

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

Los métodos tradicionales de estabilización de Taludes trabajan en función del equilibrio limite que es un método de cálculo para analizar la estabilidad de un talud, donde para obtener dicho equilibrio se hacen cortes en los Taludes, siendo un trabajo de gran costo ya que los movimientos de tierra son grandes además que la totalidad del material que constituye los Taludes en estudio es de pura Roca, por tal motivo el trabajo a través de la metodología propuesta por Bieniawski (1989) y Romana (1993) para obtener el RMR y SMR respectivamente, son métodos de cálculo que requiere ciertos parámetros cualitativos como numéricos que permiten conocer el comportamiento de un talud rocoso, con ello proponer diferentes alternativas de estabilización para los Taludes en Roca.

En la carretera (canaletas – Entre Ríos) obra que fue construida durante varios años, y que aún se encuentra en ejecución. Está habilitada temporalmente para vehículos pequeños y medianos, donde en el sector progresiva Km (7+000 – 23+000) de dicha via existen Taludes de Roca con problemas de inestabilidad con gran desprendimientos de Roca, causando incomodidad e inseguridad para la libre circulación de los transeúntes, donde en épocas de lluvia existe aún mayor desprendimiento de Rocas causando el corte del tráfico.

El presente trabajo identificara las características geotécnicas y el grado de inestabilidad de los Taludes en Roca con mayores problemas de inestabilidad en el tramo de dicha carretera, de esta manera se propondrá diferentes alternativas técnicas para la estabilidad de Taludes en Roca que se puedan emplear, basadas en una investigación de campo, laboratorio y gabinete.

El trabajo dará una visión más alta y brindara otras alternativas para la estabilidad de Taludes rocosos de una manera más técnica, económica y rápida de ejecutar.

1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Situación Problemática.-

La carretera que une al chaco por la nueva variante (Canaletas – Entre Ríos). Es un tramo que forma parte de la vía bioceánica del sur siendo una red fundamental del país y de la región. Después de varios años de construcción el tramo se habilitó a mediados de septiembre del presente año solo para vehículos livianos ya que la empresa aún tiene en construcción cuatro puentes que serán entregados a mediados del 2014.

Se pudo notar que el tramo pasa por lugares donde tuvieron que hacer varios cortes formando grandes Taludes de Roca, Pasando el cuarto puente en ejecución a altura del tramo progresiva Km 7+000 – 23+000, los Taludes presentan problemas de inestabilidad algunos cuentan con medidas de corrección como bermas intermedias y sistema de drenaje pero no es suficiente, mientras que otros no tienen ninguna medida de corrección entonces estos Taludes produciendo constantes desprendimientos de Rocas también llegando a caer Rocas de gran tamaño a la carretera, pudiendo producir accidentes serios a los vehículos e incluso peligrar la vida de sus pasajeros, en una carretera de gran importancia no puede existir este tipo de fallas en sus Taludes.

En las épocas de lluvia existe aún mayor desprendimiento de Rocas causando el corte del tráfico, las personas para poder seguir su viaje tienen que limpiar a mano arriesgando su propia integridad física debido a que se sigue produciendo desprendimientos de algunas Rocas. O cuando los desprendimientos son de gran magnitud tienen que esperar demasiadas horas hasta que llegue la maquinaria pesada y retire las Rocas de la carretera, perjudicando de gran manera su viaje.

1.1.2 Problema

De acuerdo a las características geotécnicas que tienen los Taludes rocosos con mayor riesgo de inestabilidad en la carretera (Canaletas – Entre Ríos) tramo progresiva Km 7+000 – 23+000, Y el grado de inestabilidad que presentan; ¿Qué alternativas técnicas para la estabilidad de Taludes en Roca se puede emplear en dicho tramo para mejorar la comodidad y seguridad de los transeúntes?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Proponer medidas de estabilización para los Taludes en Roca de la carretera (Canaletas – Entre Ríos) tramo progresiva Km 7+000 – 23+000, a través de un estudio de alternativas técnicas de estabilización, las características geotécnicas y el grado de inestabilidad que presenten los Taludes.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Clasificar los taludes inestables de la carretera de acuerdo a sus características geomecánicas.
- Aplicación de los métodos RMR y SMR para determinar la calidad y grado de estabilidad que presenten los Taludes
- Estudiar las alternativas técnicas de estabilización de taludes de roca de acuerdo a un análisis de viabilidad técnica, costo y seguridad, para así determinar la que mejor se adecue a cada talud.

1.3. Justificación

La nueva carretera habilitada denominada variante canaletas entre ríos se ve afectada por el constante desprendimiento de rocas provenientes de los taludes adyacentes a través de su traza, donde el sector más afectado se encuentra desde la progresiva km. 7+000 hasta el Km- 23+000, produciendo un riesgo elevado a todo usuario de la vía ya que las rocas que llegan a la vía obliga a los transeúntes hacer maniobras peligrosas arriesgando su propia vida.

Por ello es de mucha importancia la necesidad de un estudio de alternativas técnicas de solución para la estabilidad de los taludes de acuerdo a las características geotécnicas de los taludes con presencia evidente de desprendimientos de rocas de esta manera poder ofrecer mayor seguridad y comodidad a los usuarios de la vía.

1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis

La implementación de medidas de estabilización para los taludes Rocosos en La carretera (Canaletas – Entre Ríos) tramo progresiva Km 7+000 – 23+000, Garantizara una transitabilidad continua y segura de la misma.

1.5 TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al problema planteado y tomando en cuenta la clasificación de los niveles de investigación (Hurtado de Barrera, 1996), el Tipo del trabajo se define como una investigación descriptiva y explicativa, ya que consiste en la caracterización de un hecho o fenómeno, con el fin de establecer su estructura o comportamiento, buscando el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto.

Capítulo II

2. CONCEPTOS TEÓRICOS

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

El tramo carretero en estudio pertenece al proyecto realizado a nivel de diseño final por la empresa CAEM¹. Donde la ejecución está a cargo de la Asociación Accidental Empresas Unidas del departamento de Tarija y la supervisión estuvo a cargo de Typsa – Sonico, para la cual el consultor ya realizó una evaluación de la estabilidad de Taludes en el pasado cercano. De acuerdo a lo que se ha construido, existen sectores con una inestabilidad potencial muy alta, creando daños a la plataforma construida e incluso accidentes donde provocaron la muerte de un transeúnte, obligando de esta manera a efectuar trabajos de limpieza intensos.

Donde el informe final del consultor dio como medidas de estabilización la construcción de bermas intermedias dando una solución bastante elevada en costo ya que los volúmenes a excavar son grandes tomando en cuenta que en movimiento de tierra los precios de los Ítems en macizos rocosos son los más caros del mercado.

2.2 TALUDES EN ROCA

A diferencia de los suelos, la estructura que presentan las Rocas es complicada, ya que bajo su apariencia sólida y homogénea se esconden anisotropías originadas por grietas, planos de fractura o estratificación, diaclasas y plegamientos que hacen que su comportamiento mecánico no sea el esperado a primera vista.

Los Taludes naturales o los excavados en Rocas están sujetos de forma permanente a procesos de inestabilidad, provocados por acción de agentes erosivos el agua en sus diversos estados es el principal en el caso de los primeros, a lo que se une la propia geometría del talud artificial en el segundo caso. Otro factor que también influye en la estabilidad es la sismicidad natural o provocada por las voladuras perpetradas por excavar dicho talud.

¹ Empresa consultora con residencia en Santa Cruz de la Sierra

Este tipo de Taludes es característico de las zonas de desmonte, donde muchas veces es necesario modificar el relieve para ajustar la traza de la carretera, con la consiguiente ruptura del equilibrio natural existente en los Taludes.

2.3 CLASES DE TALUDES EXCAVADOS EN ROCA

En el estudio de los Taludes en Roca están diferenciándose en realidad ya se han diferenciado tres campos muy diferentes según la finalidad del talud:

Taludes mineros, Taludes en presas y grandes obras hidráulicas, Taludes en vías de comunicación (carreteras y autopistas, ferrocarriles, canales) que algunas veces son, además, Taludes urbanos.

Sus alturas máximas son de diferente orden de magnitud: Del orden de 1,000 m en las mayores cortas mineras, del orden de 300 m en las muy grandes presas y del orden de 100 m en las vías de comunicación (autopistas y carreteras, ferrocarriles). Los Taludes mineros son, con diferencia, los mayores y pueden alcanzar alturas (¿o deberíamos decir profundidades?) extraordinarias.

2.4 TALUDES EN VÍAS DE COMUNICACIÓN

Las vías de comunicación requieren la excavación de Taludes, que serían tanto más frecuentes y altos cuanto más aumenta la velocidad de diseño. Pero ya no se construyen habitualmente Taludes de altura tan grande como los anteriormente descritos porque se prefiere la construcción de túneles, generalmente por razones medioambientales, y es probable que esta tendencia aumente en el futuro, de forma que tengamos cada vez más túneles y cada vez menos desmontes de gran altura, mayores de 50/60 m.

La práctica de proyecto y construcción de Taludes en Roca de esas dimensiones está bien extendida en todo el mundo. En todas partes se utiliza sistemáticamente el estudio de la estabilidad por métodos de equilibrio límite, para lo cual hay numerosos desarrollos informáticos de uso común. Por ello nos limitaremos a comentar algunos puntos que suponen una cierta novedad y aparecen cada vez con más frecuencia en los proyectos y obras de excavación de Taludes en Roca.

La adquisición de datos geotécnicos, necesarios para el diseño de los Taludes, se está mecanizando rápidamente. En el campo se utilizan técnicas de estereografía, radar, GPS, como ayuda de los levantamientos geomecánicos. Los nuevos instrumentos no sólo adquieren los datos sino que los transmiten directamente a la infraestructura informática del proyectista. Existen programas informáticos específicos de ayuda en la elaboración de modelos geológicos. Es de esperar que la práctica de la geología y geotecnia de campo se informatice casi totalmente en una decena de años.

Las técnicas de excavación y voladura también están sufriendo una revolución sistemática, aunque algo más lenta. Por eso la calidad de las voladuras mejora constantemente y provoca menos daños en el interior del talud. La tendencia es a evitar las técnicas de pre corte, que son caras debido a la necesidad de dividir la voladura en dos fases, y sustituirlas por las que se llaman de recorte o de “*smooth blasting*” (incluso en voladuras de interior). La mayor precisión de las sondas de perforación, que incluyen instrumentación de control permanente, permite conseguir calidades similares a un coste bastante menor. La foto 2.1 muestra una voladura de corte carretera Canaletas – Entre Ríos.

Foto 2.1. Talud de carretera corte



Fuente. Elaboración Propia

2.5 TIPOS DE INESTABILIDAD EN TALUDES ROCOSOS

Los principales mecanismos de inestabilidad de un talud rocoso son los que a continuación se citan

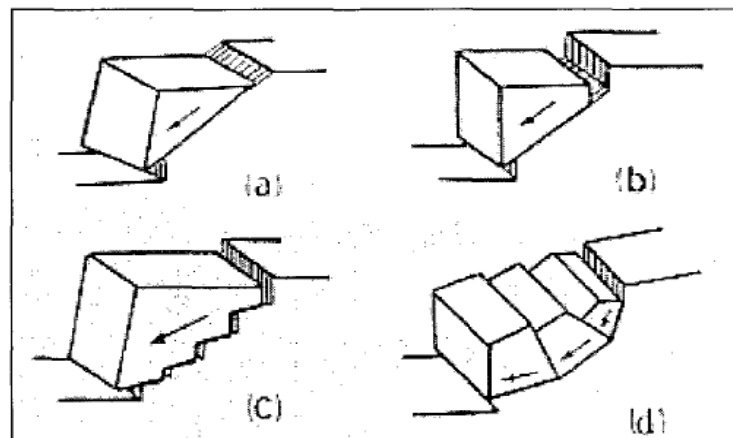
2.5.1 Inestabilidad Tipo Rotura Plana

Cuando el deslizamiento corresponde a uno o varios bloques a favor de planos de deslizamiento, las roturas se llaman planas. El deslizamiento plano suele producirse cuando la masa no esté confinada lateralmente. Normalmente ocurre en taludes naturales o en desmontes cuando las discontinuidades tienen casi la misma dirección del buzamiento que la superficie natural del talud. La tipología de rotura plana es muy frecuente y puede ser de máxima peligrosidad.

La rotura plana en un macizo rocoso representa uno de los mecanismos más simples de rotura. Los mecanismos básicos de deslizamientos traslacionales planos se pueden subdividir en (véase Figura 2.1):

- (a) Rotura por un plano singular;
- (b) Rotura por un plano singular con grieta de tracción;
- (c) Rotura por plano escalonado y con puentes de roca matriz;
- (d) Rotura por una superficie poligonal formada por varios planos.

Figura 2.1 Rotura plana



Fuente (Kovari & Fritz, 1984)

El caso más elemental corresponde a un mecanismo simple, con una superficie de rotura plana singular, cuyo tratamiento matemático es muy sencillo. Para que ocurra la rotura

plana a lo largo de una única superficie plana, han de cumplirse las siguientes condiciones cinemáticas y mecánicas descritas por Hoek & Bray (1981):

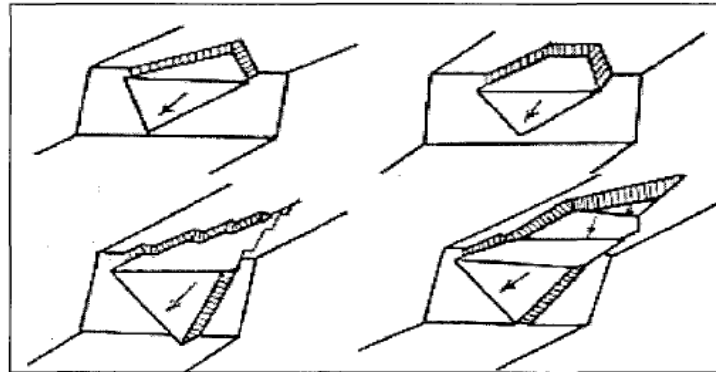
- La superficie de rotura es un plano continuo que ha de tener el rumbo paralelo o casi paralelo a la superficie del talud (aproximadamente $\pm 20^\circ$).
- La superficie de rotura debe buzarse hacia el exterior del talud y salir por la superficie vista del desmonte (el buzamiento de superficie de rotura es menor que el buzamiento de la superficie del talud).
- El buzamiento de la superficie de rotura debe de ser mayor que el ángulo de rozamiento de este plano.
- Las superficies laterales que separan el plano deslizante han de tener una resistencia despreciable frente al conjunto.

El caso de rotura plana se puede estudiar mediante métodos analíticos y mediante métodos gráficos (mediante la proyección estereográfica). Se analiza como un problema

2.5.2. Inestabilidad Tipo Rotura Por Cuña:

Cuando el bloque que desliza está limitado por dos o tres juntas se trata de una rotura por cuña (véase Figura 2.2). Ocurre en taludes cortados por dos superficies de discontinuidades, no paralelas, de tal manera que la línea de intersección de ambos planos aflora en el talud y buza en sentido desfavorable. Normalmente este tipo de rotura es limitado por cuatro caras, dos de planos de discontinuidades, dos de superficie de roca, y a veces incluye un plano correspondiente a la grieta de tracción. También la superficie de rotura puede estar formada por planos escalonados e incluso con puentes de roca matriz.

Figura 2.2: Rotura por cuña



Fuente (Hoek & Bray, 1981)

El caso de rotura por cuña es un caso especial de la rotura plana. La dirección resultante de rotura es la línea de intersección de superficies de discontinuidades.

2.5.3. Inestabilidad Tipo Rotura Por Vuelco:

Para que se produzca en un talud el fenómeno de vuelco, también conocido como "cabeceo", o a menudo con la denominación inglesa "Toppling", es necesario que exista una familia de discontinuidades que siendo paralelas tengan casi el mismo rumbo que el talud, con buzamiento alto y orientación hacia el interior del talud.

El vuelco conlleva la rotación de los bloques, o columnas, en torno de una base fija bajo la acción gravitatoria o presión de agua en las discontinuidades. Implica que un estrato tiende a quedar colgado y soportado por la resistencia pasiva de las capas de la base del talud. Goodman & Bray (1976) cifran en $\pm 10^\circ$ la diferencia máxima entre ambos para que se produzca el fenómeno. Las roturas por vuelco pueden manifestarse a cualquier escala y en casi todo tipo de roca, incluso pueden ser profundas y grandes. Pueden incluir también roca bastante sana. Ocurren tanto en taludes naturales como en taludes excavados, en desmontes en obras civiles o cortas mineras.

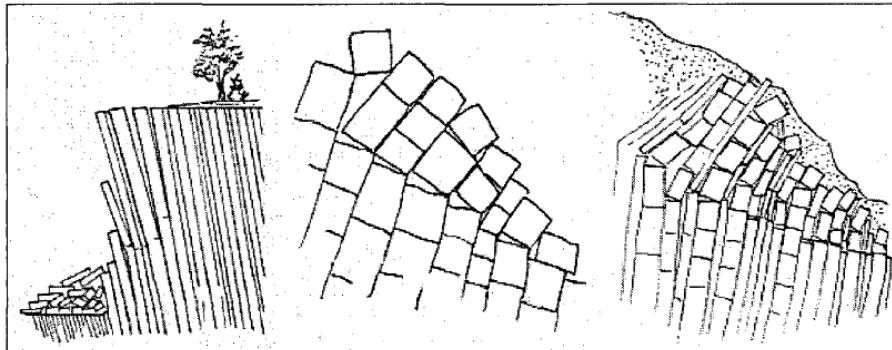
En la Figura 2.3 se presentan tres tipos de vuelcos:

A - Vuelco por flexión ("flexural toppling").

B - Vuelco de bloques rígidos ("block toppling").

C - Vuelco por flexión de bloques (mixto) ("block-flexural toppling").

Figura 2.3: Rotura por vuelco



Fuente (Goodman y Bray, 1976)

2.6 EL CONCEPTO DE ESTABILIDAD DE UN TALUD

Convencionalmente la teoría divide a los Taludes en estables o inestables.

Los Taludes estables, que son los que no se han caído, tienen un coeficiente de seguridad superior a 1.

Los Taludes inestables, que son los que se han caído total o parcialmente, tienen un coeficiente de seguridad inferior a 1.

Además los Taludes pueden tener inestabilidades locales aunque sean estables en conjunto. Es más práctico clasificar los Taludes en 5 categorías atendiendo al grado de estabilidad (Romana, 1993,1995):

- Talud totalmente estable: Sin ninguna inestabilidad local.
- Talud estable: Con alguna inestabilidad local; puede requerir algunos sostenimientos locales o protecciones.
- Talud parcialmente estable: Con bastantes inestabilidades locales; requiere sostenimientos locales o protecciones.
- Talud inestable: Con muchas inestabilidades locales y riesgo de inestabilidad total; requiere un tratamiento general de estabilización.

- Talud totalmente inestable: Con inestabilidad total; no se puede excavar sin un sostenimiento completo y/o necesita re excavación.

2.7 CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

Para abordar la clasificación geomecánica de los Taludes en Roca se acudió a los estudios de los profesores Richard Bieniawski y Manuel Romana que han realizado sobre la influencia de los diferentes parámetros geo mecánicos en la estabilidad de Taludes rocosos.

