad así como se relaciona de forma directa al intervenir un individuo. (Dollfus, 1973)

Para evaluar la estabilidad de laderas respecto a movimiento de masas se necesita evaluar la resistencia del suelo a través de modelaciones físicas del fenómeno deslizado permitiendo determinar la resistencia el suelo respecto al movimiento de partículas.

Consecuentemente, la erosión es causada por el esfuerzo del agua y el viento. Los efectos en el suelo, las cárcavas de ríos y la dinámica de las masas se dan por la resistencia del corte tangencial. (LAL, 1990)

2.2.3. *Movimientos de masa*

La remoción de masas, es una terminología geológica referida al rápido movimiento de ladera debajo de rocas y partículas más finas por la gravedad y otros factores como por exceso de agua.

En movimientos de masa encontraremos deslizamientos caídas de rocas, flujo de derrubios, solifluxión, reptación, avalanchas y otros que daremos a conocer a continuación:

2.2.3.1. *Clasificaciones en dinámicas de masas*

Podemos clasificarla por diversas maneras:

A) Por la clase de materiales

- Rocas
- Residuo
- Tierras

B) De acuerdo cuan húmedo es

- Secos: no se observa

- Húmedos: escasos líquidos
- Mojados: con agua
- Muy mojado: cantidad de agua

C) Por repetición

- Progresivo: dirigida abajo
- Retrogresión: dirigida arriba
- Ampliándose: dirigida a extremos
- Múltiples

D) De acuerdo a las velocidades

- Rapidez extrema > 5 m/seg
- Muy rápido 3 m/min
- Rápido 1.8 m/hora
- Moderado 13 m/mes
- Lento 1.6 m/año
- Muy lento 16m.m./año
- Lento en extremo

E) Por Estado De Actividad:

- Activa
- Reactiva
- Suspendida
- Inactiva
- Dormida
- Abandonada

- Estabilizada
- Relicta

2.2.3.2. REMOCIÓN EN MASAS

A) Deslizamientos

Es aquellas roturas y el desplazamiento de los suelos donde se ubica del talud originando movimiento, en ese sentido. La acción de un deslizamiento puede darse lenta o rápidamente sin causa evidente. Pueden deberse a las excavaciones o la socavación de en un talud. También se explican por el proceso natural de desintegración del suelo y las filtraciones de agua. (Matteis, 2003)

B) Desprendimientos

La escasa falta de equilibrio, la dinámica del movimiento genera la falta de estabilidad y pobreza del suelo evidenciándose deslizamientos de tierra por laderas. Se entiende como el desprender de la masa que es parte a causa de un talud con recorrido por aire. Los desprendimientos o los referidos vuelcos, se incluyen desplomes de las columnas de roca en los acantilados dando efecto en erosiones . Los desplazamientos generan cuando interviene el aire y los fragmentos caen. (Linkfang, 2017)

C) Movimiento de tierra en flujo

La dinámica geología según Ibañez en cuanto los flujos: esta relacionado con Iso desplazamientos que generan impactos en las masas en fangos en una base equilibrada. Impacta solo a los elementos de arcilla que pueden convertirse en fango con la presencia de líquidos, lo cual es causante de transformaciones de densidades, pesos y volúmenes favoreciendo los desplazamientos en las pendientes. (Ibañez, 2018)

Descripción de los movimientos masales

La descripción complementaria de los movimientos se desarrolla tomando en cuenta su velocidad y la prevención de ciertos eventos.

- Deslizamientos de tierra. - En la dinámica del movimiento de tipo catastrófico y destructivo son ejemplos generales, son llamados deslizamiento de tierra y se separan en tres:

Desplazamientos o fallas de pendientes. - dinámica típica de terraza en la cual se presenta caídas de masas.

Deslizamiento de roca. – Poseen rapidez, son los mas peligrosos, presentan relieves planos y la roca es débil.

Huaycos. – Termino quechua, se asocia a las precipitaciones en la cual las masas se relacionan con los suelos, se dan mas en ambientes sin protección con muchos escombros y profundidad y vegetación. (Duque, 2017, pág. 422)

Tabla 1

Organización de los movimientos de suelos y rocas en regiones tropicales:

	CLASE	COMO OCURRE	CUANDO OCURRE	COMO EVITAR
Movimientos plásticos	Reptación por las camadas superficiales	Movi. lentos de rastro, movilizando sólo una parte de la resistencia al corte	Movimiento constante acelerado durante la época lluviosa	Impermeabilización de la superficie y drenaje superficial
O viscoso	Deslizamiento de "talus"	Movimientos continuos de antiguos depósitos de laderas	Corte hecho al pié de un "talus" durante la época lluviosa	Lo anterior más subdrenaje con drenes horizontales o galerías filtrantes
Deslizamientos a lo largo de superf.	Deslizamientos planos o traslacionales	Asentamientos del manto relativamente delgado sobre la superficie de la roca de fondo	Rotura durante o después de precipitaciones con más de 100 mm/día durante el invierno	Lo mismo con cambio de configuración del talud, canales colect., bermas en el pié y muros de contención.
con cohesión y fricción	Deslizamientos rotacionales	Deslizamiento de suelos residuales o masa saprolítica, eventualmente con bloques de roca		
Deslizamientos estructurales de	Deslizamientos de cuñas o placas de roca	Deslizamiento a lo largo de discontinuidades planas	Rotura repentina durante o después de tormentas con más de 100 mm/día, pero no necesariamente	Anclaje de rocas y estructuras ancladas
Masas rocosas	Deslizamiento de masas rocosas muy fracturadas	Similar a los deslizamientos planares y rotacionales	Durante la época lluviosa	
	Caída de rocas	Desmoronamiento de bloques de roca (boulders)		

	CLASE	COMO OCURRE	CUANDO OCURRE	COMO EVITAR
Flujos rápidos	Flujo de masa barrosa	Erosión o licuación de capas superficiales	Durante tormentas con precipitaciones de más de 50 mm/hora en épocas lluviosas de años secos	Si son moderados se construyen en la vaguada estructuras disipadoras para evitar la incorporación de
	Flujo de bloques de roca y "boulders"	Demolición de masas rocosas muy fracturadas		Material del cauce

2.2.4. Modos de falla

Los taludes pueden fallar en muchas maneras es así que se describe las fallas más comunes que en muchas ocasiones se dan en combinación de sí mismos.

A) Falla por deslizamiento superficial

Según Cuenca los taludes se encuentran subordinado a la naturaleza y su fuerza, por lo cual dirige a los elementos del suelo hacia la gravedad, la presión que ejerce un terreno mas inclinado acelera el deslizamiento. De esta manera el ambiente se encuentra con viscosidad y se va desarrollando lentamente. La falta de equilibrio se podría deber a la falta de resistencia del suelo u otras situaciones. Se detallan en la siguiente figura. (Cuenca, 2001)



Figura 1. Ccaccañan de Una Falla por Deslizamiento-

Fuente: Elaboración propia

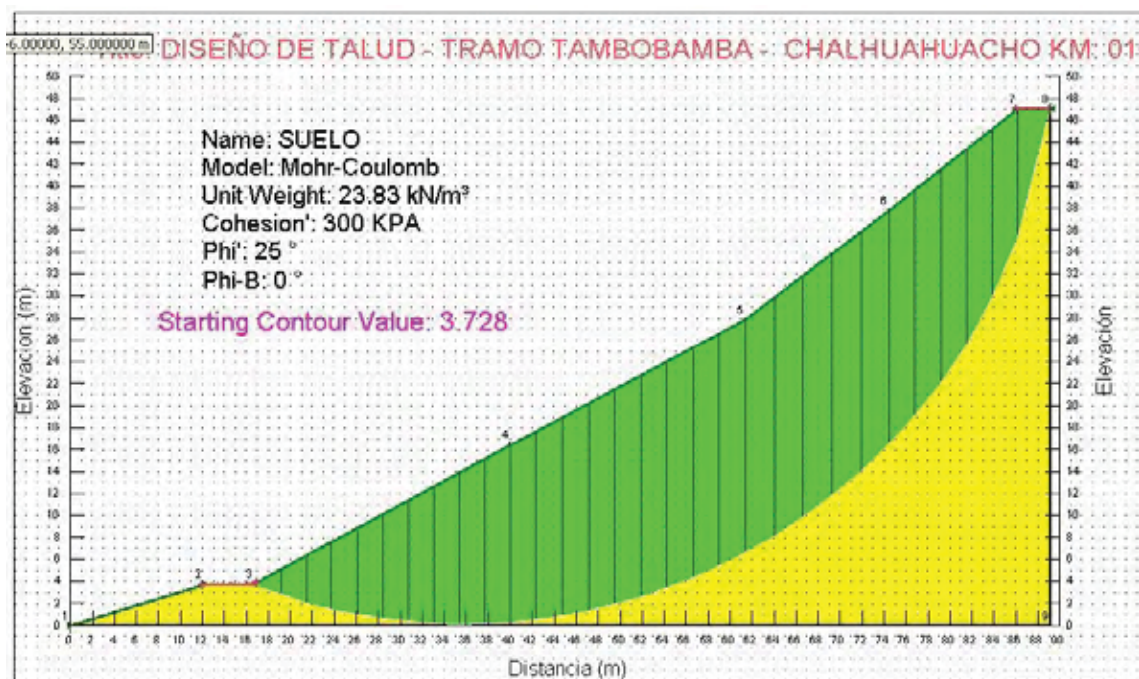


Figura 2. Ccaccañan-Tambobamba.

Fuente: Elaboración propia

Dichas evidentes fenómenos pueden llegar a convertirse en un peligro más en las formaciones naturales de las laderas ya que se expanden en amplios territorios, pueden ser observados y por lo tanto estar en evidencia por la presencia de distintos elementos tales como postes, árboles y depresiones, valles cuencas en zonas de altura. (Cuenca, 2001)

B) Deslizamientos sobre superficies de falla preexistentes

Los deslizamientos se realizan lento, pero de forma latente es por ello que no son notorios, se relacionan con estratigrafías y con el flujo de agua interna de las laderas. Se puede observar en la imagen. Dicho fenómeno se da porque dentro de los taludes se encuentran materiales con estratificación, presentando inclinación, lo cual explica por qué la falla posee este tipo de depósito y material. (Tardeo, 2016, pág. 23)

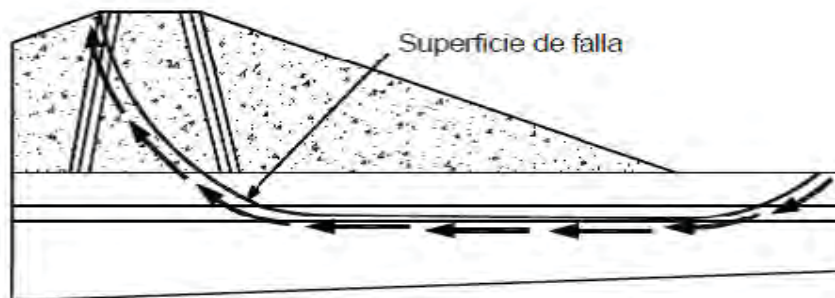


Figura 3. Grafico de las fallas en superficie

Los suelos de tipo cohesivo se encuentran presentes en esta falla se dejan guiar por la fuerza de gravitación actuando por más tiempo, causando deformación y falla, obteniendo resistencia con elementos del contacto. (Tardeo, 2016, pág. 23)

C) Falla debido a los movimientos de los cuerpos de los taludes

El deslizamiento consta con fallas curvas formada en la superficie ocasionando el movimiento del talud, este modo también es conocido por “rotación”.

Para (Tardeo, 2016) : se presentan fallas similares, existe dinámica en por lo largo de uan superficie débil presentes en el centro del talud o en su ambiente, son de forma horizontal e inclinados. Presentan fallas.



Figura 4. Esquema de una Falla por Movimiento

D) Flujos

El autor (Tardeo, 2016) plantea: la falla presenta características tales como la dinámica de movimiento rápida y dentro del contexto natural, similares a un líquido con viscosidad. No hay

falla en la superficie, es breve. Dentro de los cuales existen elementos que se humedecen se explican debido a el aire y la importante acción del agua, se llega a procesos de licuación en ambientes húmedos.



Figura 5. Esquema de flujos

Fallas por erosión

Para (Tardeo, 2016) las fallas de erosión comprenden: fallas por la acción de la naturaleza en el talud, se evidencia en un talud empinado, irregular y con uniformidad. No se puede explicar cuantitativamente explícitamente, pero se puede prevenir con su estudio.

Falla por licuación

La falla sucede al tener un suelo no muy compacto con propiedades casi dirigidas a tener suspensión perdiendo lo resistente del esfuerzo. Se da en suelos de arcilla y arena por movimientos sísmicos graves. (Tardeo, 2016)

Presión de poros

Al poner presión dentro de la superficie del suelo y esta tenga poros llenos de agua, genera la suficiente fuerza para que el líquido pueda salir por los poros, usualmente se da de forma rápida en suelo de contextura granular y al contrario con suelos de arcilla. Llegando a darse la consolidación. Los esfuerzos de los poros y los fluidos pueden transferirse normalmente, sin ser cortante ni resistente es por ello que se le conoce como presión neutra. (Tardeo, 2016)

La definición de acuerdo a Tardeo se refiere a esfuerzo efectivo el cual se transmite por la solidez de un elemento a través de poros, se contralará así las posibles deformaciones por la presión a diferencia de los esfuerzos normales de grano a grano. El suelo saturado se describe a través de datos numéricos, se expresan a continuación: (Tardeo, 2016)

$$a' = a - f_i$$

Donde:

a': Esfuerzo efectivo

a: Esfuerzo total

f_i: Presiones en el poro

Hay influencia en la presión de poros y la resistencia del suelo, con distintas consecuencias, teniendo en cuenta la clasificación del suelo. Las arcillas con contextura dura en condición drenada tienen presión negativa resultado en la debilitación. (Tardeo, 2016)

En cuanto las arcillas y limos al no estar húmedas poseen positividad poseyendo condición crítica en poco tiempo. La permeabilidad se encuentra en suelos con granulaciones tienen rápida absorción, fallando al drenar menos en sismos. (Tardeo, 2016)

Análisis en zonas sísmicas

Con lo indicado por Alva (2000) al presentarse un sismo el talud se somete a:

- Amplificar las señales sísmicas debido a los efectos de relieves
- Fuerza en la inercia provocada por la masa
- Transformación de un parámetro geotécnico caracterizando los elementos; los cuales forman parte del talud. (Alva, 2000)

El talud pseudoestático se analiza considerando su relación con los sismos, la fuerza del sismo es horizontal y afecta a el suelo con poca estabilidad. De esta manera se puede saber cual es la magnitud (peso x masa= coeficiente sísmico). (Alva, 2000)

El nivel de sismicidad en la localidad determinará el coeficiente sísmico.

A continuación, se muestran el análisis de los valores para la estabilidad, en Perú estos métodos se enfocan en el equilibrio y la mecánica de los cuerpos:

Tabla 2

Cf respecto a los análisis de los sismos y su estabilidad en el talud

<i>Estado sísmico del ambiente</i>	<i>Coeficiente Sísmico</i>
Alto, cercanos a costas	0.17 a 0.22
Mediana en áreas andinas	0.10 a 0.17
Niveles bajo en área selvática	0.00 a 0.10

La fórmula después de conocido los coeficientes de sismo es:

$$P_k = c.w$$

En el cual:

P_k : fuerzas del sismo.

W: pesaje de las masas en inestabilidad

C: coeficientes sísmicos.

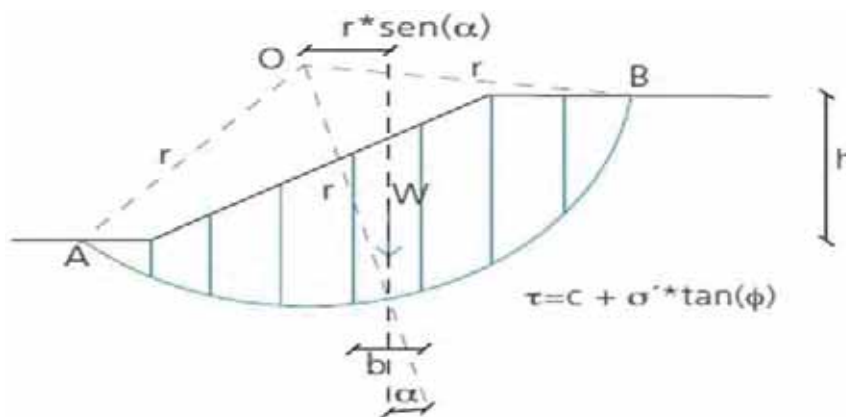


Figura 6. Formula de los métodos pseudoestáticos

A) Método de N ewmark

“Para (Alva, 2000):”

En el proceso se explica sobre los análisis realizados en sismos considerando su bagaje histórico y la aceleración de las masas deslizadas. Se asemejan a un tipo de representación de la dinámica de los suelos los cuales son comparados con aceleraciones con limites que determinan el desplazamiento cuando es permanente.

La metodología Newmark indica que las fallas en superficies de tipo definidas existen entendidas de la siguiente forma: para que los taludes se deformen ser a necesario la presencia de materiales rígidos plastificados, perdidas en momentos de sismos y la deformación que se causa por los movimientos. Es importante saber que los taludes son formaciones de ubicación inferior. (Newmark, 1959, pág. 67)

Así indica (Newmark, 1959) :

Dichos procesos necesitan que se ubiquen los valores de k_y , en el cual se usen técnicas tradicionales como equilibrios límites. Entre las dificultades presentes esta

el escoger un acelerograma el cual haga la simulación de los taludes cuando se mueven, se hará posible el cálculo de las aceleraciones de superficies que tienen fallas.

B) Método de Makdisi y Seed

Los teóricos definen que sísmicamente es estable un talud si hay deformación se debe a situaciones seguras tradicionales, con uso de Newmark en cambio. Los métodos presentan racionalidad debido a que se determinan las aceleraciones producidas o las aceleraciones que se requieren con el fin de obtener factores seguros. (Makdisi & Seed, 1978)

El valor es afectado por una serie de esfuerzos cíclicos observados en el material del talud que resultaron con 80% del esfuerzo estático.

Los valores son afectados por un proceso de secuencias donde se observa materiales de los taludes resultantes de un ochenta % esforzándose de forma estática. La curva de diseño se desarrolla estimando de forma permanente donde se induce movimientos en sismo del talud en cien a doscientos de altura con el uso para analizar elemento de tipo contable. (Makdisi & Seed, 1978)

Esta metodología se aplicó en estructuras como rellenos sanitarios hasta taludes de carreteras.

Factor que influye en cuán estable son los taludes

A) Factor litológico

Se clasifican de acuerdo a la clase en la que se forma, se puede observar dos elementos las rocas y los suelos. Dentro de los tipos se presentan tipos susceptibles ya sea presentar deslize o dinámicas internas de lo formado. Al presentarse taludes conformados con distintas rocas, los comportamientos son variables por el tipo de elemento. (Abramson, 1996, pág. 629)

En referencia al aspecto litológico de elementos de flotación y los grados en los cuales se alteran sus aspectos de tipo mecánico se indica que se presentan cambios por el uso del material así mismo se considera los elementos que los conforman es así que hay algunos tipos con delimitaciones, rangos y segmentaciones que pueden predisponer a deslizar.

Se presenta más incertidumbres para conocer los factores que indican si lo calculado es seguro tal como la falla de tipo natural en la geología encontradas durante las observaciones del ambiente y que por ello suelen no ser consideradas. (Castañón, 2011)

En los aspectos litológicos se presentan formas de comportarse dependiendo de los perfiles geotécnicos y la presencia de distintas conductas en el talud resultantes de aspectos caracterizados de algún material, de esta manera cuando se encuentra elementos compuestos de los mismos tipos son más tratables a comparación de los compuestos por distintos elementos.

Los elementos diferenciados exigen estructuras que integren en su complejidad, realizando análisis sobre cómo se comportan observándose las variaciones. Se ejemplifica con la presencia de materiales en el suelo lo cual es influenciado para la sistematización consiguiente. (Castañón, 2011)

B) Estructuras geológicas

Para el teórico es necesario tomar en cuenta cuan estable puede ser el talud, así como los aspectos geométricos con elementos que afloran, orientaciones, pendientes y alturas con respecto a las laderas. Se debe observar la discontinuidad, enfocándose en cuan inclinado este, numeración, densidades, formas ya que estarán en contacto con los líquidos que se filtran en su mayoría en tiempos de precipitaciones.

C) Aspectos geomorfológicos

Los aspectos geomorfológicos se dirigen a estudiar las superficies terrestres, desde su inicio, sistemas en relación con su evolución, así como sus características, también pueden hacer predicciones sobre como es la conducta y como será.

En la elaboración de los modelos de conducta de los taludes se determina como se pueden hacer evaluaciones de las geomorfologías y su impacto en el proceso de falta de estabilidad, dentro de los sistemas en el ahora y antes sirven como punto de partida sobre las predicciones. Dichos aspectos son fundamentales para conocer la sistematización, así como los movimientos en el ambiente. Se enfoca en los procedimientos antes, durante y los que podrían ocurrir en el ambiente.

D) Pendientes y relieves

Topográficamente las pendientes y alturas en ladera son elementos condicionantes para desarrollar evoluciones en el proceso de deslizamientos ya que son factores en la falta de estabilidad. En suelos con homogeneidad pueden presentarse fracturas debido a la naturaleza proclive a generar deslices. Cuando existen ambientes muy abruptos son sinónimo de inestabilidad. Es por ello que aspectos como la morfología y los de medida en terrenos han evolucionado con técnicas que determinen cuan susceptible es en laderas. (Martínez,1998)

E) Cobertura vegetal

De acuerdo al autor en sus investigaciones sobre la vegetación indica que son factores que generan controversia debido a que pueden influenciar en cuan estable es un talud y como se desenvuelve. (Martínez, 1998, pág. 2)

A causas de los diferentes estados producidos con la presencia de vegetación, se considera las estaciones como influyente, así también son beneficiosas al enraizarse y generar más compresión con el suelo.

Al estar presenta la vegetación existe mas absorción y por lo tanto menos erosiones, en el otro aspecto, algún tipo de raíz de gran superficie podría generar movimientos que agrieten y fracturen el suelo.

F) El afecto antrópico

De acuerdo al autor cuan estable es un talud por influencia de ladera se debe a que las actividades humanas alternan y cambian la homeostasis que esta estable en el entorno, provocado por el corte y excavación para la realización de carreteras, construir casas, verter materiales en taludes. (Campos,2011)

El individuo puede alterar el contexto con relación a los taludes, influyendo en como se desarrollan y las acciones de deslizamiento. Actividades económicas del hombre determinan que ocurre con un deslizamiento.

G) Estado de meteorización

Los líquidos, así como las ventiscas impactan a el talud provocando erosión. Dichos cambios en lo geométrico y lo que deben cargar hace que los taludes sufran cambios en su condición. (Castañon ,2011)

H) Clima e hidrología

En época de precipitaciones, el talud resulta afectado pues se satura en sus formaciones, lo cual provoca mayor masa con menos capacidad de resistir erosionando las superficies. Cuando se evidencia liquido en grieta generan fuerzas que pueden resultar en fallas. (Castañón Garay ,2011)

Cuando se comienza con el tiempo de precipitaciones, consecuentemente los suelos se ven afectados, generan peso y por lo tanto menores valores al resistir esfuerzos en corte y erosivos del área. Las fallas estudiadas se explican debido a que se filtró h2o lo cual genera fuerzas.

I) Sismicidad

Los movimientos sísmicos agregan mayor fuerza a los movimientos entre la fuerza de tipo estático que actúa en los taludes, lo cual provoca cambios en el esfuerzo de reducción para resistir al corte y llegando a dejar débil la tierra. Presiones en crecimiento de talud formados por granos como elementos generara fenómenos como licuaciones. (Tardeo,2016)

J) Aspectos geológicos

En los errores de un talud se pueden evidenciar características de tipo geológico sin ser detectada al realizar exploraciones, dichos elementos si no son tomados en cuenta llegan a ser peligrosos para la medición del riesgo. (Tardeo, 2016)

K) Cargas externas

Aplicar fuerza en los taludes pueden ocasionar mayor presión en las masas de la tierra, generando fallas en taludes, y al no poder ejercer control generan riesgos. (Tardeo, 2016)

L) Excavaciones y/o rellenos

Cuando se realizan diversos tipos de acciones en el pie de los taludes estos generan cambios por el esfuerzo plasmado. Entre las cuales se tiene la excavación y el relleno. La primera actividad genera presiones en los poros disipando más las fallas. (Tardeo, 2016)

2.2.5. Estructura de los taludes

A) Talud:

De acuerdo al autor se entiende como aquellos terrenos en los cuales existen superficies con una ubicación al horizonte. Su estructura llega a ser natural o artificial, los primeros son conocidos como ladera y los segundo como desmontes, pueden presentar dificultades sin son sometidos a movimientos. (Jiménez, 1981)

B) Etapas en el proceso de falla

Relatividad en los movimientos, de prioridad geológica, de acuerdo a la teoría se pueden ordenar de la siguiente manera:

Fases de deterioros

- Fase de fallas: Se presentan al observarse fallas en las superficies o dinámicas en las masas.(Tardeo, 2016)
- Fases después de las fallas: parte de las masas que se encuentran relacionadas en la falla llegando hasta detenerse.
- Posibilidad de reactivarse se puede hallar nuevos riesgos.
- Fase de deterioro: no se presenta fallas en la tierra.
- Fase de fallas en el cual donde se hace presente el riesgo.
- Fase posterior a la falla
- Posibilidad de reactivarse falla (Tardeo, 2016)

C) Método heurísticos

Relacionada con los elementos que provocan la falta de estabilidad, se toma en cuenta lo susceptible de los deslizamientos siguiendo la teoría de Vahrson, prestando dirección a el método de la investigación.

D) Metodología mora-Vahrson

El método se aplica a través de mesclase de elementos y parámetros, obtenidos mediante la observación el cálculo y medición de indicadores morfo dinámicos.

La mezcla de distintos elementos y medidas son consideradas de acuerdo a el deslizamiento, debido a la presencia de grados de humectación en laderas con presencia de pendientes, alcanzando susceptibilidades. (Vahrson & Mora, 1992)

Por tener la condición de tipo externa y de movimiento, los factores sísmicos y las precipitaciones son determinantes cuando se busca estabilidad que mantenga las laderas. Se consideran dentro de los determinantes aspectos de tipo pasivo de desencadenantes. (Vahrson & Mora, 1992)

Se presenta:

$$H = EP$$

H: Nivel en ser susceptible

EP: Valores de las mezclas de productos de tipo pasivo

D: Valores desencadenantes

El valor pasivo se encuentra: (Vahrson & Mora, 1992)

$$EP = St \times Sh \times Sp$$

Donde:

St: Valores paramétricos por litología

Sh: Valores de acuerdo a lo húmedo del ambiente

Sp: Valores de parametrales esperados

Los desencadenantes están compuestos por : (Mora & Vahrson, 1992):

$$D = Ds + DII$$

Ds: Valores de acuerdo a los parámetros desencadenados por sismo

DII: Valores parametrales disparados por precipitaciones

Los valores anteriormente mencionados se encuentran sujetos a la condición de cada ambiente. Los autores sugieren que se puedan separar en distintos elementos para la mejora del estudio. Se propone que se haga uso de histogramas donde los hallazgos se mezclen con el parámetro. (Vahrson & Mora, 1992)

Es importante señalar que el lugar donde se analiza se encuentra influenciado por elementos que se encuentren en el ambiente. La validez depende del contexto.

2.2.6. Descripción de los parámetros de la metodología MVM

A) Tipos de taludes

Los taludes son toda aquella superficie que se inclina hacia la tierra o a rocas.

Más adelante se presentan ejemplos de situaciones prácticas en las cuales se necesita analizar la estabilidad. Respecto a los cortes y terraplenes, se debe hacer el análisis considerando las alteraciones generadas a lo largo de la ejecución y puesta a término de la obra, de manera que se identifique la condición más crítica en materia de seguridad. En el caso de presas de tierra, debe analizarse la estabilidad dependiendo de la etapa en la cual se construye y el proceso en el cual se encuentre, esto es, al final de la construcción, durante la operación y en la situación en la cual la presa pueda estar sometida a un abatimiento rápido del nivel de agua en el embalse.

Los diques de materiales de desecho (botaderos de materiales térreos o escombreras) son estructuras semejantes a las presas de tierra, pero con la diferencia de que almacenan residuos de ingeniería o minería que en muchos casos son utilizados para construir los mismos diques. Este tipo de obra tiene como condición crítica la baja capacidad de soporte de los desechos.

B) Taludes contruidos

La construcción de un talud por humanos se realiza cortando una ladera o excavando. Se debe cuidar las inclinaciones y cuán estable sea. Se toma en cuenta la propiedad de movimiento

geológico, así como los flujos condicionantes. Son beneficiosos porque son más estables que los encontrados de forma natural.

C) Taludes naturales

Conocido como ladera, se encuentra formado por los residuos de suelos en base rocas u otros. Sufren el impacto del tiempo y de la fuerza gravitatoria. Su aspecto de acuerdo a su aspecto es en la mayoría de veces planos o con curvas cóncavas, los cuales generan mejor tipo de condición para el paso de líquidos.