Fruto de estos estudios son los índices RMR (Rock Mass Rating) y SMR (Slope Mass Rating), que tratan de definir respectivamente la calidad de la Roca y el grado de estabilidad de los Taludes Rocosos.

A continuación se hará una comparación de los dos métodos de clasificación geomecánicas propuestas.

2.7.1 Comparación De Los Métodos De Clasificación Geomecánicas

Clasificación De Bieniawski Sistema RMR

El parámetro que define la clasificación de Bieniawski es el denominado índice RMR (ROCK MASS RATING), que indica la calidad del macizo rocoso en cada dominio estructural a partir de los siguientes parámetros:

- 1.-Resistencia a la compresión simple de la Roca intacta
- 2.-R.Q.D². este parámetro se considera de gran interés, para seleccionar el revestimiento de los Taludes.
- 3.-Espaciado de las diaclasas o discontinuidades,
- 4.-Naturaleza de las Diaclasas
- 5.-Presencia del Agua,
- 6.-Orientación de las discontinuidades.

Para obtener el Índice RMR de Bieniawski se realiza lo siguiente:

1. Se suma los 5 variables o parámetros calculados, eso da como resultado un valor índice.

² Índice de Calidad de la Roca. Deree et al. (1967)

2.-El parámetro 6 que se refiere a la orientación de las discontinuidades, esta clasificación considera que este parámetro es desfavorable, por lo tanto, cuando se obtiene este valor índice de la orientación de las discontinuidades, este se les sustrae al valor índice obtenido cuando se suma los 5 primeros parámetros.

Ventajas

- La elaboración del método es de orden práctico y económico ya que para la obtención de sus parámetros no se necesitan instrumentos complejos o equipos de gran coste.
- El método se emplea en túneles y taludes de corte de carretera
- El método de clasificación nos proporciona datos preliminares de la calidad de un talud rocoso.

Desventajas

- Para la elaboración del método se necesita mucho tiempo para recoger la información geológica en campo para determinar los diferentes parámetros del método
- Cambios extremos en un solo parámetro (que pueden afectar en gran medida el comportamiento del macizo rocoso) afecta poco al índice global, debido a la estructura del índice como suma de contribuciones

Clasificación Geomecánica De Romana (SMR):

Uno de los métodos más utilizados basado en las clasificaciones geomecánicas, aplicada a la estabilidad de Taludes, es la clasificación de Romana. Utiliza el índice *SMR* (Slope Mass Rating) obtenido a partir de una modificación de la clasificación geomecánica *RMR* de Bieniawski incorporando un factor de ajuste y un factor de excavación. Dicho factor de ajuste es función de la orientación de las juntas y se obtiene como producto de tres subfactores *F1*, *F2* y *F3* al que se le suma un factor de excavación *F4* que depende del método constructivo de excavación utilizado. El valor final del índice de clasificación *SMR* es:

$$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Dónde:

F1 - depende del paralelismo entre el rumbo de las juntas y de la cara del talud. Varía entre 1.00 y 0.15.

F2 - depende de la dirección de la junta en la rotura plana. Es una medida de la probabilidad de la resistencia a esfuerzo cortante de la junta. Varía entre 1.00 y 0.15.

F3 - refleja la relación entre los buzamientos de la junta y el talud. Varía entre -60 y -25.

F4 - factor de ajuste según el método de excavación, el cual ha sido establecido empíricamente. Varía entre -8 y 15.

El SMR toma diversos valores límites que denotan distintas condiciones de estabilidad, para diferentes modos de falla o rotura, así para valores de $SMR < 20$, la falla es muy rápida y para valores de SMR de 81 a 100, no se producen deslizamientos. Los valores del análisis a su vez permiten proponer diversas alternativas técnicas para la estabilidad de Taludes rocosos.

Ventajas

- La ejecución del método de clasificación nos proporciona una evaluación geomecánica global del talud rocoso a partir de observaciones y recolección de datos sencillos.
- El método nos proporciona datos más razonables ya que actúa sobre las características de las discontinuidades de los taludes. Parámetro que no toman en cuenta otros métodos de clasificación geomecánica
- Nos proporciona diferentes métodos de estabilización de acuerdo al grado de estabilidad calculado.

Desventajas

- Es necesario los datos preliminares del sistema de Clasificación RMR para la elaboración del método.
- Recolección de datos peligroso cuando existen desprendimientos de rocas constantes de los taludes.

Método Empleado

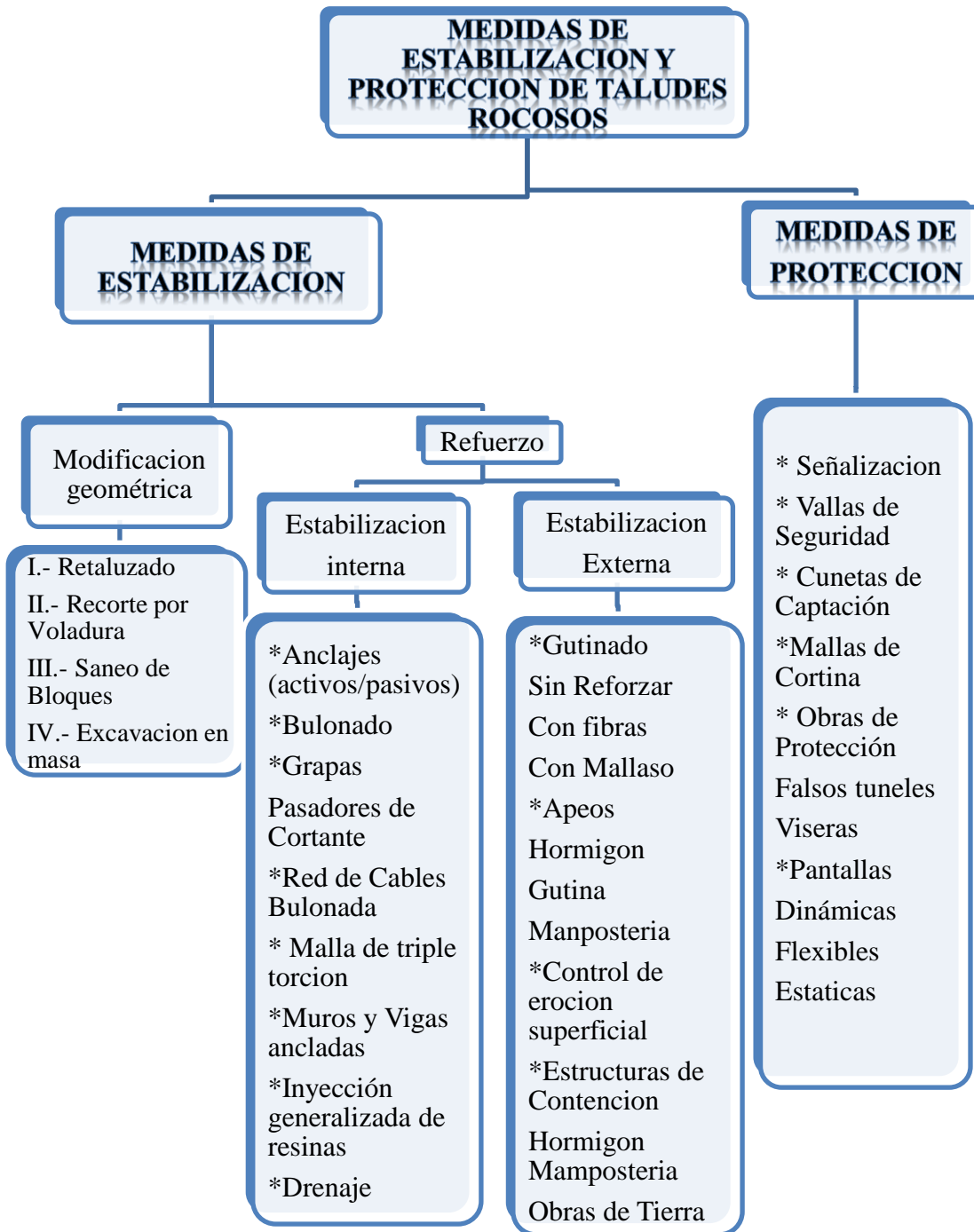
Para la elaboración del presente trabajo de grado se vio necesaria la implementación de los dos métodos de clasificación geomecánica RMR y SMR ya que la segunda no se podría realizar sin la primera, porque el método de clasificación SMR es una adaptación de la primera que permite determinar la estabilidad, el tipo de falla y el soporte requerido para garantizar la estabilidad de los taludes.

2.8. MEDIDAS TÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN EN TALUDES ROCOSOS

Las medidas correctoras de las inestabilidades, que se emplean en los Taludes rocosos han sido objeto de estudio por parte de numerosos autores desde hace tiempo (e.g. Fookes and Sweeney, 1976; Hoek and Bray, 1981; Pierson, 1990; Romana, 1992; Wyllie and Mah, 2004; Andrew et al., 2011). En este apartado se hace un repaso a las medidas habitualmente adoptadas en Taludes rocosos en general, sin abordar las características especiales de las litologías donde la bibliografía no es tan extensa

La forma más habitual de clasificar las medidas de estabilización de Taludes es diferenciar entre medidas de estabilización y medidas de protección. La Figura 2.4 muestra 24 de las medidas correctoras más habituales.

Figura 2.4. Medidas correctoras habituales en inestabilidades de Taludes rocosos.



Fuente.- Departamento de Ingeniería Civil Escuela Politécnica Superior Universidad de Alicante

2.8.1 MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Las medidas protectoras son pasivas y su fin es minimizar el daño sobre personas, bienes y servicios cuando se produce la inestabilidad.

A continuación se nombra el detalle de algunas medidas de estabilización

2.8.2 MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN

Las medidas estabilizadoras son activas y actúan sobre la causa de la inestabilidad, diseñándose para que ésta no se produzca.

2.8.2.1 HORMIGÓN PROYECTADO

Definición

El hormigón proyectado es un mortero cuyo tamaño máximo de áridos no excederá de 8 mm, y que se proyecta a gran velocidad sobre una superficie, mediante el empleo de maquinaria especializada, utilizando los medios necesarios para alcanzar las alturas deseadas.

Partiendo de numerosas experiencias se ha llegado a comprobar que el hormigón proyectado es una de las mejores soluciones para estabilizar Taludes que por su altura y o características geológicas, pueden llegar a fallar con el tiempo.

Se trata de una solución integral ya que permite controlar la erosión y al mismo tiempo evitar el deterioro del talud. Este tipo de hormigón tiene una alta resistencia a la compresión y también al cortante, siendo este último parámetro muy importante para lograr la estabilidad final del talud.

Tabla 2.1 Características Hormigón Proyectado.

Tratamiento	Función	Aplicaciones
Hormigón Proyectado	Contención de Tierras	Taludes rocosos y de material no cohesivo

Fuente (Desnivel Obras 2012)

A continuación se presenta una descripción detallada de la estabilización mediante el Hormigón proyectado, llamado también Hormigón lanzado y gunitado.

Características técnicas de los materiales

La calidad de los materiales a utilizar, los áridos y sus granulometrías, el cemento y su dosificación influyen de manera decisiva en la calidad de la gunita.

Áridos

Los áridos a emplear en el hormigón proyectado se obtendrán por la selección y clasificación de materiales naturales o de machaqueo, o por una mezcla de ambos. Las arenas más finas favorecen la retracción mientras que las más gruesas incrementan el porcentaje de rebote. El empleo de áridos finos o gruesos, o una mezcla de ambos, se hará de acuerdo con el espesor a aplicar en el hormigón proyectado. En general, no se utilizan áridos con tamaños mayores a 8 mm.

Cementos

Los cementos a emplear en el hormigón proyectado serán preferentemente del tipo CEM I, categorías 52,5 R ó 45,5 R. Si la gutina va a ser expuesta a la acción de suelos o aguas subterráneas con alta concentración de sulfatos, deberá emplearse cemento sulforresistente.

Agua

El agua de amasado debe estar limpia y libre de sustancias que puedan dañar al hormigón o al acero.

Dosificaciones del hormigón

Generalmente se recomienda dosificar los materiales en peso. La curva de composición deberá tener una granulometría máxima de 8 mm. Como primera aproximación, la dosificación de cemento será 400 kg/m³.

Para la vía húmeda, la relación A/C (agua/cemento) estará comprendida generalmente entre 0,40 y 0,50.

Fibras

El avance e innovación tecnológica constante, favorecida por el importante volumen de obra de los últimos años, ha propiciado el desarrollo de sistemas orientados a mejorar las características del hormigón proyectado. El empleo de la fibra de polipropileno tipo FORTATECH FIBRE, ofrece mejoras del comportamiento del hormigón proyectado frente a flexión, retracción, hielo-deshielo, salinidad, sulfatos, etc. Además, en algunos casos, el empleo de fibra puede sustituir al empleo de las tradicionales armaduras, de forma total o parcial.

2.8.2.2 SOIL NAILING

Definición

Se define Soil – Nailing, como un sistema consistente en el refuerzo y consolidación del terreno por medio de la instalación de anclajes pasivos y una capa de hormigón proyectado reforzada mediante una armadura de mallazo, malla o fibra.

Tabla 2.2. Características Soil Nailing

Tratamiento	Función	Aplicaciones
Soil- Nailing	Contención de Tierras	Consolidación de muros Antiguos, Creación de Taludes Verticales o Sub verticales

Fuente (Desnivel Obras 2012)

El sistema Soil – Nailing está constituido por los siguientes materiales y componentes:

Anclajes pasivos

Son barras de acero que pueden ser tanto autorroscables tipo GEWI de acero tipo AEH 500/550N/mm² como autoperforantes TITAN, de acero tipo St 550/750. La longitud, diámetro y cuadrícula de anclaje vendrá definida según las características del proyecto. Las características de los anclajes TITAN y GEWI utilizados en Soil – Nailing son las siguientes:

Tabla 2.3. Características anclajes TITAN.

Tipo	Diámetro Exterior Mm	Diámetro Interior Mm	Área Mm ²	Carga En El Limite Elástico Kn	Carga De Trabajo Kn Fs= 1.67	Peso Kg/M
TITAN 30/11	30	11	446	260	156	3,29
TITAN 40/20	40	20	726	430	257	5,6
TITAN 40/16	40	16	879	525	314	7,0

Fuente (Desnivel Obras 2012)

Tabla 2.4. Características anclajes GEWI.

Tipo	Diámetro Exterior Mm	Área Mm ²	Carga En El Limite Elástico Kn	Carga De Trabajo Kn Fs= 1.67	Peso Kg/M
GEWI 25	25	491	246	147	3,85
GEWI 32	32	804	402	226	6,31
GEWI 40	40	1257	628	354	9,86

Fuente (Desnivel Obras 2012)

Hormigón proyectado

Hormigón cuyo tamaño máximo de árido no sea superior a 8 mm y que aplicado a máquina se proyecta por vía húmeda a gran velocidad sobre una superficie.

Dicho hormigón puede ir acompañado de aditivos para su mejor aplicación, colorantes para una mejor adaptación al entorno y refuerzo mediante fibra en sustitución del enmallado.

Armadura

Malla formada por dos sistemas de barras corrugadas que se cruzan entre sí perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica.

Dicha armadura tiene las siguientes características:

Tabla 2.5. Características Malla.

Tipo De Malla	Peso		Área Sección De Acero Por Ml (Cm ² /M)
	Kg/m ²	Kg/panel	
15 X 15 X 6	2,870	37,88	1,88
20 X 20 X 8	3,635	47,99	2,51
15 X 15 X 8	5,012	66,16	3,35

Fuente (Desnivel Obras 2012)

Dicha armadura, en casos de Taludes irregulares, es recomendable sustituirla por una malla triple torsión, por la fibra antes ya comentada o una combinación de ambas.

A continuación se muestra un croquis respecto a su ejecución:

Figura 2.5 Vista de Perfil

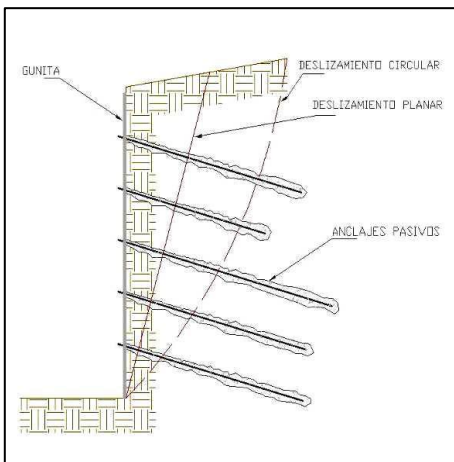
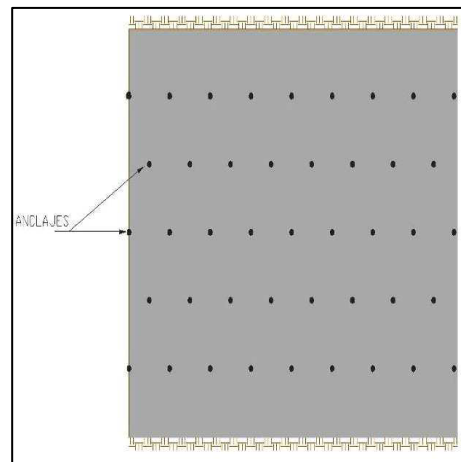


Figura 2.6 vista frontal



Fuente (Desnivel Obras 2012)

2.8.2.3 MALLA TT REFORZADA

Definición

Se define malla de triple torsión anclada y reforzada con cables, como un sistema de componentes anclado sobre una superficie, capacitado para evitar y controlar desprendimientos y aportar estabilidad superficial al terreno, con una capacidad de carga definida.

Tabla 2.6. Características malla triple torsión reforzada.

Tratamiento	Bulonado	Cuadrícula Del Bulonado	Capacidad De Carga Del Sistema $F_s=1.67$	Resistencia Limite De La Membrana
Malla de triple torsión anclada y reforzada con cables	GEWI PLUS 18	3,0 X 5,0 M	Hasta 5,4 kN/m ²	40,8 kN/m

Fuente (Desnivel Obras 2012)

Descripción

Malla de triple torsión del tipo 8x10/16 de 2,7 mm de diámetro, reforzada con cables horizontales de 12 mm de diámetro colocados cada 3 metros de altura y tensados desde los extremos. Anclada con bulones GEWI PLUS de 18 mm o su análogo GEWI de 20 mm (incluida la cabecera), de 2 metros de longitud, con una disposición de 1 bulón cada 15 m², anclada en pie, mediante barras de acero corrugado de 20 mm de diámetro y 0,80 metros de longitud, separadas cada 6 metros.

El sistema de malla de triple torsión anclada y reforzada con cables estará constituido por los siguientes materiales y componentes:

Malla de alambre de triple torsión

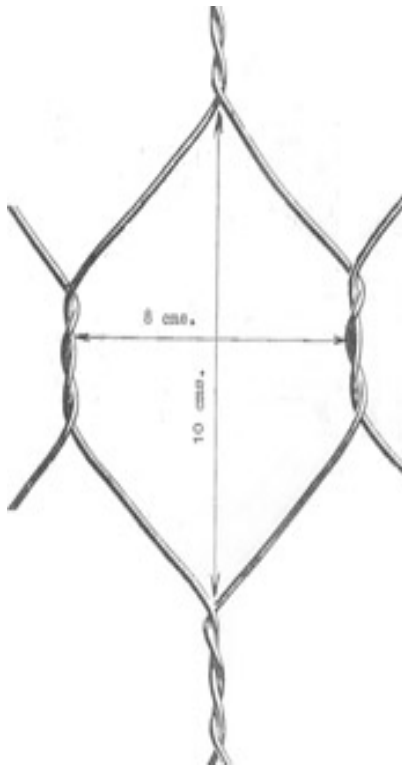
Malla de alambres de acero galvanizado que entrelazados entre sí por medio del sistema conocido por “Triple torsión”, forma un tejido susceptible de ser sometido ha determinados esfuerzos de tracción si se encuentra convenientemente vinculado. Tiene las siguientes características:

Tabla 2.7. Características malla triple torsión reforzada.

Tipo Malla	N° Alambre	Diámetro Alambre Mm	Contenido Zn Gr/M2	Resistencia A Tracción Kn/MI X M De Ancho	Largo Mts.	Ancho Mts.	Peso Kg/M2
8 x 10/16	16	2,7	260	40,8	100	4	1,35

Fuente (Desnivel Obras 2012)

Figura 2.7 Detalle Malla



Las dimensiones de la luz de malla serán de 8 cm de ancho por 10 cm de largo.

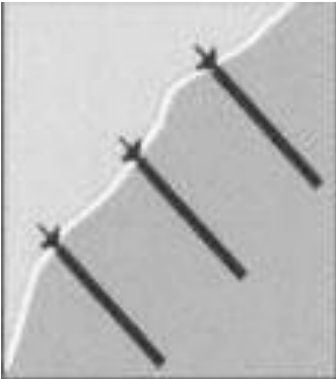
- El calibre del alambre galvanizado es del número 16 que equivale a 2,70 mm de diámetro.
- En el diámetro del alambre se admite una tolerancia después de tejido de $\pm 2,5\%$. En las demás características, incluidas tolerancias dimensionales, la

Fuente (Desnivel Obras 2012)

Anclajes interiores y de cabecera (bulones)

Serán barras de acero autorroscable tipo GEWI PLUS de acero tipo AEH 670/800 N/mm², de 18 mm de diámetro (o su equivalente GEWI 20) y 2 metros de longitud. En cabecera se colocarán con un espaciado de 3 m con profundidades de 2 m de longitud. Dichos anclajes irán provistos de su tuerca correspondiente y placa especial en forma hexagonal con 3 bordes en forma de cuñas en dirección a la superficie del terreno.

Figura 2.8 detalle bulones



Fuente (Desnivel Obras 2012)

Figura 2.9 detalle placa hexagonal



Fuente (Desnivel Obras 2012)

Anclajes de pie

Serán barras de acero corrugado tipo B – 500 S, de 20 mm de diámetro y 0,80 m de longitud. Las barras se colocan en taladros practicados en la Roca y se aseguran posteriormente con lechada de cemento. La cabeza de la barra llevará un pliegue en forma de gancho por donde se pasará el cable de montaje. El espaciado entre los anclajes será de 6 metros

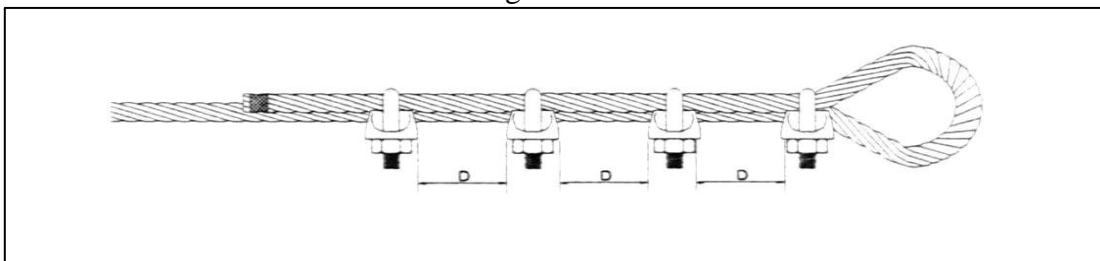
Cables de acero

Se emplearán cables trenzados de acero galvanizado 6x19 de alma textil de 12 mm de diámetro tanto para la coronación, pie y cable de refuerzo entre bulones.

Sujeta cables

Son accesorios necesarios para la correcta sujeción de los extremos de los cables de soporte de la malla de triple torsión. Los utilizados serán según norma DIN 741.

Figura 2.10 detalle malla



Fuente (Desnivel Obras 2012)

2.8.2.4 TECCO

Definición:

Se define malla de alta resistencia TECCO, como un conjunto de elementos flexibles empleado en la estabilización de Taludes o laderas degradadas, cuya superficie presenta grandes zonas inestables.

Tabla 2.8. Características TECCO.

Tratamiento	Bulonado	Cuadrícula Del Bulonado	Capacidad De Carga Del Sistema $F_s=1,67$	Resistencia Limite De La Membrana
TECCO S-10	GEWI PLUS 22	3,0 x 5,0 m	9,98 KN/m ²	150 KN/m
TECCO S-20	GEWI PLUS 28	3,0 x 4,0 m	20,45 KN/m ²	150 KN/m
TECCO S-30	GEWI PLUS 30	3,0 x 3,0 m	31,66 KN/m ²	150 KN/m
TECCO S-40	GEWI PLUS 35	2,0 x 4,5 m	42,66 KN/m ²	150 KN/m

Fuente (Desnivel Obras 2012)

Descripción

Malla de alta resistencia TECCO Mesh G – 65, consistente en una malla romboidal de alambre de acero de alto límite elástico de 3 mm de diámetro, anclada al terreno mediante bulones de tipo GEWI PLUS (o su análogo GEWI), de diámetro y longitud variable, distribuidos al tresbolillo preferiblemente en las zonas deprimidas del talud con una longitud definida según el proyecto. Se emplearán dobles cables de arriostre y refuerzo de diámetro de 18 a 22 mm para el refuerzo longitudinal y de 22 mm para el refuerzo de cabecera y pie, los cuales se fijaran en los bordes laterales mediante anclajes de cable GA – 7001 tipo II, III o IV en el perímetro a una profundidad definida en el proyecto. La unión entre la malla y la cabeza de los anclajes se realiza con una placa especial de acero galvanizado.

Características técnicas de los materiales

El sistema de malla de alta resistencia TECCO está constituido por los siguientes materiales y componentes:

Malla romboidal TECCO G – 65

Malla de alambres de acero de alto límite elástico que entrelazados convenientemente entre sí, forma un tejido susceptible de ser sometido a determinados esfuerzos de tracción. Tiene las siguientes características:

Tabla 2.9. Características Malla romboidal TECCO G – 65 .

DIÁMETRO ALAMBRE Mm	LIMITE ELÁSTICO DEL ACERO N/Mm ²	DIMENSIONES DEL ROMBO Mm	RESISTENCIA LIMITE A TRACCIÓN DIRECTA KN/M
3	1770 - 2020	143 x 83	150

Fuente (Desnivel Obras 2012)

Anclajes interiores

Son barras de acero autorroscables GEWI PLUS (o su análogo GEWI) de diámetro y longitud variable. Dichos anclajes estarán distribuidos a tresbolillo según patrón de anclaje definido en función del soporte a conseguir, e irán provistos de su tuerca y placa especial de fijación correspondiente. Los anclajes interiores tienen las siguientes características:

Tabla 2.10. Características Anclajes Interiores.

DIÁMETRO Mm	ÁREA Mm ²	CARGA EN EL LIMITE ELÁSTICO KN	CARGA DE TRABAJO KN	PESO Kg/M
22 PLUS	375	250	149,70	2,94
28 PLUS	616	410	245,51	4,83
30 PLUS	707	475	285	5,55
35 PLUS	962	640	384	7,55

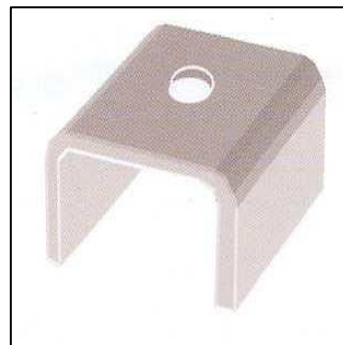
Fuente (Desnivel Obras 2012)

Figura 2.11 Placa de fijación
(Sin cables de refuerzo)



Fuente (Desnivel Obras 2012)

Figura 2.12 Placa de amarre
(Para cables de refuerzo)



Fuente (Desnivel Obras 2012)

Anclajes perimetrales

Los anclajes de cabecera y pie serán barras tipo GEWI PLUS (o su análogo GEWI) de diámetro y longitud variable, en cuadrícula definida en función del soporte, provistas de su tuerca y placa especial correspondiente. En el caso que se requieran eslingas en la coronación por la inestabilidad cercana a la cabecera del talud, se utilizarán anclajes de doble cable espiral tipo GA-7001.

Los extremos de los cables de refuerzo, tanto en coronación y pie como en el borde del tratamiento, se fijarán a anclajes de doble cable espiral tipo GA-7001 de tipos II a IV según el soporte a conseguir.

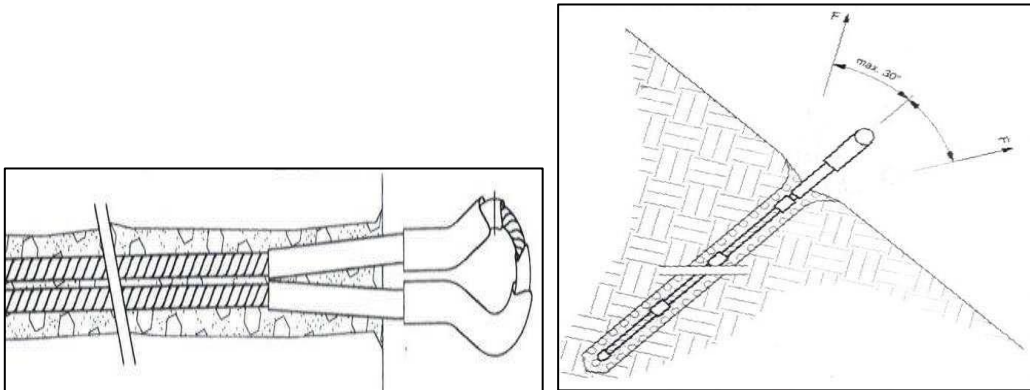
Los anclajes perimetrales GA-7001 son anclajes de cable flexibles constituidos por cable helicoidal doble, protegido en la zona de la cabeza expuesta al exterior por doble tubo de acero galvanizado. Tienen como misión realizar el anclado perimetral de los cables de sujeción de la malla y presentan las siguientes características:

Tabla 2.11. Características Anclajes Perimetrales.

Tipo	Diámetro Del Cable Mm	Carga De Trabajo Kn	Carga De Rotura Kn	Peso Kg/M
II	14,5	195	390	3,8
III	18,5	315	630	6,6
IV	22,5	470	940	10,5

Fuente (Desnivel Obras 2012)

Figura 2.13 y 2.14 Detalle anclajes perimetrales GA-7001



Fuente (Desnivel Obras 2012)

Cables de acero

Están destinados para el perímetro del sistema y el soporte y transmisión de cargas a los anclajes. Se emplearán dobles cables trenzados de alma metálica de diámetro variable entre 18 y 22 mm para los cables de refuerzo longitudinal y 22 mm para cabecera y pie, mientras que se utilizará cable de alma metálica de 8 mm para el cosido de los paños de TECCO y los extremos laterales.

Los cables estarán formados por alambre de calidad 1770 N/mm², según DIN 3064.

2.8.2.5. RED DE CABLES TD-15

Definición

Se define red de cables, como un sistema de componentes flexibles, anclado sobre una superficie, empleado para el refuerzo y la estabilización de Taludes de terrenos degradados.

Tabla 2.12. Características Red de Cables.

Tratamiento	Bulonado	Cuadrícula Del Bulonado	Capacidad De Carga Del Sistema Kn/M2	Resistencia Limite De La Membrana
Red de Cables TD - 15	GEWI PLUS 22	4,0 x 4,0 m	9 KN/m2	85 KN/m
Red de Cables TD - 15	GEWI PLUS 22	3,0 x 3,0 m	16,6 KN/m2	85 KN/m

Fuente (Desnivel Obras 2012)

A continuación se presenta una descripción detallada de la estabilización mediante el sistema de red de Cables TD-15.

Descripción

Red de cables de acero galvanizado del tipo TD – 15, de 8 mm de diámetro y luz de rombo de 300x300 mm, en paños de 4 x 4 m (o 3 x 3 m), colocada sobre una malla de alambre de triple torsión de 8x10/16 de 2,7 mm de diámetro, adosadas directamente a la superficie de la ladera o talud de desmonte.

Los paños de red se cosen entre si horizontal y verticalmente mediante cables de acero de alma metálica de 16 mm de diámetro tensados desde el perímetro.

La red está anclada al terreno mediante bulones GEWI PLUS de 22 mm de diámetro y 3 metros de longitud en el interior de la superficie y anclajes de cable GA-7001 tipo II en el perímetro.

Características técnicas de los materiales

El sistema de red de cables está constituido por los siguientes materiales y componentes:

Red de cables

Red romboidal de cables de acero galvanizado tipo TD – 15, de 8 mm de diámetro y luz de rombo de 300x300 y 4 metros de lado (o 3 m). Está formada por un solo cable continuo de

alambre galvanizado de 1770 N/mm², DIN – 2078 y los puntos de cruce fijados con grapas antideslizantes.

La red de cables tiene las siguientes características:

Tabla 2.13. Características Red de Cables.

Resistencia Ensayada En Laboratorio (Para Paños 2 X 2 M)			
Carga A Tracción Directa		Carga A Punzonamiento	
Carga de rotura (Fs=1)	Carga de trabajo (Fs=1,67)	Carga de Rotura (Fs=1)	Carga de trabajo (Fs=1,67)
85 KN/ml	51 KN/ml	76 KN	45 KN

Fuente (Desnivel Obras 2012)

2.8.2.6. RED DE CABLES CONTINUA

Definición

Se define como red de cables continua, un sistema de componentes flexibles anclado sobre una superficie, empleado para el refuerzo y la estabilización de Taludes.

Tabla 2.14. Características Red de Cables Continua.

Tratamiento	Bulonado	Cuadrícula Del Bulonado	Capacidad De Carga Del Sistema Fs=1,67	Resistencia Limite De La Membrana
RDCC S-10	GEWI PLUS 22	3,5 x 4,0 m	10,69 KN/m ²	100 KN/m
RDCC S-15	GEWI PLUS 22	3,0 x 3,0 m	16,63 KN/m ²	100 KN/m
RDCC S-20	GEWI PLUS 28	3,0 x 4,0 m	20,46 KN/m ²	100 KN/m
RDCC S-25	GEWI PLUS 28	2,5 x 4,0 m	24,55 KN/m ²	100 KN/m
RDCC S-25	GEWI PLUS 28	2,0 x 4,0 m	30,69 KN/m ²	100 KN/m

Fuente (Desnivel Obras 2012)

A continuación se presenta una descripción detallada de la estabilización mediante el sistema Red de Cables Continuas.

Descripción

Red de cables de acero de alto límite elástico de 6,5 mm de diámetro, con una abertura de rombos de 275 mm, colocada sobre una malla de alambre de triple torsión de 8x10/16 de 2,7 mm de diámetro o de simple torsión tipo DELTAX G-80 de 2 mm de diámetro, adosadas directamente a la superficie del talud de desmonte.

Los paños de red están unidos verticalmente mediante grilletes de alta resistencia.

La red está anclada al terreno mediante bulones GEWI PLUS de 22 o 28 mm de diámetro (depende de soporte sistema) en el interior de la superficie, tensados desde los extremos mediante doble cable de alma metálica de 16-20 mm y anclajes de cable GA-7001 tipo II en el perímetro a excepción de cabecera y pie donde cabe la posibilidad de realizarlo mediante bulonado.

Características técnicas de los materiales

El sistema de red de cables continúa está constituido por los siguientes materiales y componentes:

Red de cables QUAROX

Red romboidal de cables de acero de 6,5 mm de diámetro galvanizado mediante supercoating, con una abertura de 275 mm.. Está formada por 3 alambres entrelazados de alto límite elástico (1770 N/mm²) de 3 mm de diámetro. El cable forma la red mediante una simple torsión de unos rombos con otros

Malla de simple torsión DELTAX G80

Malla de alambres de acero galvanizado con supercoating entrelazados entre sí mediante simple torsión, formando un tejido susceptible de ser sometido ha determinados esfuerzos de tracción si se encuentra convenientemente vinculado. Tiene las siguientes características:

Tabla 2.15 Características Malla de Simple Torsión DELTAX G80.

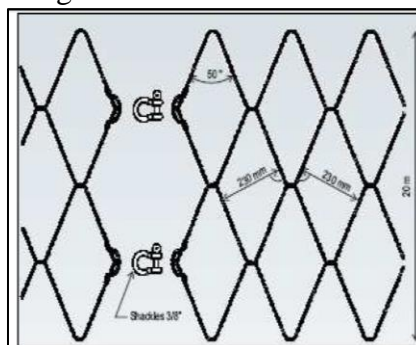
TIPO MALLA	N° ALAMBRE	DIÁMETRO ALAMBRE mm	GALVANIZADO SUPERCOATING (95% Zn/5% Al)	RESISTENCIA A TRACCIÓN N/ml x m de ancho	LARGO mts.	ANCHO mts.	PESO kg/m2
DELTAX G80	13	2,0	150 g/m2	54	30	3,5	0,73

Fuente (Desnivel Obras 2012)

Grilletes

Se utilizan para la unión de los paños contiguos de red de cables QUAROX. Dichos grilletes son de 3/8 " y deben ser de alta resistencia.

Figura 2.15 Detalle Grilletes.



Fuente (Desnivel Obras 2012)

2.8.2.7. IMPERMEABILIZACIÓN DE BERMAS

En el trabajo de campo efectuado se constató que las bermas de ciertos Taludes podrían favorecer la infiltración, generando así inestabilidad. Si bien, en algunos casos se han construido canales de hormigón armado en las bermas, es importante considerar que se trata de drenar toda la superficie expuesta de las bermas. Además, el hormigón armado es muy rígido para ese tipo de formaciones geológicas, con Rocas muy blandas.

Concepto de Suelo cemento

Se denomina Suelo cemento a la mezcla correctamente dosificada y compactada de suelo, cemento y agua.

El recubrimiento en suelo cemento puede mejorar las Condiciones de permeabilidad de un talud haciéndolo relativamente impermeable y, en esta forma disminuyendo la infiltración. El suelo debe estar libre de materia orgánica y raíces. Se agrega la mínima cantidad de agua consistente con la trabajabilidad de la mezcla. Es importante señalar que si la relación agua-cemento es muy alta se produce agrietamiento severo del recubrimiento, de allí la importancia de estudiar la mezcla y verificar los resultados.