Tabla 3

Respuestas geodinámicas

	Plana
Convexa	Colectora
	Difusora
Concava	Colectora
	Difusora

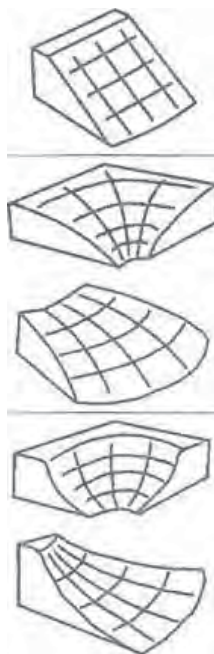


Figura 7. Taludes naturales

La naturalidad de las formaciones se encuentra bajo dificultades en cuanto estabilidad, debido a que la acción de la gravedad hace que se presente movimientos. Es muy común observar taludes que se mantienen estables durante muchos años y sufren procesos de movimiento de falla, lo cual ocurre cuando otros factores que alteran el estado de esfuerzos de la masa producen esfuerzo cortante que igualan los factores para que la tierra resista.

La inestabilidad de taludes es consecuencia de la propia dinámica de evolución de éstos. A medida que avanzan los procesos físico-químicos de alteración (meteorización) de las rocas, el material resultante se va volviendo menos resistente, y dependiendo de la influencia de la topografía se generan condiciones propicias para disparar la rotura del talud.

D) Suelo residual

Suarez (2015) indica que “el suelo residual se forma a partir de la acción del intemperismo químico o físico de la roca sana. Con las alteraciones en progreso de las características geológicas y mecánicas de la roca, las capas más superficiales se van transformando en suelo. El suelo residual se caracteriza por estar siempre sobre yaciendo a la roca que le dio origen y puede alcanzar espesores de decenas de metros.”

Como el proceso de meteorización evoluciona desde la superficie hasta zonas más profundas, el suelo residual puede presentar diferentes horizontes (La capa más superficial se denomina suelo residual maduro, o simplemente suelo residual, y su alto grado de meteorización implica una pérdida completa de las características de la roca madre, lo cual hace que ese horizonte sea razonablemente homogéneo. Después de la capa o zona anterior, es posible identificar otra de suelo residual joven o saprolito, o suelo de alteración de roca menos intemperizada que preserva las características estructurales de la roca originaria (estructuras heredadas, pliegues, vetas intrusivas, esquistosidades, etc.), junto con algunos minerales no descompuestos. Entre el suelo

saprofítico y la roca sana es común encontrar una capa de roca alterada, la cual indica el avance de la acción de meteorización a lo largo de las fracturas o en las zonas con minerales menos resistentes. A pesar de esta subdivisión en horizontes, no existe un límite bien definido entre ellos.

El talud en su forma natural se encuentra en constante problemas de estabilidad debido a las fuerzas de gravedad quien producen dinámicas. Es muy común observar taludes que se mantienen estables durante muchos años y sufren procesos de movimiento de falla, lo cual ocurre cuando otros factores que alteran el estado de esfuerzos de la masa producen fuerza de tipo en corte igualando la resistencias de la misma tierra.

La inestabilidad de taludes es consecuencia de la propia dinámica de evolución de éstos. A medida que avanzan los procesos físico-químicos de alteración (meteorización) de las rocas, el material resultante se va volviendo menos resistente, y dependiendo de la influencia de la topografía se generan condiciones propicias para disparar la rotura del talud.

- Suelo residual maduro
- Suelo residual joven
- Suelo saprofítico o roca muy meteorizada
- Roca alterada
- Roca sana

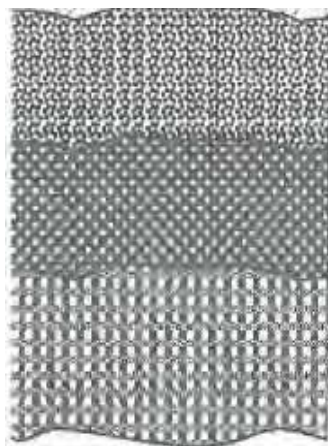


Figura 8. Perfil de meteorización simplificado

La composición del suelo residual depende de la composición mineralógica de la roca originaria (Chiossi, 1975; Massad, 2005).

A renglón seguido se presentan algunos ejemplos de productos de la meteorización de la roca sana (

Tabla 4

Composición del suelo residual en función de la roca madre

Roca	Tipo de suelo
Basalto	Arcilloso
Cuarcita	Arenoso
Filiia	Arcilloso
Granito	Areno-arcilloso (micáceo)
Calcárea	Arcilloso
Gneis	Limoso y micáceo

E) Suelo coluvial

Un coluvión se refiere a el elemento mixto formado con fragmento en rocas sanas o con rastros de meteorizaciones, embebidos en una matriz de suelo. Estos depósitos se originan por transporte de los materiales, que tiene como agente principal la acción de la gravedad; se acumulan

en la base o a distancia pequeña de los taludes muy empinados o escarpes rocosos (GEO, 1997; Lacerda y Sandro-ni, 1985). Cuando hay una gran abundancia de bloques rocoso.

Dimensiones significativas, con poca o ninguna matriz, el coluvión también se denomina talud. Mayoritariamente se debe identificar en campo la transición entre un depósito coluvies y el suelo residual, debido a que la acción del intemperismo tiende a destruir las diferencias geológicas entre ellos, llevando a una capa visualmente homogénea.

F) Clases de movimiento de masas

Se entiende como los movimientos de las masas al removerse o sufrir deslizamientos en cuanto volúmenes en base suelos. En general, en la bibliografía especializada se habla de los movimientos en masa como procesos relacionado con dificultades al estabilizar una ladera. Se hacen evidentes una serie de opciones de sistemas de clasificación, tales como las de Barnes (1958, 1978); Hutchinson (1968), Guidicini y Nieble (1983), pero la de Barnes es la más utilizada internacionalmente. Se reproduce a continuación una propuesta de subdivisión de las dinámicas de las masas, aplicables a el suelo y roca.

- Caída.
- Volcamiento (o volteo).
- Deslizamiento.
- Propagación lateral.
- Deslizamiento complejo.

Tabla 5

Organización de las dinámicas en las fallas del talud por Varnes (1978)

Tipos de movimiento		Tipos de material			
		Roca	Suelo ingenieril		
			grueso	fino	
Caídas		De roca	De detritos	De tierra	
Volcamiento (volteo)		De roca	De detritos	De tierra	
Deslizamientos	Rotacionales	Pocas unidades	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de tierra
	trasnacional	Muchas unidades	De bloques rocosos	De bloques detritos	De bloques de tierra
Propagación lateral		De roca	De detritos	De tierra	
Flujos		De roca (superficial profundo)	De detritos	De tierra	(superficial de suelo)
Complejos: combinación de dos o más de los tipos principales de movimientos					

Así mismo, se presentan las recomendaciones de clasificación con base en cuan veloz y cuan profunda son las masas que se deslizan.

Tabla 6

Organización de acuerdo a las velocidades de la dinámica en masa

Designado	Factor en velocidad
Extremadamente rápida	> 3 mis
Muy rápida	0,3 m/min a 3 mis
Rápida	1,5 m/día a 0,3 mimin
Moderada	1,5 mimes a 1,6 m/día
Lenta	1,5 rmin año a 1,6 mimes
Muy lenta	0,06 m/año a 1,6 miaño
Extremadamente lenta	< 0,06 m/año

Fuente: Varnes (1978).

Tabla 7

Organización de acuerdo a las profundidades de masas en deslizamiento

Designaciones	Profundidades
Superficiales	< 1,5 m
Poca profundidad	1,5 a 5 m
Profundo	5 a 20 m
Muy profundo	> 20 m

Fuente: Geo Río (1999).

La mayoría de las clasificaciones tiene aplicabilidad regional, de acuerdo a los aspectos de la geología y climática local. Algunas se han propuesto para adecuar la clasificación de movimientos en masa a ambientes tropicales, como en el caso del Brasil (Vargas, 1985; Costa Núñez, 1969). Augusto Filho (1992) revisó la propuesta de clasificación de Barnes (1978) y la ajustó a las características de los grandes grupos de procesos de deslizamiento en la dinámica ambiental brasileña (Geo Río, 1999), como se muestra en el Tabla siguiente, en el cual se observa que los movimientos en masa se agrupan en reptación, deslizamientos, caídas y avalanchas o flujos

Tabla 8 *Características de los grandes grupos de movimientos en masa*

Proceso	Características del movimiento, materiales y geometría
Reptación o flujo	<ul style="list-style-type: none"> • Varios planos de deslizamiento (internos) • Velocidades muy bajas (cm/año) a bajas y decrecientes con la profundidad • Movimientos constantes, estacionales o intermitentes • Suelo, depósitos, roca alterada/fracturada • Geometría indefinida
Deslizamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Pocos planos de deslizamiento (externos) • Velocidades medias (km/h) a altas (m/s) • Pequeños a grandes volúmenes de materiales • Geometría y materiales variables • Planares: suelos de espesor pequeño, suelos y rocas con <i>un</i> plano débil • Circulares: suelos homogéneos de gran espesor y rocas muy fracturadas • En cuña: suelos y rocas con dos planos débiles
Caída	<ul style="list-style-type: none"> • Sin planos de deslizamiento • Movimientos del tipo de caída bre o en plano inclinado • Velocidades muy altas (varios m/s) • Material rocoso • Volúmenes pequeños a medianos • Geometría variable: losas, placas, bloques, etc • Rodado de rocas • Volcamiento
Flujos/avalanchas	<ul style="list-style-type: none"> • Muchas superficies de deslizamiento (internas y externas de la masa en movimiento) • Movimiento semejante al de un líquido viscoso • Desarrollo a lo largo de cauces y cañadas. Velocidades medias a altas • Movilización de suelo, roca, detritos y agua. Grandes volúmenes de materiales • Grandes distancias de recorrido, aun en áreas planas

Fuente: Augusto Rho (1992).

En los sistemas de tipología de acuerdo a las dinámicas de las masas de taludes no se incluyen los procesos de erosión, a pesar de que son objeto de gran preocupación por los daños que pueden causar. Los mecanismos disparadores de los procesos erosivos pueden estar constituidos por varios agentes, lo cual hace que dichos procesos se traten por separado.

G) *Subsidencia*

La subsidencia es un movimiento en masa en el cual ocurre un desplazamiento esencialmente vertical, que puede ser continuo o instantáneo (colapso de la superficie). Según el mecanismo disparador, este tipo de movimiento puede clasificarse como complejo, producido por un Re arreglo de las partículas, desprendimiento o caída (desplazamiento vertical finito), o hundimiento, en el que hay de formación continua.

Caídas

La caída es aquel movimiento de forma brusca con velocidades muy altas, referidas a los elementos que se someten a caídas libres o en dirección inclinada. Los desprendimientos son originados por fractura de meteorización o presión del agua, encierro y también dentro de la corriente de aguas bajo tierra, entre otros.

Asentamiento de capas de suelo

El asentamiento de la superficie se puede producir por densificación o colapso de capas de suelo. También puede ser resultado del proceso de consolidación de suelos arcillosos, proceso que no está asociado con problemas de taludes y, por lo tanto, no se incluye en el presente capítulo.

El colapso de capas o zonas del terreno que produce hundimiento de la superficie se origina en la remoción de una fase sólida, líquida o gaseosa del subsuelo, cuyas causas más comunes son:

- a. Acción erosiva de aguas subterráneas.
- b. Actividades de minería.
- c. Efectos de vibración en sedimentos no consolidados.
- d. Extracción de petróleo.
- e. Bombeo de aguas subterráneas.

Los asentamientos son movimientos verticales causados por la variación del estado de esfuerzos efectivos, como resultado de la aplicación de sobrecargas, descenso o abatimiento del

nivel del agua, excavaciones subterráneas, etc. Adicionalmente, los procesos de consolidación secundaria también generan movimiento de la superficie del terreno.

H) Flujos

Al referirnos a la conceptualización se entiende como aquel conjunto de movimiento, que brinda superficie para deslizar, no se establece algún tipo de velocidad. Reptar es tener lentitud al moverse mientras que al contrario es flujos de lodo. Se asemeja a las dinámicas viscosas. (Suarez, 2015)

I) Reptación

Suarez (2015) “La reptación es un tipo de flujo extremadamente lento de suelos (puede ser crucial en tiempo de precipitaciones) donde no se podrá identificar acertadamente si se presenta movimiento o no.

En cuanto a conocer el por que de los movimientos estos tiene que ver con las consecuencias de fluctuaciones de calor y cuan húmedos sea el ambiente.

La diferencia de la reptación con otras formas de movimiento en masa la describió esquemáticamente Lacerda (1966), como se muestra en la figura 1.7; en el esquema 1.7A aparece una masa de suelo en deslizamiento traslacional, la cual se mueve como un bloque a lo largo de una superficie bien definida; en la figura 1.7B hay una zona superficial en proceso de deslizamiento y una capa inferior en reptación, en tanto que en la 1.7C los vectores de velocidad corresponden a una condición

J) Flujo de lodos y de detritos

La velocidad del flujo es (10 km/h)¹ la cual es producida por la falta de los siguientes factores:

1. En la sistematización en cuanto movimiento de falla de talud por Varnes (1978), se establece para movimientos extremadamente rápidos una tasa mayor de 3 m/s, para muy rápidos 0,3 m/min a 3 m/s y para rápidos 1,5 m/día a 0,3 m/min (N. del T.).

“En superficie puede identificar si el proceso observacional de desplazarse en carretera, inclinaciones, etc.” (Asociación de carreteras del Japon, 1984).

2.2.7. Método determinístico

Su uso se dirige para estudiar laderas y taludes de en concreto, en base de números son fiables con su debida aplicación. Se encuentra mejor aplicado en ambientes de gran extensión. (VanWesten, 1993)

a) Angulo de fricción

Los ángulos de las fricciones son representados por coeficientes matemáticos, hay elementos influyentes como la magnitud, como se distribuye y cuan denso es un grano. (Ochoa, 2016)

b) Cohesión

Unión de partícula de tierra así como el resistir en el cemento. Cuando se presentan un suelo granular no se puede encontrar adherencias por lo cual no presentar cohesión. (Badillo, 2005)

c) Factor de seguridad

En base a matemáticas, ya que se examinan los fenómenos del talud y inestabilidad se realiza la suma de la fuerza y las fallas encontradas en la tierra. Se basa en teorías con el conocimiento de las resistencias de los elementos debido a esto se puede determinar de forma matemática con más opciones. (Beneyto A. , 2011)

Se debe tener en cuenta los aspectos de seguridad porque se debe encontrara en un estado eficaz. (Suarez, 2020).

Para hallar las fallas se puede presentar el $f(x)$ de seguridad y las resistencias: (Fellenius, 1922, pág. 130).

F.S.= resistencias al corte

Se considera lo siguiente:

- a. menores a uno ($FS < 1$), inestabilidad
- b. Mayor a uno ($FS > 1$), el talud es estable”.
- c. Menores o iguales uno ($FS = 1$) peligros en hallar fallas (Fellenius, 1922, pág. 130)

2.2.8. Método de Bishop simplificado

Propone que poder equilibrar las fuerzas es base para el calculo de falla en circulo. (SANHUEZA PLAZA & RODRÍGUEZ CIFUENTES, 2013, pág. 23)

Así también indican que:

Cuando se presenta fricciones en la tierra, las resistencias se encontrarán relacionadas con las fuerzas se fórmula: (SANHUEZA PLAZA & RODRÍGUEZ CIFUENTES, 2013, pág. 23)

B: Bases de las dovelas

c: Cohesiones del suelo

Φ : Ángulos de fricciones

α : Ángulos donde se encuentra la falla

FS: Factores seguros

2.2.9. Método de janbu

Especialmente para superficie no circular, su objetivo es equilibrar fuerzas. Se basa en experimentos previos. La explicación es gráfica:

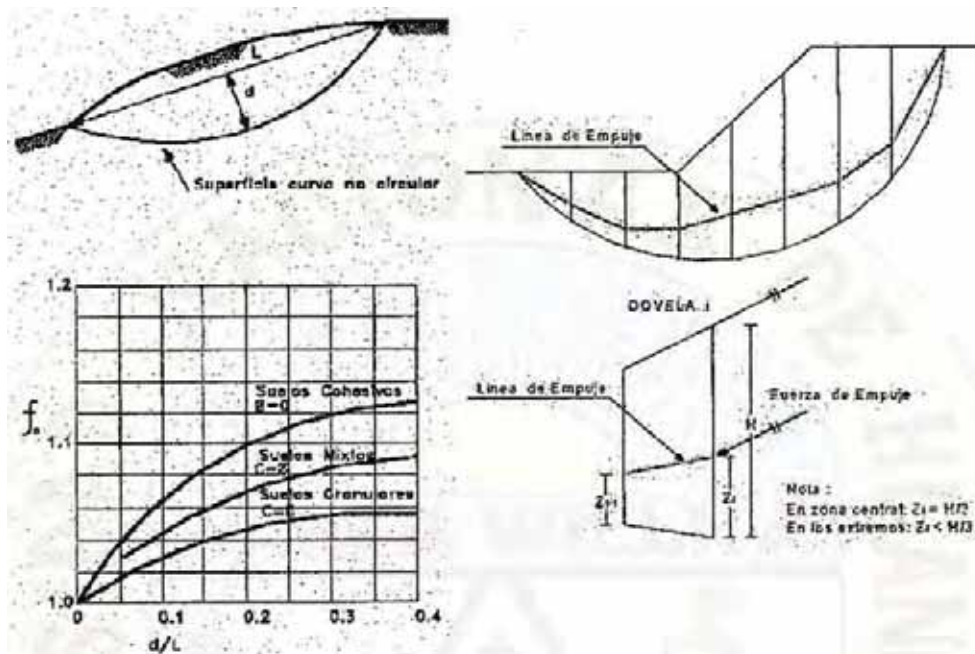


Figura 9. Método de Janbu

Formulación del Método de Janbu

$$f_s = \frac{f_0 \cdot \sum (C + B + (W - u \cdot B) \cdot \tan \theta) / \cos \alpha \cdot m_a}{\sum W \cdot \tan \alpha}$$

Donde:

$$m_a = \cos \alpha \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \theta}{f_s} \right)$$

W : pesos en dovelas

u : presión en poro

- B : Bases en dovelas
- C : Cohesiones en tierra
- Φ : Ángulos que friccionan un suelo
- A : Ángulos que presentan fallas en las dovelas
- fo : Factores que indican correcciones
- FS : Factores que indican seguridad

2.2.10. Método de Sarma

Busca aceleraciones dirigidas al horizonte las cuales son base para lograr equilibrar los suelos. Los aspectos en cuanto seguridad se calculan con la reducción progresiva hasta llegar a cero, uso de elemento finito ,deficiencias en convergencias a continuación se observa:

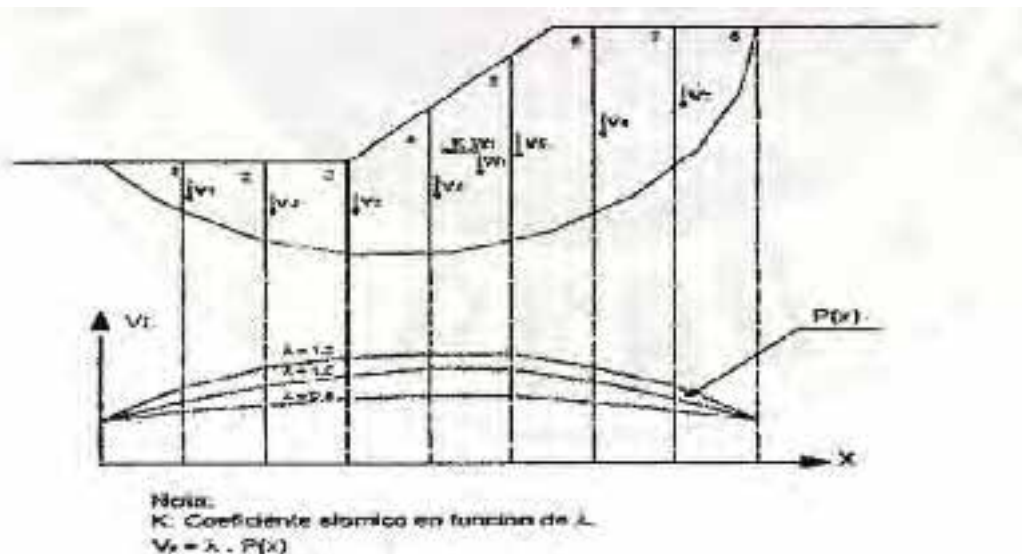


Figura 10. Método de Sarma

Formulación del método Sarma

Del cual:

Su cálculo se hará de acuerdo a los datos de las fallas y el parámetro de suelo. (Ochoa, 2016)

Se encuentra confianza al aplicar los métodos planteados, no siguen por completos los supuestos en especial a los que plantean el rebanar, es así que cuando se presentan un suelo con características de tipo mixto se puede obtener respuestas y análisis de confianza, pero si se presentasen casos distintos es posible dar un inicio, pero se sugiere avanzar con uno distinto.

La seguridad de un talud por medio del análisis de distintos métodos

En una situación contraria de acuerdo al grafico se puede evidenciar que las excavaciones obtienen Fs con valores deficientes al ser calculados por Janbu, de acuerdo a el análisis se puede indicar que el método que fallo fue el primero porque la fuerza en la curva sufrió variaciones, en ese entender las curvas de Spencer son mas eficientes.

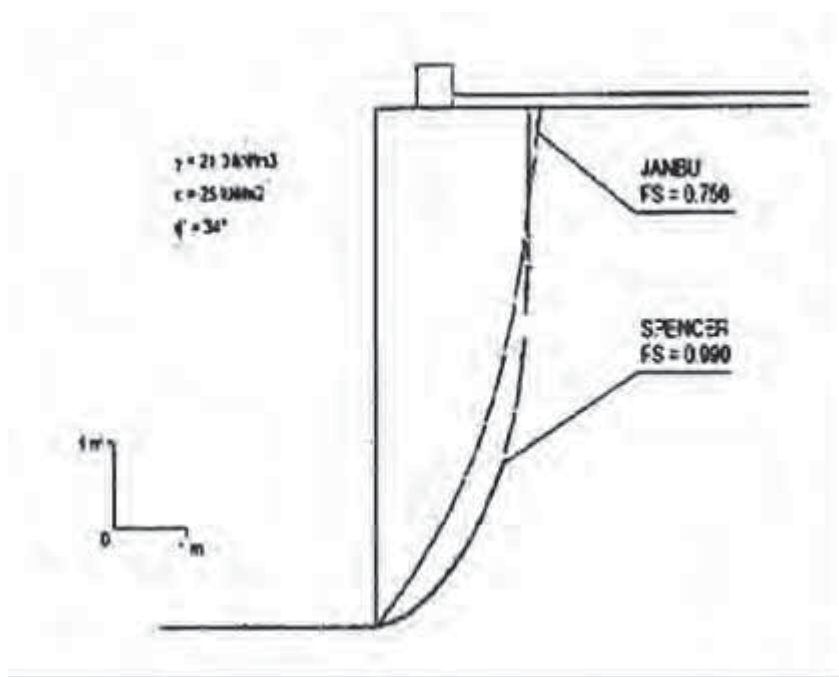


Figura 11. Confrontación de FS de los taludes analizados por cada método

Aplicación de métodos de acuerdo a la comparación de FS

1. Análisis de la estabilidad de un talud de acuerdo a sus elementos finitos

Se delimita de forma esencial por inhabilitar la deformación, se determinan por las fallas en especial si son progresivas.

De acuerdo a (Cuenca, 2001): Uso de modelaciones de tipo numéricos la cual puede solucionar procesos que limitan equilibrios. Teniendo más precisión y logrando que se pueda realizar estudios con presencia de fallas.

Este tipo de metodología es planteada por Clough y Woodward en 1967 los cuales la explican por la división de las masas a la cual se le denomina elemento finito. Los taludes se dividen por bloque de tipo rígido. Son relacionado por nodo y borde ya establecido. Se caracteriza por para formular un desplazamiento al punto nodal. Se estudia la progresión del elemento de forma continua.

Está dirigido a resolver problemas comunes al ser de utilidad en situaciones difíciles, los métodos actuales como el descrito pueden resolver problemáticas en aspectos de seguridad. (Wong, 1984)

Para (Ugai, 1989) los análisis deberán satisfacer los puntos a continuación:

- a. Siguen las teorías de elástica y relaciones esfuerzo y deformaciones.
- b. el esfuerzo deber ser satisfecho, descripción del depósito en suelo (Ugai, 1989)

2. Métodos para estabilizar taludes

Se hará una relación de los métodos en los cuales se pueden resolver problemáticas de tipo técnico, social, económico y político:

3. Metodología de remediación

Después de seguida las consideraciones de análisis de taludes se puede analizar como se previene, controla y estabiliza.

Se puede análisis:

- a. Prevenir los posibles riesgos
- b. Eludir las amenazas
- c. Controlar las dinámicas vulnerables
- d. Estabilizar la reducción de las probabilidades en ocurrir amenazas en cuanto lo seguro

Se resumen los métodos:

Tabla 9

Sistema de remediación

Sistema de remediación	Opciones de algunos métodos específicos
Prevención de la Amenaza o el Riesgo	<ul style="list-style-type: none"> • Concientización de la comunidad • Aviso o alarma • Normas y códigos técnicos
Elusión del problema	<ul style="list-style-type: none"> • Relocalización de la obra • Remoción de los materiales inestables • Instalación de un puente o un túnel • Construir variantes
Reducción de las fuerzas actuantes	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio del alineamiento para disminuir alturas • Conformación de la superficie del terreno • Drenaje de la superficie • Drenaje internamente • Reducción del peso del material
Incremento de las fuerzas resistentes	<ul style="list-style-type: none"> • Colocación de un contrapeso • Construcción de estructuras de contención • Colocación de llaves de cortante en la superficie de falla
Aumento de la resistencia del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Subdrenaje • Refuerzo • Biotecnología • Tratamiento químico (inyecciones) • Tratamiento térmico • Compactación profunda • Columnas de piedra

Algunos Métodos de remediación de las amenazas

Prevención

Está dirigida a evitar cualquier tipo de riesgo:

Se deberá seguir lo siguiente:

- a. Restringir la construcción de viviendas en espacios de riesgo.
- b. Políticas de regulación en construcción
- c. Aplicación de estrategias que mitiguen
- d. Desarrollar e instalar continuos planes de monitoreo y alarmas

Tabla 10

Amenazas

Método	Ventajas	Limitaciones
Variantes de relocalización del proyecto	o Se recomienda, cuando existe el riesgo de activar grandes deslizamientos difíciles de estabilizar o cuando hay 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 los 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 remover los suelos sub superficiales inestables cuando sus espesores no son muy grandes.	Cuando el nivel freático se encuentra subsuperficial, 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 lineamiento 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.

Evitar estar en amenazas quiere decir evitar peligros que pueden ser por el desliz de taludes. Reduciendo el riesgo de encontrarse vulnerable. Se debe recordar que aun pueden estar presentes procesos que tienen mucho tiempo atrás los cuales pueden salir en cualquier momento y causar desastres a nivel social y económico.

Puentes o viaductos sobre los movimientos	Muy útil terrenos de pendientes muy altas	Se requiere cimentar los puentes sobre suelo estable y las pilas deben ser capaces de resistir las fuerzas laterales
---	---	--

4. Método de elusión de deslizamiento

Algún tipo de desastre natural podrá ocasionar peligros. Es por ello que la finalidad es realizar estudios para presentar diferentes soluciones, así como aplicar conocimientos técnicos.

a. Control

Dirigidos al estudio cuando ya se presento el riesgo, se intentará generar control sobre las amenazas.

Tabla 11 *Forma de los controles de masas dinámicas*

	Pros	Contras
Estructura de retención	Retener elementos que se mueven	Requerimiento de elementos costosos
Cubiertas de protección	Efectividad en reducir riesgos	Costosos

b. Estabilizar

Esta compuesto de:

- a. Selección de la forma de estabilización más propio.
- b. Diseño de elementos que emplean diseños.
- c. Elementos para controlar antes y seguidamente lo estable.

Se debe tener en cuenta los diseños en lo construido, así como cada detalle que no se puede modificar.

5. Seleccionar métodos para estabilizar

Cuando se identifica el peligro se deberá calcular como se podrá dar soluciones tomando en cuenta aspectos de diferentes tipos como por ejemplo los económicos, estructurales.

Se consideran tres aspectos para un talud estable:

- a. Incrementar elementos como drenajes que puedan mejorar los suelos y sus resistencias.
- b. Reducir las reacciones que actúan en un talud. Se brinda como alternativa cambiar la geometría del talud por un proceso de corte parcial o total a un ángulo menor o remover la cresta para disminuir su altura.
- c. Incrementar el esfuerzo aplicado al talud en confinamientos para estabilizarlo por medio de obras tales como una berma , pantalla atirantada, etc.

6. Cambios geométricos

Cambiar la geometría del talud se puede obtener mediante diferentes formas, las cuales vienen a ser disminuir la pendiente a un ángulo más agudo, la disminución de la altura en un suelo con comportamientos cohesivos y agregando materiales en la parte inferior de los taludes, es habitual utilizar materiales usados en la cresta.