La calidad de la mezcla de suelo cemento viene dada por la correcta dosificación y composición del suelo que se utilice; así tenemos las siguientes características a considera

Tabla 2.16. Características del Suelo para mezcla de Suelo cemento

Tipos de Suelo	Características
Grava y Arena	Tienen fricción interna elevada, mas carecen de cohesión y plasticidad. No se retraen al secarse y tienen rápida compactación
Limo	Posee dificultad de compactación y es susceptible de variar su volumen con el agua.
Arcilla	Tiene gran capacidad de absorción, aumentando su volumen, al secarse provoca grietas debido a la contracción. Impermeable y con alta

Fuente: “Suelo – Cemento: Su aplicación en la Construcción”

Una vez planteadas estas particularidades, la bibliografía propone una composición del suelo con la cual se obtienen una resistencia elevada y la disminución de la contracción por secado.

- Arcilla: 5 % - 10 %
- Limo: 10 % - 20 %
- Arena: 60 % - 80 %

Sin embargo, esta composición dependerá del estudio de las características físicas y químicas del suelo en la zona en que se aplicará como solución.

Hay que resaltar que, la principal función del cemento en la mezcla de suelo – cemento consiste en proteger a la tierra de la variación de humedad y los cambios que esto conlleva. El cemento que se utiliza es el tipo Pórtland y la bibliografía propone la siguiente dosificación de acuerdo al suelo con el que se elabore la mezcla.

Tabla 2.17 Proporciones de Cemento de acuerdo al Tipo de Suelo

Tipo de Suelo	Porcentaje de Cemento	
	Mínimo (%)	Máximo (%)
Arenoso	5,00	9,00
Limoso	8,00	12,50
Arcilloso (no recomendable)	12,50	15,00

Fuente: “Suelo – Cemento: Su aplicación en la Construcción”

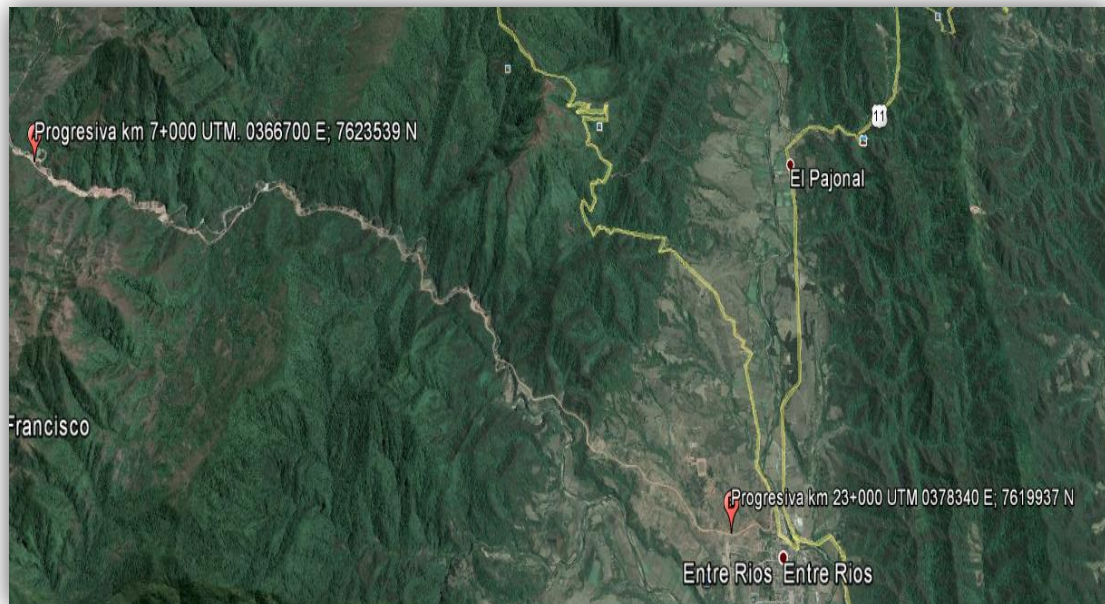
Capítulo III

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE LOS TALUDES ROCOSOS VARIANTE CANALETAS ENTRE RÍOS TRAMO PROGRESIVA KM 7+000 A 23+000

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA EN ESTUDIO

La zona en estudio se encuentra ubicada en la provincia O'Connor del departamento de Tarija. Carretera al Chaco en la via 11 Nacional en la Variante Canaletas – Entre Ríos Tramo Prog. Km 7+000 al 23+000. Situado entre las coordenadas E 0366700 – 0378340; N 7623539 – 7619937. Limita al Norte con La Serranía de Sandiego y Castellón, al Sur Con La Serranía de Moreta, al Este con la comunidad de Canaletas, al Oeste con la localidad de Entre Ríos. Ver figura 3.1

Figura 3.1 Ubicación geográfica



Fuente: Google Earth 2014

3.2 GEOLOGÍA REGIONAL

Es importante conocer y tener en cuenta los rasgos geológicos que caracterizan a la zona de estudio para la realización del presente trabajo de grado. Donde la zona de

estudio corresponde a la provincia geológica del Sub andino Sur dentro del Sub chaco tarijeño donde la morfología está definida por valles y serranías dispuestas de modo paralelo y sub paralelo con dirección aproximado norte a sur.

Donde el trazo de la carretera de estudio construida a lo largo del rio Santa Ana atraviesa de manera casi perpendicular las serranías de Narváez, San Diego Sur y la serranía de Huayco.

3.3 METODOLOGÍA

La metodología de investigación empleada para desarrollar los objetivos planteados es del tipo investigación cualitativa de campo, debido a que los datos e información necesaria serán obtenidos directamente del entorno real u objeto de estudio, sin manipular o controlar variable alguna.

La información y datos necesarios se obtuvieron mediante levantamientos geológicos de base, en los taludes con problemas de estabilidad en la carretera canaletas entre ríos tramo progresiva 7+000 a 23+000, información cuya integridad no fue alterada ni modificada, cumpliendo así con la definición hecha por Sabino (1986), quien propone que “ las investigaciones de campo se basan en datos primarios, obtenidos directamente de la realidad”.

Con esta información y datos se procedió la caracterización y agrupamiento de los taludes rocosos partiendo de la clasificación RMR propuesta por Bieniawski , para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR, que resulta de una adaptación de la primera para el análisis de la estabilidad de taludes rocosos.

Finalmente luego de realizado el análisis de estabilidad y de la característica geotécnicas de los taludes de roca con mayor riesgo de inestabilidad se realizara a un estudio de alternativas de estabilización de taludes rocosos mediante un análisis de su

viabilidad técnica, económica y de seguridad donde se propondrán las alternativas de estabilización que mejor se adecuen a cada talud con problema de inestabilidad.

3.3.1 Unidades de Estudio

Tal y como se ha comentado anteriormente, el presente trabajo pretende estudiar los problemas de inestabilidad de los taludes de roca y plantear alternativas para la estabilidad en los taludes de roca en el tramo Canaletas Entre ríos Km progresiva (7+000 a 23+000). Donde solo se estudiara los taludes de roca que presentan mayor riesgo de inestabilidad Evidente.

3.3.2 Población

La población está definida por las Características geotécnicas de Taludes de Roca en el tramo Canaletas - Entre Ríos (progresiva Km 7+000 – 23+000), y el Estudio de medidas correctivas para la estabilidad de dichos taludes.

3.3.3 Muestra

Características Geotécnicas de los Taludes de Roca que presentan mayor riesgo de inestabilidad en el tramo Canaletas - Entre Ríos (progresiva Km 7+000 – 23+000). Estudio como mínimo tres alternativas técnicas para la estabilidad de los Taludes rocosos de acuerdo al análisis del grado de inestabilidad que presenten y la viabilidad técnica, económica de cada alternativa.

3.3.4 Muestreo

Es necesario aplicar un muestreo no probabilístico pues no todos los miembros de la población tiene igual probabilidad de selección para el estudio. Hay factores como no todos los Taludes de Roca presentan las mismas características geotécnicas y grado de inestabilidad, donde los Taludes en Roca con mayor riesgo de inestabilidad evidente a simple vista de acuerdo a la existencia de deslizamiento o desprendimiento de Rocas determinan su opción a ser estudiado. De acuerdo a esto se podrá estudiar y

determinar el tipo de alternativa técnica para la estabilidad de cada talud de Roca con diferente característica geotécnica y grado de estabilidad.

3.3.5 Métodos y Técnicas

Para el estudio de alternativas técnicas para la estabilidad de Taludes de Roca primero debemos realizar un análisis de la estabilidad y las características geotécnicas de los Taludes rocosos lo cual por tener limitaciones de orden práctico y económico se harán las evaluaciones de acuerdo a una metodología relativamente sencilla que proveerá respuestas razonables.

la mecánica de Rocas ha desarrollado un conjunto de técnicas basadas en características cualitativas e índices numéricos que inciden en el comportamiento del talud rocoso.

Para ello se empleará el método de análisis conocido como Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR (Slope Mass Rating Index) (Romana), que parte de la Clasificación Geomecánica RMR (Rock Mass Rating System), o clasificación geomecánica de Bienawiski.

Es decir que para lograr la caracterización de los Taludes rocosos se partirá de la clasificación RMR propuesta por Bieniawski también conocida como sistema de clasificación CSIR, para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR, que resulta de una adaptación de la primera para el análisis de la estabilidad de Taludes rocosos.

Finalmente luego de realizado el análisis de estabilidad y de las características geotécnicas de los Taludes de Roca con mayor riesgo de inestabilidad se propondrán las posibles alternativas correctivas para los sectores inestables basados en el análisis desde los siguientes puntos de vista: - Coste Económico. - Viabilidad Técnica. - Grado de seguridad

3.4 Desarrollo de la Investigación

3.4.1 Trabajo de campo y Laboratorio

Es importante para el desarrollo del proyecto de grado entorno a la investigación para el estudio de alternativas técnicas para la estabilidad de Taludes en Roca, la visita al tramo carretero (Canaletas- Entre ríos) , con el fin de constatar el estado de la misma, con énfasis en los Taludes de mayor inestabilidad aparente, para mediante observaciones, mediciones, toma de muestras para ensayos de laboratorio, etc., determinar el tipo de inestabilidad y los factores que influyen en esta, y posteriormente establecer las posibles soluciones. A continuación se describe el trabajo que se realizó en campo, laboratorio y gabinete.

3.4.1.1 Relevamiento del tramo de Estudio.

En primer lugar se procedió a relevar en la traza del tramo carretero que será de acuerdo a sectores donde existan desprendimientos de Rocas visibles que constituyen los Taludes de mayor riesgo de inestabilidad, y de las diferentes litologías que los componen.

El tramo en estudio comienza como punto referencial el puente en construcción ubicado en progresiva km 7+000 hasta la llegada a la localidad de Entre Ríos progresiva km 23+000. Esto es de interés para el análisis general de la estabilidad. Para esta tarea se empleó un GPS.



Foto 3.1 Toma de Coordenadas con GPS.

Fuente: Elaboración propia

..

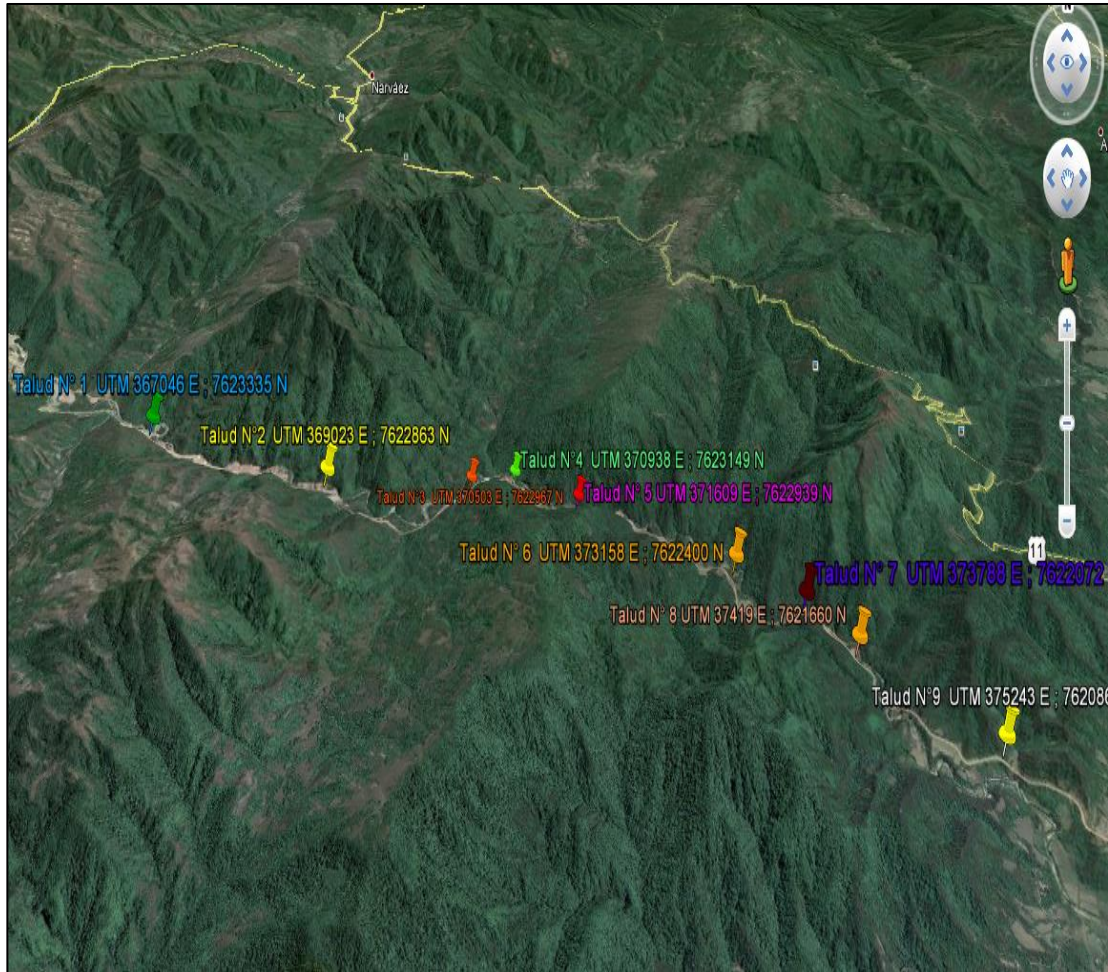
A continuación se elabora una descripción de los lugares de interés, de acuerdo a la progresiva real de la vía

Tabla 3.1 relevamiento tramo en estudio.

PROGRESIVA KM	PUNTO INTERÉS	DESCRIPCIÓN
8+095 a 8+225	Talud 1	Talud inestable
10+333 a 10+507	Talud 2	Talud con desprendimiento de Rocas
12+211 a 12+268	Talud 3	Talud con grietas y desprendimiento de Rocas
12+968 a 13+073	Talud 4	Talud con desprendimiento de Rocas
13+741 a 13+959	Talud 5	Talud con afloramiento rocoso y desprendimiento
15+872 a 16+047	Talud 6	Talud de gran altura con desprendimiento de Rocas
18+315 a 18+485	Talud 7	Talud de gran altura con gran desprendimiento de Rocas
19+310 a 19+390	Talud 8	Talud de gran altura muy inestable con constante desprendimiento de Rocas
20+771 a 20+869,5	Talud 9	Talud con grietas y desprendimiento de Rocas

Fuente: Trabajo de Campo

Figura 3.2 Relevamiento Taludes Estudiados

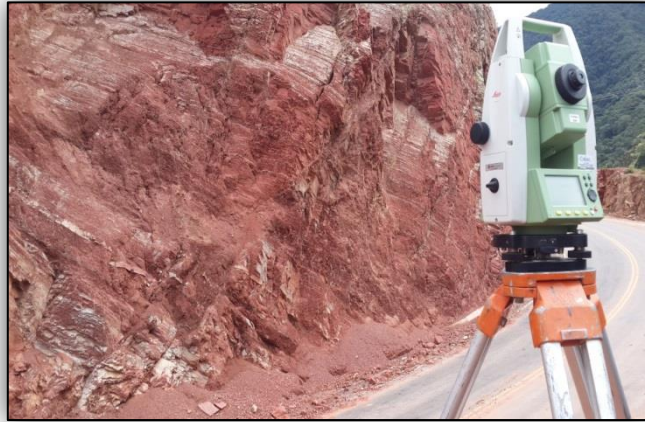


Fuente.- Google Earth

3.4.1.2 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó En los Taludes de mayor riesgo de inestabilidad relevados anterior mente de acuerdo a la progresiva real de la via y sus coordenadas, luego se procedió a determinar los parámetros básicos de la geometría , como la altura vertical (h) y la longitud horizontal (L), para determinar la pendiente del plano del talud. Para el levantamiento se necesitó el apoyo de un equipo topográfico estación total marca Leica Modelo TS02

Foto 3.2 Estación Total Leica TS02.



Fuente: Elaboración propia

Foto 3.3. Toma de datos Geométricos del Talud con Estación Total.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.2 Relevamiento Topográfico

Punto Interés	Progresiva Km	Coordenadas		Longitud de Proyección (mts)		Dirección	Buzamiento
		Este	Norte	Horizontal	Vertical		
Talud 1	8+160	0367046	7623335	130	39,26	125° Azimut	62°
Talud 2	10+420	0369023	7622863	175	58,36	116° Azimut	50°
Talud 3	12+240	0370503	7622967	55	40,7	213° Azimut	44°
Talud 4	13+020	0370938	7623149	105	29,3	126° Azimut	6°
Talud 5	13+850	0371609	7622939	218	55	151° Azimut	42°
Talud 6	15+960	0373158	7622400	175	80,37	185° Azimut	49°
Talud 7	18+400	0374265	7622350	170	64	275° Azimut	68°
Talud 8	19+350	0374195	7621660	80	36,16	263° Azimut	38°
Talud 9	20+820	0375243	7620863	98.5	45,5	310° Azimut	67°

Fuente.- Trabajo de Campo

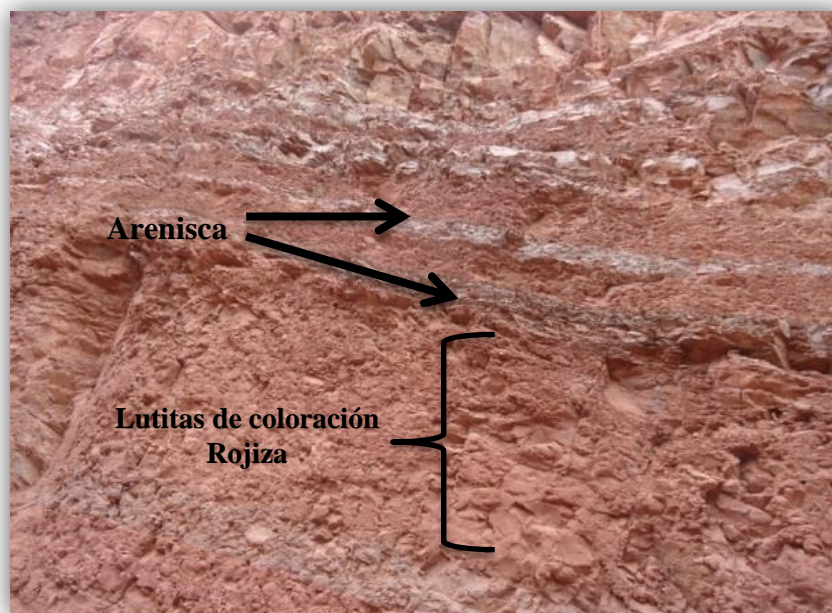
3.4.1.3 Descripción geológica

En los capítulos anteriores se describió las Formaciones que se encuentran en la zona, sin precisar el sector de estudio. A continuación se presenta la descripción e identificación geológica considerando las observaciones de campo de los sitios seleccionados.

TALUD No. 1 – PROGRESIVA KM 8+095 a 8+225

El presente Talud situado entre las Coordenadas N 0367046 - E 7623335, exhibe deslizamientos constantes sobre la calzada donde el material desprendido consta de lutitas con algunos rocas de arenisca cuarzosa. Siendo parte de de la formacion Taiguati formacion representada por lutitas de coloracion rojiza y areniscas del mismo color.

Foto 3.4 Detalle de litología talud No. 1



Fuente: Elaboración propia

TALUD No. 2 – PROGRESIVA KM 10+333 a 10+507

En el presente talud situado entre las coordenadas N 0369023 – E 7622863 se encuentra muy meteorizado producto de la deficiente voladura producto de esto es frecuente la caída de rocas en la cuneta y calzada donde el material que constituye el talud radica en rocas del tipo Areniscas con capas delgadas de lutitas intercaladas.

Foto 3.5 Detalle de litología talud No. 2



Fuente: Elaboración propia.

TALUD No. 3 – PROGRESIVA KM 12+211 a 12+268

El presente talud situado entre las Coordenadas N 0370503 – E 7622967 Consta con desprendimientos de grandes masas de rocas tapando la totalidad de la cuneta y parte de la calzada Constituida principalmente por calizas silicificadas gris violáceo parte de la Formación Vitiacua cuya posición estratigráfica en el talud presenta una marcada variación de espesor característica de dicha formación. En contacto con las mismas yacen ortocuarcitas blanquecinas.

Foto 3.6 Detalle de litología talud No. 3

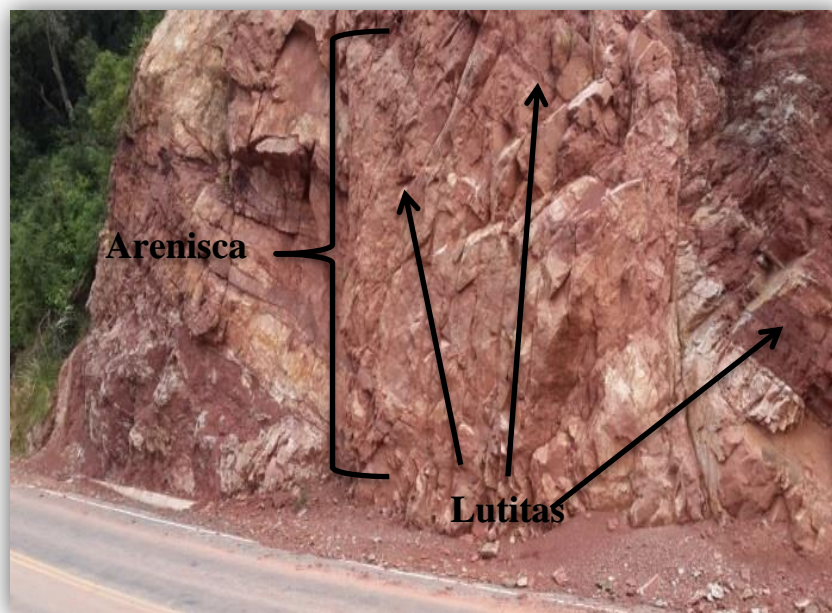


Fuente: Elaboración propia

TALUD No. 4 – PROGRESIVA KM 12+968 a 13+073

El presente talud situado entre las Coordenadas N 0370938 – N 7623149 existen constantes desprendimientos de rocas de tamaños variables producto del mal estado evidente por fracturas causadas por la voladura efectuada en dicho talud debilitando su estabilidad. El material constituye casi en su totalidad, por areniscas de color rojizo y lutitas tanto como en la parte inferior como en la superior, donde continúa la formación Taiguati y observa mayor presencia de areniscas, con capas delgadas de lutita intercaladas.

Foto 3.7 Detalle de litología talud No. 4



Fuente: Elaboración propia

TALUD No. 5 – PROGRESIVA KM 13+741 a 13+959

El presente talud situado entre las N 0371609 – N 7622939 se encuentra en muy mal estado con afloramientos rocosos fracturados y arena suelta que cubre la totalidad de las cunetas el material que constituye son rocas del tipo areniscas casi en su totalidad y arenas sueltas siendo parte de la formación Cangapi compuestas por macizos de areniscas rojizas con estratigrafías fuertemente entrecruzadas.

Foto 3.8 Detalle de litología talud No. 5



Fuente: Elaboración propia

TALUD No. 6 – PROGRESIVA KM 15+872 a 16+047

En el presente talud situado entre las Coordenadas N 0373158 – E 7622400 es uno de los más altos de los taludes estudiados donde en la parte superior por tener una pendiente muy pronunciada se desprenden grandes cantidades de masas de rocas y material suelto representas por areniscas con entrecruzamiento diagonal de lutitas siendo parte de la formación Castellón. Donde la localidad Tipo de la formación se encuentra en la serranía del mismo nombre al Oeste de la Ciudad de Entre Ríos.

Foto 3.9 Detalle de litología talud No. 6



Fuente: Elaboración propia

TALUD No. 7 – PROGRESIVA KM 18+315 a 18+485

El presente talud situado entre las Coordenadas N 0374265 – E 7622350 presenta una pendiente casi vertical produciendo una falla por vuelco cayendo rocas de gran tamaño sobre la calzada donde el material presenta casi en su totalidad macizos de areniscas cuarzosas de coloración rojiza con diferentes discontinuidades, continuando integrando parte de la formación Cangapi.

Foto 3.10 Detalle de litología talud No. 7

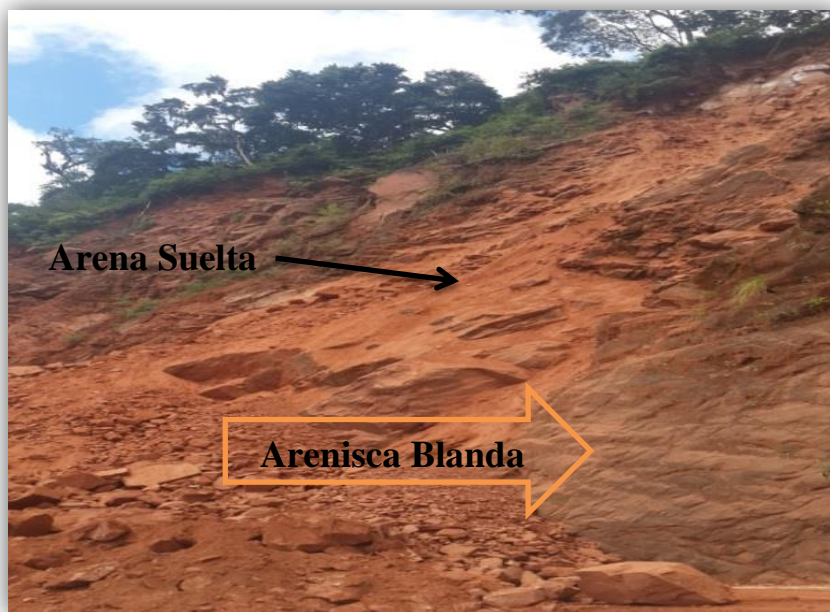


Fuente: Elaboración propia

TALUD No. 8 – PROGRESIVA KM 19+310 a 19+390

El presente talud situado entre las Coordenadas N 0374195 – E 7621660 muestra una inestabilidad frecuentes cayendo grandes cantidades de masas de suelos y rocas combinadas tapando la totalidad de la calzada y en ocasiones cortando temporalmente el trafico los materiales que conforman el Talud son areniscas bastante blandas y arenas sueltas en la parte superior dichas descripción corresponde a la Formación Tacurú constituida por margas arenosas y formación de areniscas entre cruzadas

Foto 3.11 Detalle de litología talud No. 8



Fuente: Elaboración propia

TALUD No. 9 – PROGRESIVA KM 20+771 a 20+869,5

El presente talud situado entre las Coordenadas N 0375243 –E 7620863 es el más próximo a la Ciudad de Entre Ríos los desprendimientos de rocas del talud caen en la calzada pudiendo producir accidentes al tratar de esquivarlos donde las rocas que constituye la totalidad del talud son Areniscas del tipo Basáltico duras de coloración gris constituyendo parte de la formación Entre Ríos.

El basalto de Entre Ríos presenta un color gris negruzco donde sus constituyentes principales son la augita, el olivino y los minerales ferrosos, la localidad Tipo de la Formación se encuentra en los alrededores de la ciudad de Entre Ríos situada a 60 kilómetros en línea recta al Este de Tarija.

Foto 3.12 Detalle de litología talud No. 9



Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4 Levantamiento geológico

el levantamiento geológico se realizó haciendo una descripción visual donde se tomó La información geológica de base necesaria para la posterior caracterización Geomecánica de los Taludes rocosos, consiste en el relevamiento de la litología presente en cada Talud además de una observación preliminar del tipo de discontinuidades existentes, orientación dominante, estado de alteración e indicadores de infiltración de agua. Esta tarea contempla también los espesores de los estratos, su rumbo y buzamiento.

Todo esto mediante el uso de herramientas como la brújula brunton, cinta métrica, cámara fotográfica.

3.8.1.4.1 Determinación del RQD

Para determinar el RQD (Rock Quality Designation) Como no se pudieron obtener testigos de perforación se ha calculado el índice de calidad de la Roca por medio de la fórmula de Deree et al. (1967)

$$RQD = 115 - 3.3J_v \text{ para } J_v > 4.5$$

$$RQD = 100 \text{ para } J_v \leq 4.5$$

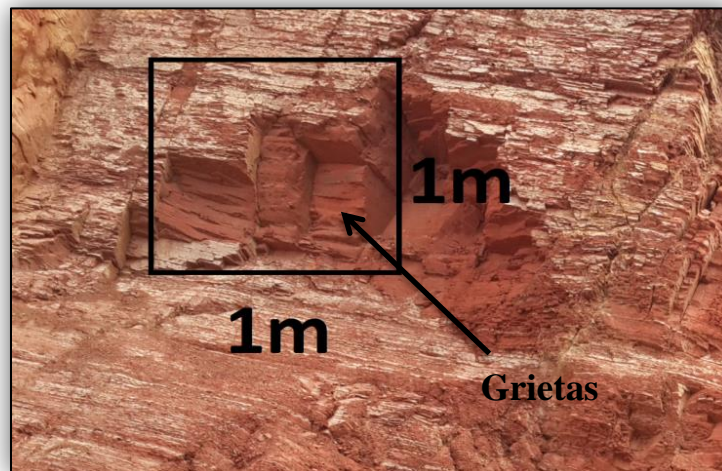
Donde J_v es el número de fisuras o grietas en 1m^3 de una sección representativa del talud.

Para ello realizamos un levantamiento en varias secciones pequeñas de 1m^2 Estos levantamientos se realizaron en una cara del Talud ya que las fracturas expuestas en dicha cara, continúan en 1m dentro del talud, además el número de fracturas expuestas, era el mismo en 1m^3 .

Tabla 3.3 Descripción del RQD.

<i>Índice de Calidad R.Q.D. (%)</i>	<i>Calidad</i>
0 -25	Muy mala
25 - 50	Mala
50 - 75	Regular
75 - 90	Buena
90 - 100	Excelente.

Fuente: Índice De Calidad De La Roca Rqd. Deere

Foto 3.13 Numero de grietas por m³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4. Índice RQD Taludes en Estudio.

Talud	Valor RQD %	Descripción
Talud N° 1	67,04	Regular
Talud N° 2	72,65	Regular
Talud N° 3	81,89	Buena
Talud N° 4	43,06	Mala
Talud N° 5	48,12	Mala
Talud N° 6	69,02	Regular
Talud N° 7	89,37	Buena
Talud N° 8	74,52	Regular
Talud N° 9	94,54	Excelente

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4.2 Espaciado entre las discontinuidades.

El espaciado entre los planos de discontinuidades Condiciona el tamaño de los bloques de matriz rocosa, y por tanto, define el papel que ésta tendrá en el comportamiento mecánico del macizo rocoso, y su importancia con respecto a la influencia de las discontinuidades.

El espaciado viene definido como la distancia entre dos planos de discontinuidad de una misma familia, medida en la dirección perpendicular a dichos planos. La medida del espaciado se realizó con una cinta métrica, en una longitud suficientemente representativa de la frecuencia de discontinuidades ver (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Descripción del Espaciado Entre Discontinuidades

Descripción	Espaciado de las Juntas	Tipo de macizo rocoso.
Muy ancho	2 > mts.	Sólido
Ancho	0.6 - 2 mts.	Masivo
Moderadamente cerrado	0.2 - 0.6 mts.	En bloques
Cerrado	0.06 - 0.2 mm.	Fracturado
Muy cerrado	< 0.06 mm.	Machacado

Fuente (Bieniawski 1989)

Tabla 3.6. Descripción del Espaciado Entre Discontinuidades Taludes en Estudio

Talud	Espaciado de las juntas (mm)	Descripción
Talud N° 1	0.2 - 0.6	Moderadamente Cerrado
Talud N° 2	0.6 - 2	Ancho
Talud N° 3	0.6 - 2	Ancho
Talud N° 4	0.6 - 2	Ancho
Talud N° 5	0.06 - 0.2	Cerrado
Talud N° 6	0.06 - 0.2	Cerrado
Talud N° 7	0.6 - 2	Ancho
Talud N° 8	0.2 - 0.6	Moderadamente Cerrado
Talud N° 9	0.2 - 0.6	Moderadamente Cerrado

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4.3 Abertura de la discontinuidad.

La abertura es la distancia perpendicular que separa las paredes de la discontinuidad cuando no existe relleno (Tabla 3.7).

Este parámetro puede ser muy variable en diferentes zonas de un mismo macizo rocoso.

La influencia de la abertura en la resistencia al corte de la discontinuidad es importante incluso en discontinuidades muy cerradas, al modificar las tensiones efectivas que actúan sobre las paredes. Su medida se realizó directamente con una regla o cinta métrica, las medidas se realizaron para cada sistema de discontinuidades observado, adoptando los valores medios más representativos de cada una de ellas.

Tabla 3.7. Descripción Aberturas Discontinuidades

Grado	Descripción	Separación de las caras	Rango RMR
1	Abierta	> 5mm	0
2	Moderadamente abierta	1 - 5 mm	1
3	Cerrada	0.1 - 1 mm	4
4	Muy cerrada	< 0.1 mm	5
5	No tiene	0	6

Fuente (Bieniawski 1989)

Tabla 3.8. Descripción Aberturas Discontinuidades Taludes en Estudio

Talud	Separación De Las Caras	Descripción
Talud N° 1	1 - 5	Moderadamente Abierta
Talud N° 2	> 5	Abierta
Talud N° 3	1 - 5	Moderadamente Abierta
Talud N° 4	1 - 5	Moderadamente Abierta
Talud N° 5	> 5	Abierta
Talud N° 6	0.1 - 1	Cerrada
Talud N° 7	> 5	Abierta
Talud N° 8	1 - 5	Moderadamente Abierta
Talud N° 9	> 5	Abierta

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4.4 Longitud de la discontinuidad.

La continuidad o persistencia de un plano de discontinuidad es su extensión superficial, medida por la longitud según la dirección del plano y su buzamiento. Es un parámetro de gran importancia pero de difícil cuantificación a partir de la observación de afloramientos, en los que normalmente se ven las trazas de los planos de discontinuidad según un buzamiento aparente.

La medida de la continuidad se realizó con una cinta métrica.

Tabla 3.9. Descripción Persistencia de Discontinuidades

Grado	Descripción	Continuidad	Rango RMR
1	Muy pequeña	< 1 mts	6
2	Pequeña	1 - 3 mts.	4
3	Media	3 - 10 mts.	2
4	Alta	10 - 20 mts.	1
5	Muy alta	> 20 mts.	0

Fuente (Bieniawski 1989)

Tabla 3.10. Descripción Persistencia de Discontinuidades Taludes en Estudio

Talud	Continuidad	Descripción
Talud N° 1	> 20	Muy Alta
Talud N° 2	> 20	Muy Alta
Talud N° 3	> 20	Muy Alta
Talud N° 4	> 20	Muy Alta
Talud N° 5	> 20	Muy Alta
Talud N° 6	10 - 20	Alta
Talud N° 7	> 20	Muy Alta
Talud N° 8	> 20	Muy Alta
Talud N° 9	> 20	Muy Alta

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4.5 Rugosidad.

La descripción y medida de la rugosidad tiene como principal finalidad la evaluación de la resistencia al corte de los planos, que para discontinuidades sin cohesión puede ser estimada a partir de datos de campo y de expresiones empíricas.

La rugosidad aumenta la resistencia al corte, que decrece con el aumento de la abertura, y por lo general, con el espesor del relleno.

La rugosidad fue medida en campo de forma visual.

Tabla 3.11. Descripción de Rugosidad Discontinuidad.

Grado	Descripción	Rango RMR
1	Muy rugosa	6
2	Rugosa	5
3	Ligeramente rugosa	3
4	Suave	1
5	Espejo de falla	0

Fuente (Bieniawski 1989)

Tabla 3.12. Descripción de Rugosidad Discontinuidad Taludes en Estudio

Talud	Descripción
Talud N° 1	Ligeramente rugosa
Talud N° 2	Ligeramente rugosa
Talud N° 3	Espejo de Falla
Talud N° 4	Muy Rugosa
Talud N° 5	Muy Rugosa
Talud N° 6	Muy Rugosa
Talud N° 7	Ligeramente rugosa
Talud N° 8	Rugosa
Talud N° 9	Ligeramente rugosa

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4.6 Relleno.

Las discontinuidades pueden aparecer rellenas de un material de naturaleza distinta a la Roca de las paredes. Existe gran variedad de materiales de relleno con propiedades físicas y mecánicas muy variables.

La presencia de relleno gobierna el comportamiento de la discontinuidad, por lo que deben ser reconocidos y descritos todos los aspectos referentes a sus propiedades y estado.

Entre las características principales del relleno que pueden describirse en el afloramiento están su naturaleza, espesor ó anchura, resistencia al corte y permeabilidad (estos dos últimos parámetros de forma indirecta o cualitativa).

Tabla 3.13. Descripción de Relleno de las Discontinuidades.

Grado	Descripción	Rango RMR
1	Relleno blando > 5 mm	0
2	Relleno blando < 5mm	2
3	Relleno duro > 5mm.	2
4	Relleno duro < 5 mm	4
5	ninguno	6

Fuente (Bieniawski 1989)

Tabla 3.14. Descripción de Relleno de las Discontinuidades Taludes en Estudio

Talud	Tamaño Relleno (mm)	Descripción
Talud N° 1	> 5	Relleno blando
Talud N° 2	> 5	Relleno blando
Talud N° 3	> 5	Relleno blando
Talud N° 4	> 5	Relleno blando
Talud N° 5	> 5	Relleno blando
Talud N° 6	< 5	Relleno blando
Talud N° 7	> 5	Relleno duro
Talud N° 8	> 5	Relleno blando
Talud N° 9	> 5	Relleno blando

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4.7 Alteración.