Los efectos de tipo geométrico generan beneficios para reducir el esfuerzo causante de la falta de estabilidad, en casos de implementar bermas y aumentar fuerzas de resistencia. Es necesario tener en cuenta diferentes aspectos en la construcción de las bermas ya que si se genera presión cuando pasan los líquidos podría incrementar el riesgo dirigidos a la inestabilidad de los taludes.

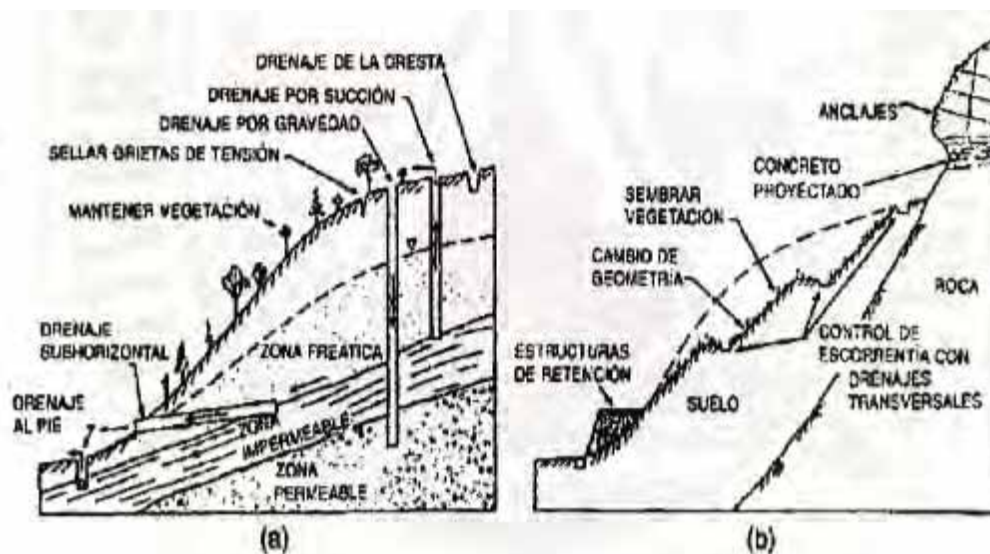


Figura 12. Cambio de la geometría

7. Drenaje

La existencia de fluido es el elemento fundamental para el desequilibrio de las meteorizaciones en la base. Es así que se presentan las finalidades de acuerdo al drenaje. (OPS, 1997)

- a. *Drenaje sub horizontal*: es una forma efectiva para optimizar un talud defectuoso. Su procedimiento necesita de un tubo de cinco centímetros con perforación. Dichos elementos permitirán el paso de los líquidos. Se tendrá en cuenta los materiales para el drenaje con medidas entre 3 a 8 m para arcilla y limo, y quince m para arena.
- b. *Drenaje vertical*: utilizada cuando se presenta líquidos en superficie que generan presiones, debido a este drenaje es posible tener permeabilidad evitando excesos de líquidos dentro de un talud. (OPS, 1997)
- c. *Drenaje transversal*: colocados superiormente para no tener infiltraciones en los taludes. Especial en zonas de altura para que se pueda recolectar líquidos. (OPS, 1997)

- d. *Drenaje de contrafuerte*: Se hace uso de zanja con medidas específicas las cuales serán rellenas con elementos que causen fricciones. La finalidad es tener profundidades suficientes para drenar los líquidos y mejorar las resistencias. (OPS, 1997)

8. *Soluciones estructurales*

Se dan con deficiencias en el ambiente o en el uso de técnicas. La finalidad es resistir activamente y de oponerse a la resistencia en cuanto movimientos de suelos. (OPS, 1997)

- a. *Muros de gravedad y en cantiléver*: apoyan en la resistencia de los elementos con precioso bajo y accesibles.
- b. *Pantallas*: Consiste en mallas mecánicas de concretos que recubren los taludes, hace uso de anclaje con fuerzas contrarias en dirección a los suelos. (OPS, 1997)

Limitantes al aplicar el método de estabilizantes en talud

a. Limitantes de tipo técnico

Se relacionan con la clase de suelos, deformación, corrosiones, etc. por lo cual:

- a. Decidir por sistemas que puedan tolerar las dinámicas de acuerdo a donde se ubican las construcciones.
- b. Dificultades para presentar una estructura relacionada con las dinámicas y con los puntos gravitatorios, así como las fuerzas que los contienen.
- c. Corrosión de metales es un considerante.

Limitaciones ambientales

Al escoger un estabilizante estos deberán generar un impacto en el proceso constructores.

Se debe tomar en cuenta el impacto ambiental sobre todo a las aguas así como el impacto a nivel económico ya que suele variar por las circunstancias.

9. Procesos para analizar el elemento finito o sus diferencias

La metodología más común para calcular el equilibrio en sismos se denomina dinámica analítica. Se incorpora en aspectos de aceleración temporal histórica, se busca ocasionar deformaciones en el talud mediante valores anteriores.

10. Factor de seguridad

Deberá considerarse los niveles de peligro, magnitudes en solución y con lo que respecta a la ingeniería equilibrar las inversiones y el resultado.

De vez en cuando es posible tener la solución que puedan salvaguardar otras así como realizar planteamientos para solucionar FS elevado, lo cual no es lo correcto. Seguidamente se mostrará cuan estable son los taludes y los niveles de seguridad entre ellos así como su impacto.

Tabla 12 *Coefficiente sísmico para analizar cuan estable es un talud*

Factores respecto lo seguro		Niveles de equilibrio
Estático	Seudo estático	
1.0 a 1.2	Menores a uno	Inestable
1.2 a 2.0	Entre uno y uno punto dos	Estable
> 2	Mayores a uno punto dos	Muy estable

11. Proceso para la obtención de los factores de seguridad

Los estados de tensión del total de masas en tierra, mediante los análisis de la relaciones entre normalidad de tensión y las fallas se hará uso de procesos que combinen la teoría de los equilibrios resultando en resultados que indican cuan estable son los taludes por medio de calculo de los suelos.

Dichas tensión del elemento finito se usa para encontrar la tensión normal y los cortes de superficies con fallas.

a. Análisis por elementos finitos

Se trata de hacer divisiones de la problemática de forma continua, en los cuales cada elemento es llamado nodo. Los nodos describirán las distribuciones en el elemento así como unirá cada tipo de aspecto asegurando compatibilidades. Agrupación de nodo y elemento se denomina elemento finito. Cuando las divisiones se han realizado se continuará con operaciones para equilibrar, compatibilizar y establecer relaciones que constituyan los elementos dentro de un sistema ecuacional resuelto por medio de métodos no lineales.

12. Desratización de elementos:

Lo mencionado anteriormente de calcula mediante ecuación que contiene:

- a. Dominios: lugar donde se analiza los sistemas.
- b. Condición de contornos: elementos ya conocidos condicionantes a las transformaciones de los sistemas.
- c. Incognito: Lo que se espera conocer

Presenta sub características desde los casos lineales, con superficie, o imaginario. Se contabiliza por medio del nodo, lo cuales son problemáticas que se buscan , las cuales se denominan grado de libertad encontrándose estados y posiciones.

a. Análisis dinámico por elementos finitos

Cuando se presentan sismos, lo estable de los taludes se reducen de la siguiente manera:

- a. Influencia de onda sísmica
- b. Menor resistencias en los suelos
- c. Procesos de licuefacciones

Se emplean métodos distintos como:

- Analizar la inercia en cuanto equilibrio para la resistencia en casos de sismo. Se utilizan estrategias pseudoestático y el de Newmark (Newmark, 1959)

- Analizar por medio de debilitación en el cual se reducen cuan resistente son las fallas en un sismo. Se trata de recrear los sismos.

Para poder registrar sismo se puede utilizar:

- a. Acelero gramas artificial con compatibilidad a los espectros usados.
- b. Acelero gramas sintéticas
- c. Registro real de acelero gramas

Incrementando la información de los sismos y sus aumentos graduales, servirán para registrar y conocer mas en estudios considerando magnitudes, distancias y los aspectos del ambiente. Para conocer cuan severo es un sismo se estudia las magnitudes y las distancias desde el epicentro.

Se puede considera las aceleraciones de los suelos, las aceleraciones espectrales, y el valor de cuan intento es arias. (Abrahamson & Silva, 1997)

Los valores máximos al acelerar son definidos de acuerdo a las aceleraciones sísmicas registradas. (Arias, 1970) En pocas palabras se entiende:

Se rescata:

g: Acelerar gravitatoria

a(t): Acelerar de acuerdo al ambiente

t: tiempo en el movimiento telurico

Las metodologías utilizadas en primer lugar son dirigidas para situación con estabilidad mientras las consecuentes son para los deslices. Se propone una nueva forma de modelar los FEM en base a datos computacionales y números. (Arias, 1970)

Modelar las acciones y estructuras de los suelos se realiza considerando aspectos como los tiempos de acuerdo a Newmark se puede hallar datos sin importar los tiempos así también se usan para el disipamiento de ondas tensionadas y evitar reflexión dentro de los suelos. (Plaxis, 2007)

Se amortigua de forma viscosa, el bore disipa los demás elementos amortiguando de acuerdo a:

$$\sigma_n = -C_1 \rho V_p \dot{u}_x \quad (2)$$

$$\tau = -C_2 \rho V_s \dot{u}_y \quad (3)$$

Donde:

- C_1 y C_2 coeficiente de relajación
- ρ densidad de los suelos

primera de las velocidades y presiones V_p y segundas de corte V_s determinado de acuerdo

a :

$$V_p = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad y \quad V_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}} \quad (4)$$

- “ V_p y V_s velocidad horizontal y vertical

Su funcionamiento es adecuado si se golpea de forma perpendicular ($C_1=C_2=1$). En casos de sismo no se tendrá lo necesario es por ello que se sugiere $C_1=1$ y $C_2=0.25$, disipando la onda frontera. Especial para el accionar práctico. (Plaxis, 2007)

Los contornos inferiores se refieren a las transiciones de rocas madres y los suelos de taludes. No se permitirá movimiento vertical las presiones serán de forma horizontal, obtenidas mediante un acelerograma. (Plaxis, 2007)

Amortiguar es perder energías debido a fricciones no seguir en línea con respecto a los esfuerzos y deformaciones de los elementos. Se realiza hasta encontrar equilibrios, se evidencia en algún tipo de formación geológica. Al liberar energías en un sismo se generan fricciones en los materiales. (Plaxis, 2007)

Los parámetros de amortiguamiento se usan de forma tradicional por coef del mismo nombre ξ , el cual se calcula en la operación entre constantes de amortiguación c y los niveles críticos c_c , causando menor cantidad en los tiempos al reposar. (Plaxis, 2007)

Para el autor amortiguar se basa en formula que contiene la influencia entre las constantes de amortiguamiento y el tiempo. (Kramer, 1996)

$$\xi = \frac{c}{c_c} \quad (5)$$

Se escribe en matriz con aceleraciones y analizando dinámicamente dichos aspectos:

$$\mathbf{M}\ddot{U} + \mathbf{C}\dot{U} + \mathbf{K}U = -\mathbf{M}\ddot{U}_g(t) \quad (6)$$

Se infiere que U , \dot{U} y \ddot{U} corresponden a cada matriz de desplazamiento, velocidad y aceleración. M masa, C amortiguamiento, K rigidez, I , y $\ddot{U}_g(t)$ aceleraciones sísmicas en tiempos t . C se refiere a los amortiguaciones en el cual las matrices tienen proporción a las masas y cuanto más rígido funciona: (Plaxis, 2007)

$$\mathbf{C} = \eta_1 \mathbf{M} + \eta_2 \mathbf{K} \quad (7)$$

Aquí η_1 y η_2 coeficiente Rayleigh.

Se tiene ξ frecuencias angulares ω . En relación n_1 y n_2 mediante: (Bathe & Wilson, 1976)

$$\eta_1 + \eta_2 \omega^2 = 2\omega \xi \quad (8)$$

Si hay conocimiento previo η_1 y η_2 son determinables. El coeficiente amortigua a travez de frecuencias angulares ω_{min} . Entonces, ω_{min} se escoge una frecuencia con simulaciones numéricas ξ_{min} . Se calcula determinando :

$$\eta_1 = \xi_{min} \omega_{min} = \xi_{min} 2\pi f_{min} \quad (9)$$

$$\eta_2 = \xi_{min}/\omega_{min} = \xi_{min}/(2\pi f_{min}) \quad (10)$$

Donde f_{min} es la frecuencia central, igual a $\omega_{min}/2\pi$.

El amortiguar supone un cinco por ciento valor en equilibrio para el suelo. (Bathe & Wilson, 1976)

13. "Efecto de sitio"

Las consecuencias de los sismos son variados los aspectos dentro de lugar son conocidos como efecto en sitio. Aspectos como estratigrafías, topográficos y los aspectos mecánicos son parte de las consecuencias en el ambiente. De acuerdo a los cambios se determina:

$$|F(\omega)| = \frac{|u_{max,s}|}{u_{max,b}} = \frac{1}{\sqrt{\cos^2\left(\frac{\omega H}{V_s}\right) + \left[\xi\left(\frac{\omega H}{V_s}\right)\right]^2}} \quad (11)$$

Se observa:

- $|F(\omega)|$ funciones para amplificar
- ω frecuencias en circulo
- H espesores en suelos
- V_s cuan veloz son las ondas
- "ξ amortiguamiento
- " $u_{max,s}$, $u_{max,b}$ desplazamiento máximo en las superficies.

En base a las relaciones de las capas isotrópicas lineales, elásticas de los suelos. La evidencia $\omega H/V_s = (2n-1)\pi/2$ (para $n=1, 2, \dots$).

Se observa la frecuencia:

$$\omega_1 = \frac{\pi V_s}{2H} \quad (12)$$

Lo máximo para amplificar:

$$T_s = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{4H}{V_s} \quad \text{o} \quad f_s = \frac{V_s}{4H} \quad (13)$$

Determinan los periodos de los taludes por medio: (Kramer, 1996):

$$T_s = \frac{4DH}{V_s} \quad (14)$$

Estudios paramétricos al examinar las dinámicas

Los análisis paramétricos detectaran los efectos de las frecuencias, aceleraciones y el parámetro geométrica y características de los suelos en razón desplazamiento total.

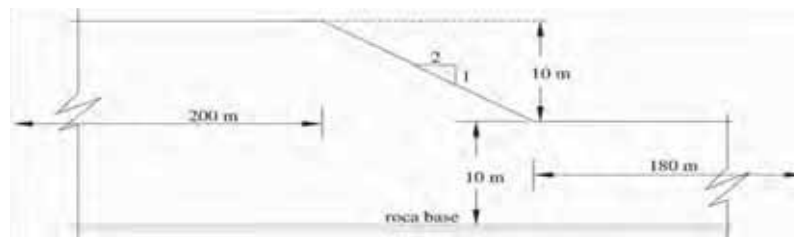


Figura 13. Modelo empleado en el análisis paramétrico.

Se puede analizar mediante las aceleraciones armónicas. Se toma en cuenta la formula del talud $\alpha=26.6^\circ$ (2H:1V), H=10 m y D=2.

Cuando la frecuencia es baja se producen fallas en los modelos de la parte superior fracasando en las bases. Para mejorar dicho aspecto se incluyen mas modelos.

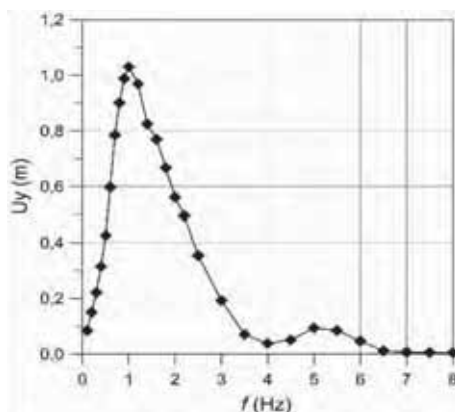


Figura 14. Desplazamiento vertical total en crestas de frecuencias $f=0.1-8$ Hz.

a. Efectos de la frecuencias (f)

El impacto de las frecuencias es analizadas en rangos 0.1 a 8 Hz. Se mantuvo un equivalencia de 0.255 g con diez segundos de duración y cuatro segundos de dinámica libre. Las crestas del talud se determinan por los desplazamientos verticales, (uy) se observar en la siguiente grafica.

Mientras hay más desplazamiento más frecuencia cerca un Hertz el cual es importante para el ambiente $f_s = 1,02$ Hz. Amplificar los registros en cuanto entradas se maximizan la frecuencia que este cerca a la importante. En el grafico se evidencia picos de $f=5$ los cuales se encuentran en concordancia con el ambiente $f_3 = 5f_s = 5.1$ Hz. Debido a las amplificaciones mediante los suelos. A pesar de ello en el numero dos se encuentra $f_2 = 3f_s = 3.06$ Hz, las amplificaciones no se evidencias en el numero uno. Lo fundamental es el acercamiento entre resonancias $f-f_s$, los cuales

evidencias la deformación y el desplazamiento de los taludes. Se puede observar que en el gráfico los desplazamientos son de nivel bajo entre uno y cinco.

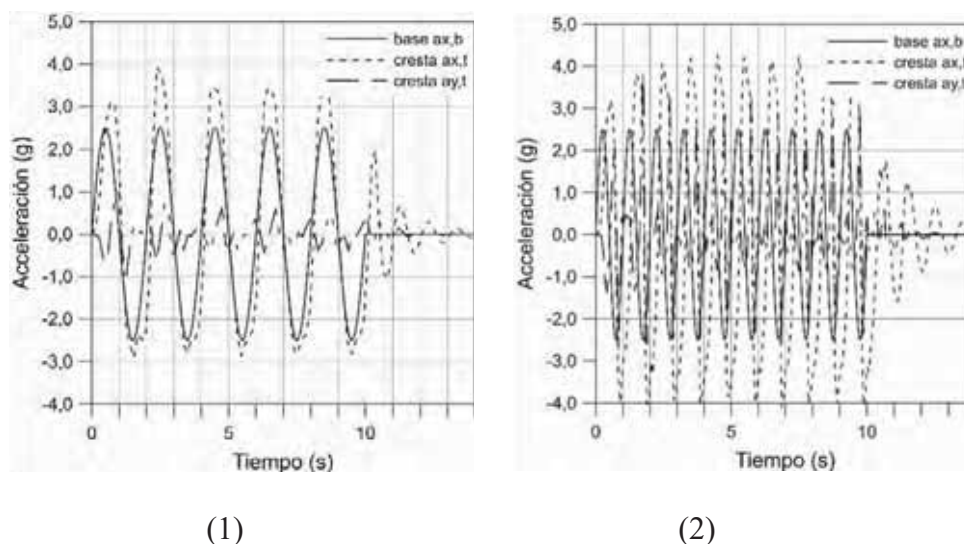


Figura 15. Aceleración horizontal en la cresta $a_{x,t}$ (línea discontinua fina), vertical $a_{y,t}$ (línea discontinua gruesa) y aceleración horizontal en la base $a_{x,b}$ (línea sólida) para: (1) $f = 0.5$ Hz y (2) $f = 1$ Hz.

14. Efecto de la máxima aceleración (PGA)

Armónicamente, se expresa mediante amplitudes sinusoidales. Con valores de $0.1 - 5\text{m/s}^2$. Los desplazamientos verticales de la parte superior como se muestra en el gráfico, aumentas sus elementos. Si se tiene frecuencia $f \ll f_s$ ó $f \gg f_s$ no es fundamental.

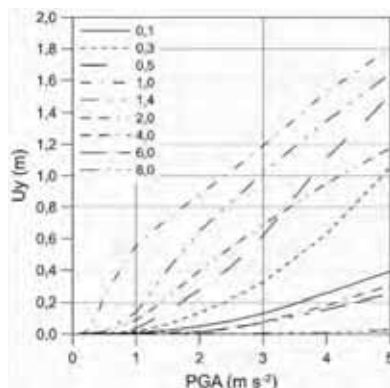


Figura 16. Desplazamientos verticales totales en la cresta versus aceleración máxima PGA para varias frecuencias f .

Los encontrado en función a valor, mientras se genera valores que aumentan las aceleraciones las curvas tendrán menor lineación, cuando se presentan valores máximos de aceleraciones no determina las frecuencias en la curva. Meintras que en elementos cercanos a los fundamentales hay niveles bajos en aceleración. De acuerdo a $f = fs = 1$ Hz y $PGA = 0.50$ m/s^2 (valores inferiores a las aceleraciones de 1.42 m/s^2), el desplazar es de 1.8 m inferior. Se concluye, La aceleración amplificada de los suelos pasa los niveles críticos ocasionando superficies deslizantes. Al encontrarse con niveles bajos en frecuencias el desplazamiento es insignificante $f = 8$ Hz, y $PGA = 0.50$ m/s^2 se tiene como resultado $uy = 0.026$ m.

15. Efecto de la duración del evento (Td)

De acuerdo a los registrado armónicamente, cuanto dura depende del tiempo de los movimientos sinusoidales. En la evaluaciones un factor que tiene influencia es el tiempo variando entre 0.5-40 segundos, las frecuencias con valores de 1.25 y 2.5 Hz, 0.5 y 4 m/s^2 son valores de las aceleraciones. Como se muestra en la grafica en la parte superior. Al aumentar el tiempo existe mas desplazamiento, es así que se generan un valor significativo.

16. Efectos de las propiedades del suelo

Al analizar las características de los suelos respecto a el desplazamiento total. Se considera los pesos unitarios, los módulos Young, Poisson, cohesiones, fricciones. En función a los parámetros analizados, se estudiará los valores de transformaciones ordenadas así como los cambios futuros.

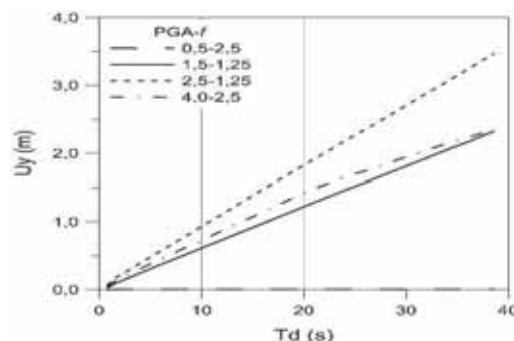


Figura 17. Desplazamiento vertical en la cresta versus la duración Td para valores de

$$\text{PGA} = 1.5 \text{ y } 2.5 \text{ m/s}^2 \text{ y } f = 1.25 \text{ y } 2.5 \text{ Hz.}$$

17. Efectos de los pesos unitarios (γ)

Las consecuencias de los pesos se analizan dependiendo de los valores de 10- 22 kN/m³. Conociendo los aumentos de los pesos se reducen el equilibrio del talud mientras más pesos más fuerzas.

Tabla 13

Factor de seguridad, coeficiente sísmico y frecuencias características del sitio para diferentes pesos unitarios.

		Pesos unitarios (γ) (kN/m ³)			
Factores de seguridad	para	10	14	18	22

Coefficientes sísmicos	1.65	1.45	1.27
		1.34	
Frecuencia del sitio	1.33	1.12	0.90
		0.99	

De acuerdo a los análisis de movimientos, al aumentar los pesos se reducirá el equilibrio de los taludes. Los cambios γ suelen tener efecto en las velocidades V_s es decir que afectan amplificando la onda de los suelos, resultando en transformaciones de aspectos como las frecuencias de los ambientes.

Las relaciones entre el peso y los desplazamientos se evidencian en el grafico 18. Los cambios γ son resultantes de las transformaciones en los desplazamientos máximos, entonces, siendo este tipo de piso más susceptible a movimientos en f de F_s . Los desplazamientos máximos generan picos de $f=f_s$ acrecentando las densidades de los suelos. Dichas acciones tienen tendencias lineales en relación con los pesos en los suelos y los desplazamientos de las crestas ($u_{y,max}$).

18. Efecto del módulo de Young (E)

De acuerdo al análisis, se dieron valores 10, 30, 70, 100 y 300 MPa estudiando sus influencias. De acuerdo a el análisis se necesita que el equilibrio sea único en lo rígido de los suelos. Encontrando un valor de 1.36 y 0.14 g en función de cuan seguro es y sobre los coeficientes de sismo. Es así que en el grafico 19 se evidencias los módulos de análisis.

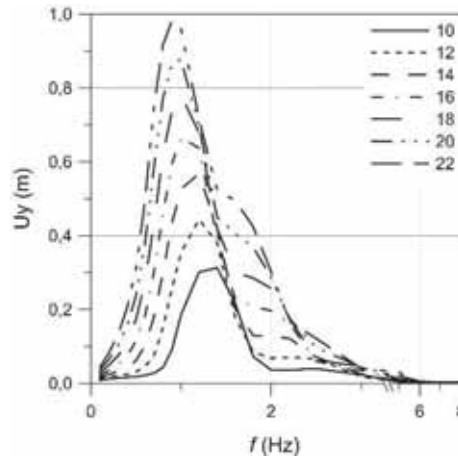


Figura 18. Efecto del peso unitario en los desplazamientos verticales de la cresta: (a) u_y vs f para diversos γ (10 a 22 kN/m^3) y (b) $u_{y,\text{max}}$ vs γ para $f = f_s$.

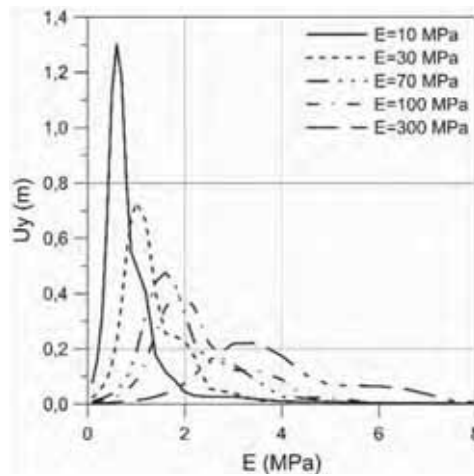


Figura 19. Efecto del módulo de Young en los desplazamientos verticales en la cresta.

Se encontró que los desplazamientos con mayor valor en resonancia en la frecuencia elevada. Debido a los cambios frecuentes del ambiente. Mientras mas rígido sea mas veloz es el corte y por lo tanto cambios en el ambiente. La curva que es asimétrica en los picos obtendrá $f = 2f_s$ se puede observar:

$$\omega = \omega_1 = \frac{\pi v_s}{2H} \quad (15)$$

$$|F(\omega)| = \frac{u_{\text{max},s}}{u_{\text{max},b}} = \frac{1}{\sqrt{1 + [\xi(\pi/2)]^2}} \quad (16)$$

A pesar de ello, mientras hay mayor frecuencia los desplazamientos de las bases son menores. Resultando en el total de desplazamiento en relación de las crestas con mayor cantidad de frecuencia.

19. Efecto del coeficiente de Poisson (ν)

Las variaciones se dan entre 0.20-0.45 aumentando a 0.001. Influenciando ν los desplazamientos verticales de las crestas como se muestra a continuación.

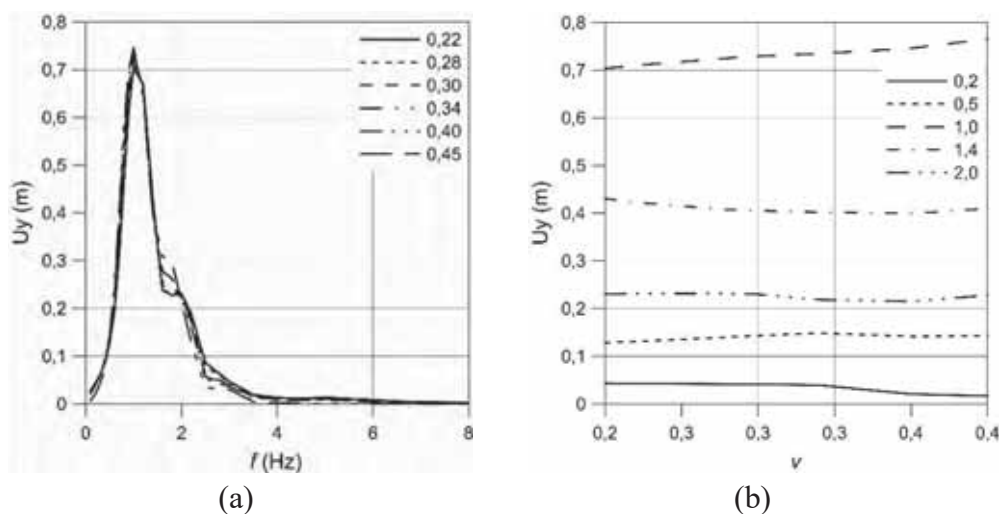


Figura 20. Efecto del coeficiente de Poisson (ν) en los desplazamientos verticales en la cresta: (a) f para varios ν (0.20 a 0.45) y (b) ν para varias f .

Los parámetros no influyen en lo hallado. En otro punto las velocidades de las ondas en cortes V_s y las frecuencias del ambiente E y ν ejerciendo impacto en si mismo. El grafico muestra como los desplazamientos verticales en cuento el coef ejerciendo cambio ν y el desplazamiento vertical máximo en la punta, sin variar las frecuencias.