El grado de alteración de una discontinuidad es una observación importante en cuanto a que Condiciona de forma definitiva sus propiedades mecánicas.

Según avanza el proceso de meteorización aumentan la porosidad, permeabilidad y deformabilidad del material rocoso, al tiempo que disminuye su resistencia.

La identificación del grado de alteración se realizó de forma sistemática a partir de las siguientes descripciones (Tabla 3.15).

Tabla 3.15. Descripción de Relleno de las Discontinuidades

Grado	Descripción	Rango RMR
1	Descompuesta	0
2	Muy meteorizada	2
3	Moderadamente meteorizada	3
4	Ligeramente meteorizada	5
5	No meteorizada	6

Fuente (Bieniawski 1989)

Tabla 3.16. Descripción de Relleno de las Discontinuidades Taludes en Estudio

Talud	Alteración
Talud N° 1	Moderadamente descompuesta
Talud N° 2	Muy descompuesta
Talud N° 3	Moderadamente descompuesta
Talud N° 4	Moderadamente descompuesta
Talud N° 5	Descompuesta
Talud N° 6	Moderadamente descompuesta
Talud N° 7	Moderadamente descompuesta
Talud N° 8	Muy descompuesta
Talud N° 9	Moderadamente descompuesta

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4.8 Presencia ó no de agua subterránea.

El agua en el interior de un macizo rocoso procede generalmente del flujo que circula por las discontinuidades.

Las observaciones respecto a las filtraciones en los macizos rocosos se presentan como: Seco, ligeramente húmedo, húmedo, goteando y como agua fluyendo.

Tabla 3.17. Descripción Presencia de Agua en el Talud

Grado	Descripción	Rango RMR
1	Completamente seco	15
2	húmedo	10
3	Mojado	7
4	Goteo	4
5	Fujo de agua	0

Fuente (Bieniawski 1989)

Tabla 3.18. Descripción Presencia de Agua Taludes en Estudio

Talud	Presencia de Agua
Talud N° 1	húmedo
Talud N° 2	húmedo
Talud N° 3	húmedo
Talud N° 4	húmedo
Talud N° 5	Goteo
Talud N° 6	Flujo de agua
Talud N° 7	húmedo
Talud N° 8	Goteo
Talud N° 9	húmedo

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4.9 Resistencia A La Compresión Simple.

Para ello se tomó tres muestras de cada talud en estudio luego se procedió a dar forma de un cubo donde la altura debe ser dos veces la base para ello se dio la forma de cubo con una amoladora.

Foto 3.14 Toma de muestras



Fuente: Elaboración propia

Foto 3.15 Selección de muestras



Fuente: Elaboración propia

Foto 3.16 Corte de Muestras



Fuente: Elaboración propia

Luego se procedió a medir la resistencia a la compresión simple de los cubos de Roca mediante una prensa hidráulica el que se encuentra en el laboratorio de suelos de la facultad de ciencias y tecnología.

Características.

Modelo: 1253337002

Año producción: 2013

Peso de la máquina aproximado: 550kg

Capacidad: 2000KN

Tras encender la máquina y posicionar el testigo de Roca, las operaciones fueron las siguientes:

- Se introdujo en el teclado Touch Screen los parámetros del ensayo como ser base y altura de los testigos. Operación no necesaria por defecto en caso de ensayos repetitivos.
- Luego se movió verticalmente la válvula de envío de aceite
- Luego se presionó la tecla Start y la máquina procedió automáticamente con el acercamiento rápido hasta el contacto del del testigo con el plato superior, el control de gradiente de carga hasta la rotura y la parada automática y fin de ensayo.
- Luego se anotaron los resultados de ensayos (18 en total)

Foto 3.17 Muestras en Laboratorio



Fuente: Elaboración propia

Foto 3.18 Ensayo a la Compresión Simple



Fuente: Elaboración propia

Foto 3.19 Resultado del Ensayo a la Compresión Simple



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.19 Descripción Resistencia a Compresión Simple

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)
Muy alta	>200
Alta	100 - 200
Media	50 - 100
Baja	25 - 50
Muy baja	10 -25
	3 - 10
	1 - 3

Fuente (Bieniawski 1989)

Tabla 3.20. Resistencia a Compresión Simple Muestras Taludes en Estudio

Muestra	Resistencia a compresión simple (Mpa)	Parámetro Bieniawski	Descripción
Talud N° 1	1	1-3, 3-10, 10-25	Muy Baja
Talud N° 2	26.30	25-50	Baja
Talud N° 3	1	1-3, 3-10, 10-25	Muy Baja
Talud N° 4	1	1-3, 3-10, 10-25	Muy Baja
Talud N° 5	24.72	1-3, 3-10, 10-25	Muy Baja
Talud N° 6	7.58	1-3, 3-10, 10-25	Muy Baja
Talud N° 7	26	25-50	Baja
Talud N° 8	6.06	1-3, 3-10, 10-25	Muy Baja
Talud N° 9	28.40	25-50	Baja

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión simple nos dieron valores bajos y muy bajos esto sucede ya que las muestras obtenidas son rocas blandas y en otros caso como las muestras de roca de los Taludes N° 1, 3 y 4 eran demasiadas blandas que para poder darles una sección definida con la amoladora no se pudo ya que se desmoronaban impidiendo realizar el ensayo para estas muestras, es por ello que se adoptó darles el valor mínimo de resistencia.

3.4.1.4.10 Toma de muestras material suelto para su respectiva clasificación:

La toma de muestras se hizo de forma manual, con la ayuda de herramientas como pico de mano, pala, introduciendo luego el material en bolsas plásticas identificadas con la ubicación de su extracción. Esta selección de muestras tuvo base en la importancia que tiene para la producción del cemento y agregados, obteniendo un total de 6 muestras para su clasificación el procedimiento fue lo siguiente:

Granulometría:

Luego de la toma de muestras se peso aproximadamente 5000 gr. del material para luego tamizarlo.

Se Tamizo manualmente con la serie de tamices, separando el agregado grueso del fino en el Tamiz No 4; obtenidos los retenidos en los respectivos tamices se procedió a pesarlos.

De la porción que paso el tamiz No 4 sólo se tomaron 500 gramos para realizar la granulometría del agregado, tamizándolo con los tamices No 10, 40 y 200.

Adquiridos los pesos retenidos en los diferentes tamices, se procederá a calcular los porcentajes retenidos en cada tamiz, los porcentajes retenidos acumulados, y el porcentaje que pasa a través de cada tamiz; como también determinar en base a la granulometría del suelo los coeficientes de uniformidad y curvatura.

Limites de Atterberg.

La realización de la práctica se lo ha dividido en dos partes que son:

Límite Líquido:

- Se procedió a pasar cierta cantidad de material a través del tamiz No 40, el cual se utilizó para determinar el límite líquido y el límite plástico.
- A continuación se verificó si el aparato de Casagrande estaba debidamente calibrado.
- Se colocó el material tamizado en un recipiente de porcelana, se añadió un poco de agua y se mezcló cuidadosamente con el suelo hasta lograr una pasta uniforme y una apariencia cremosa.
- Se procedió a colocar dentro de la cazuela una pequeña cantidad de suelo hasta la profundidad adecuada para el trabajo de la herramienta ranuradora, a

continuación se emparejo la superficie de la pasta de suelo cuidadosamente con una espátula, y mediante el uso de la herramienta ranuradora, se corto una ranura clara, recta, que separo completamente la masa del suelo en dos partes, luego se hizo el conteo de golpes hasta que la masa se cerró en una longitud de 1 cm.

- Se tomó una muestra para medir el contenido de humedad, se coloca en una tara la zona donde se cerró la ranura, se procedió a pesar la tara con el material y se lo seco en una hornilla.
- Luego de secado se procedió a su pesaje correspondiente, siendo el resultado el peso de la muestra seca más la tara. Este procedimiento se repitió en su totalidad con cinco muestras del mismo suelo, pero con diferentes contenidos de humedad.

Límite Plástico:

- Se colocó el mismo material tamizado del ensayo anterior en un recipiente de porcelana se añadió agua al suelo, se mezcló cuidadosamente hasta obtener una textura uniforme y cremosa.
- Se dividió en varios pedazos o porciones pequeñas la muestra, con la mano extendida sobre una placa de vidrio enrollando el suelo con presión suficiente para moldearlo en forma de cilindro o hilo de diámetro uniforme por la acción de los movimientos de la mano.
- Cuando el diámetro del cilindro llegó a 3 mm., se volvió a moldear y enrollar nuevamente con otra porción de suelo, este proceso se hizo hasta que el cilindro de suelo se rompió bajo la presión del enrollamiento.
- La muestra o el cilindro, que se rompió nos define el límite plástico, luego este cilindro se colocó en una tara previamente pesada, efectuando el pesaje

de la tara más el cilindro de suelo, luego se secó la muestra en una hornilla para calcular el contenido de humedad de la muestra.

- Una vez que la muestra se secó se procedió a su pesaje y la obtención del peso de la muestra seca más la tara

Foto 3.20 Toma de muestra material suelto



Fuente: Elaboración propia

Foto 3.21 Tamizado de la muestra



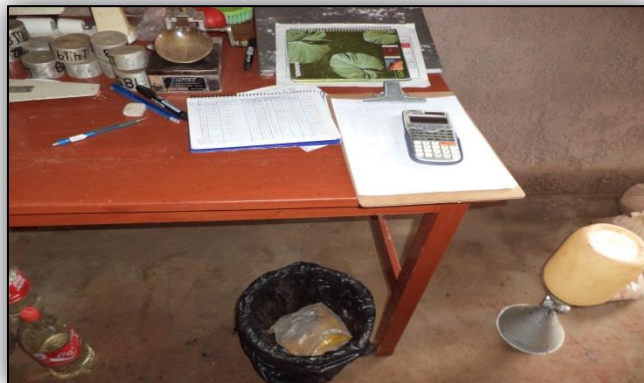
Fuente: Elaboración propia

Foto 3.22 Identificación de Muestras según su Origen



Fuente: Elaboración propia

Foto 3.23 Ensayo Casa Grande



Fuente: Elaboración propia

Foto 3.24. Secado de Muestras



Fuente: Elaboración propia

Clasificación de Suelos Talud N° 1 Km 8+180

Clasificación de Suelos Laboratorio de Suelos y Materiales

CLASIFICACIÓN DE SUELOS / AASHTO M 145

Proyecto	Estudio de Alternativas técnicas para la Estabilidad de Talud de Roca Variante (Canaletas Entre Rios) Tramo Km 7+000 a 23+00				
Material	Corte	Destino (Km.)	Estudio	N° Ensayo	1
Profundidad (m.)	0	Estructura	Talud N°1	Fecha	19-abr-2014
Origen (Km.)	8+160	Pozo(Km.)	8+160	Realizado	J.Carlos Ramos L.

CALCULADO: Ronald R. Calle S.

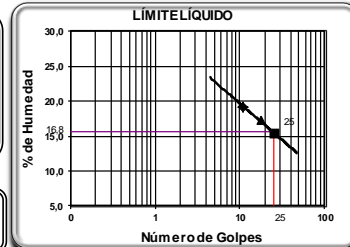
HUMEDAD HIGROSCÓPICA	N° Tara	Psh + T	Pss + T	Pa	P T	Pss	% Hum.
	1	466	444	22	82,7	361,3	6,09
MUESTRA TOTAL SECA	Peso H. total	Agr. Grueso Ret. N° 4	P. Suelo Hum. N° 4	P. Ss.<N° 4	Peso Total		
	0	0	0	0,0	0,0		

GRANULOMETRÍA AASHTO T 27

Peso total seco (grs.)		0,0			Muestra pasa tamiz N° 4		471,3
Tamiz	Peso Retenido	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que	Abertura	Especificaciones
N°	Tamiz (grs.)	Acumulado (grs.)	Tamiz	Acumulado	Pasa	Mm.	
3"	0	0,0	0,0	0,0	100,0	76,20	
2"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	50,80	
1"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	25,40	
3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	19,05	
3/8"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	9,525	
4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	4,800	
10	65,3	65,3	13,9	13,9	86,1	2,000	
40	48,2	113,5	10,2	24,1	75,9	0,420	
200	212,1	325,6	45,0	69,1	30,9	0,074	

LIMITES DE ATTERBERG (Límite Líquido) AASHTO T-89

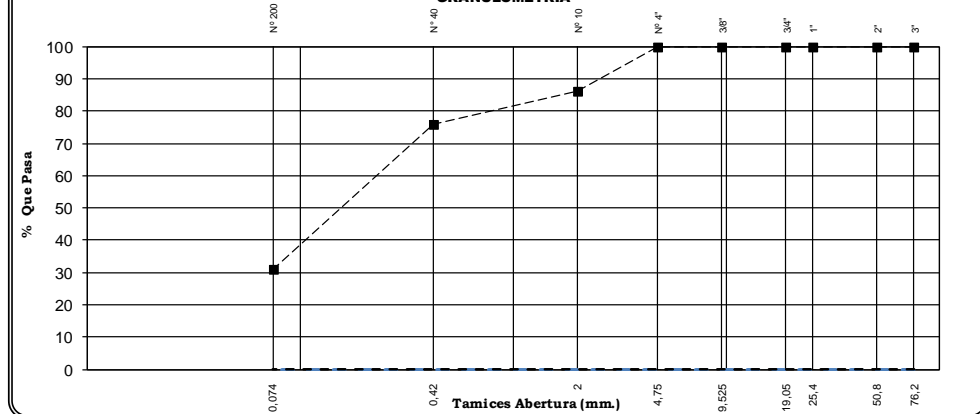
N° Tara	Peso Suelo Hum.+Tara	Peso Suelo Seco+Tara	Peso agua	Peso Tara	Peso Suelo Seco	% de hum.	N° de Golpes
5	48,51	44,32	4,19	17,15	27,17	15,42	25
1	46,16	41,66	4,50	15,60	26,06	17,27	18
7	39,91	35,61	4,30	13,22	22,39	19,21	11



LIMITES DE ATTERBERG (Límite Plástico) AASHTO T-90

3	20,69	20,45	0,24	18,50	1,95	12,31
2	17,22	16,98	0,24	15,00	1,98	12,12

GRANULOMETRÍA



OBSERVACIONES.- Muestra obtenida de talud en estudio

Límite Líquido	15,6	Límite Plástico	12,2	Índice de plasticidad	3,3	CLASIFICACIÓN AASHTO M 145	
						AASHTO	A - 2 - 4 (0)
Coefficiente de uniformidad	D ₆₀ =	0,23	D ₃₀ =	D ₁₀ =		Unificada	Arena limosa SM

Clasificación de Suelos Talud N° 3 Km 12+240

Clasificación de Suelos Laboratorio de Suelos y Materiales

CLASIFICACIÓN DE SUELOS / AASHTO M 145

Proyecto	Estudio de Alternativas técnicas para la Estabilidad de Talud de Roca Variante (Canaletas Entre Rios) Tramo Km 7+000 a 23+00				
Material	Corte	Destino (Km.)	Estudio	N° Ensayo	2
Profundidad (m.)	0	Estructura	Talud N° 3	Fecha	19-abr-2014
Origen (Km.)	12+240	Pozo(Km.)	12+240	Realizado	J.Carlos Ramos L.

CALCULADO: Ronald R. Calle S.

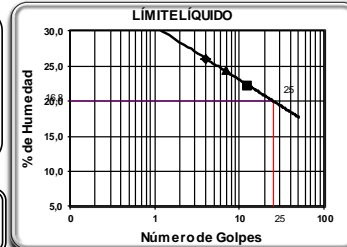
HUMEDAD HIGROSCÓPICA	N° Tara	Psh + T	Pss + T	Pa	P T	Pss	% Hum.
	3	498	462	36	100,9	361,1	9,97
MUESTRA TOTAL SECA	Peso H. total	Agr. Grueso Ret. N° 4	P. Suelo Hum. N° 4	P. Ss.< N° 4	Peso Total		
	0	0	0	0,0	0,0		

GRANULOMETRÍA AASHTO T 27

Peso total seco (grs.)	0,0						Muestra pasa tamiz N° 4	454,7
Tamiz	Peso Retenido	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que	Abertura	Especificaciones	
N°	Tamiz (grs.)	Acumulado (grs.)	Tamiz	Acumulado	Pasa	Mm.		
3"	0	0,0	0,0	0,0	100,0	76,20		
2"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	50,80		
1"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	25,40		
3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	19,05		
3/8"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	9,525		
4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	4,800		
10	253,8	253,8	55,8	55,8	44,2	2,000		
40	171,7	425,5	37,8	93,6	6,4	0,420		
200	13,5	439,0	3,0	96,6	3,4	0,074		

LIMITES DE ATTERBERG (Limite Líquido) AASHTO T-89

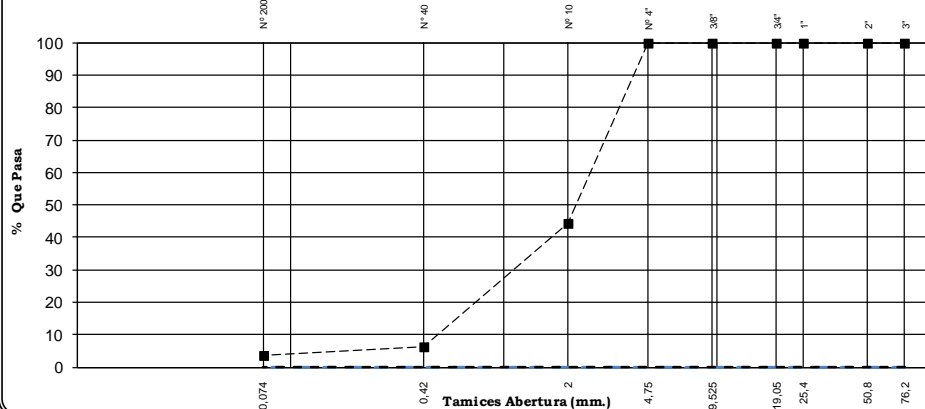
N° Tara	Peso Suelo Hum.+Tara	Peso Suelo Seco+Tara	Peso agua	Peso Tara	Peso Suelo Seco	% de hum.	N° de Golpes
5	44,59	39,57	5,02	17,15	22,42	22,39	12
9	43,08	38,17	4,91	18,05	20,12	24,40	7
6	33,97	29,65	4,32	13,05	16,60	26,02	4



LIMITES DE ATTERBERG (Limite Plástico) AASHTO T-90

N.P.							
------	--	--	--	--	--	--	--

GRANULOMETRÍA



OBSERVACIONES.- Muestra obtenida de talud en estudio

Límite Líquido	20,0	Límite Plástico	N.P.	Índice de plasticidad	0,0	CLASIFICACIÓN AASHTO M 145	
Coeficiente de uniformidad	5,08	D ₆₀ =	2,85	D ₃₀ =	1,44	D ₁₀ =	0,56
							AASHTO
						Unificada	Arena mal graduada SP

Clasificación de Suelos Talud N° 4 Km 13+020

Clasificación de Suelos Laboratorio de Suelos y Materiales

CLASIFICACIÓN DE SUELOS / AASHTO M 145

Proyecto	Estudio de Alternativas técnicas para la Estabilidad de Talud de Roca Variante (Canaletas Entre Rios) Tramo Km 7+000 a 23+000					
Material	Corte	Destino (Km.)	Estudio	N° Ensayo	3	
Profundidad (m.)	0	Estructura	Talud N° 4	Fecha	19-abr-2014	
Origen (Km.)	13+020	Pozo(Km.)	13+020	Realizado	J.Carlos Ramos L.	