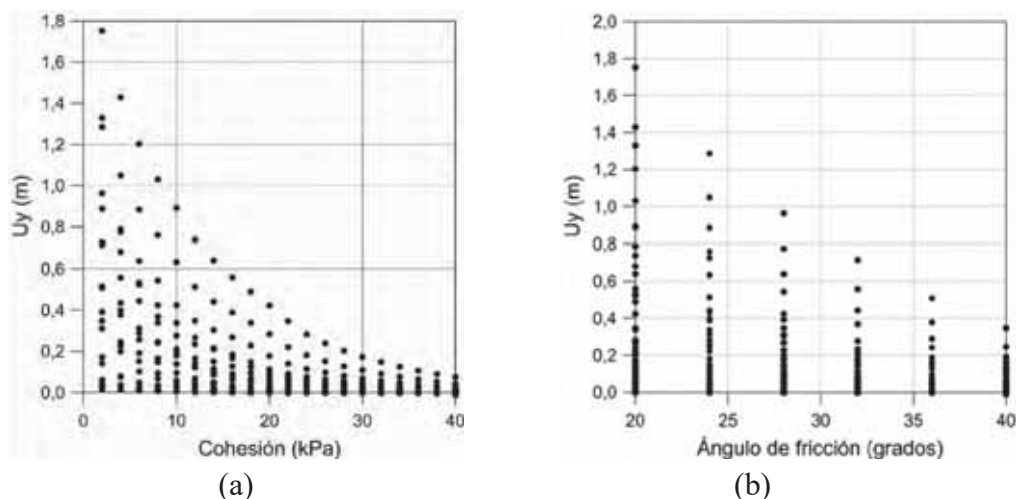


Figura 21. Efecto de los parámetros de resistencia en los desplazamientos verticales en la cresta: a) cohesión (2 a 40 kPa) y b) ángulo de fricción (20 a 40°).

Efectos de la resistencia del material, cohesión (c) y ángulo de fricción (ϕ)

El parámetro de los análisis en cuanto tiempo fue de T_d es diez segundos y las amplitudes son de 2.5 m/s².

Se selecciono $f = 0.5, 1$ y 2.5 Hz de lo cual se encontró que las cohesiones varían en dos a cuarenta KPa y las fricciones en veinte y cuarenta grados. Los siguientes valores se representan en el siguiente gráfico. Las cohesiones así como las fricciones impactan en el desplazamiento. A pesar de ello en los dos casos las medidas de las cohesiones como fricciones se elevan, el desplazamiento vertical del pico se reduce.

Los coeficientes de sismo son representación de estabildades hasta el parámetro c y ϕ , el parámetro se evalúa de acuerdo a lo desplazado verticalmente en las crestas. Determinándose que u_y y FS y KC . Ajustándose en algunos desplazamientos y los elementos mencionado las correlaciones fueron 51, 38, 63 y 70%.

20. Efecto de la amortiguación del material (ζ)

Para amortiguar los suelos el porcentaje es de cinco pudiendo usar distintos números. En cuanto la aceleración armónica se usa $PGA=1.5 \text{ m/s}^2$, $T_d=10 \text{ s}$ y $f=0.1$ a 8 Hz . Mientras que se amortigua con valores de 2, 4, 5, 6, 8 y 10%. En la siguiente grafica se puede apreciar el desplazamiento de las crestas con los valores indicados. Por la utilización de ξ los niveles de aceleración se disipan. Resultando en desplazas en las crestas elevadas y menores amortiguación.

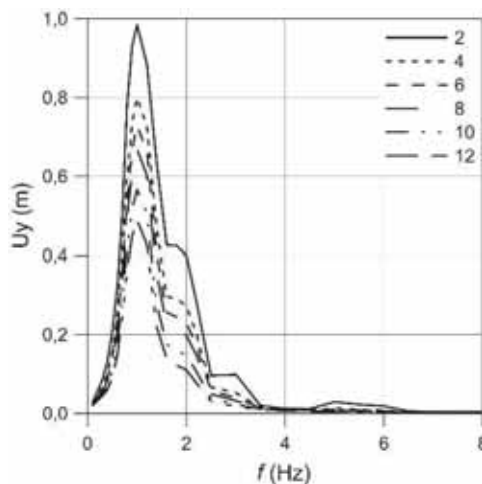


Figura 22. Desplazamientos verticales frente a la frecuencia para varias relaciones de amortiguamiento (ξ desde 2 a 10).

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

El factor de seguridad de talud mediante el análisis estratégico y evaluación, dinámico por elementos finitos en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba-Provincia Cotabambas-Región-Apurímac periodo 2019,

2.3.2. Hipótesis Específicas

Tenemos las siguientes hipótesis específicas:

- a. Los factores internos determinantes que intervienen en la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba- Provincia de Cotabambas-Región-Apurímac periodo 2019.

- b. Los factores externos más determinantes para determinar la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba Provincia de-Cotabambas-Región-Apurímac, periodo 2019,
- c. Los excesos de presión de poros y las posibles zonas de licuefacción que establezca garantizar la máxima seguridad para situaciones de riesgo en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba-Provincia de Cotabambas-Región -Apurímac, periodo 2019,

2.4. Identificación de variables

2.4.1. Variable Independiente

Estabilidad de talud

2.4.2. Variable Dependiente

Factor de seguridad

2.4.3. Operacionalización de Variables e Indicadores

Tabla

14

Operacionalización de Variables e Indicadores

<i>Variable</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Definición operacional</i>	<i>Indicadores</i>
Estabilidad de Talud	Se refiere a cuan estable son los taludes para la realización de proyectos	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología de MVM • Mapa del pendiente • Asignación de los pesos para cada rango 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las estabilidades en el talud por medio de elemento finito. • Reducción de resistencia, en métodos de incremento de la gravedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Plano topográfico • Cálculos a nivel de altura
Factor de Seguridad	Valores promedios sobre los valores totales de acuerdo a las superficies de fallas	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de tensión • Toma de tensión cortante • Tensión cortante de equilibrio 	<ul style="list-style-type: none"> • Factor de seguridad para superficies: f.s.min=1.50 	<ul style="list-style-type: none"> • f.s.=1, equilibrio.f.s.<1no factible. De 1-1.4 confiable,1.50 seguridad

2.4.4. Matriz de consistencia

Tabla 15

Matriz de consistencia

Análisis dinámico de estabilidad de taludes por elementos finitos en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba –					
Problema	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables	Metodologías
<p>Problema General:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es el factor de seguridad de talud mediante el análisis dinámico por elementos finitos en la zona de Ccaccañan distrito Tambobamba-Apurímac 2019? <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los factores Internos determinantes que intervienen en la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba-Apurímac 2019 ¿Cuáles son los factores externos más determinantes para determinar la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan de distrito de Tambobamba-Apurímac 2019 ¿Cuáles son los excesos de presión de poros y las posibles zonas de licuefacción que establezca 	<p>Objetivos Generales</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar el factor de seguridad de talud mediante el análisis y estudio por elementos finitos en la zona de tambobamba Apurímac del año 2019 distrito de tambobamba – Apurímac en el año 2019 <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar son los factores internos determinantes que intervienen en la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan del distrito de cuenca - Tambobamba en el año 2019. Determinar los factores externos más determinantes para determinar la estabilidad de talud en la zona de ccaccañan del distrito de 	<p>Antecedentes</p> <p>A nivel internacional (Segura, Badilla, & Obamdo, 2011), SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO EN EL CORREDOR SIQUIRRES-TURRIALBA. Revista Geológica de América Central.</p> <p>Nivel nacional (Urritia Verese, 2008), “ANÁLISIS DINÁMICO DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS DE TALUDES DE LA COSTA VERDE EN EL DISTRITO DE MIRAFLORES”. Tesis. (Granado López, 2006), “ESTABILIZACIÓN DEL TALUD DE LA COSTA VERDE EN LA ZONA DEL DISTRITO DE BARRANCO”. Tesis.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El factor de seguridad es condicionante para el estudio la estabilidad de taludes en la zona de ccaccañan del distrito de Tambobamba -cotaba Apurímac en el año 2019.</p> <p>Hipótesis Especificas</p> <p>Los factores internos que intervienen en la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba-Cotabambas en el Periodo 2019.</p> <p>>Los factores externos que intervienen en la estabilidad de talud en la zona de Ccaccañan del distrito de Tambobamba - Apurímac en el año 2019. Identificando los excesos de presión de poros y las deformaciones permanentes de las posibles zonas de</p>	<p>Independiente</p> <p>Estabilidad de taludes</p> <p>Dependiente:</p> <p>Factor de Seguridad</p>	<p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Enfoque de la investigación: Enfoque mixto</p> <p>Nivel de Investigación Descriptivo.</p> <p>Diseño de Investigación - No Experimental - Transversal</p> <p>Métodos de Investigación: 1. Método Científico. 2. Métodos Prácticos.</p> <p>Técnicas de Recolección de Datos: Revisión bibliográfica y trabajos de campo. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos: Geoestudio Versión 2012 (Slope/W - Quake/W) para el cálculo de F.S. en Taludes (ArcMap), para el cálculo de áreas de los taludes.</p>

<p>garantizar la máxima seguridad para situaciones de riesgo en la zona de Ccaccañan del distrito de cuenca – tambobamba- Apurimac en el año 2019?</p>	<p>Tambobamba- Cotabambas en el año 2019.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los excesos de presión de poros y las posibles zonas de licuefacción que establezca garantizar la máxima seguridad para situaciones de riesgo en la zona de ccaccañan del distrito de Tambobamba- Cotabambas- Apurimac en el año 2019 	<p>(Pacheco Zapata, 2006), “ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA COSTA VERDE EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO”. Tesis. NIVEL REGIONAL (Vílchez Mata, 2010), INSPECCIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES DE SANTA BÁRBARA Y POCOCCHI, DISTRITO, PROVINCIA Y REGIÓN DE APURIMAC.</p>	<p>licuefacción, se establece la seguridad para situaciones de riesgo en la zona de Ccaccañan del distrito de tambo bamba -Apurimac Huancavelica en el año 2019</p>
--	--	---	---

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. **Ámbito de Estudio**

Se trabajará es el departamento de Apurímac en Cotabamba.

Localizado en:

- Departamento: Apurímac
- Provincia: Cotabambas
- Distrito: Tambobamba
- Sector: Zona Ccaccañan

3.2. **Tipo de Investigación**

Según los procesos seguidos el tipo es aplicado debido a que se hará uso de teorías científicas así como la aplicación con los respectivos pasos.

De acuerdo a teoría las investigaciones aplicadas buscan tener conocimientos para ejercer transformaciones y así dar solución a las problemáticas de formas prácticas, tratando de no exagerar en las limitaciones, dicha información tendrá que ser replicada y difundida. (Zorrilla & Torres, 1994)

3.3. **Nivel de investigación**

La investigación es descriptivo por que trata de conocer características de una variable así también se encuentra en un nivel correlacional en el cual se busca relaciones que respondan la finalidad de la investigación. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

3.4. **Diseño de investigación**

El diseño corresponde a ser no experimental- transversal describiendo la realidad sin manipularla de esta manera hace análisis de las incidencias en un momento determinado. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

3.5. Método de investigación

Estudiar la condición en la cual se encuentra un talud comenzó debido a pasos de estudios anteriores, en el campo o gabinetes los cuales permitieron referenciar los detalles a seguir. Para que sea viable se tomó en cuenta:



Figura 23. Investigación no experimental

3.6. Método científico

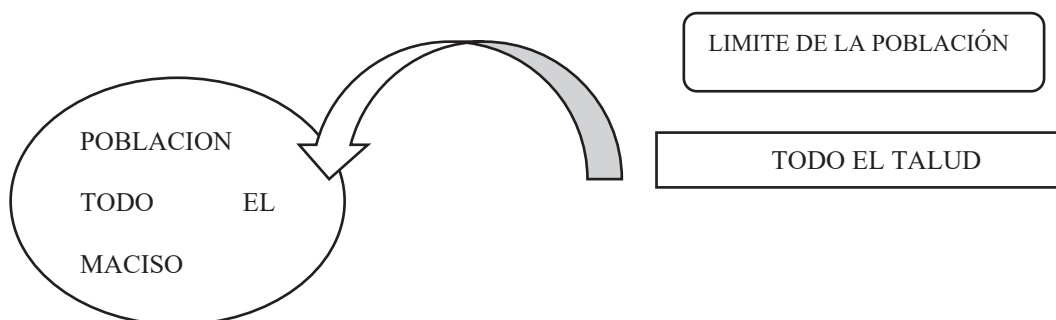
Se siguió lo siguiente :

- Identificar los problemas a investigar
- Formular los problemas para encontrar soluciones viables.
- Identificar metas e importancia de la investigación.
- Formular supuestos

- Revisión de estudios precedentes así como teorías que sustenten.
- Visitas de campo y trabajo de laboratorio
- Evaluaciones
- Método y sistema de estabilidad

3.7. Población muestra y muestreo

3.7.1. Población



Fuente: Hernández, Fernández y Baptista, 2010. Representación de la población La población consta de 1 sector dentro de la zona (ver plano de anexo)

3.7.2. Muestra

Una muestra se refiere a los subgrupos que salen de una población, con las características referentes a los evaluados. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 175) La población muestral se obtiene en base a lo realizado de mapeos de los aspectos del talud.

3.7.3. Muestreo

El muestreo es no probalístico debido a la elección de lo evaluado se escoge mas no se toma por azar. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 175)

3.8. Técnicas e instrumentos de recolección

Se emplearon diferentes técnicas en la presente investigación basadas en:

3.8.1. Técnicas

Observar y reflexionar fue lo que se usó para la recolección de información así se puede estar en contacto con el contexto. Se visitó el contexto identificando las piedras, se seleccionó el talud con estabilidad y se llevaron las muestras para el análisis.

3.8.2. *Análisis Documental*

Para obtener la documentación teórica sobre el problema de investigación se revisó textos y hechos relacionados al tema.

3.8.3. *Instrumentos*

El instrumento aplicado en el estudio de investigación se ha considerado los siguientes:

- Consulta bibliografías.
- Análisis de documentos.
- Internet.
- Cuestionario.
- Información y archivos utilizados para los estudios proporcionados.
- Normatividad existente.

3.9. Procedimiento de Recolección de Datos

3.9.1. *Procedimiento metodológico*

La investigación tiene como propósito mejorar la calidad de vida y seguridad de la población distrito Tambo bamba, provincia Cotabambas región Apurímac , con los siguientes parámetros al inicio ejecute el mapeo geográfico de la zona de análisis donde ubique la zona geográfica y las características físicas , morfológicas de la geología , topografía, hidrología y fenomenológicos , ubicación geográfica y límites coordinadas de UTM: POR NORTE 635000 .058 metros por el sur 666300 metro por el este 818534 metro por el oeste 624683 m .Un área de superficie de 624,683 km² con LÍMITES:POR EL NORTE: Ayacucho y Cusco POR EL SUR :

Arequipa y Ayacucho POR EL ESTE : Cusco POR EL OESTE :Ayacucho DISTANCIAS : Vía de comunicación CUSCO hacia TAMBOBAMBA, pasando por las RUTAS de Anta , Chinchaypuco, Cotabambas con un tiempo de viaje de 5 horas 45 minutos aproximadamente . El propósito de la estabilidad de taludes del trabajo de investigación consta de un camino herradura que tiene interconexiones con el distrito de mara, Haqira Challhuahuacho, progreso , Vilcabamba , Lambrama y Abancay .La zona de estudio tiene una importancia ya que dentro de estos caminos transitan los vehículos de diferentes tonelajes y ejes , de lo cual observe en esta zona las caídas de constantes masas de tierra denominada DESLIZAMIENTO DE PORCIÓN DE TIERRAS SATURADAS , por esa causa ejecute el respectivo análisis de suelo mediante muestras de ensayo . Recolecte una muestra de macizo rocoso de la zona aproximadamente con un peso de 350 kilos seguidamente se derivó a un laboratorio de ensayos “LABORATORIO INGEOMA” Ubicado en Urb. El Edén Lote C3 San Sebastián – Cusco según indico en el anexo. El resultado que se obtuvo fue el siguiente posibles estabilizaciones de taludes de la zona Ccaccañam su propósito es solucionar el problema de la inestabilidad de taludes y factor de seguridad

3.9.2. Mapeo geomecánica

3.9.2.1. Geología local.

Dentro de la zona de estudio tenemos afloraciones que van desde el Paleógeno hasta el cuaternario. Las cuales están constituidas principalmente por secuencias volcánico sedimentarias, A continuación, se presenta describe las formaciones geológicas dentro del área de estudio.

Los afloramientos del Grupo Tacaza se extienden desde las proximidades del pueblo de Chonta en el extremo NO de la hoja de Tambobamba hasta el extremo SE con dirección SE-NO.

Litológicamente se describen ocho unidades; en la base se observan secuencias de brechas, lahares, volcanoclasticos con componentes de calizas subangulosas y clastos de andesitas

progresivamente. En la secuencia superior se observan tobas líticas brechadas y alteradas, los líticos por lo general de lavas andesíticas y matriz de arena.

En la zona de estudio tenemos rocas volcanosedimentarias, con limoareniscas volcanogenéticas y niveles de limoarcilla, hacia la parte superior tenemos la presencia de sedimentos volcánicos.

Cuaternario

Están constituidos por depósitos recientes como depósitos coluviales y aluviales.

Depósitos coluviales. Depósitos que se hallan formando parte de las laderas montañosas, cerca de las cimas. En su composición se observa matriz de arena, barro y bloques subangulosos.

Depósitos aluviales. Están constituidos principalmente por gravas, cantos angulosos de diferentes tipos de rocas en una matriz arenarcillosa. Se encuentran conformando valles altiplanícos y valles encañonados, formando terrazas en los cauces antiguos y recientes. En las laderas de los valles y en las quebradas se encuentran formando conos aluviales.

Tabla

16

Cuaternario

Eratema	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Grosor (m)	Litología	Descripción
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. Ischolat			Tufo orgánico con limo y arena fina.
			Dep. Aluvial			Arenas finas, limo y cantos rodados.
			Dep. Coluvial			Gravas, arenas redondeadas con buena clasificación.
		Plistoceno	Dep. Fluvio-glacial			Material fragmentario, heterogéneo en forma y tamaño.
			Dep. de mermas			Bloques volcánicos en matriz arenosa no consolidada con fragmentos volcanosedimentarios.
			Grupo Barro Colorado	20,000		Deposito plano de tobas lapílicas.
	NEOGENO	Plioceno	Toba Chacabamba	200		Secuencias piroclásticas intercaladas con tobas lapílicas, volcánicas y volcanosedimentarias, algunos niveles de cenizas.
			Toba de Cerro Colorado	200		Tobas de cenizas y cenizas vívas, Pg. 36, 37.
		Mioceno	Toba y Bloques de Cerro	400		Secuencias piroclásticas entrecruzadas de tobas lavas lapílicas, incluyendo volcánicas (bloques y lavas).
			Unidad Plutónica Cotacambas			Tobas lavas intercaladas con lavas y cenizas.
	PALEÓGENO	Oligoceno	Unidad Plutónica Lajas	100		Secuencias volcanosedimentarias, tobas lapílicas y lavas.
			Tobas y volcanosedimentarias	300		Secuencias volcanosedimentarias, tobas lapílicas y lavas.
		Eoceno	Lavas, Brechas y Tobas Brecha	400		Unidad Plutónica Copalimé
			Unidad Plutónica Subvolcánica			Tobas lavas y brechas con volcanosedimentarias.
			Lavas, Brechas C. y Complementaria	500		Lavas y brechas, en algunos lugares niveles de brechas de caliza. Secuencia volcánica de lavas y volcanosedimentarias.

Fuente: Boletín INGEMMET, Hoja 28r

3.9.2.2. Geología estructural

En ambientes sedimentarios cerca al área de estudio, se han reconocido dos asociaciones estructurales.

- Las estructuras sobre las rocas plutónicas guardan un estilo estructural, al margen de la influencia de su emplazamiento sobre otras rocas.
- Sobre ambientes volcánicos se han distinguido estructuras que guardan una relación al estilo estructural de su emplazamiento.

Características Tectónicas y Estructurales en el sector Tambobamba

Como resultado del proceso de subducción de la placa oceánica bajo la placa continental tenemos el origen de la Cordillera Andina, este es un claro ejemplo de la cordillera formada por la tectónica de placas. Dentro de las 5 zonas morfológicas identificadas de la Cordillera Andina, la zona de estudio se encuentra en la cordillera occidental.

El occidente de las cordilleras, son zonas que tienen batolito la cual es costeño, se estructura desde el norte al sur sobrepasando los 5000m en altitud, perdiendo el nivel mientras se aproxima al sur. Se encuentra conformada por rocas de tipo volcánico y plutónico. En la zona de estudio se observa un replegamiento moderadamente fuerte que producen fallas inversas de poco desplazamiento. En esta zona se observan anticlinales tumbados y asimétricos. También tenemos presencia de diques subvolcanicos, que fueron originados por diferentes eventos magmáticos. Paralelamente hacia el sur tenemos otra falla inversa de orientación E-O en el sector noroeste. El desarrollo de los pliegues se da con mayor representatividad en la zona de estudio. Al SE entre las localidades de Mara y Congota se observa una flexión de E-O a NO-SE.

Cálculo del R.M.R de bieniawski

Resistencia de la roca intacta

Nivel de dureza de las rocas

Tabla 17
Ensayo de índice manual de resistencia de la roca (ISRM, 1978)

Nivel	Orden	Identificación	Compresión Uniaxial (MPa)
D - 0	Demasiado debilitado	Desmoronado por la uñas de los dedos pulgares	0.25 - 1.00
D - 1	Muy débil	Se quiebra con fuerza de golpe constante o un objeto cortante de bolso.	1.0 - 5.0
D - 2	débil	Se quiebra por suaves golpes de martillos.	5.0 - 25.0
D - 3	moderadamente resistente	No se puede raspar o descascarillar con un cuchillo de bolsillo. El espécimen puede ser fracturado con un solo golpe firme de martillo.	25.0 - 50.0
D - 4	resistente	El espécimen requiere más de un golpe de martillo par ser fracturado.	50.0 - 100.0
D - 5	muy resistente	El espécimen es fracturado con muchos golpes de martillo	100.0 - 250.00

1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Para este rango bajo, es preferible el ensayo de compresión uniaxial		
		Resistencia compresiva uniaxial	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
		Valoración	15	12	7	4	2	1	0

Tabla 18
Valoraciones

Familias	Σc (MPa)	Valoración
Familia 1	50 - 100	7
Familia 2	50 - 100	7
Familia 3	50 - 100	7

1. RQD (Rock Quality Designation)

Se hallará a través de la siguiente fórmula:

$$RQD = 100 * \lambda^{-0.1\lambda}(0.1 * \lambda + 1)\%$$

$$\lambda = \frac{\text{Numero de fracturas}}{Lm}$$

Lm=Longitud medida en metros

Reemplazando:

$$\lambda = \frac{122}{15}$$

$$\lambda = 8.13$$

Reemplazamos en la fórmula:

$$RQD = 100 * \lambda^{-0.1\lambda}(0.1 * \lambda + 1)\%$$

$$RQD = 100 * 8.13^{-0.1*8.13}(0.1 * 8.13 + 1)\%$$

$$RQD = 32.998\%$$

$$RQD = 25 - 50\%$$

	Familias	RQD	Valoración
	(%)		
1	Familia 50 %	25 -	8
2	Familia 50 %	25 -	8
3	Familia 50 %	25 -	8

2. Espaciamiento (m)

Espaciamiento determinado por familias.

Espaciamiento	Familia	Familia	Familia
	1	2	3

Espaciado (m)	Valoración	Numero de datos		
< 0.06	5	5	6	0
0.06 – 0.2	8	6	1	2
0.2 – 0.6	10	0	0	5

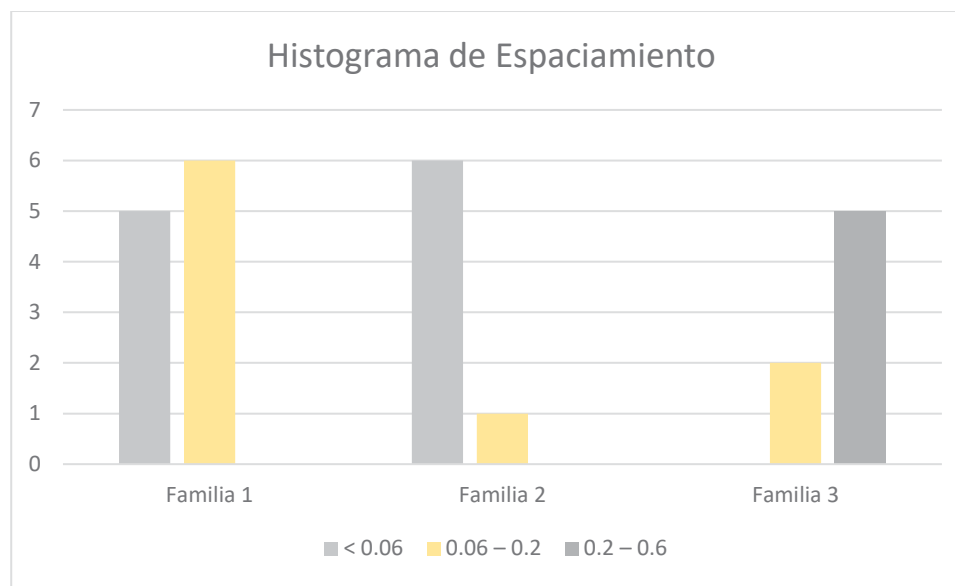


Figura 24. Histograma de Esparcimiento

Se observa:

Para la Familia 1 predomina el espaciado de 0.06 – 0.2 m.

Para la Familia 2 predomina el espaciado < 0.06 m.

Para la Familia 3 predomina el espaciado de 0.2 – 0.6 m.

3	Espaciamiento de discontinuidades	> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	60 - 200 mm	< 60 mm
	Valoración	20	15	10	8	5

Tabla 19

Valoraciones

Familias	Espaciamiento (m)	Valoración
Familia 1	0.06 – 0.2	8
Familia 2	< 0.06	5

Familia 3	0.2 – 0.6	10
-----------	-----------	----

3. Condición de las discontinuidades

La condición de las discontinuidades está conformada por 5 parámetros, para determinar cada uno de ellos se realizará un análisis estadístico (Moda), el valor representativo será aquel que tenga mayor frecuencia (Moda).

3.1. Persistencia (m)

Tabla

20

Persistencia

Persistencia		Familia 1	Familia 2	Familia 3
Persistencia (m)	Valoración	Numero de datos		
3 a 10	2	18	20	9
10 - 20	1	11	7	17

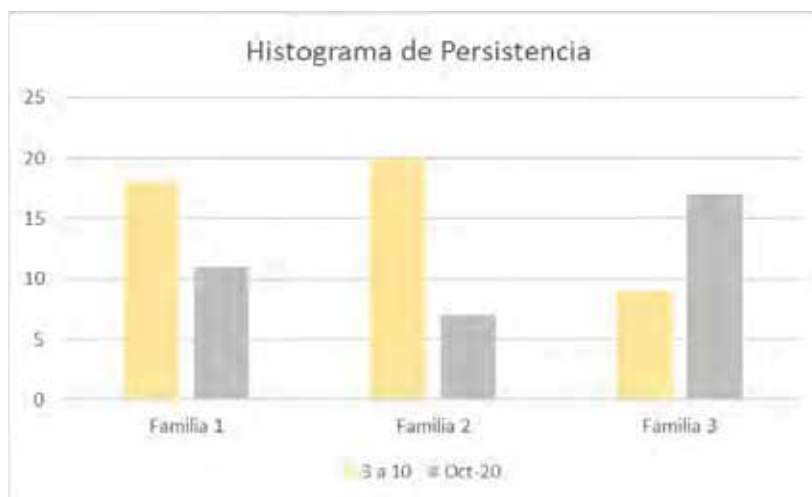


Figura 25. Histograma de persistencia

Se observa:

Para la Familia 1 predomina la persistencia 3 - 10m.

Para la Familia 2 predomina la persistencia 3 - 10m.

Para la Familia 3 predomina la persistencia 10 - 20m

E. PAUTAS PARA LA CLASIFICACION DE LAS CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Longitud de discontinuidades (persistencia)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Valoración	6	4	2	1	0

Tabla

21

Valoraciones

	Familias (m)	Persistencia	Valoración
1	Familia	3 - 10	2
2	Familia	3 - 10	2
3	Familia	10 - 20	1

3.2. Apertura (mm)

Apertura (mm)	Valoracion	Familia 1	Familia 2	Familia 3	Familia
Apertura (mm)	Valoracion	Numero de datos			
Cerrada	6	0	0	0	0
< 0.1	5	1	1	1	3
0.1 – 1.0	4	2	2	2	3
1.0 – 5.0	1	4	3	3	4
> 5	0	0	0	0	0

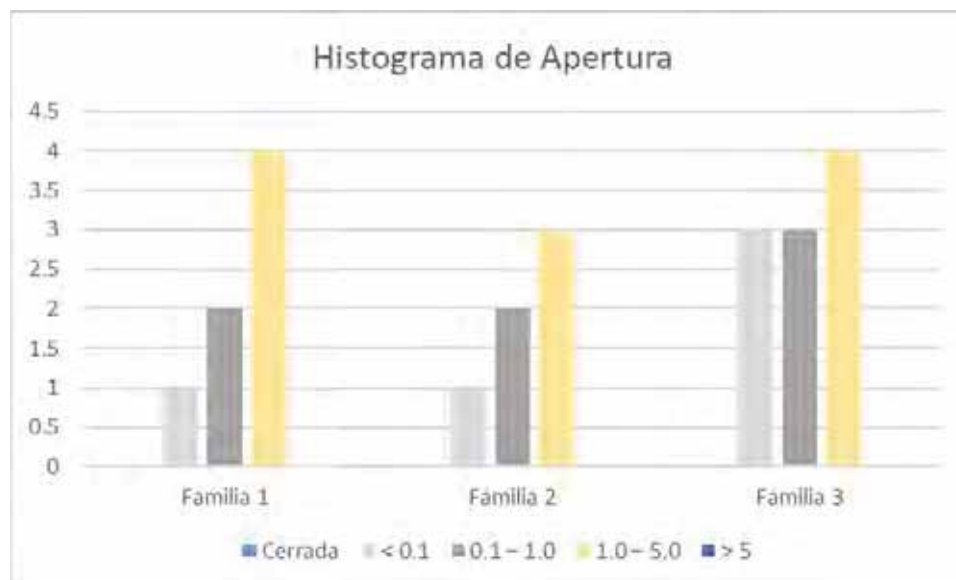


Figura 26. Histograma de persistencia

Se observa:

Para la Familia 1 predomina la apertura 1.0 – 5.0 mm

Para la Familia 2 predomina la apertura 1.0 – 5.0 mm

Para la Familia 3 predomina la apertura 1.0 – 5.0 mm

Separación (apertura)	Cerrada	< 0.1 mm	0.1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Valoración	6	5	4	1	0

Tabla

22

Valoraciones

Familias	Apertura (mm)	Valoración
Familia 1	1.0 – 5.0	1
Familia 2	1.0 – 5.0	1
Familia 3	1.0 – 5.0	1

3.3. Rugosidad

Tabla

23

Rugosidad

Rugosidad	Familia 1		Familia 2		Familia 3	
Estado	Rugosidad	Numero de datos				
Lisa	1	2	1	1		
Lig	3	4	4	5		
Rugosa	5	2	2	0		

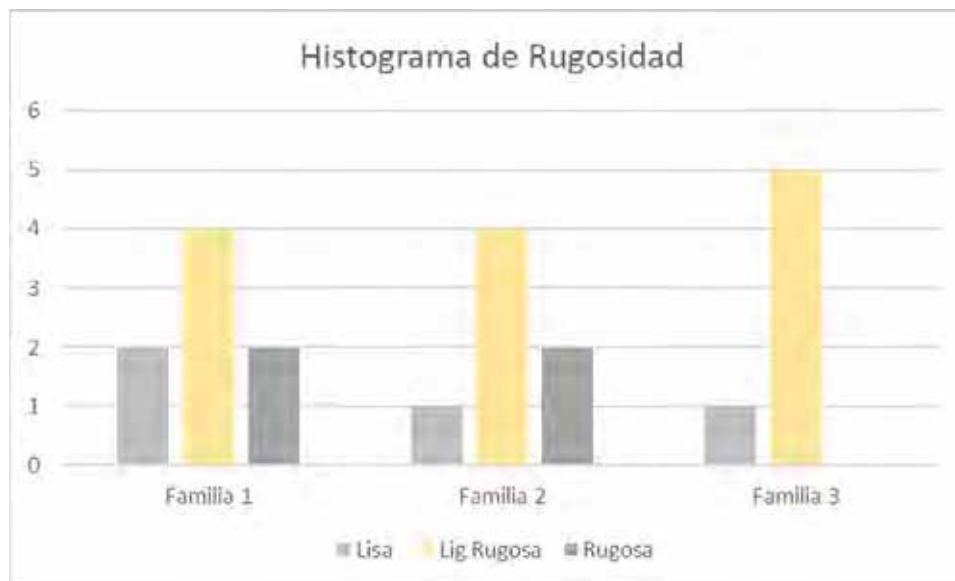


Figura 27. Histograma de rugosidad

Se observa:

Para la Familia 1 predomina la rugosidad Ligera.

Para la Familia 2 predomina la rugosidad Ligera.

Para la Familia 3 predomina la rugosidad Ligera.

Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligera	am. rugosa	Lisa	Espejo de falla
Valoración	6	5	3		1	0

Tabla

Valoraciones

Familias	Rugosidad	Valoración
----------	-----------	------------

Familia 1	Lig	3
	Rugosa	
Familia 2	Lig	3
	Rugosa	
Familia 3	Lig	3
	Rugosa	

3.4. Relleno

Tabla

25

Relleno

Relleno	1	Familia 2	Familia 3	Familia
Estado	Valoración	Numero de datos		
Limpia	6	5	6	0
Suave < 5mm	1	14	13	4

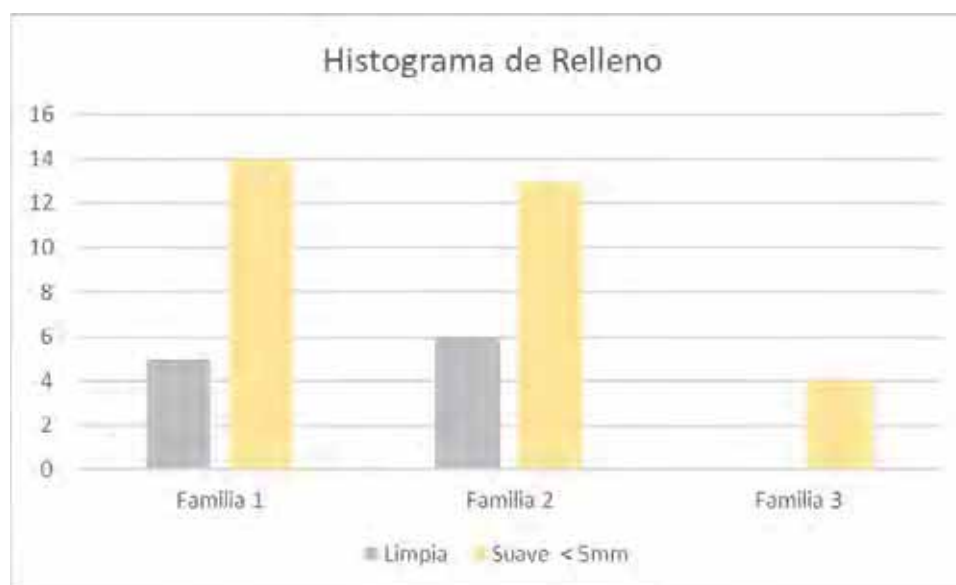


Figura 28. Histograma de relleno

Se observa:

Para la Familia 1 predomina el relleno Suave < 5mm.

Para la Familia 2 predomina el relleno Suave < 5mm.

Para la Familia 3 predomina el relleno Suave < 5mm.

Relleno (panizo)	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5mm	Relleno suave < 5 mm	Relleno suave > 5 mm
Valoración	6	4	2	1	0

Tabla

26

Valoraciones

Familias	Relleno	Valoración
Familia 1	Suave < 5mm	1
Familia 2	Suave < 5mm	1
Familia 3	Suave < 5mm	1

3.5. Alteración

Tabla

27

Alteración

Alteración	Familia			
	1	2	3	
Estado	Alteración	Numero de datos		
Sana	6	2	2	1
Ligera	5	13	12	4
Moderada	3	1	1	0

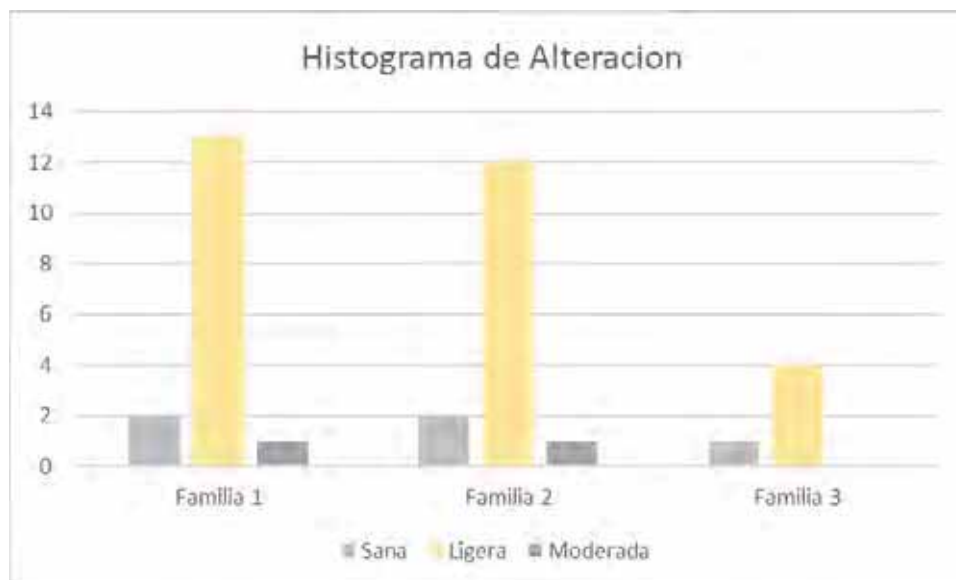


Figura 29. Histograma de alteración

Se observa:

Para la Familia 1 predomina la alteración Ligera.

Para la Familia 2 predomina la alteración Ligera.

Para la Familia 3 predomina la alteración Ligera.

Intemperización	Sana	Ligera	Moderada	Muy intemperiz.	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0

Tabla

28

Valoraciones

Familias	Alteración	Valoración	
1	Familia	Ligera	5
2	Familia	Ligera	5
3	Familia	Ligera	5

Tabla

29

Agua subterránea

Agua Subterránea	Familia 1	Familia 2	Familia 3	Familia
	1	2	3	

Estado	Valoración	Numero de datos		
Seco	15	7	7	1
Húmedo	10	3	3	3

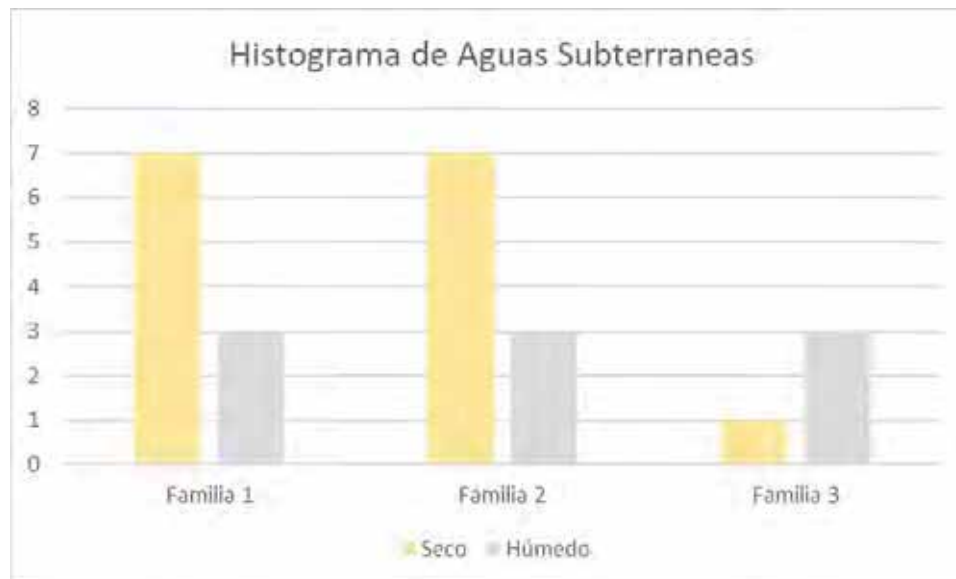


Figura 30. Histograma agua subterránea

Se observa:

Para la Familia 1 predomina la zona seca.

Para la Familia 2 predomina la zona seca.

Para la Familia 3 predomina la zona húmeda.

5	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud de túnel (l/s)	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125
		Presión de agua / principal máximo	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
		Condición general	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo
		Valoración	15	10	7	4	0

Tabla 30

Valoraciones

	Familias	Agua Subterránea	Valoración
1	Familia	Seco	15
2	Familia	Seco	15
3	Familia	húmeda	10

Resultados

1. RMR básico

Tabla

31

Familia 1

Familia	Rumbo	Buzamiento
Familia 1	N 200°	67 NW

Familia 1			
Parámetros	Características		Valoración
Resistencia de la Roca	50 - 100		7
Intacta			
RQD (%)	25 – 50 %		8
Espaciamiento (m)	0.06 – 0.2		8
Condición de las			
Discontinuidades	3- 10		2
Persistencia (m)	1.0 – 5.0		1
Apertura (mm)	Lig Rugosa		3
Rugosidad	Suave < 5mm		1
Relleno	Ligera		5
Alteración			
Agua Subterránea	Seco		15
RMR básico			50

Tabla 32

Familia 2

Familia	Rumbo	Buzamiento
Familia 2	N 290°	82 NW

Familia 2			
Parámetros	Características		Valoración
Resistencia de la Roca	50 - 100		7
Intacta			
RQD (%)	25 – 50 %		8
Espaciamiento (m)	< 0.06		5
Condición de las			
Discontinuidades	3 - 10		2
Persistencia (m)	1.0 – 5.0		1
Apertura (mm)	Lig Rugosa		3
Rugosidad	Suave < 5mm		1
Relleno	Ligera		5
Alteración			
Agua Subterránea	Seco		15
RMR básico			47

Tabla 33

Familia 3

Familia	Rumbo	Buzamiento
Familia 3	N 30°	28 NW

Familia 3			
Parámetros	Características		Valoración
Resistencia de la Roca	50 - 100		7
Intacta			
RQD (%)	25 – 50 %		8

Espaciamiento (m)	0.2 – 0.6	10
Condición de las		
Discontinuidades	20 - 10	1
Persistencia (m)	1.0 – 5.0	1
Apertura (mm)	Lig Rugosa	3
Rugosidad	Suave < 5mm	1
Relleno	Ligera	5
Alteración		
Agua Subterránea	Húmedo	10
RMR básico		46

2. RMR ajustado

Tabla 34

Ajuste de la valoración por orientación de las discontinuidades.

Ajuste de la valoración por orientación de las discontinuidades						
Parámetro		Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy Desfavorable
Valoración	Túneles y Minas	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentación es	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-2	-25	-50	-60

Para la familia 1

		RMR	55
RMR Ajustado	Corrección en talud	Básico	
		Muy Favorable	0
	Resultado		50

Para la familia 2

RMR Ajustado	Corrección en talud	RMR Básico	47
		Muy Favorable	0
	Resultado		47

Para la familia 3

RMR Ajustado	Corrección en talud	RMR Básico	46
		Muy Favorable	0
	Resultado		46



Figura 31. En contra de la pendiente RMR=48

Tabla 35

Clase de masa rocosa determinadas por las valoraciones totales

Clase de masa rocosa determinadas por las valoraciones totales						
Valoración	100-81	80-61	60-41	40-21	<21	
Clase	I	II	III	IV	V	
Descripción	Roca Muy Buena	Roca Buena	Roca Regular	Roca Mala	Roca Muy Mala	

Tabla 36

Significado de las clases de rocas

Significado de las clases de rocas									
Numero de Clase	I	II	III	IV	V				
Tiempo de Auto Sostenimiento	20 años	1 año	1 semana	10 hrs	30 minutos				
Cohesion de la Masa Rocosa Kpa	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100				
Ángulo de fricción de masa rocosa	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°				

Cálculo de factor de seguridad del talud en macizos rocosos

Estereograma de schimidt

La proyección estereográfica es una herramienta esencial que permite que los datos tridimensionales tomados en campo sean representados y analizados.

En el siguiente gráfico se ploteo, el sistema de discontinuidades de las 3 familias identificadas en el macizo rocoso con su respectivo rumbo y buzamiento. La línea de color amarillo representa a los datos tomados del talud.

El cual nos ayuda a identificar cual sería la posible falla planar, en este caso es la primera familia de discontinuidades.

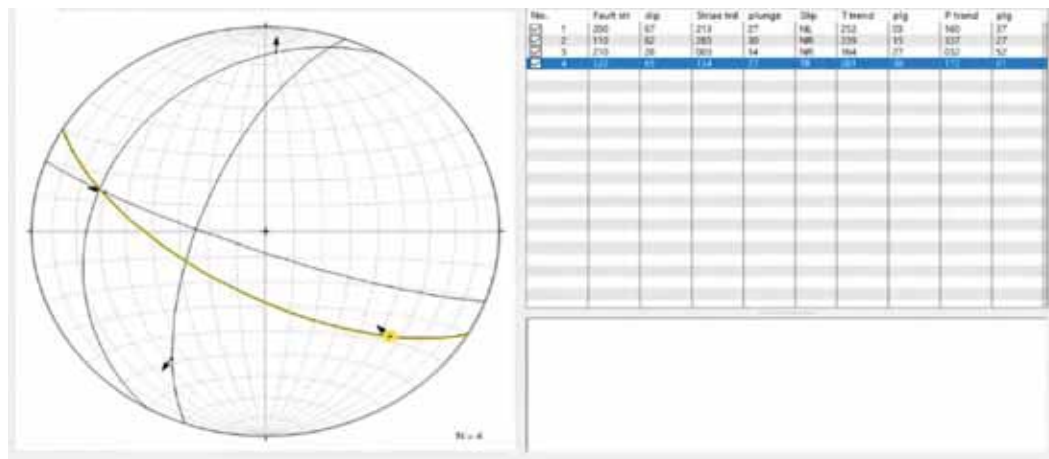


Figura 32. Estereograma de schimidt

Fuente: Elaboración propia

Factor de seguridad

Relación entre la fuerza estabilizantes y desestabilizantes. Dicho factor de seguridad en macizos rocosos se calcula mediante la siguiente formula:

$$F_s = \frac{W * \cos \psi_i * \operatorname{tg} \phi_d}{W * \operatorname{sen} \psi_i} \Rightarrow F_s = \frac{\operatorname{tg} \phi_d}{\operatorname{tg} \psi_i}$$

Donde:

Ψ_i : Buzamiento de la discontinuidad

ϕ_d : ángulo de fricción en la discontinuidad

Datos

Determinando que la posible falla planar corresponde a los datos del sistema de discontinuidades N°1, tenemos:

Ψ_i : 67°

ϕ_d : 35°

Factor de seguridad $F_s = \tan (35^\circ) / \tan (67^\circ)$

$F_s = 1.43 > 1$: Estable

Este resultado nos indica que el talud es estable, cabe resaltar que la estratificación está en contra de la pendiente, lo que le da mayor estabilidad al talud.

Clasificación geomecánica de rocas macizas

- Matrices rocosas: tiene continuidades, el bloque esta intacto, es especial por que presenta especificaciones en su pesaje, deformidades y es resistente.
- Discontinuidad: sus orígenes son macizos de roca en general presentan resistencias a las tracciones casi nulas. Al tener las características anteriores su acciona presenta poca continuidad.
- Roca maciza: esta conformada por matrices rocosas y falta de continuidad lo cual lo caracteriza como variado.

Clasificación geomecánica de rocas macizas:

- Clasificación de Bieniawaski (RMR)
- Clasificación de Barton (Q)
- Clasificación de Romana (SMR)
- Clasificación de Hoek y Brown (GSI)

Parámetros geotécnicos

Propiedad física que influyen en la estabilidad de taludes

En poros (n):

$$n = \frac{\text{Volumen de vacios } (V_v)}{\text{Volumen total } (V_t)}$$

Roca sedimentaria:

- Factores responsables: porosidad
- Oscilando $0 < n < 90\%$
- n bajando lo profundo

n respecto a los materiales cementantes. Roca ígnea y metamórfica:

Responsables: fisura.

Normal, $n < 1-2$

n sube los desgaste en 20% mayor.

Menos porosas: ígneas extrusivas.

Dónde: n genera impacto en las características de resistencia

Densidad (ρ) y Peso Específico (γ). Norma (ASTM #12-70)

$$\rho = \frac{\text{Masa de la roca (o suelo) (m)}}{\text{Volumen total (V)}}$$

$$\gamma = \frac{\text{Peso total de la roca (o suelo) (W = mg)}}{\text{Volumen total (V)}}$$

Las rocas son mas pesadas en cuanto variable comparado con los suelos.

Características para ingenieros de minas:

Tensiones verticales $\sigma_v = \gamma \cdot z$

En relación con los rendimientos de elementos para excavar.

Permeable:

Mayores o menores facilidades en la fluidez de líquidos que pasan por rocas.

La roca puede variar en su permeabilidad.

Valor de K comprendido entre 10^{-5} y 10^{-13} m/s.

Duración:

Resistir que las rocas tienen alteraciones y desintegraciones.

Una roca dura mas mientras haya mas densidad y liquidos.

Propiedades mecánicas de las rocas

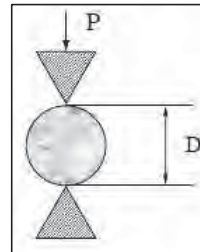
Resistencia a la Compresión Uniaxial (σ_c)

Son los esfuerzos que debe soportar las rocas al ser sometidas a compresiones. Se experimenta con probetas en ambientes controlados.

El método sigue la norma ASTM D3148-86

Propiedad de índices al resistir determinadas cargas

$$I_s = P/D^2$$



Se encuentra:

P: Cargas de roturas

D: Distancias de la punta a cada cono

Probeta cilíndrica de 50 mm, con longitudes de valores entre 1.4 dm : $\sigma_c = 24 I_s(50)$.

No se sugiere para elementos blandos

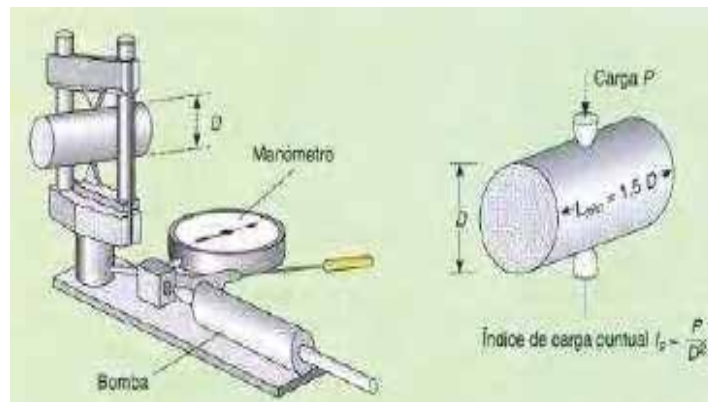


Figura 33. Ensayo de carga puntual.

Fuente: (Norly Belandia – departamento de geomecánica)

Equipos para ensayo de carga puntual



Figura 34. Esclerómetro



Figura 35. Equipo para ensayo de carga puntual.

Máquina de compresión uniaxial.



Figura 36. Máquina de compresión uniaxial.

Fuente: (asociación de Ingenieros de minas Ecuador)

Tabla 37

Clasificaciones de las rocas según su resistencia a la compresión uniaxial Mpa

ROCA	Resistencia a la compresión UNIAXIAL (MPa)	Resistencia a la compresión <u>UNIAXIAL</u> (Kg/cm ²)
Andesita	40 - 320	408 - 3263
Anfibolita	210 - 520	2141 - 5303
Anhidrita	42	428
Arcilla	39 - 54	398 - 551
esquistosa		
Arenisca	4 - 320	40.8 - 3263
Basalto	15 - 420	153 - 4283
Caliza	4 - 330	40.8 - 3365
Corneana	34 - 120	347 - 1224
Cuarcita	90 - 470	918 - 4792
Dacita	80 - 160	816 - 1632
Diabasa	120 - 500	1224 - 5099
Diorita	86 - 340	877 - 3467
Dolomia	36 - 560	367 - 5710
Esquisto	12 - 230	122 - 2345
Gabro	150 - 280	1530 - 2855
Gneis	42 - 250	428 - 2549
Granito	10 - 300	102 - 3059
Granodiorita	100 - 280	1020 - 2855
Grauvaca	27 - 61	275 - 622
Marga	3 - 197	31 - 2009
Mármol	47 - 240	479 - 2447
Micaesquisto	20 - 65	204 - 663
Pedemal	120 - 150	1224 - 1530
Pizarra	27 - 320	275 - 3263
Porfido	140 - 250	1428 - 2549
Plolita	80 - 160	816 - 1632
Sal	21 - 35	214 - 356
Yeso	150 - 45	1530 - 459

Fuente: Rahm (1986), Walthan (1999), Obert y Duvall (1967), Farmer (1968).

Tabla 38

Clasificaciones ingenieril de la roca de acuerdo al índice (σ_c)

Clase	Descripción	Resistencias a la compresión uniaxial			Tipologías en ro
		(PSI)	(MPa)	(Kg/cm ²)	
A	Resistencias muy altas	> 32.000	≈220	≈2243	Cuarcitas, diabas Mayoría de r Igneas. Ciertas r metamórficas. Areniscas
B	Resistencias altas	16.000 - 32.000	≈110 a ≈220	≈1122 a ≈2243	Frágilmente cementadas. Lutitas resistente Mayoría de calizas. Ciertas dolomita
C	Resistencias medias	8.000 - 16.000	≈55 a ≈110	≈560 a ≈1122	Algunas lu Areniscas y ca porosas. Esquist rocas metamórfi
D	Resistencias bajas	4.000 - 8.000	≈28 a ≈55	≈285 a ≈560	Rocas porosas baja densi Areniscas deleznables. Tut lutitas arcillo Rocas
E	Resistencias muy bajas	< 4.000	< 28	< 285	Meteorizadas químicamente alteradas cualquier litolog

Fuente: Gonzáles Vallejos, L. et. al. 2002, p744

Análisis para la estabilidad de taludes

Cuan inestable puede ser los taludes se justifica debido a desniveles se explica debido a:

- *Razón geológica:* ladera inestable, orográficas acusadas, estratificaciones y meteorizaciones, entre otros.

- *Cambios de los niveles freáticos:* situación en estación y sucesos que han realizado los individuos.
- *Proyecto de ingenieros:* Específicamente en dirección minera.

El talud es estable cuando presenta resistencias debido a los elementos que lo componen, las fuerzas a las que se someten y cuanta discontinuidad tienen. El talud es de rocas o tierra. Su estudio es separado.

Método de cálculos

Clasificación de los métodos de cálculo

De acuerdo a las metodologías se sistematizan en un par de grupos:

a. Método para calcular deformación

Toma en cuenta lo deforme de la tierra y las normas estáticas. Se aplica en base a sus dificultades y problemas usando métodos de aspectos cuantitativos.

b. Métodos para equilibrar el límite

Basada en ley de estáticas la cual se enfoca en equilibrar masas en suelos con potencia a ser inestables. Sin tomar en cuenta lo deforme del lugar. Suponiendo que se encuentra que toda las superficies de los cortes.

Ordenados en:

- Método exacto.
- Método no exacto.

b.1. Método exacto

La aplicación de la norma en estáticas brinda soluciones exactas simplificando las técnicas. Se dan en un talud simple plano.

b.2. Métodos no exactos

Las roturas no hacen posible tener soluciones puntuales a pesar de tomar en cuenta las leyes. Se consideran algunas técnicas como equilibrar globalmente los deslices de las masas segmentadas. La dovela y su uso se clasifica:

- Método aproximado: sin cumplir las operaciones de tipo estáticos. Se consideran el método Fellenius, Janbu, Bishop.
- Método preciso o completo: con el cumplimiento de las ecuaciones estáticas, se siguen los métodos Morgenstern- Price, Spencer y Bishop rigurosamente.

Los más conocidos son los de Morgenstern-Price, Spencer y Bishop riguroso.

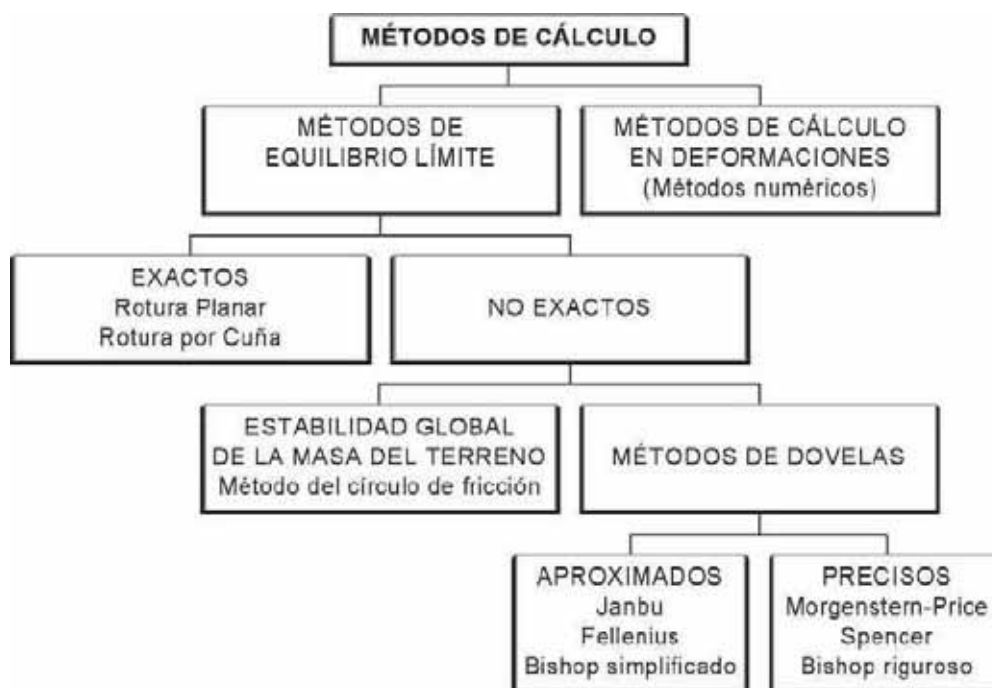


Figura 37. Método de cálculo

Método no exacto:

El factor de seguridad se somete a metodologías y análisis.