CALCULADO: Ronald R. Calle S.

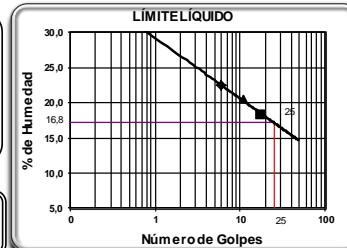
HUMEDAD HIGROSCÓPICA	N° Tara	Psh + T	Pss + T	Pa	P T	Pss	% Hum.
	2	558	522	36	97,8	424,2	8,49
MUESTRA TOTAL SECA	Peso H. total	Agr. Grueso Ret. N° 4	P. Suelo Hum. N° 4	P. Ss.< N° 4	Peso Total		
	0	0	0	0,0	0,0		

GRANULOMETRÍA AASHTO T 27

Peso total seco (grs.)	0,0				Muestra pasa tamiz N° 4	460,9	
Tamiz	Peso Retenido	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que Pasa	Abertura	Especificaciones
N°	Tamiz (grs.)	Acumulado (grs.)	Tamiz	Acumulado	Pasa	Mm.	
3"	0	0,0	0,0	0,0	100,0	76,20	
2"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	50,80	
1"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	25,40	
3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	19,05	
3/8"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	9,525	
4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	4,800	
10	50,1	50,1	10,9	10,9	89,1	2,000	
40	93,0	143,1	20,2	31,0	69,0	0,420	
200	141,9	285,0	30,8	61,8	38,2	0,074	

LIMITES DE ATTERBERG (Límite Líquido) AASHTO T- 89

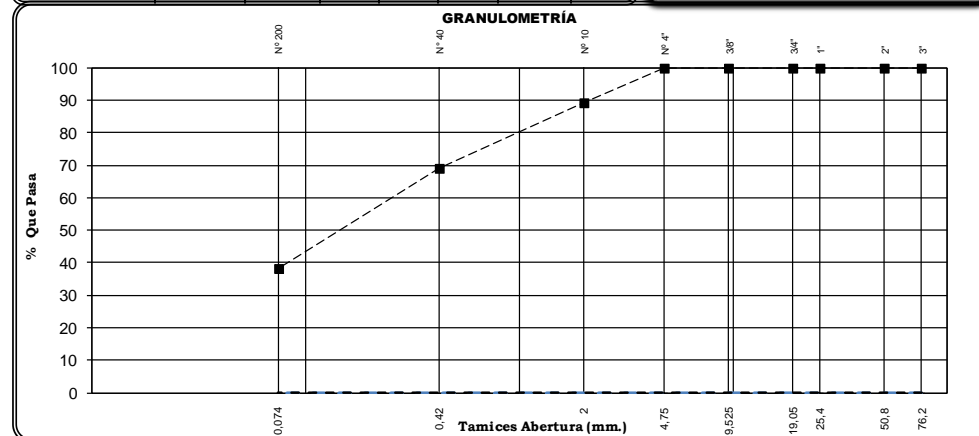
N° Tara	Peso Suelo	Peso Suelo	Peso	Peso	Peso	% de hum.	N° de
	Hum.+Tara	Seco+Tara	agua	Tara	Suelo Seco		Golpes
2	44,42	39,83	4,59	15,00	24,83	18,49	17
3	46,51	41,74	4,77	18,50	23,24	20,52	11
7	36,64	32,35	4,29	13,22	19,13	22,43	6



LIMITES DE ATTERBERG (Límite Plástico) AASHTO T-90

							N.P.

GRANULOMETRÍA



OBSERVACIONES.- Muestra obtenida de talud en estudio

Límite Líquido	17,2	Límite Plástico	N.P.	Índice de plasticidad	0,0	CLASIFICACIÓN AASHTO M 145	
						AASHTO	A - 4 (1)
Coefficiente de uniformidad		D ₆₀ =	0,26	D ₃₀ =		Unificada	Arena limosa SM

Clasificación de Suelos Talud N° 5 Km 15+960

Clasificación de Suelos Laboratorio de Suelos y Materiales

CLASIFICACIÓN DE SUELOS / AASHTO M 145

Proyecto	Estudio de Alternativas técnicas para la Estabilidad de Talud de Roca Variante (Canaletas Entre Rios) Tramo Km 7+000 a 23+00					
Material	Corte	Destino (Km.)	Estudio	N° Ensayo	4	
Profundidad (m.)	0	Estructura	Talud N° 5	Fecha	19-abr-2014	
Origen (Km.)	13+850	Pozo(Km.)	13+850	Realizado	J.Carlos Ramos L.	

CALCULADO: Ronald R. Calle S.

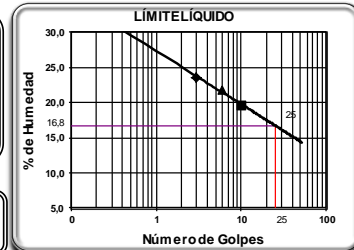
HUMEDAD HIGROSCÓPICA	N° Tara	Psh + T	Pss + T	Pa	P T	Pss	% Hum.
	4	482	454	28	99,4	354,6	7,90
MUESTRA TOTAL SECA	Peso H. total	Agr. Grueso Ret. N° 4	P. Suelo Hum. N° 4	P. Ss.< N° 4	Peso Total		
	0	0	0	0,0	0,0		

GRANULOMETRÍA AASHTO T 27

Peso total seco (grs.)	0,0						Muestra pasa tamiz N° 4	463,4
Tamiz	Peso Retenido	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que	Abertura	Especificaciones	
N°	Tamiz (grs.)	Acumulado (grs.)	Tamiz	Acumulado	Pasa	Mm.		
3"	0	0,0	0,0	0,0	100,0	76,20		
2"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	50,80		
1"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	25,40		
3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	19,05		
3/8"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	9,525		
4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	4,800		
10	8,6	8,6	1,9	1,9	98,1	2,000		
40	91,9	100,5	19,8	21,7	78,3	0,420		
200	322,1	422,6	69,5	91,2	8,8	0,074		

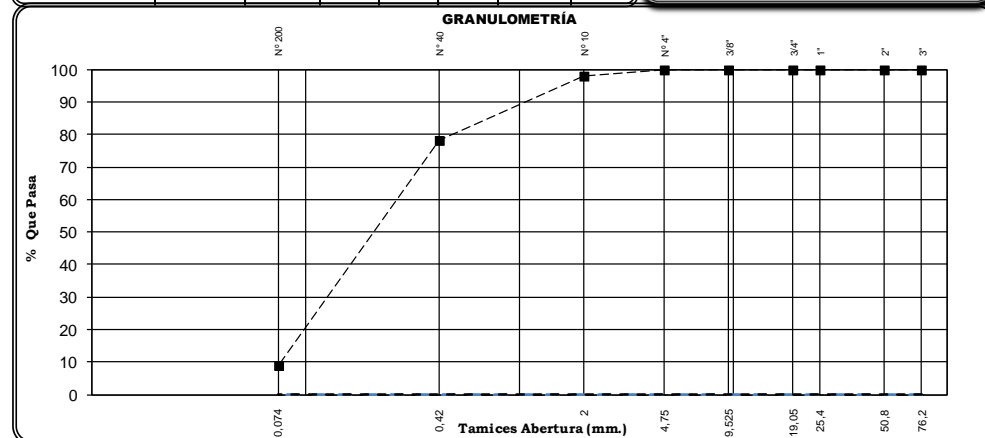
LIMITES DE ATTERBERG (Límite Líquido) AASHTO T- 99

N° Tara	Peso Suelo	Peso Suelo	Peso	Peso	Peso Suelo	% de hum.	N° de
	Hum.+Tara	Seco+Tara	agua	Tara	Suelo Seco		Golpes
9	42,21	38,25	3,96	18,05	20,20	19,60	10
4	37,91	33,52	4,39	13,36	20,16	21,78	6
11	35,63	31,52	4,11	14,12	17,40	23,62	3



LIMITES DE ATTERBERG (Límite Plástico) AASHTO T-90

							N.P.
--	--	--	--	--	--	--	------



OBSERVACIONES.- Muestra obtenida de talud en estudio

Límite Líquido	16,8		Límite Plástico	N.P.	Índice de plasticidad	0,0	CLASIFICACIÓN AASHTO M 145	
Coeficiente de uniformidad	3,31	D ₆₀ =	0,27	D ₃₀ =	0,13	D ₁₀ =	0,08	AASHTO
								Unificada

Clasificación de Suelos Talud N° 6 Km 15+960

Clasificación de Suelos Laboratorio de Suelos y Materiales

CLASIFICACIÓN DE SUELOS / AASHTO M 145

Proyecto	Estudio de Alternativas técnicas para la Estabilidad de Talud de Roca Variante (Canaletas Entre Rios) Tramo Km 7+000 a 23+00					
Material	Corte	Destino (Km.)	Estudio	N° Ensayo	5	
Profundidad (m.)	0	Estructura	Talud N° 6	Fecha	22-abr-2014	
Origen (Km.)	15+960	Pozo(Km.)	15+960	Realizado	J.Carlos Ramos L.	

CALCULADO: Ronald R. Calle S.

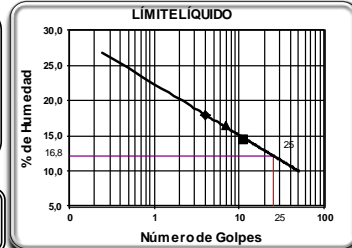
HUMEDAD HIGROSCÓPICA	N° Tara	Psh + T	Pss + T	Pa	P T	Pss	% Hum.
	8	642	606	36	96,1	509,9	7,06
MUESTRA TOTAL SECA	Peso H. total	Agr. Grueso Ret. N° 4	P. Suelo Hum. N° 4	P. Ss.< N° 4	Peso Total		
	0	0	0	0,0	0,0		

GRANULOMETRÍA AASHTO T 27

Peso total seco (grs.)	0,0						Muestra pasa tamiz N° 4	467,0
Tamiz	Peso Retenido	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que	Abertura	Especificaciones	
N°	Tamiz (grs.)	Acumulado (grs.)	Tamiz	Acumulado	Pasa	Mm.		
3"	0	0,0	0,0	0,0	100,0	76,20		
2"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	50,80		
1"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	25,40		
3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	19,05		
3/8"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	9,525		
4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	4,800		
10	38,5	38,5	8,2	8,2	91,8	2,000		
40	83,4	121,9	17,9	26,1	73,9	0,420		
200	191,3	313,2	41,0	67,1	32,9	0,074		

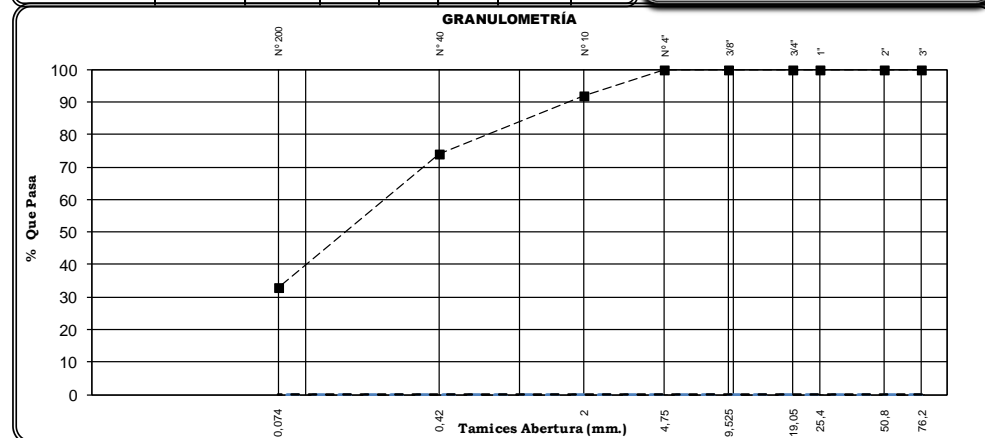
LIMITES DE ATTERBERG (Límite Líquido) AASHTO T- 89

N° Tara	Peso Suelo	Peso Suelo	Peso	Peso	Peso Suelo	% de hum.	N° de
	Hum.+Tara	Seco+Tara	agua	Tara	Suelo Seco		Golpes
12	36,45	34,13	2,32	18,29	15,84	14,65	11
7	38,76	35,15	3,61	13,22	21,93	16,46	7
2	39,87	36,1	3,77	15,00	21,10	17,87	4



LIMITES DE ATTERBERG (Límite Plástico) AASHTO T-90

N.P.							
------	--	--	--	--	--	--	--



OBSERVACIONES.- Muestra obtenida de talud en estudio

Límite Líquido	12,2	Límite Plástico	N.P.	Índice de plasticidad	0,0	CLASIFICACIÓN AASHTO M 145	
						AASHTO	A - 2 - 4 (0)
Coefficiente de uniformidad	D ₆₀ =	0,24	D ₃₀ =	D ₁₀ =		Unificada	Arena limosa SM

Clasificación de Suelos Talud N° 8 Km 19+350

Clasificación de Suelos Laboratorio de Suelos y Materiales

CLASIFICACIÓN DE SUELOS / AASHTO M 145

Proyecto	Estudio de Alternativas técnicas para la Estabilidad de Talud de Roca Variante (Canaletas Entre Rios) Tramo Km 7+000 a 23+00					
Material	Corte	Destino (Km.)	Estudio	Nº Ensayo	6	
Profundidad (m.)	0	Estructura	Talud N° 8	Fecha	21-abr-2014	
Origen (Km.)	19+350	Pozo(Km.)	19+350	Realizado	J.Carlos Ramos L.	

CALCULADO: Ronald R. Calle S.

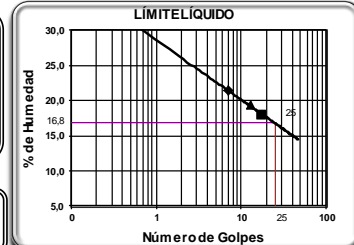
HUMEDAD HIGROSCÓPICA	Nº Tara	Psh + T	Pss + T	Pa	P T	Pss	% Hum.
	2	552	518	34	97,8	420,2	8,09
MUESTRA TOTAL SECA	Peso H. total	Agr. Grueso Ret. Nº 4	P. Suelo Hum. Nº 4	P. Ss.< Nº 4	Peso Total		
	0	0	0	0,0	0,0		

GRANULOMETRÍA AASHTO T 27

Peso total seco (grs.)	0,0						Muestra pasa tamiz Nº 4	462,6
Tamiz Nº	Peso Retenido Tamiz (grs.)	Peso Retenido Acumulado (grs.)	% Retenido Tamiz	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Abertura Mm.	Especificaciones	
3"	0	0,0	0,0	0,0	100,0	76,20		
2"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	50,80		
1"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	25,40		
3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	19,05		
3/8"	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	9,525		
4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	4,800		
10	21,5	21,5	4,6	4,6	95,4	2,000		
40	18,6	40,1	4,0	8,7	91,3	0,420		
200	272,1	312,2	58,8	67,5	32,5	0,074		

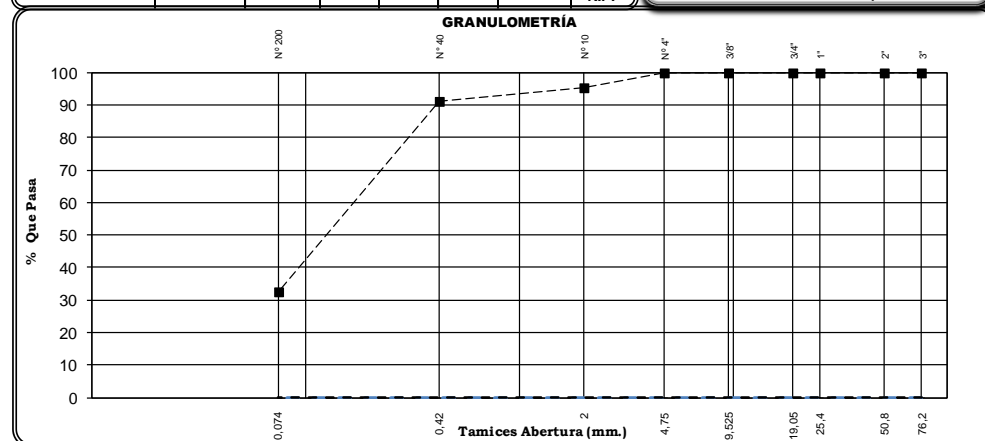
LIMITES DE ATTERBERG (Límite Líquido) AASHTO T- 89

Nº Tara	Peso Suelo Hum.+Tara	Peso Suelo Seco+Tara	Peso agua	Peso Tara	Peso Suelo Seco	% de hum.	Nº de Golpes
4	38,05	34,27	3,78	13,36	20,91	18,08	17
10	42,35	38,36	3,99	17,76	20,60	19,37	13
1	38,35	34,34	4,01	15,60	18,74	21,40	7



LIMITES DE ATTERBERG (Límite Plástico) AASHTO T-90

							N.P.
--	--	--	--	--	--	--	------



OBSERVACIONES.- Muestra obtenida de talud en estudio

Límite Líquido	16,8	Límite Plástico	N.P.	Índice de plasticidad	0,0	CLASIFICACIÓN AASHTO M 145	
Coeficiente de uniformidad	D ₆₀ =	0,15	D ₃₀ =	D ₁₀ =		AASHTO	A - 2 - 4 (0)
						Unificada	Arena limosa SM

3.4.2 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

TALUD No. 1 – PROGRESIVA KM 8+160 CLASIFICACIÓN RMR

Para lo obtención del RMR se consiguieron los siguientes parámetros de campo:

Valor de ensayo de compresion simple

- Muy baja < 1 Mpa

Valor del RQD

- Regular Entre 50 – 75 %

Espaciameinto

- Cerrado Entre 0.2-0.6 Metros

Persistencia Discontinuidad

- Muy alta > 20 Metros

Abertura de la discontinuidad

- Moderadamente abierta Entre 1-5mm

Condición de la superficie de la discontinuidad

- Muy Rugosa

Relleno de la discontinuidad

- Blanda > 5mm

Alteración de discontinuidad

- Moderadamente Alterada

Presencia ó no de agua subterránea

- Húmedo

Efecto de la dirección entre el eje y Buzamiento de la discontinuidad

- Regular - Rumbo Perpendicular al eje – Dirección contra buzamiento 45°-90°

Luego se dio una valoración a cada parámetro según el rango de valoraciones propuesta por Bieniawski,(1989) se sumó cada valoración dándonos como resultado la clasificación RMR del talud.