Cuando un talud es homogéneo su cálculo puede ser veloz se tomara en cuenta las siguientes teorías. La pionera es Taylor en 1937 y 1948, para el esfuerzo total, considerando los

poros. Posteriormente los teóricos como Bishop y Morgenstern (1960), Hunter y Schuster (1968), Janbú (1968), Morgenstern (1963), Spencer (1967), Terzaghi y Peck (1967) y otros.

La homogeneidad en la tabla de rapidez de cálculos para el FS se consideran variedad de actores.

Tabla 39

Métodos de análisis para estabilidad de taludes.

Métodos	Superficies de fallas	Equilibrio	Características
Ordinario o de Fellenius (1927)	Circulares	De fuerza	Método simple FR bajo
Bishop simplificado (1955)	Circulares	De momento	Suma de fuerzas cero Menos incógnita No hay condición en equilibrio
Janbú Simplificado (1968)	Cualquier forma de superficie de falla.	De fuerza	Sin fuerzas cortantes Factor de corrección FS bajo
Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma de la superficie de falla.	De fuerza	Misma dirección de terrenos FS alto
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma de la superficie de falla.	De fuerza	Fuerzas inclinadas Mejor equilibrio de fuerzas
Spencer (1967)	Cualquier forma de la superficie de falla.	Momento y fuerza	Asumir que la fuerza lateral es la misma t Inclinación desconocida
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma de la superficie de falla.	Momento y Fuerza	Fuerza lateral ya establecida Funciones arbitrarias
Sarma (1973)	Cualquier forma de la superficie de falla.	Momento y fuerza	Método de dovelas Factores de equilibrio
Elemento finito	Cualquier forma de la superficies de fallas	Analiza esfuerzo y deformación	Esfuerzo Sin FS
Espirales logarítmicas	Espirales logarítmicas	Momento y fuerza	Muchos métodos sin equilibrios.

Fuente: Gonzáles Vallejos, L. et. al. 2002.

El FS se emplea por medio de profesionales para conocer las amenazas de taludes en situaciones de riesgo. Se entiende por las relaciones entre resistencias de cortes y el esfuerzo en cortes críticos para generar fallas en las superficies.

Tabla 40

Listado de tablas para cálculo de estabilidad de taludes disponibles en la literatura.

Autor	Parámetros	Inclinación de talud	Método analítico utilizado	Observaciones
Taylor (1948)	c, ϕ, ϕ'	0-90° 0-90°	$\phi = 0$ Círculo de fricción	Análisis no drenado. de Taludes secos solamente.
Bishop y Morgenstern (1960)	c, ϕ, r_u	11-26.5°	Bishop	Primero en incluir efectos de
Gibson y Morgenstern (1960)	c, ϕ	0-90°	$\phi = 0$	Análisis no drenado con cero la superficie y c_u aumenta l la profundidad.
Spencer (1967)	c, ϕ, r_u	0-34°	Spencer	Círculos de pie solamente.
Janbú (1968)	c, ϕ, r_u	0-90°	$\phi = 0$ Janbú GPS	Una serie de tablas para difer movimiento de agua y grieta:
Hunter y Schuster (1968)	c, ϕ	0-90°	$\phi = 0$	Análisis no drenado con inicial en la superficie y linealmente con la profundid
Chen y Giger (1971)	c, ϕ, ϕ'	20-90°	Análisis límite	
O'Connor y Mitchell (1977)	c, ϕ, r_u	11-26	Bishop	Bishop y Morgenstern (l para incluir $N_c = 0.1$
Hoek y Bray (1977)	$c, \phi, \phi', c, \phi, \phi'$	0-90° 0-90°	Círculo de fricción Cuña	Incluye agua subterránea tensión. Análisis de bloq dimensiones.
Cousins (1978)	c, ϕ, ϕ'	0-45°	Círculo de fricción	Extensión del método de T
Charles y Soares (1984)	c, ϕ, ϕ'	26-63°	Bishop	Envolvente de falla no li Coulomb.
Barnes (1991)	c, ϕ, r_u	11-63°	Bishop	Extensión de Bishop (1960) para un rango mayor talud.

Fuente: Gonzáles Vallejos, L. et. al. 2002, p744.

Método exacto para taludes en roca

El estudio de estos materiales es compuesto desde una mirada interna

Un talud natural se encuentra impactado por la erosión de líquidos así como el componente sísmico.

Mecanismos de rotura

a) Roturas planas: originada porque las roturas se concentran en un solo sentido y provocan sensibilidad.

b) Cuñas: choque de dos tipos de planos

c) Vuelcos: impactos de forma indistinta, direcciones contrarias, rompiendo un bloque que cae por fuerza gravitacional.

Principal mecanismo para rotura de roca

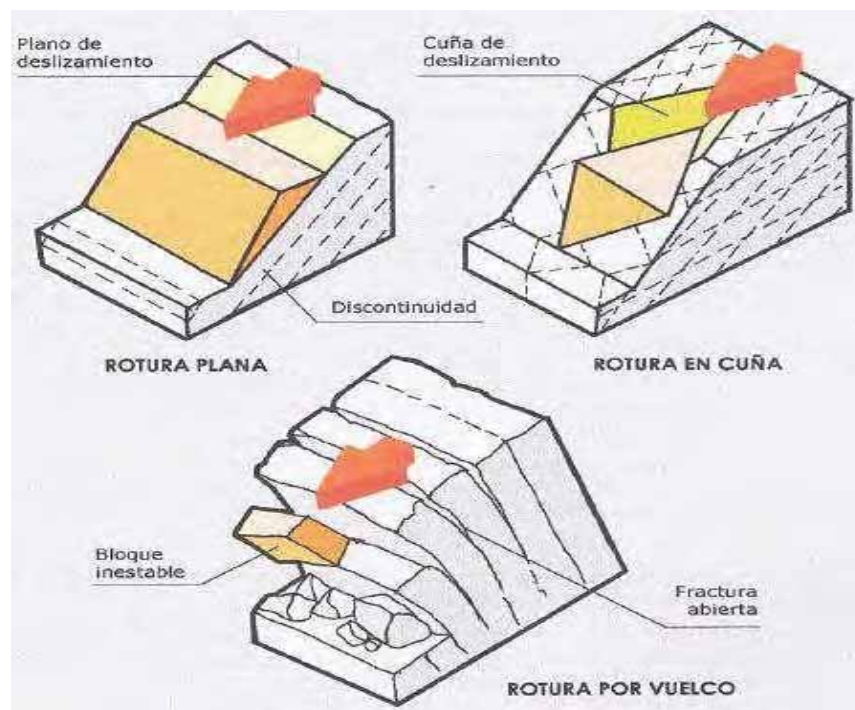


Figura 38. Mecanismo de rotura de un talud rocoso.

Fuente: (Luis Bañon Blaquez 1963)

Análisis de rotura planar

Cuando se producen deslizamientos en superficies planas.

Es usual que choquen con los taludes. Se pueden dar por la conexión entre dos tipos de taludes.

Se condiciona por:

- Se deberá tener un ángulo de 20° entre trazados horizontales y los planos de deslizamientos.
- Los espacios límites en lateral de las masas en deslizamiento producen resistencias para el deslizar despreciablemente.

Superficies laterales

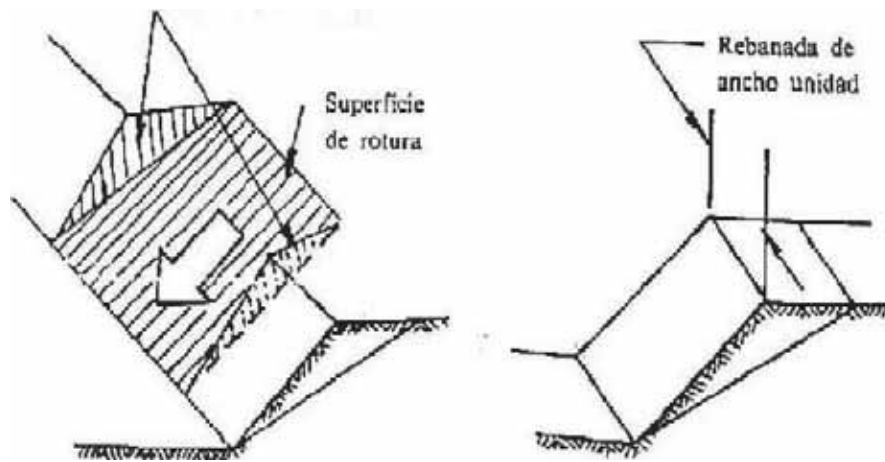


Figura 39. Mecanismos de rotura de planar.

Fuente: (Fernando Herrera Rodríguez, Geotecnia 2000).

1. Geometría de la rotura planar

Si se representa el plano del talud y las discontinuidades en una se pueden tener una rotura de tipo planar cuando existe una familia de discontinuidades de rumbo similar al del talud y buzamiento menor que éste.

Presentes en los planos de taludes y la discontinuidad de estereofalsilla equiareal o de Schmidt presentando roturas planas ya presenté un grupo de discontinuidades en los rumbos similares a los taludes y buzamiento menores.

$$\psi_t > \psi_p$$

Se entiende:

ψ_t = ángulos de buzamiento del taludes

ψ_p = ángulos de buzamiento de los planos de roturas

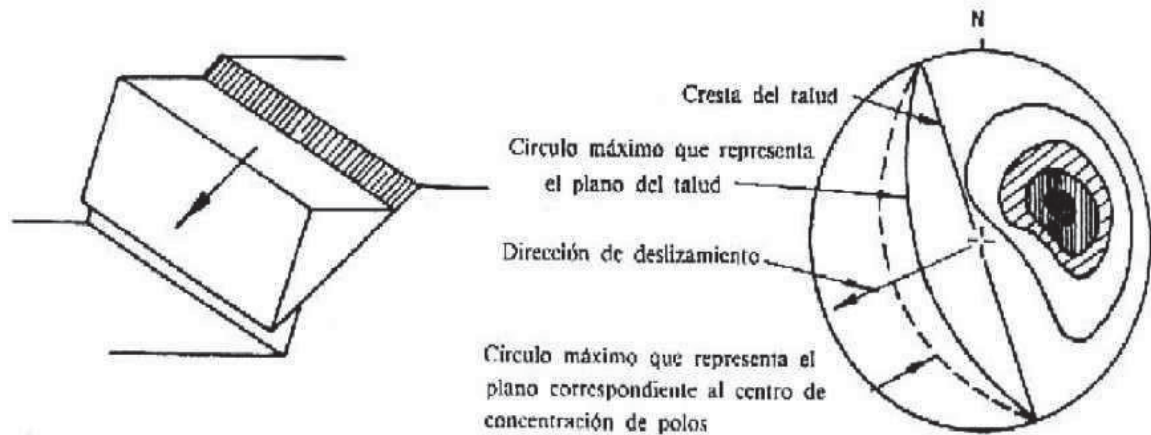


Figura 40. Geometrías estereográficas de rotura planar de un talud.

Fuente: (Fernando Herrera Rodríguez, Geotecnia 2000).

2. Análisis de estabilidad en rotura planar

Parte superior delimitado por grietas, compuesto por líquidos.

FS se entiende como:

$$FS = \frac{c' A + \left[W \left[\left(1 + \frac{a_v}{g} \right) \cos \psi_p - \frac{a_H}{g} \sin \psi_p \right] - U - V \sin(\psi_p + \delta) \right] \operatorname{tg} \phi}{W \left[\left(1 + \frac{a_v}{g} \right) \sin \psi_p + \frac{a_H}{g} \cos \psi_p \right] + V \cos(\psi_p + \delta)}$$

Donde:

c : Cohesiones efectivas dentro de superficies al deslizar.

f : Ángulos para rozar de forma interna efectivamente las superficies

A : Áreas en lo ancho de las superficies al deslizar.

W : Pesos de las masas deslizantes.

Ψ : Ángulos que pueden formar los planos para deslizar de forma horizontal.

U : Resultado de las fuerzas presionantes con acción en los planos

δ : Ángulos para formar las grietas en las tracciones verticales.

V : Resultado de la presión intersticial

g : Aceleraciones en cuanto gravitación

Si no se presenta sismos $= aH = 0$, cuando hay ambientes secos $U = V = 0$.

Se parte de las siguientes simplificaciones:

- Si hay inclinación Y_t se considera plano horizontal
- Sin efecto en sismos
- Grietas verticales
- El valor máximo entre grietas triangulares.

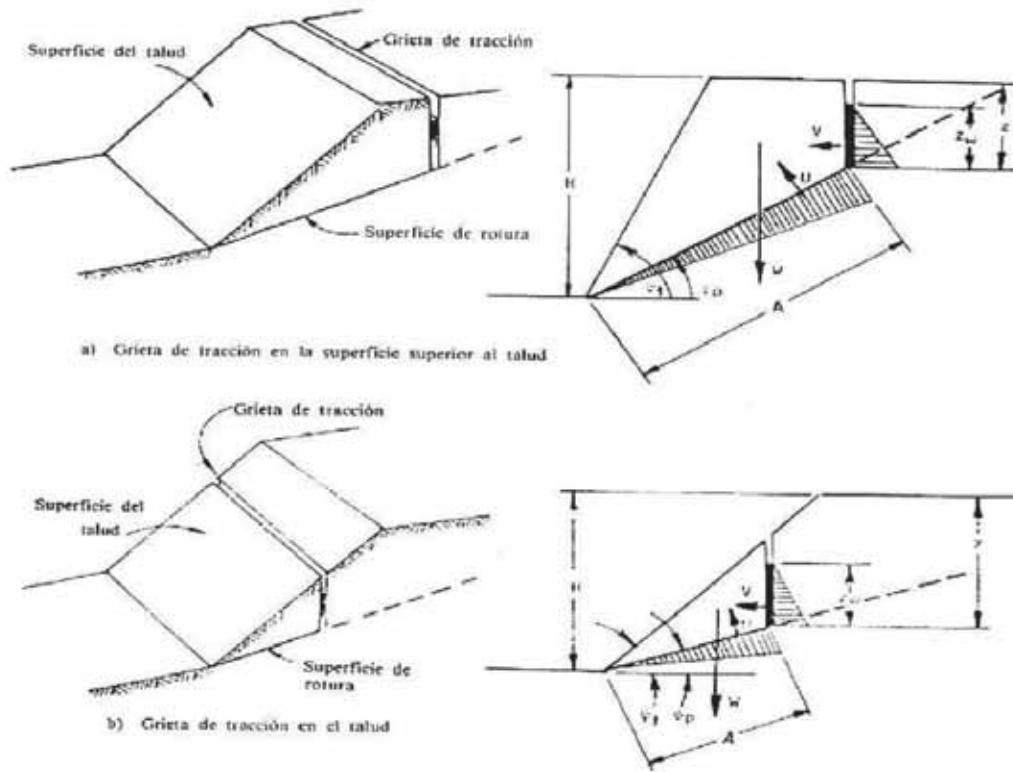


Figura 41. Geometría de rotura planar de un talud.

Fuente: (Fernando Herrera Rodríguez, Geotecnia 2000).

El FS sera:

$$\begin{array}{ccc}
 & \text{Caso A} & \text{Caso B} \\
 A = \frac{H-z}{\text{sen}\psi p} & U = \frac{1}{2} \gamma_w Z^2 w & \\
 U = \frac{1}{2} \gamma_w Z w \frac{(H-z)}{\text{sen}\psi p} & W = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left[\frac{1 - \left(\frac{z}{H}\right)^2}{\text{tg}\psi p} - \frac{1}{\text{tg}\psi t} \right] & W = \frac{1}{2} \frac{\gamma H^2 \left(1 - \frac{z}{H}\right)^2 \left(\frac{\text{tg}\psi t}{\text{tg}\psi p} - 1\right)}{\text{tg}\psi p}
 \end{array}$$

Donde:

H = Cima de los taludes

z = Profundidades de las grietas en los taludes

zw = alturas de líquidos agrietados por tracciones

γ = pesaje específico de masas en deslizamiento

γ_w = pesaje de liquido

Se elaboraron programas para hacer mas simple y con velocidad cada calculo, es asi que se podrá calcular el FS de los taludes con probabilidad de roturas en espacio plano. PLANO considerara a el talud con presión intersticial, grieta para poder conocer la existencia de sismos, y poder establecer seguridades.

Análisis de rotura en cuña

Las fallas en las cuñas se dan en las masas de rocas cuando se deslizan por ambas discontinuidades y se encuentran formando ángulos oblicuos en las superficies. Dependen de los aspectos ambientales como de las masas. Los análisis cinemáticos se realizan en base al encuentro de cada plano.

Suarez en 1988 considera como condición de tipo estructural:

- Direcciones lineales cerca a las superficies de los taludes.
- Los buzamientos de la línea de intersección serán menores a las superficies de los taludes.

- c. Los buzamientos de la línea de intersección deberán ser mayores que los ángulos en las fricciones promediando ambas superficies.

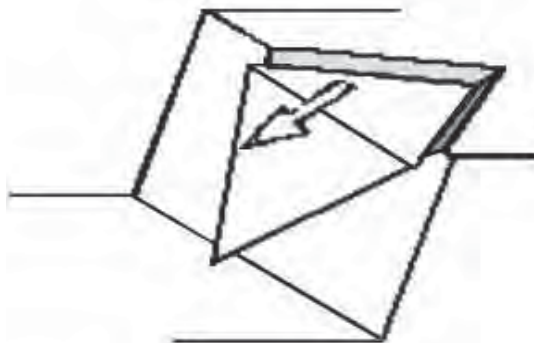


Figura 42. Fallas de cuñas

Fuente: (Fernando Herrera Rodríguez, Geotecnia 2000).

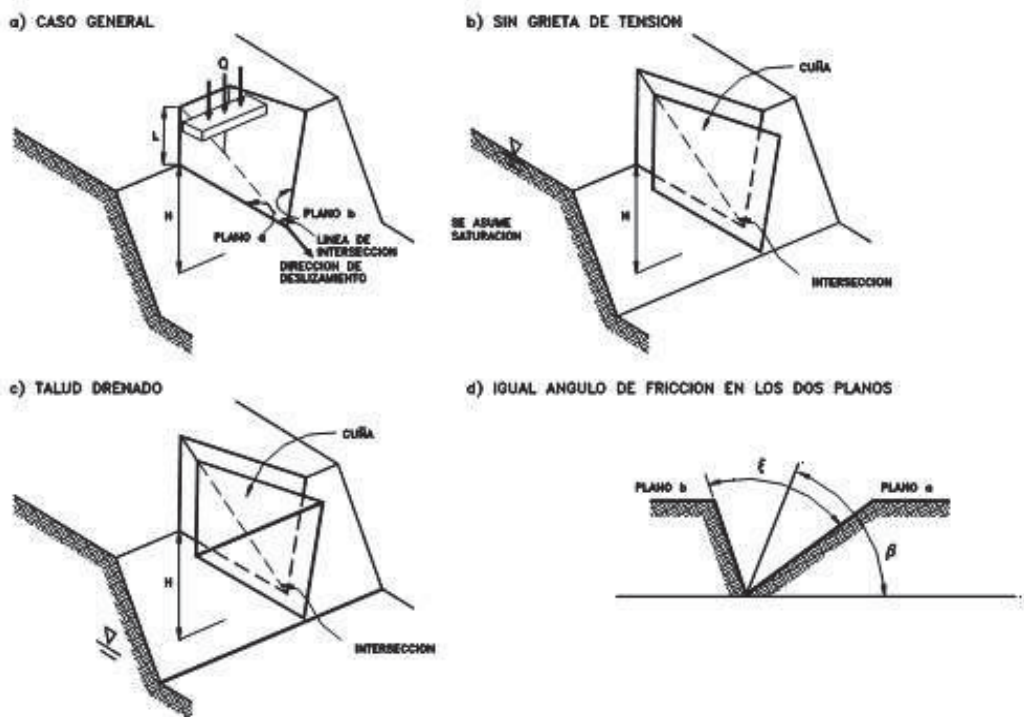


Figura 43. Esquemas generales en fallas de cuñas

Fuente: (Fernando Herrera Rodríguez, Geotecnia 2000)

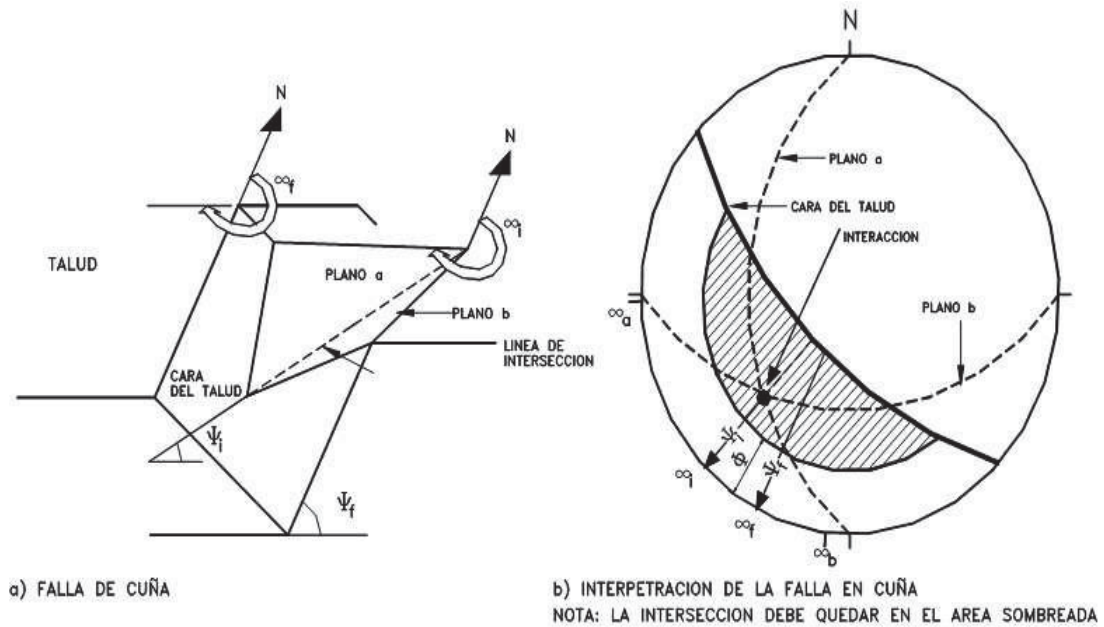


Figura 44. Análisis cinemático de la falla en cuña (Hoek y Bray, 1981).

Fuente: (Fernando Herrera Rodríguez, Geotecnia 2000)

Después de analizados cinemáticamente se hará uso del método estereográfico donde se halla el FS:

a. Sucesos generales

$$FS = \frac{3}{\gamma_r H} (C_a * X + C_b * Y) + \left(A - \frac{\gamma_w}{2\gamma_r} Y \right) \tan \phi_b$$

Dónde:

C_a y C_b = cohesión

ϕ_a y ϕ_b = ángulo para fricciones

γ_r = Pesos de las rocas

γ_w = Pesos de los líquidos

H = Alturas en total de los bloques

X , Y , A y B en razones geométricas.

ψ_a y ψ_b = Buzamientos ambos planos

Ψ_i = Buzamientos de la intersecciones

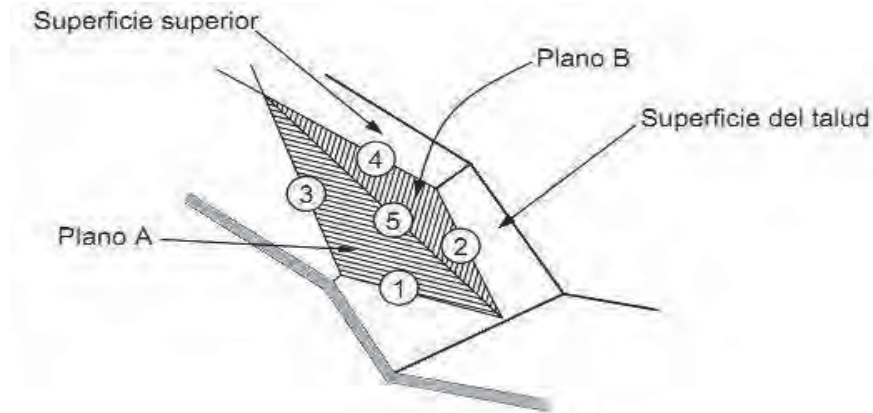


Figura 45. Gráfico de un talud con falla cuñar (Hoek y Bray, 1981).

Fuente: (Fernando Herrera Rodríguez, Geotecnia 2000)

1. Intersección del plano A con el frente del talud.
2. Intersección del plano B con el frente del talud.
3. Intersección del plano A con la superficie superior del talud.
4. Intersección del plano B con la superficie superior del talud.
5. Intersección de los planos A y B.

$$X = \frac{\text{sen}\theta_{24}}{\text{sen}\theta_{45} * \text{cos}\theta_{2na}}$$

$$Y = \frac{\text{sen}\theta_{1a}}{\text{sen}\theta_{35} * \text{cos}\theta_{1nb}}$$

$$A = \frac{\text{cos}\Psi_a - \text{cos}\Psi_b * \text{cos}\theta_{na nb}}{\text{sen}\Psi_5 * \text{sen}^2\theta_{na nb}}$$

$$B = \frac{\text{cos}\Psi_b - \text{cos}\Psi_a * \text{cos}\theta_{na nb}}{\text{sen}\Psi_5 * \text{sen}^2\theta_{na nb}}$$

b. Taludes drenados

$$FS = \frac{3}{\gamma_r H} (C_a * X + C_b * Y) + A \tan\phi_a + B \tan\phi_b$$

c. Taludes sin cohesiones

C = cero (solo fricción)

$$FS = A \tan\phi_a + B \tan\phi_b$$

d. Igualdad en los ángulos de fricción ambos planos

$$FS = \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \left(\frac{\xi}{2}\right)} * \frac{\text{tan } \phi}{\text{tan } \psi_i}$$

Analizar roturas volteo (TOPLING)

La falla de los volteos se da cuando la masa de rocas se separa en dimensiones con buzamientos y acercándose a las superficies de los taludes. Rotando cerca del pie y la columna.

(Suarez, 1998)

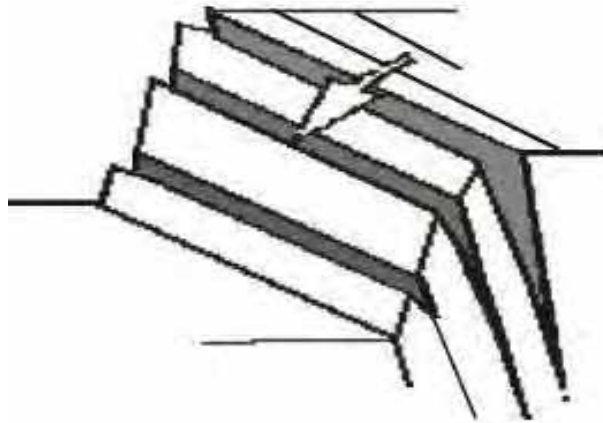


Figura 46. Falla por volteo
Fuente: (Fernando Herrera Rodríguez, Geotecnia 2000)

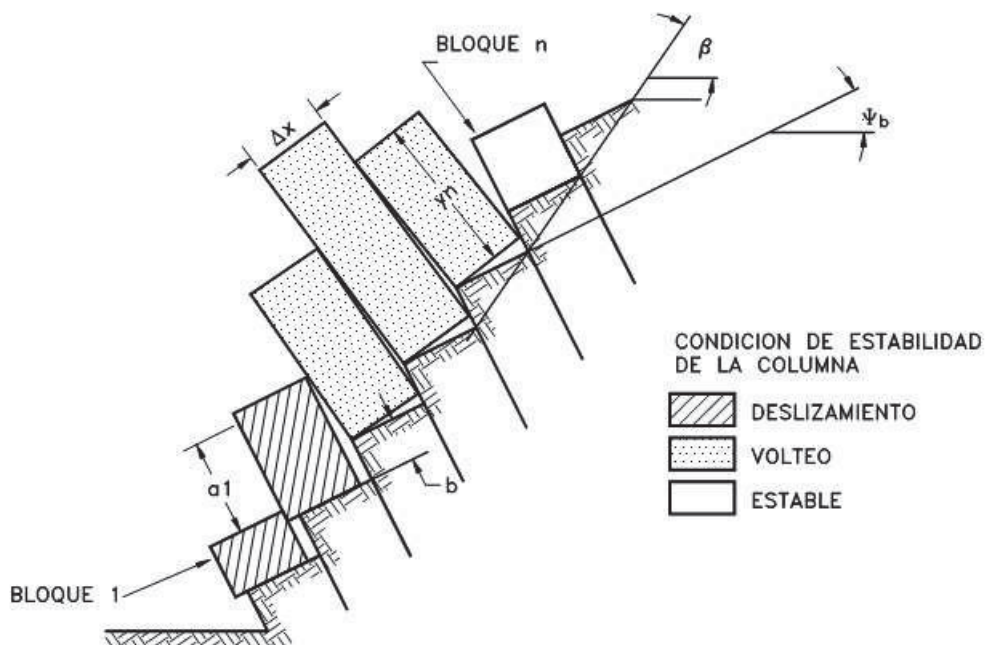


Figura 47. Esquema general de la falla al volteo.

Fuente: (Fernando Herrera Rodríguez, Geotecnia 2000)

Los volteos deberán considerar las siguientes características:

- a. Los rumbos en la capa se deben acercar paralelamente a los taludes y su superficies sin sobrepasar los 20 grados.
- b. Debe seguir lo propuesto a continuación:

$$(90^\circ - \Psi_p) \leq (\Psi_f - \phi_p)$$

Dónde:

Ψ_p = Buzamientos en capa

Ψ_f = Buzamientos en superficies de taludes

ϕ_p = Ángulos de fricción en ambos planos.

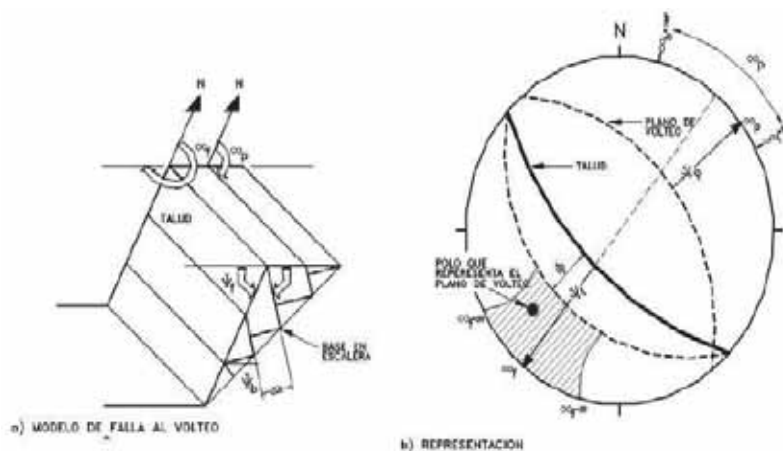


Figura 48. Análisis cinemático de la falla al volteo (Norris y Wyllie, 1996)

Fuente: (Fernando Herrera Rodríguez, Geotecnia 2000)

En la situación en el cual se puede observar un elemento rocoso en situación de inclinación, se seguirá con el análisis de altura y longitudes asumiendo que las fuerzas que resisten a la dinámica se deben a las fricciones, resultando en cero.

Los vectores al encontrarse con pesajes de bloques y se caen por fuera del núcleo, se deslizan inclinándose \emptyset siendo un valor máximo con los ángulos en fricciones. A pesar de ello, si se diese que los elementos son altos y delgados, caerán fuera y provoca volcadura y rotarán por los bordes.

CAPITULO IV

EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO- MECANICAS DE ROCA

ANÁLISIS ESTRATÉGICO Y EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DE TALUDES,
ZONA: CCACCAÑAN, RUTA: TAMBOBAMBA - CHALHUAHUACHO, DISTRITO DE
TAMBOBAMBA PROVINCIA: COTABAMBAS Y DEPARTAMENTO DE APURÍMAC.

4.1. Ubicación

Dirección: CCACCAÑAN
Distrito: TAMBOBAMBA
Provincia: COTABAMBAS
Región: APURÍMAC

4.2. Ensayos de laboratorio realizados:

- ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN ROCA.
- PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN.

4.3. Ensayos de compresión en roca - NTP-339.059-2011

4.3.1. *Equipo utilizado*

Perforadora de diamante GDB 2500 WE BOSCH DIAMANTINA 2500W

Potencia útil de 1450 W, Revoluciones de 440 min-1 y 960 min-1

Prensa para concreto digital - Automática Capacidad 300000 Lb

Según norma ASTM

Capacidad 300.000 Lb, De operación automática para uso en campo y Laboratorio. Para prueba de resistencia en muestras de concreto y roca de diferentes dimensiones. Incluye indicador digital de 6 dígitos, con retención de carga máxima, aplicación de carga automática, resolución 10

Lb, precisión 0.1%, caja de controles con tablero en acero inoxidable. Operación 110 VAC – 220 VAC. Con informe de inspección.

Marca: Humboldt. Procedencia: americana.

Velocidad de Aplicación de Carga. 0.20 a 0.30 MPa/seg.

4.3.2. *Peso específico y absorción AASHTO T 84.*

Es aquella medida que toma en cuenta un ambiente con sus propias condiciones considerando la temperatura y el pesaje con un valor igual al del líquido destilado.

4.3.3. *Equipo*

- Balanza, de capacidad de 1200g y sensibilidad de 0.01g y otra con capacidad de 200g y sensibilidad de .001g.
- Bombas de vacío, con tuberías y uniones, o en su defecto un mechero o un dispositivo para hervir el contenido del picnómetro.
- Capsulas para evaporación
- Cobertor de manos
- Elementos para baño María
- Frasco volumétrico (Picnómetro), de 100 a 500 cm³ de capacidad.
- Horno, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).
- Pipeta.
- Tamiz de 2.36 mm (No.8) y 4.75 mm (No.4).
- Termómetro graduado, con una escala de 0 a 50°C (32 a 122°F) y con precisión de 0.1°C (0.18°F).

4.3.4. *Preparación de la muestra*

Tiene como objetivo conocer el pesaje del sólido, se puede realizar ensayos en el ambiente o hacer uso de un horno , en cualquier caso se debe tomar en cuenta la humedad.

4.4. Procedimiento detallado de ensayos laboratorio

Si se decidió realizar el procedimiento en base de hornos se debe seguir los siguientes pasos:

- Datos correctamente redactados en planillas.
- Realizar el secado del aparato.
- El elemento para calentar se debe encontrar en valores 5° . al retirarlo se debe esperar hasta el enfriamiento, resguardando el exceso de humedad.
- Seleccionar la población escogida con representación, se basa en lo que sale en el picnómetro usado. Dato establecido 0.01 g.
- Se retira con los cuidados establecidos sin perder mucho muestra. Para mayor precisión se debe hacer el pesaje una vez más.
- Llenar el instrumento hasta el medio de su capacidad con liquido destilado hasta dejarlo toda una noche.

Nota: La temperatura usada generara que los líquidos desaparezcan en forma de cristales, se recomienda las temperaturas 60° a baja presión.

- Se deberá sacar lo suspendido de la muestra utilizando una forma antes explicada.
- Si se calentó lo suspendido se tendrá que dejar en supervisión con temperaturas bajas por una noche.
- Realizar los elementos prescritos anteriormente con un suelo en ambiente real.
- Anótense todos los datos en la planilla.

Panel fotográfico laboratorio







4.5. DISCUSIÓN

De acuerdo a los teóricos utilizados en la investigación se pueden clasificar los taludes en aquellos que presentan estabilidad y los que no, de acuerdo al valor otorgado en seguridad los que presentan valores mayores a uno son seguros y así correspondientemente. En el aspecto de desplazamiento se puede entender que si hay valores de 1.01 a 0.99 puede haber desplazamientos y fracción. Se pudo encontrar que de acuerdo a los aspectos estratégicos y evaluativos se analizó que los taludes del estudio son inestables.

Para poder estabilizar un talud se sugiere que se sea utilizados materiales como geomallas o mallas en base de acero, lo cual se da alternativa de solución en la zona de análisis estratégico y evaluación debido a ellos los aspectos de resguardo miento son factibles.

Los factores de seguridad obtenidas por el método de números finitos con análisis estratégico y evaluación con inicial estático concuerdan con los resultados obtenidos de estabilidad estática convencional MÉTODO DE SPENCER, aun el método convencional ejecuta sus formulaciones de manera reservada.

En cuanto los aspectos de resguardo se indica que el conjunto de concentraciones de los esfuerzos en el corte de las zonas de talud, en el pie, donde genera un cambio brusco de pendiente

En el presente estudio se hizo uso de análisis paramétricos de esta manera hacer una evaluación de las consecuencias de la toma diaria de apuntes de aspectos dinámicos tales como frecuencias, amplitudes y duración , así también se considero la característica de los suelos como peso por unidad, módulo de Young, coef. de Poisson,etc ; en el aspecto dinámico se realizó la evaluación de taludes en su estabilidad y desplazamiento de forma vertical en cresta.

De acuerdo a la examinación de la dinámica registral , se puede indicar que los aspectos de amplitud y tiempo son lineales, teniendo modificaciones en base a cuan frecuente son, es decir

generan impacto en el desplazamiento. Se debería tomar en cuenta el registro de sismos para tener conocimiento sobre las frecuencias que deben ser consideradas en el estudio. Es debido a ello que al presentarse dos movimientos telúricos se presenta un gran riesgo de inestabilidad. De acuerdo a lo analizado se puede entender que a pesar de los estudios no es posible conocer en su totalidad como se dan los eventos sísmicos, pero puede haber acercamientos tomando en cuenta factores como frecuencia, amplitud y duración.

En cuanto al estudio de los suelos es posible percibir resistencias las cuales disminuyen el estado estable del talud en consecuencia existe más desplazamiento. Existen elementos diferentes como el módulo de Young capaces de dar más información sobre la rigidez. En los estudios al utilizar el coef. de Poisson no tiene significancia ya que no se relaciona con la dinámica de cuan estable son los taludes.

4.6. Dispositivos de protección y seguridad (solución)

Es posible afirmar que en todo tipo de talud se presentan peligros asociados a el desprendimiento de rocas que generan falta estabilidad. Las causas son varias, en primer lugar posibles erosiones internas de rocas así como sismos y líquidos en el ambiente. (Bañón, 2000, págs. 17-18)

Hay muchas opciones para aplicar medidas de seguridad en la carretera, su uso de forma eficiente tiene que ver con el estado del lugar donde se realizara los análisis de tipo estratégico y la evaluación de medio así como los aspectos de calidad. Pueden resaltar:

- a. *Bermas y cunetones*: El talud cuando presenta elevación puede llegar a presentar escalonamientos, dichas formaciones tienen como función ser amortiguadores de elementos que caen, así se reduce el impacto en las vías. Dichos elementos cuentan con ampliaciones en lo receptivo y de almacén así como una limitante que protege el espacio de la cuneta y la acera.

b. *Muros de contención:* Construidos en la parte inferior de los ejes de pista. A base de hormigón permitiendo tener resistencia ante cualquier impacto con capacidad para almacenar.

c. *Mallas de triple torsión:*

Tienen como función la cobertura de cualquier roca. Su material permite la capacidad de almacenamiento y sobre todo resistencia, acero. Se tiene la necesidad de dos a tres anclajes los cuales podrán estar ceñidos a la malla. Dichos procedimientos se dan bajo una evaluación y estrategia cumpliendo sus propósitos.

d. *Barreras dinámicas:*

Complementarias a las mallas pero dirigidas a mayores dimensiones. Sus características la dirigen a la función de frenar. Sus componentes son mallas de acero, poste de metal y cables que ayudan a detener y disipar energía.

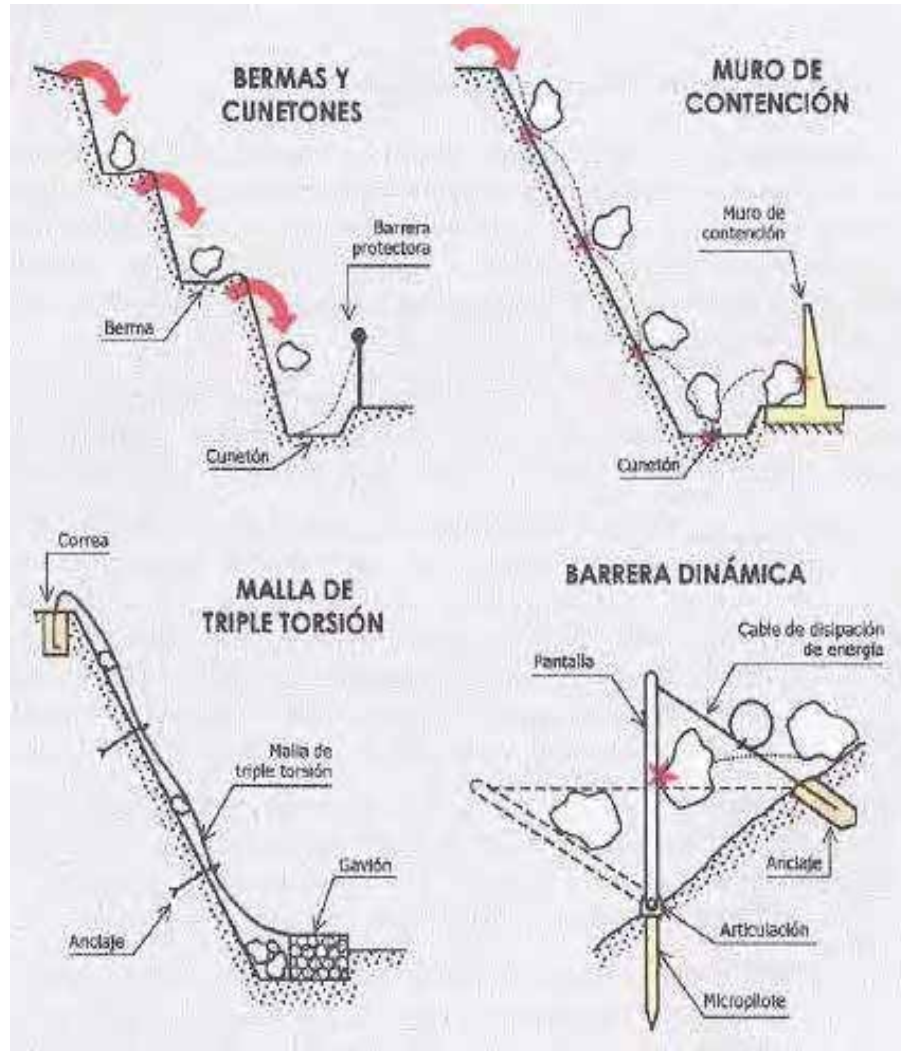


Figura 49. Dispositivos y sistemas de protección y seguridad para taludes.

Fuente: (Luis Bañon Blázquez 1963.)

4.6.1. Colocación de anclajes

Para mejorar la suficiencia de lo seguro de los taludes es posible hacer uso de anclajes con un valor de tensión T , incrementando los valores de la FS.

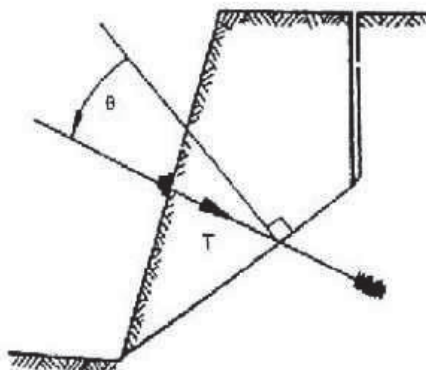


Figura 50. Colocación de anclajes

Fuente: Luis Bañón Blázquez

De acuerdo a lo observado se puede indicar que para encontrar el valor de cuan estable es un elemento en situación de deslizamiento, se puede tomar en cuenta la oposición de fuerzas y la resistencia.

Si existe anclaje FS se explica:

$$FS = \frac{c' A + \left\{ W \left[\left(1 + \frac{a_v}{g} \right) \cos \psi p - \frac{a_H}{g} \sin \psi p \right] - U - V \sin(\psi p + \delta) + T \cos \theta \right\} \operatorname{tg} \phi}{W \left[\left(1 + \frac{a_v}{g} \right) \sin \psi p + \frac{a_H}{g} \cos \psi p \right] + V \cos(\psi p + \delta) - T \sin \theta}$$

Donde:

T = Tensiones de anclaje x und long en taludes

θ = Ángulos formados por el anclajes y la normal en el deslizamiento

Efectos del líquido en aspectos de resistencias

- Mientras más presión de líquido menor estabilidad de taludes.
- Reducción en aspectos resistente de cizalla.

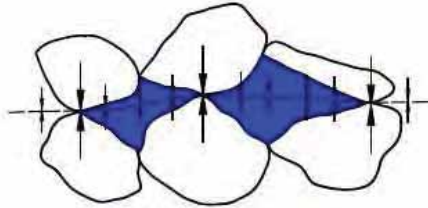


Figura 51. Efecto del agua

Fuente: Luis Bañón Blázquez

Métodos dirigidos a remover elementos rocosos con fines de estabilización de taludes.

- Estocada de laudes en base a elementos meteorizados los cuales son inestables
- Remover rocas salientes por voladuras.
- Retirar elementos como raíz
- Sobre perforación mecánica de elementos deslizados
- Limpiar cuneta

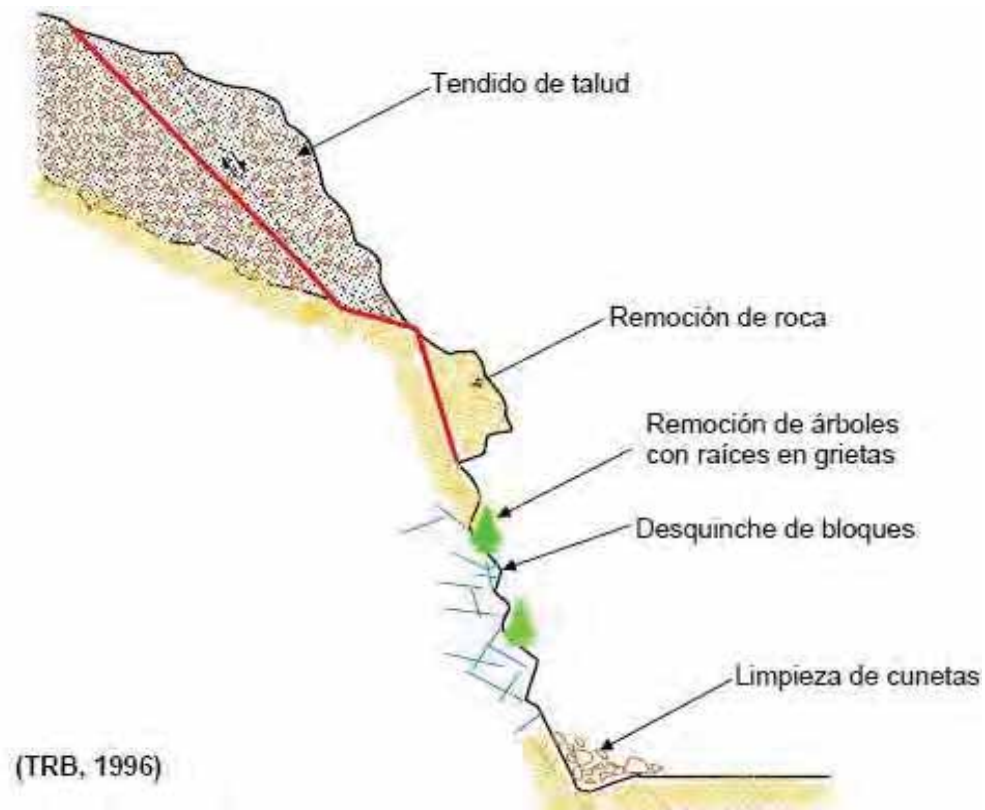


Figura 52. Métodos de remoción de rocas para estabilidad de talud.

Métodos de refuerzo para taludes de roca:

1. Barras en base de concretos que tienen a evitar aflojar la losa de cresta.
2. Muros estáticos quienes previenen la caída en ambientes con fallas.
3. Elementos en base a concretos que previenen el desprendimiento de rocas fracturadas.
4. Dren usado para la reducción de las presiones de poro internamente de los taludes.
5. Apoyos en bases de concretos que soportan rocas ubicados encima de cavidades.

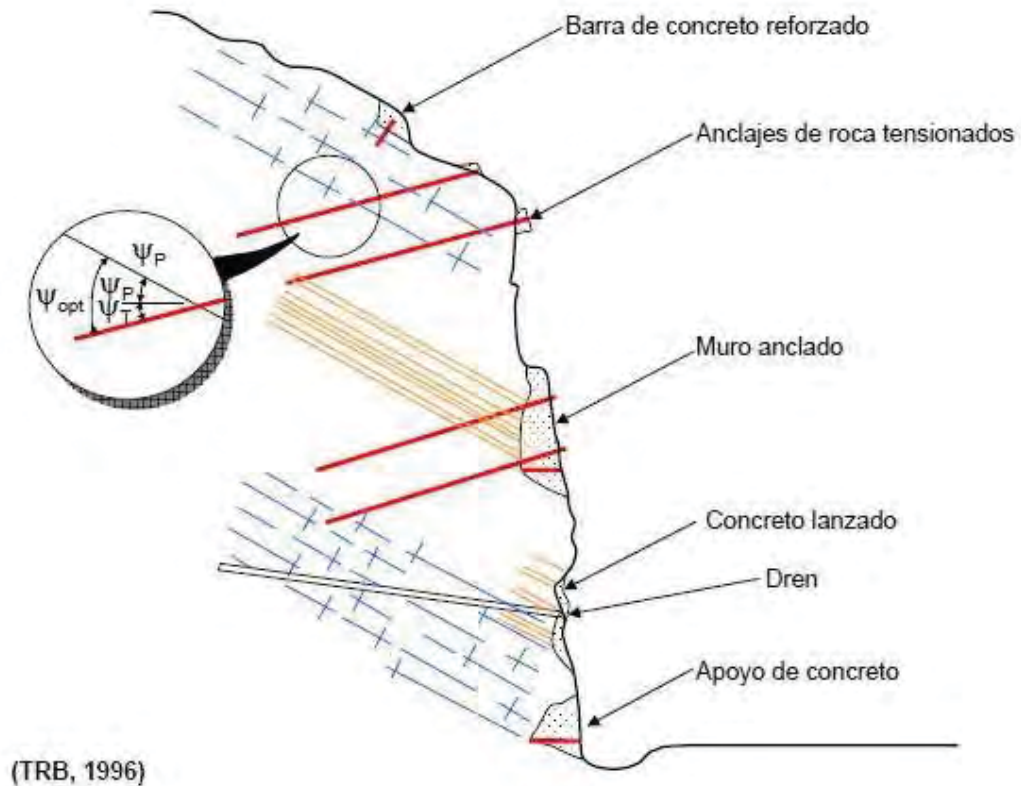


Figura 53. Métodos de refuerzo para taludes de Roca.

Dimensión protectora:

Medidas activas

- Incorporación de elementos como: perno y anclaje dirigidos a fijar un bloque
- Incorporación de organizaciones de cables así como mallas con metal insertados en las laderas.

Medidas pasivas

- Malla de metal para guiar aquellos elementos que han caído.
- Cuneta o zanja las cuales recogen elementos desprendidos.
- Muro a base de tierra
- Valla estática que frena un bloque.
- Valla dinámica que frena un bloque.
- Túnel artificial en carretera y ferrocarril.

CONCLUSIONES.

En base a los hallazgos sobre los taludes y su estabilidad se llega a las conclusiones siguientes:

- a. Después de analizar estáticamente, dentro de Ccaccañan existe inestabilidad debido a presentar $FS=1.5$ lo cual quiere decir que si por norma sobrepasa la cantidad mencionada presenta estabilidad. De acuerdo a estudio comprende 901.65Kg/cm^2 .
- b. De los análisis de tipo dinámico para un sismo según factor de seguridad de coeficiente sísmico y frecuencias (tabla 01, pág. 84), se pudo hallar que de la variabilidad en el factor referido a cuan seguro es, se obtuvo que el talud en la medición FS no redujo a menos de 1.20.
- c. De acuerdo al estudio se pudo encontrar que dentro de los determinantes tipo de factor interno desde la perspectiva de estrategia: Pendientes y fitologías.
- d. En cuanto los componentes de tipo ambiental se observan que la lluvia no genera impacto importante en un talud. De la zona de análisis estratégico y evaluación, para el caso el sustento de análisis es con proyección de soluciones estables con los métodos propuesto de refuerzos para taludes como muestran las figuras siguientes: 10, 11, 12.
- e. El elementos sísmico tienen relevancia por que cuando estos ocurren aumentan la posibilidad de generar fallas e inestabilidades en el talud.
- f. La eficiencia en la estabilización es incorporar sistemas flexibles de malla de acero y pernos de anclaje los cuales brindan garantía en la estabilización del talud para el ambiente de estudio.

- g. El análisis estratégico y evaluación de estabilidad de taludes es estable, el área siguiente del talud de análisis presenta un alto riesgo de vulneración, por ello se sugiere su proceso de investigación y la implementación de equipos, para la monitorización de la posibilidad de activar dinámicas respectivas de estabilización del talud en la zona.
- h. Se sugiere con urgencia para el ambiente de estudio insertar políticas que ayuden a la prevención de accidentes como por ejemplo: lluvias o sismos entre otros.
- i. Se realiza los siguientes planteamientos tomando en cuenta es aspecto técnico, económico, facilidades de los procedimientos en cuanto el ambiente y las problemáticas de la falta de estabilidad.

Del mapeo geomecánica se llegó a las siguientes conclusiones:

- a. En el macizo rocoso aflora Grupo Tacaza (PN-ta/vs) litológicamente conformado por rocas volcánico sedimentario de color rojizo con limo areniscas volcánico genéticas y presencia de sedimentos volcánicos en la parte superior, estas rocas presentan un buzamiento en contra de la pendiente del talud, muy favorable para la estabilidad en el talud.
- b. El macizo rocoso presenta una fuerte fracturación debido a la intensa actividad tectónica en la zona de estudio, así como también la presencia de diques, estructuras ígneas muy proximales al talud que intensifican la fracturación.
- c. El mapeo Geomecánica nos detalla que el arreglo estructural del macizo rocoso está conformado por 3 Familias de discontinuidades principales:
 - Familia 1, rumbo N 200° y buzamiento de 67° al NW
 - Familia 2, rumbo N 290° y buzamiento de 82° al NW
 - Familia 3, rumbo N 30° y buzamiento de 28° al NWn

- d. Así mismo el macizo rocoso presenta otras familias menores, habiéndose reconocido 2 en total, dando como resultado un macizo roco de calidad Regular (III RMR de 46 a 50 en promedio) utilizando el criterio de Bieniawski (1989).
- e. El factor de seguridad del macizo rocoso es de 1.43, lo cual indica que es estable, cabe destacar que el buzamiento de la estratificación está en contra de la pendiente, lo que hace que el talud tenga mayor estabilidad.

Se llega a la conclusión que la muestra ensayada cumple con la resistencia a la compresión, peso específico, absorción y mapeo geomecánica.

RECOMENDACIONES.

- El área del análisis estratégico y evaluación es estable, taludes continuos presentan elevado estado de vulneración debido a ello se sugiere que se implemente elementos que tengan como función el monitoreo de los posibles y continuos deslizamiento del talud de la zona, activación de movimientos de masas.
- La sugerencia para el área de Ccaccañan del Distrito de Tambobamba-Región-Apurímac, se dirige a implementar con la mayor rapidez de protocolos que brinden estabilidad los taludes, para que de esta forma se prevengan y eviten posibles emergencias sobre todo por épocas fluviales y movimientos sísmicos.
- Se recomienda a nivel técnico, económico, procesal constructivo, impacto en el ambiente en razón a la falta de estabilidad , incorporar sistemas con flexibilidad en acero de mallas así como anclajes de perno para arborizar el ámbito de investigación.
- Elaborar zanjas de infiltración en la cabecera del talud para controlar el flujo de escorrentía y de minimizar la infiltración de aguas pluviales en el macizo rocoso.
- Debido a las intensas precipitaciones en la zona de estudio, se debe monitorear la humedad anualmente en el macizo rocoso.

Bibliografía

- Abrahamson, N. A., & Silva, W. J. (1997). Empirical Response Spectral Attenuation Relations for Shallow Crustal Earthquakes. *Seismological Research Letters*, 94-127.
- Abramson, L. (1996). *Slope stability and stabilization methods*. WileyInterscience.
- Almaguer, Y. (2005). *Evaluación de la Susceptibilidad del Terreno a la Rotura por Desarrollo de Deslizamientos en el yacimiento Punta gorda*. Revista Minería y geología.
- Alva, J. (2000). *Análisis de Estabilidad de Taludes*. UNI-FIC.
- Arias, A. (1970). A measure of earthquake intensity. *Seismic Design for Nuclear Power Plants*, 438-483.
- Asociacion de carreteras del Japon. (1984). *SERIE DE TRABAJOS DE TIERRA EN CARRETERAS MANUAL DE PROTECCION DE TALUDES*. Tokyo: Azabudai.
- Badillo, E. (2005). *Fundamento de la Mecanica de Suelos*. Mexico: Noriega.
- Bathe, K., & Wilson, L. (1976). Numerical methods in finite element analysis. *Englewood Cliffs*.
- Beneyto, A. (2011). Análisis de Estabilidad de Taludes mediante Técnicas de Optimización Heurística. *Asociación Argentina de Mecánica Computacional*, 30.
- Beneyto, P. (2012). *Análisis de la evolución de superficies de deslizamiento de suelos cohesivos utilizando optimización Heurística*. Brazil: Universidad Federal do Rio Grande do Sul.
- Castañón, P. (2011). *Calculo de Factor de Erosión de la lluvia*. México: Universidad Nacional.

- Cuenca, A. (2001). *Comentarhas sobre el cálculo de taludes*. España: Laboratorio de Carreteras de Alicante.
- Cuenca, A. (2001). *Comentarios sobre el cálculo de taludes*. Laboratorio de Carreteras de Alicant.
- Dollfus. (1973). *Ecología y ocupación del espacio en los andes tropicales* .
- Duque, G. (2017). *Manual de Geología para ingenieros*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- DYNA. (1992). *SIMULACION DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS* . Lima: DYNA.
- Fellenius, W. (1922). *“Statens Jarnjvagens Geoteknniska Commission, Stockholm, Sweden.*
Alemania.
- Gray, & Sotir. (1996). Biotechnical and soil Bioengineering Slope Stabilization. *A Practical Guide for Soil Erosion Control*. John Wiley and Sons, 378.
- Gray, & Sotir. (1996). *Movimientos en masa y estabilidad de talúes naturales*.
- Hernández, L., & Tamayo, A. (2019). *Análisis de estabilidad del talud y obras de contención necesarias para el diseño de una vía de orden secundario en el Municipio de Dabeiba*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: Mc. Graw Hil.
- Ibañez, J. (20 de Junio de 2008). *Madrid Blogs*. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/06/20/95172>
- Ibañez, J. (10 de Agosto de 2018). *Pérdida de los Recursos Edáficos: La Erosión, Procesos Superficiales terrestres: Relieve, Geomorfología y Cuencas de Drenaje*. Obtenido de

<https://www.madrimasd.org/blogs/universo/category/procesos-superficiales-terrestres-relieve-geomorfologia-y-cuencas-de-drenaje>

Jaime, S. (2013). *Deslizamientos: Análisis geotécnico*.

Jiménez, S. (1981). *Geotecnia y Cimentaciones II*. Madrid: Rueda.

Kramer, S. (1996). *Geotechnical earthquake engineering*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Publishing., 139-156.

LAL, R. (1990). *Conservation tillage in sustainable agriculture*. USA.

Linkfang. (7 de Noviembre de 2017). *s.linkfang.org*. Obtenido de <https://es.linkfang.org/wiki/Desprendimiento>

Makdisí, & Seed. (1978). *Simplified Procedure for Estimating Dam and Embankment Earthquake-induced deformations*. Journal of the geotechnical engineering division.

Martínez, G. (1998). *Litdogía, aprovechamiento de rocas industriales y riego de*. Valencia.

Matteis, D. (2003). *Estabilidad de taludes*. Universidad Nacional de Rosario.

Newmark. (1959). *A Method of Computation for Structural Dynamics*.

Ochoa, L. (2016). *INESTABILIDAD DE TALUDES EN EL SECTOR DE SANTA BÁRBARA DE LA CIUDAD DE HUANCAVELICA*. Huancayo: Universidad Peruana los Andes.

OPS. (1997). *Estudio de caso: Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos*.

Pérez, K. (2015). *Simplified Calculation of Seismic Displacements on Tailings Storage Facilities*. Perú: Anddes Asociados.

Plaxis. (2007). *2 D Version 8, finite element code for soil and rock analyses*. Delft: The Netherlands.

- SANHUEZA PLAZA, C., & RODRÍGUEZ CIFUENTES, L. (2013). Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. . *Revista de la construcción*, 17-29.
- Suarez, J. (2015). *Análisis geotécnico*.
- Suarez, J. (22 de 12 de 2020). *Deslizamientos: Analisis geotecnico*. Obtenido de www.erosion.com.co
- Tardeo, C. (2016). *Análisis dinámico por elementos finitos en la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca — Huancavelica en el año 2016*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Toro, E. (2012). *Análisis de estabilidad y probabilidad de la falla de dos taludes del suelo tropical*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Ugai, K. (1989). A Method of Calculation of total factor of safety of slopes by Elasto-Plastic FEM. *Soils and Foundations*, 190-195.
- Vahrson, & Mora. (1992). *Mapa de Amenaza de Deslizamiento. Centro de Coordinación para la prevención de Desastres naturales en América Central*. Costa Rica.
- Valencia, L., & Escobar, J. (2012). ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y PROBABILIDAD DE FALLA DE DOS TALUDES DE SUELO TROPICAL EN LA AUTOPISTA MEDELLÍN - BOGOTÁ EN EL TRAMO DE VÍA ENTRE MARINILLA Y SANTUARIO. *Boletín de ciencia de la tierra*, 51-64.
- VanWesten. (1993). *Application of geographic information systems to landslide hazard zonation*.
- Wong, F. (1984). Uncertainties in FE modelling of slope stability. *Computers & structures, New York*, 777-791.

Yurfa, L. (2016). *Inestabilidad de taludes en el sector de Snata Barbara de la ciudad de Huancavelica*. Huancayo: Universidad Peruana de los Andes.

Zorrilla, S., & Torres, M. (1994). *La Tesis*. México: Mc Graw-Hill.

ANEXOS

- Planos de zona de estudios.
- Fotografías de la zona de estudios
- Fotografías de la zona ccaccañan (mapeo geomecánica).
- Certificaciones del laboratorio. (INGEOMA).SEGU

Imagen de la zona de análisis estratégico CCACCAÑAN - TAMBOBAMBA, (PROPIA)



Recolección de la muestra de la zona de análisis estratégico y evaluación (propia)



Fuente: propia

Zona de análisis estratégico – TALUD Distrito Tambobamba- Provincia Cotabambas-

Apurímac.



Imagen de la zona de análisis estratégico y evaluación zona ccaccañan.tambobamba.



Mapeo Geo mecánico zona Ccaccañan.Tambobamba



Comprobación de Dureza de roca con Picota Zona Ccaccañan.Tambobamba

Medición de Pie de Talud Zona Ccaccañan.Tambobamba





K



FDG



HHFGFDG



YTDFG



FASDF

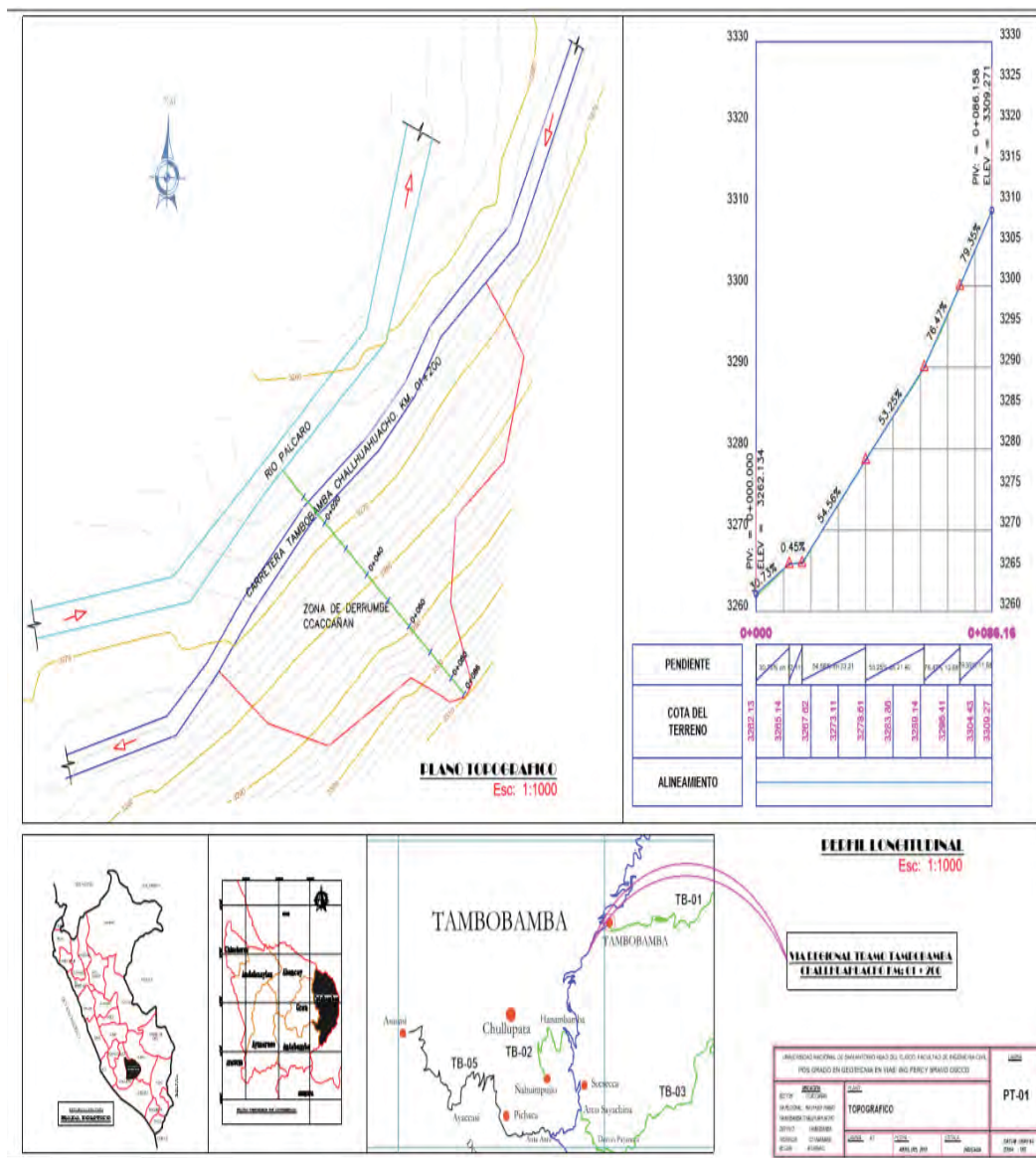


SDFDAF



PLANO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ANÁLISIS ESTRATÉGICO Y
EVALUACIÓN DE CCACCAÑAN TAMBOBAMBA - APURÍMAC

PLANO TOPOGRÁFICO DE UBICACIÓN CCACCAÑAN-DISTRITO
TAMBOBAMBA. PROV. COTABAMBAS - REGIÓN APURIMAC-2019.



CERTIFICADOS



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate - Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA: <small>Instrument</small>	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN	Pág. 1 de 3
Rangos <small>Measurement range</small>	50 kN	
FABRICANTE <small>Manufacturer</small>	PINZUAR LTDA.	
Modelo <small>Model</small>	PC - 7	
Serie <small>Identification number</small>	131	
Ubicación de la máquina <small>Location of the machine</small>	LAB. INGEOMAT E.I.R.L	
Norma de referencia <small>Norm of used reference</small>	NTC - ISO 7500 - 1 (2007 - 07 - 25)	
Intervalo calibrado <small>Calibrated interval</small>	Del 10% al 100% del Rango	
Solicitante <small>Customer</small>	INGEOMAT E.I.R.L	
Dirección <small>Address</small>	MZA. C LOTE 3 APV EL EDEN - CUSCO - SAN SEBASTIAN	
Ciudad <small>City</small>	CUSCO	
PATRÓN(ES) UTILIZADO(S) <small>Measurement standard</small>		
Tipo / Modelo <small>Type / Model</small>	T71P / DEF - A	
Rangos <small>Measurement range</small>	5 tn	
Fabricante <small>Manufacturer</small>	OHAUS / KELI	
No. serie <small>Identification number</small>	8504530209 / AGB8505	
Certificado de calibración <small>Calibration certification</small>	N° 011 - 2018 GLF	
Incertidumbre de medida <small>Uncertainty of measurement</small>	0.082 %	
Método de calibración <small>Method of calibration</small>	Comparación Directa	
Unidades de medida <small>Units of measurement</small>	Sistema Internacional de Unidades (SI)	
FECHA DE CALIBRACIÓN <small>Date of calibration</small>	2019 - 08 - 07	
FECHA DE EXPEDICIÓN <small>Date of issue</small>	2019 - 08 - 27	

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS
Number of pages of this certificate and documents attached

3

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signatures


Tec. Gilmer A. Huanan Poguoma
Responsable Laboratorio de Metrología



Av. Miraflores, Mz. E LL 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Luz Otivos - Lima

FUJO: (01) 622-5814
RPC: 992-302-883
RPC: 962-227-858

Correos: ventas@gylaboratorio.com
ventas.gylaboratorio@gmail.com
servicio@gylaboratorio.com
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC





LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA
LABORATORIO SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **272-2019 GLF**

Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA DIGITAL PARA ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.002 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
		1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
%	kN	kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	5.00	5.13	5.06		5.23	
20	10.00	10.19	10.16		10.01	
30	15.00	15.14	15.19		15.18	
40	20.00	20.16	20.42		20.17	
50	25.00	25.27	25.16	No Aplica	25.14	No Aplica
60	30.00	30.32	30.28		30.15	
70	35.00	35.00	35.28		35.16	
80	40.00	40.33	40.24		40.12	
90	45.00	45.07	45.16		45.18	
100	50.00	50.11	50.12		50.06	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kN	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)	Relativa a (%)	Relativa U± (%) k=2
10	5.00	-2.72	3.31			0.040	1.922
20	10.00	-1.19	1.78			0.020	1.105
30	15.00	-1.08	0.33			0.013	0.215
40	20.00	-1.23	1.28			0.010	0.846
50	25.00	-0.75	0.52	No Aplica	No Aplica	0.008	0.335
60	30.00	-0.83	0.56			0.007	0.353
70	35.00	-0.42	0.80			0.006	0.472
80	40.00	-0.57	0.52			0.005	0.318
90	45.00	-0.30	0.24			0.004	0.179
100	50.00	-0.19	0.12			0.004	0.123
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 15.3 °C
Temperatura Máxima: 15.1 °C

Humedad Mínima: 34.0 %Hr
Humedad Máxima: 34.0 %Hr



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 622-5814
RPC: 992-302-883
RPC: 962-227-859

Correos: ventas@gyllaboratorio.com
ventas.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **272-2019 GLF**

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
1,23	1,78	No Aplica	No Aplica	0,00	0,020

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 2 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1: "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga HBM, #Serie: 87747 con LLF = 0,39, Patrón utilizado Celda de carga de 150 t. con incertidumbre del orden de 0,06 % con INFORME TÉCNICO LEA – PUCP, INF – LE – 191 – 18.

OBSERVACIONES.

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6.4.2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 272-2019 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS


Téc. Gilmer A. Huamán Paquoloma
Responsable Laboratorio de Metrología



Av. Miraflores Mz. E Ll. 60
Urb. Santa Elías II Etapa
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 822-5814
RPC: 992-302-883
RPC: 962-227-858

Correos: ventas@gyllaboratorio.com
ventas.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate - Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

Rangos
Measurement ranges
FABRICANTE
Manufacturer
Modelo
Model
Serie
Identification number
Ubicación de la máquina
Location of the machine
Norma de referencia
Norm of used reference
Intervalo calibrado
Calibrated interval
Solicitante
Customer
Dirección
Address
Ciudad
City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)

Tipo / Modelo
Type / Model
Rangos
Measurement ranges
Fabricante
Manufacturer
No. serie
Identification number
Certificado de calibración
Calibration certification
Incertidumbre de medida
Uncertainty of measurement
Método de calibración
Method of calibration
Unidades de medida
Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of issue

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of this certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures

Téc. Gilmer A. Huamán Pologuina
Responsible Laboratorio de Metrología

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

50 kN
PINZUAR LTDA.
PS - 27
150
LAB. DE INGEOMAT E.I.R.L
NTC - ISO 7500 - 1 (2007 - 07 - 25)
Del 10% al 100% del Rango
INGEOMAT E.I.R.L
MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN - CUSCO - SAN SEBASTIAN
CUSCO

T71P / DEF - A
5 tn
OHAUS / KELI
B504530209 / AGB8505
N° 011 - 2018 GLF
0.062 %
Comparación Directa
Sistema Internacional de Unidades (SI)

2019 - 08 - 07

2019 - 08 - 27

Pág. 1 de 3

3



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 622-8814
RPC: 992-302-883
RPC: 982-227-858

Correos: ventas@gylaboratorio.com
ventas.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE GAL LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA
LABORATORIO SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **252-2019 GLF**

Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA MULTIUSOS AUTOMÁTICA DIGITAL

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.002 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
%	kN	1 (ASC) kN	2 (ASC) kN	2 (DESC) No Aplica	3 (ASC) kN	4 (ASC) No Aplica
10	5.000	5.12	5.06		5.04	
20	10.00	10.04	10.06		10.04	
30	15.00	15.16	15.12		15.08	
40	20.00	20.14	20.06		20.02	
50	25.00	25.10	25.12	No Aplica	24.96	No Aplica
60	30.00	30.30	30.04		30.04	
70	35.00	35.12	35.06		35.12	
80	40.00	40.10	40.02		40.06	
90	45.00	45.15	45.04		45.06	
100	50.00	50.20	50.12		50.10	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kN	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)	Relativa a (%)	Relativa U± (%) k=2
10	5.00	-1.45	1.58			0.040	0.953
20	10.00	-0.46	0.20			0.020	0.165
30	15.00	-0.79	0.53			0.013	0.321
40	20.00	-0.37	0.60			0.010	0.365
50	25.00	-0.24	0.64	No Aplica	No Aplica	0.008	0.413
60	30.00	-0.42	0.86			0.007	0.584
70	35.00	-0.30	0.11			0.006	0.124
80	40.00	-0.15	0.20			0.005	0.151
90	45.00	-0.18	0.24			0.004	0.179
100	50.00	-0.28	0.20			0.004	0.156
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 19.0 °C
Temperatura Máxima: 19.2 °C

Humedad Mínima: 30.0 %Hr
Humedad Máxima: 30.0 %Hr



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

FUJO: (01) 622-5614
RPC: 992-302-683
RPC: 962-227-888

Correos: ventas@gylaboratorio.com
ventas.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **252-2019 GLF**

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

<i>Errores relativos absolutos máximos hallados</i>					
<i>Exactitud q(%)</i>	<i>Repetibilidad b(%)</i>	<i>Reversibilidad v(%)</i>	<i>Accesorios aces(%)</i>	<i>Cero fe(%)</i>	<i>Resolución a(%) en el 20%</i>
0.79	0.86	No Aplica	No Aplica	0.00	0.020

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 1 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga HBM, C3H, N° 87747 con LLF = 0,35, Patrón utilizado Celda de carga de 1000 kN con incertidumbre del orden de 0,06 % con certificado de calibración LEDI-PUCP, N° INF – LE – 191 – 18.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 5.4.2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. **252-2019 GLF**

FIRMAS AUTORIZADAS

Tec. Gilmer A. Huamán Poquioma
Responsable Laboratorio de Metrología



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elise II Etapa
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 622-5814
RPC: 992-302-883
RPC: 962-227-850

Correos: ventas@gyllaboratorio.com
ventas.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate - Laboratory of Force

NÚMERO: 248 - 2019 GLF

Pág. 1 de 5

OBJETO DE PRUEBA:	EQUIPO DE CORTE DIRECTO DIGITAL		
Rangos	2500 N		
Dirección de carga	Compresión		
FABRICANTE	PINZUAR LTDA.		
Modelo	PS - 107D		
Serie	184		
Ubicación de la máquina	LAB. DE INGEOMAT E.I.R.L.		
Norma utilizada	NTC - ISO 7500 - 1 (2002 - 09 - 18)		
Intervalo calibrado	Escala (s)	2500 N	
	De ... a	20% - 100%	
Temperatura de prueba	Temp. Inicial	17.1 °C	Temp. Final 17.3 °C
Inspección general	La máquina se encuentra en buen estado de funcionamiento.		
Solicitante	INGEOMAT E.I.R.L.		
Dirección	MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN - CUSCO - SAN SEBASTIAN		
Ciudad	CUSCO		
PATRON(ES) UTILIZADO(S)			
Tipo / Modelo	T31P / DEF - A		
Fabricante	OHAUS / KELI		
No. serie	B632871732 / AHK2580		
Certif. de calibr.	N° 010 - 2018 GLF		
Fecha de validez	2018 - 08 - 23		
Incert. Med. (%)	± 0.032		
Unidades de medida	Sistema Internacional de Unidades (SI)		
FECHA DE CALIBRACIÓN	2019 - 08 - 07		
FECHA DE EXPEDICIÓN	2019 - 08 - 27		
FIRMAS AUTORIZADAS			


Téc. Gilmer Antonio Huaman Pojoloma.
Responsable del Laboratorio de Metrología.



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 622-5614
RPC: 992-302-883
RPC: 962-227-858

Correos: ventas@gylaboratorio.com
ventas.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA
LABORATORIO SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO: 249 - 2019 GLF

Pág. 2 de 5

Método de calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de instrumento: EQUIPO AUTOMÁTICO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO DIGITAL

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 2500 N Resolución: 0.04 N Dirección de la carga: Compresión
2500 N 0.04 N Factor de conversión: 1.0 N/N

Indicación de la máquina (F)	Indicaciones del patrón (series de mediciones)						
	1(Asc)		2(Asc)		2(Desc)	3(Asc)	4(Asc)
%	N	N	N	N	N	N	N
10	250.0	250.0	250.56	250.07	No aplica	250.07	No aplica
20	0500.0	0500.0	501.61	500.86	No aplica	500.78	No aplica
30	0750.0	0750.0	751.15	751.20	No aplica	751.09	No aplica
40	1000.0	1000.0	1000.90	1000.96	No aplica	1001.15	No aplica
50	1250.0	1250.0	1251.36	1251.22	No aplica	1251.15	No aplica
60	1500.0	1500.0	1501.40	1501.22	No aplica	1500.86	No aplica
70	1750.0	1750.0	1751.42	1751.25	No aplica	1750.74	No aplica
80	2000.0	2000.0	2001.53	2001.58	No aplica	2000.94	No aplica
90	2250.0	2250.0	2250.66	2251.15	No aplica	2251.07	No aplica
100	2500.0	2500.0	2499.71	2499.81	No aplica	2500.12	No aplica
Indicación después de carga :			0.00	0.00	No aplica	0.00	No aplica

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 2500 N Incertidumbre del patrón: ± 0.032 %

Indicación de la máquina (F)	Cálculo de errores relativos						Resolución	Incertidumbre relativa
	Exactitud		Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios			
%	N	N	q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)	U (%) k = 2
20	0500.0	0500.0	-0.22	0.17	No aplica	No aplica	0.01	0.11
30	0750.0	0750.0	-0.15	0.01	No aplica	No aplica	0.01	0.03
40	1000.0	1000.0	-0.10	0.02	No aplica	No aplica	0.00	0.04
50	1250.0	1250.0	-0.10	0.02	No aplica	No aplica	0.00	0.03
60	1500.0	1500.0	-0.08	0.04	No aplica	No aplica	0.00	0.04
70	1750.0	1750.0	-0.06	0.04	No aplica	No aplica	0.00	0.04
80	2000.0	2000.0	-0.07	0.03	No aplica	No aplica	0.00	0.04
90	2250.0	2250.0	-0.04	0.02	No aplica	No aplica	0.00	0.03
100	2500.0	2500.0	0.00	0.02	No aplica	No aplica	0.00	0.03
Error de cero fe (%)			0.00	0.00	No Aplica	0.00	No aplica	Err máx.(0) = 000

Nombre del Técnico: Gilmer Antonio Huamán P.



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 622-5614
RPC: 992-302-983
RPC: 962-227-858

Correos: ventas@gylaboratorio.com
ventas.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE GAL LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO: 249 – 2019 GLF

Pág. 3 de 5

CLASIFICACIÓN DE EQUIPO DE CORTE DIRECTO DIGITAL

Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA	2500	N			
Error de exactitud			0.22 %	Error de cero	0.00
Error de repetibilidad			0.17 %	Error por accesorios	No aplica %
Error de Reversibilidad			No aplica	Resolución	0.016
					En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC – ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica:

ESCALA 2500 N Compresión CLASE 0,5 Desde el 20 %

PATRONES DE REFERENCIA

Laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga tipo "S" OHAUS / KELI, B632871732 / AHK2580, Patrón utilizado Celda de carga tipo "S" de 5 kN con incertidumbre del orden de 0,032 % con certificado de calibración N° 010 – 2018 GLF

OBSERVACIONES .

1. Los informes de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7500-1)
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7500-1)
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenidos parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos .
6. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 249 – 2019 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS


Téc. Gilmer Antonio Huamán Poquima.
Responsable del Laboratorio de Metrología.



Av. Miraflores Mz. E Ll. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 622-5614
RPC: 992-302-983
RPC: 962-227-858

Correos: ventas@gylaboratorio.com
ventas.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE GAL LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO: 249 - 2019 GLF

Pág. 4 de 5

Solicitante: INGEOMAT E.I.R.L.
Dirección: MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN - CUSCO - SAN SEBASTIAN
Ciudad: CUSCO
Máquina: EQUIPO DE CORTE DIRECTO (Cal. Relación de Brazo)
Fabricante: PINZUAR LTDA.
Modelo / Serie: PS - 107D / 184
Ubicación: LAB. DE INGEOMAT E.I.R.L

Método de Calibración

Determinación del valor real del factor de aplicación de carga al usar el brazo multiplicador

Método: Cargas de prueba (pesas propias del equipo de corte), la fuerza real aplicada se mide sobre una celda calibrada

Técnico : Gilmer Antonio Huamán Poquioma

Factor de Multiplicación 1 : 5

Carga	Lectura 1	Lectura 2	Lectura Prom.	Factor
kg	kg	kg	kg	
2	9.95	9.95	9.95	4.98
4	19.90	19.90	19.90	4.98
8	39.80	39.80	39.80	4.98
16	79.65	79.65	79.65	4.98
32	159.25	159.25	159.25	4.98
Promedio				4.98

Factor de Multiplicación 1 : 10

Carga	Lectura 1	Lectura 2	Lectura Prom.	Factor
kg	kg	kg	kg	
2	20.15	20.15	20.15	10.08
4	40.30	40.15	40.23	10.06
8	80.50	80.55	80.53	10.07
16	160.80	161.05	160.93	10.06
32	321.55	321.35	321.45	10.05
Promedio				10.06

Téc. Gilmer Antonio Huamán Poquioma.
Responsable del Laboratorio de Metrología.



Av. Miraflores Mz. E Ll. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 822-5814
RPC: 992-302-883
RPC: 962-227-856

Correos: ventas@gylaboratorio.com
ventas.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC.



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA
LABORATORIO SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO: 348 - 2019 OLF

Pág. 5 de 5

Solicitante: INGEOMAT E.I.R.L.
Dirección: MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN - CUSCO - SAN SEBASTIAN
Ciudad: CUSCO
Máquina: EQUIPO DE CORTE DIRECTO (Velocidad)
Fabricante: PINZUAR LTDA.
Modelo / Serie : PS - 107D / 184
Ubicación: LAB. DE INGEOMAT E.I.R.L.

Método: operación de la máquina aplicando horizontalmente la velocidad sobre el tornillo de desplazamiento ubicada en la caja de engranajes.
Se mide el desplazamiento con un indicador digital y tiempo con un cronómetro.

Medición en mm / minuto

Rango: **Bajo**

Indicación Máquina	Lectura 1 mm / min	Lectura 2 mm / min	Lectura 3 mm / min	Promedio mm / min
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.030	0.027	0.029	0.029	0.0285
0.060	0.058	0.059	0.059	0.059
0.090	0.090	0.090	0.090	0.090
0.120	0.118	0.116	0.116	0.117
0.150	0.151	0.152	0.152	0.152

Rango: **Alto**

Indicación Máquina	Lectura 1 mm / min	Lectura 2 mm / min	Lectura 3 mm / min	Promedio mm / min
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.300	0.304	0.306	0.300	0.303
0.600	0.606	0.606	0.601	0.605
0.900	0.908	0.898	0.902	0.903
1.200	1.204	1.206	1.201	1.204
1.500	1.500	1.494	1.496	1.499

Medición en pulgadas / minuto

Rango: **Bajo**

Indicación Máquina	Lectura 1 pulg / min	Lectura 2 pulg / min	Lectura 3 pulg / min	Promedio pulg / min
0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.030	0.0011	0.0011	1.1417	0.3813
0.060	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023
0.090	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035
0.120	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046
0.150	0.0059	0.0060	0.0060	0.0060

Rango: **Alto**

Indicación Máquina	Lectura 1 pulg / min	Lectura 2 pulg / min	Lectura 3 pulg / min	Promedio pulg / min
0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.300	0.0120	0.0120	0.0118	0.0119
0.600	0.0239	0.0239	0.0237	0.0238
0.900	0.0357	0.0354	0.0355	0.0355
1.200	0.0474	0.0475	0.0473	0.0474
1.500	0.0593	0.0588	0.0589	0.0590

Tec. Gilmer Antonio Huamán Paquioma.
Responsable del Laboratorio de Metrología.
G & L LABORATORIO S.A.C.

(Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refleja el momento y condiciones en que se realizaron.

G & L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.



Av. Miraflores Mz. E Ll. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 622-5614
RPC: 992-302-883
RPC: 992-227-858

Correos: ventas@gylaboratorio.com
ventas.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE GAL LABORATORIO SAC