Tabla 3.21 Resultados Clasificación RMR. Talud N° 1

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO N° 1																						
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																						
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES										VALORACIÓN											
RESIST. COMP. UNIAxIAL (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	0						
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	2	13										
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5	3	10										
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m.	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	0									
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	1									
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	6									
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	0									
	ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	3									
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	10										
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) =															43							
CLASE DE MACIZO ROCOSO																						
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	III																
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	REGULAR																
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Rango RMR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Regular</td> <td style="text-align: center;">-25</td> </tr> </tbody> </table>																	PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)			Rango RMR	Regular	-25
PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)																						
	Rango RMR																					
Regular	-25																					
VALOR RMR (Corregido) =															18							
CLASE DE MACIZO ROCOSO																						
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	V																
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	MUY MALA																

Fuente.- Elaboración Propia

GRADO DE INESTABILIDAD SMR (Ver Procedimiento Anexo F)

RMR básico = 43

Dirección de buzamiento de la discontinuidad = 336°

Dirección de buzamiento Talud = 125°

Buzamiento de la Discontinuidad = 58°

Buzamiento del Talud = 62°

Tipo de Falla predominante = Falla por Vuelco

Método de excavación del Talud = Voladura

Valor SMR= 43,90 Parcial mente estable

Método de actuación según Romana: Impermeabilización bermas, mallas, anclajes

TALUD No. 2 – PROGRESIVA KM 10+420

CLASIFICACIÓN RMR

Para lo obtención del RMR se consiguieron los siguientes parámetros de campo:

Valor de ensayo de compresion simple

- Baja Entre 25-50

Valor del RQD

- Regular Entre 50 - 75 %

Espaciameinto

- Moderadamente Cerrado Entre 0.6 – 2 Metros

Persistencia Discontinuidad

- Muy alta > 20 Metros

Abertura de la discontinuidad

- Abierta > 5mm

Condición de la superficie de la discontinuidad

- Ligeramente Rugosa

Relleno de la discontinuidad

- Blanda > 5mm

Alteración de una discontinuidad

- Muy Alterada

Presencia ó no de agua subterránea

- Húmedo

Efecto de la dirección entre el eje y Buzamiento de la discontinuidad

- Regular - Rumbo Perpendicular al eje – Dirección contra buzamiento 45°-90°

Luego se dio una valoración a cada parámetro según el rango de valoraciones propuesta por Bieniawski,(1989) se sumó cada valoración dándonos como resultado la clasificación RMR del talud.

Tabla 3.22 Resultados Clasificación RMR. Talud N° 2

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO N° 2																		
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																		
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES											VALORACIÓN						
RESIST. COMP. UNIAXIAL (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	4		
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	2	13						
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5	3	15						
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m.	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	0					
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	0					
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	3					
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	0					
ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	2						
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	10						
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) =											47							
CLASE DE MACIZO ROCOSO																		
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0							III						
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA							REGULAR						
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Rango RMR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Regular</td> <td style="text-align: center;">-25</td> </tr> </tbody> </table>													PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)			Rango RMR	Regular	-25
PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)																		
	Rango RMR																	
Regular	-25																	
VALOR RMR (Corregido) =											22							
CLASE DE MACIZO ROCOSO																		
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0							IV						
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA							MALA						

Fuente.- Elaboración Propia

GRADO DE INESTABILIDAD SMR (Ver Procedimiento Anexo F)

RMR básico = 47

Dirección de buzamiento de la discontinuidad = 330°

Dirección de buzamiento Talud = 116°

Buzamiento de la Discontinuidad = 76°

Buzamiento del Talud = 50°

Tipo de Falla predominante = Falla por Vuelco

Método de excavación del Talud = Voladura deficiente

Valor SMR = 39.9

Método de actuación según Romana: Hormigón proyectado, reforzado de anclajes

TALUD No. 3 – PROGRESIVA KM 12+240

CLASIFICACIÓN RMR

Para lo obtención del RMR se consiguieron los siguientes parámetros de campo:

Valor de ensayo de compresion simple

- < 1Mpa

Valor del RQD

- Buena Entre 75 - 95 %

Espaciameinto

- Moderadamente Cerrado Entre 0.6 – 2 Metros

Persistencia Discontinuidad

- Muy alta > 20 Metros

Abertura de la discontinuidad

- Moderadamente abierta Entre 1 - 5 mm

Condición de la superficie de la discontinuidad

- Espejo de Falla

Relleno de la discontinuidad

- Blanda > 5mm

Alteración de una discontinuidad

- Moderadamente Alterada

Presencia ó no de agua subterránea

- Húmedo

Efecto de la dirección entre el eje y Buzamiento de la discontinuidad

- Regular - Rumbo Perpendicular al eje – Dirección contra buzamiento 45°-90°

Luego se dio una valoración a cada parámetro según el rango de valoraciones propuesta por Bieniawski,(1989) se sumó cada valoración dándonos como resultado la clasificación RMR del talud.

Tabla 3.23 Resultados Clasificación RMR. Talud N° 3

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO N° 3																
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES											VALORACIÓN				
RESIST. COMP. UNIAXIAL (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	0
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	2	17				
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5	3	15				
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m.	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	0			
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	4			
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	0			
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	0			
	ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	3			
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	10				
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) =															49	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	III										
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	REGULAR										
PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)																
															Rango RMR	
Regular															-25	
VALOR RMR (Corregido) =															24	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	IV										
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	MALA										

Fuente.- Elaboración Propia

GRADO DE INESTABILIDAD SMR (Ver Procedimiento Anexo F)

RMR básico = 49

Dirección de buzamiento de la discontinuidad = 280°

Dirección de buzamiento Talud = 213°

Buzamiento de la Discontinuidad = 72°

Buzamiento del Talud = 44°

Tipo de Falla predominante = Falla Planar

Método de excavación del Talud = Voladura

Valor SMR= 49 Normal Parcialmente Estable

Método de actuación según Romana: Impermeabilización bermas, mallas, anclajes

TALUD No. 4 – PROGRESIVA KM 13+020

CLASIFICACIÓN RMR

Para lo obtención del RMR se consiguieron los siguientes parámetros de campo:

Valor de ensayo de compresion simple

- < 1Mpa

Valor del RQD

- Mala Entre 25 - 50 %

Espaciameinto

- Moderadamente Cerrado Entre 0.6 – 2 Metros

Persistencia Discontinuidad

- Muy alta > 20 Metros

Abertura de la discontinuidad

- Moderadamente abierta Entre 1 - 5 mm

Condición de la superficie de la discontinuidad

- Muy Rugoso

Relleno de la discontinuidad

- Blanda > 5mm

Alteración de una discontinuidad

- Moderadamente Alterada

Presencia ó no de agua subterránea

- Húmedo

Efecto de la dirección entre el eje y Buzamiento de la discontinuidad

- Regular - Rumbo Perpendicular al eje – Dirección contra buzamiento 45°-90°

Luego se dio una valoración a cada parámetro según el rango de valoraciones propuesta por Bieniawski,(1989) se sumó cada valoración dándonos como resultado la clasificación RMR del talud.

Tabla 3.24. Resultados Clasificación RMR. Talud N° 4

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO N° 4																
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES											VALORACIÓN				
RESIST. COMP. UNIAXIAL (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	0
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	2	8				
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5	3	15				
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m.	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	0			
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	1			
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	6			
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	0			
	ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	3			
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	10				
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) =												43				
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0							III				
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA							REGULAR				
PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)																
											Rango RMR					
Regular											-25					
VALOR RMR (Corregido) =												18				
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0							V				
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA							MUY MALA				

Fuente.- Elaboración Propia

GRADO DE INESTABILIDAD SMR (Ver Procedimiento Anexo F)

RMR básico = 43

Dirección de buzamiento de la discontinuidad = 340°

Dirección de buzamiento Talud = 126°

Buzamiento de la Discontinuidad = 72°

Buzamiento del Talud = 64°

Tipo de Falla predominante = Falla Por Vuelco

Método de excavación del Talud = Voladura

Valor SMR= 46.75 Normal Parcialmente Estable

Método de actuación según Romana: Impermeabilización bermas, mallas, anclajes

TALUD No. 5 – PROGRESIVA KM 13+850

CLASIFICACIÓN RMR

Para lo obtención del RMR se consiguieron los siguientes parámetros de campo:

Valor de ensayo de compresion simple

- < 25 Mpa

Valor del RQD

- Mala Entre 25 - 50 %

Espaciameinto

- Cerrado Entre 0.06 – 0.2 Metros

Persistencia Discontinuidad

- Muy alta > 20 Metros

Abertura de la discontinuidad

- Abierta > 5 mm

Condición de la superficie de la discontinuidad

- Muy Rugoso

Relleno de la discontinuidad

- Blanda > 5mm

Alteración de una discontinuidad

- Descompuesta

Presencia ó no de agua subterránea

- Goteo

Efecto de la dirección entre el eje y Buzamiento de la discontinuidad

- Regular - Rumbo Perpendicular al eje – Dirección contra buzamiento 45°-90°

Luego se dio una valoración a cada parámetro según el rango de valoraciones propuesta por Bieniawski,(1989) se sumó cada valoración dándonos como resultado la clasificación RMR del talud.

Tabla 3.25 Resultados Clasificación RMR. Talud N° 5

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO N° 5																	
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																	
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES											VALORACIÓN					
RESIST. COMP. UNIAxIAL (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	2	
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	2	8					
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5	3	8					
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m.	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	0				
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	0				
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	6				
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	0				
	ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	0				
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	4					
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) =															28		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	IV											
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	MALA											
PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)																	
															Rango RMR		
Regular															-25		
VALOR RMR (Corregido) =															3		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	V											
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	MUY MALA											

Fuente.- Elaboración Propia

GRADO DE INESTABILIDAD SMR (Ver Procedimiento Anexo F)

RMR básico = 28

Dirección de buzamiento de la discontinuidad = 320°

Dirección de buzamiento Talud = 151°

Buzamiento de la Discontinuidad = 65°

Buzamiento del Talud = 42°

Tipo de Falla predominante = Falla Por Vuelco

Método de excavación del Talud = Voladura Deficiente

Valor SMR= 20 Muy Mala Totalmente Inestable

Método de actuación según Romana: Re excavación, hormigón proyectado, mallas.

TALUD No. 6 – PROGRESIVA KM 15+960

CLASIFICACIÓN RMR

Para la obtención del RMR se consiguieron los siguientes parámetros de campo:

Valor de ensayo de compresión simple

- < 25 Mpa

Valor del RQD

- Regular Entre 50 - 75 %

Espaciamiento

- Cerrado Entre 0.06 – 0.2 Metros

Persistencia Discontinuidad

- Alta Entre 10 - 20 Metros

Abertura de la discontinuidad

- Cerrada Entre 0.1 – 1.0 Mm

Condición de la superficie de la discontinuidad

- Muy Rugoso

Relleno de la discontinuidad

- Blanda < 5mm

Alteración de una discontinuidad

- Moderadamente Alterada

Presencia ó no de agua subterránea

- Flujo

Efecto de la dirección entre el eje y Buzamiento de la discontinuidad

- Regular - Rumbo Perpendicular al eje – Dirección contra buzamiento 45°-90°

Luego se dio una valoración a cada parámetro según el rango de valoraciones propuesta por Bieniawski,(1989) se sumó cada valoración dándonos como resultado la clasificación RMR del talud.

Tabla 3.26 Resultados Clasificación RMR. Talud N° 6

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO N° 6 Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																	
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES											VALORACIÓN					
RESIST. COMP. UNIAxIAL (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	2	
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	2	13					
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5	3	8					
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m.	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	1				
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	4				
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	6				
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	1				
	ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	3				
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	0					
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) =															38		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0												IV
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA												MALA
PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)																	
															Rango RMR		
Regular															-25		
VALOR RMR (Corregido) =															13		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0												V
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA												MUY MALA

Fuente.- Elaboración Propia

GRADO DE INESTABILIDAD SMR (Ver Procedimiento Anexo F)

RMR básico = 38

Dirección de buzamiento de la discontinuidad = 20°

Dirección de buzamiento Talud = 185°

Buzamiento de la Discontinuidad = 71°

Buzamiento del Talud = 49°

Tipo de Falla predominante = Falla Por Vuelco

Método de excavación del Talud = Voladura

Valor SMR= 44 Normal Parcialmente Estable Método de actuación según Romana:

Impermeabilización de bermas, mallas, anclajes

TALUD No. 7 – PROGRESIVA KM 18+400

CLASIFICACIÓN RMR

Para lo obtención del RMR se consiguieron los siguientes parámetros de campo:

Valor de ensayo de compresion simple

- Entre 25 - 50 Mpa

Valor del RQD

- Buena Entre 75 - 90 %

Espaciameinto

- Moderadamente Cerrado 0.6 – 2 Metros

Persistencia Discontinuidad

- Muy Alta > 20 Metros

Abertura de la discontinuidad

- Abierta > 5 Mm

Condición de la superficie de la discontinuidad

- Ligeramente Rugoso

Relleno de la discontinuidad

- Dura > 5mm

Alteración de una discontinuidad

- Moderadamente Alterada

Presencia ó no de agua subterránea

- Húmedo

Efecto de la dirección entre el eje y Buzamiento de la discontinuidad

- Regular - Rumbo Perpendicular al eje – Dirección contra buzamiento 45°-90°

Luego se dio una valoración a cada parámetro según el rango de valoraciones propuesta por Bieniawski,(1989) se sumó cada valoración dándonos como resultado la clasificación RMR del talud.

Tabla 3.27. Resultados Clasificación RMR. Talud N° 7

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO N° 7																	
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																	
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES											VALORACIÓN					
RESIST. COMP. UNIAXIAL (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	4	
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	2	17					
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5	3	15					
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m.	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	0				
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	0				
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	3				
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	2				
	ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	3				
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	10					
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) =															54		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0												III
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA												REGULAR
PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)																	
															Rango RMR		
Regular															-25		
VALOR RMR (Corregido) =															29		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0												IV
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA												MALA

Fuente.- Elaboración Propia

GRADO DE INESTABILIDAD SMR (Ver Procedimiento Anexo F)

RMR básico = 54

Dirección de buzamiento de la discontinuidad = 72°

Dirección de buzamiento Talud = 275°

Buzamiento de la Discontinuidad = 66°

Buzamiento del Talud = 68°

Tipo de Falla predominante = Falla Por Vuelco

Método de excavación del Talud = Voladura Deficiente

Valor SMR= 71 Buena Estable

Método de actuación según Romana: Mallas, Anclajes.

TALUD No. 8 – PROGRESIVA KM 19+350

CLASIFICACIÓN RMR

Para lo obtención del RMR se consiguieron los siguientes parámetros de campo:

Valor de ensayo de compresion simple

- < 25 Mpa

Valor del RQD

- Regular Entre 50 - 75 %

Espaciameinto

- Moderadamente Cerrado 0.2 – 0.6 Metros

Persistencia Discontinuidad

- Muy Alta > 20 Metros

Abertura de la discontinuidad

- Moderadamente Abierta Entre 1 - 5 Mm

Condición de la superficie de la discontinuidad

- Rugoso

Relleno de la discontinuidad

- Blanda > 5mm

Alteración de una discontinuidad

- Muy Alterada

Presencia ó no de agua subterránea

- Goteo

Efecto de la dirección entre el eje y Buzamiento de la discontinuidad

- Regular - Rumbo Perpendicular al eje – Dirección contra buzamiento 45°-90°

Luego se dio una valoración a cada parámetro según el rango de valoraciones propuesta por Bieniawski,(1989) se sumó cada valoración dándonos como resultado la clasificación RMR del talud.

Tabla 3.28. Resultados Clasificación RMR. Talud N° 8

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO N° 8																
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES											VALORACIÓN				
RESIST. COMP. UNIAxIAL (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	2
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25			3	2	13		
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06			5	3	10		
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m.	2	10 - 20m.	1	> 20m.			0	4A	0	
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.			0	4B	1	
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla			0	4C	5	
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.			0	4D	0	
	ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta			0	4E	2	
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo			0	5	4		
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 37																
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	IV										
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	MALA										
PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)																
											Rango RMR					
Regular											-25					
VALOR RMR (Corregido) = 12																
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	V										
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	MUY MALA										

Fuente.- Elaboración Propia

GRADO DE INESTABILIDAD SMR (Ver Procedimiento Anexo F)

RMR básico = 37

Dirección de buzamiento de la discontinuidad = 330°

Dirección de buzamiento Talud = 263°

Buzamiento de la Discontinuidad = 43°

Buzamiento del Talud = 38°

Tipo de Falla predominante = Falla Por Vuelco

Método de excavación del Talud = Voladura Deficiente

Valor SMR= 29 Mala Inestable

Método de actuación según Romana: Hormigón proyectado, mallas, anclajes

TALUD No. 9 – PROGRESIVA KM 20+820

CLASIFICACIÓN RMR

Para lo obtención del RMR se consiguieron los siguientes parámetros de campo:

Valor de ensayo de compresion simple

- Entre 25 - 50 Mpa

Valor del RQD

- Regular Entre 90 - 100 %

Espaciameinto

- Moderadamente Cerrado 0.2 – 0.6 Metros

Persistencia Discontinuidad

- Muy Alta > 20 Metros

Abertura de la discontinuidad

- Abierta > 5 Mm

Condición de la superficie de la discontinuidad

- Ligeramente Rugoso

Relleno de la discontinuidad

- Dura > 5mm

Alteración de una discontinuidad

- Moderadamente Alterada

Presencia ó no de agua subterránea

- Humedo

Efecto de la dirección entre el eje y Buzamiento de la discontinuidad

- Regular - Rumbo Perpendicular al eje – Dirección contra buzamiento 45°-90°

Luego se dio una valoración a cada parámetro según el rango de valoraciones propuesta por Bieniawski,(1989) se sumó cada valoración dándonos como resultado la clasificación RMR del talud.

Tabla 3.29. Resultados Clasificación RMR. Talud N° 9

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO N° 9																	
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																	
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES											VALORACIÓN					
RESIST. COMP. UNIAXIAL (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	4	
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	2	20					
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5	3	10					
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10m.	2	10 - 20m.	1	> 20m.	0	4A	0				
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	0				
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	3				
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	2				
	ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	3				
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	10					
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) =															52		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	III											
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	REGULAR											
PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TALUDES (Rumbo y Buzamiento)																	
															Rango RMR		
Regular															-25		
VALOR RMR (Corregido) =															27		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	IV											
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	MALA											

Fuente.- Elaboración Propia

GRADO DE INESTABILIDAD SMR (Ver Procedimiento Anexo F)

RMR básico = 52

Dirección de buzamiento de la discontinuidad = 347°

Dirección de buzamiento Talud = 310°

Buzamiento de la Discontinuidad = 81°

Buzamiento del Talud = 67°

Tipo de Falla predominante = Falla Planar

Método de excavación del Talud = Voladura o Mecánico

Valor SMR= 52 Normal Parcialmente Estable

Método de actuación según Romana: Impermeabilización bermas, mallas, anclajes

A continuación se muestra una tabla con el resumen de la clasificación geomecánica de los taludes en estudio.

Tabla 3.30 Clasificación geomecánica Taludes en estudio.

Punto de Interés	Progresi-va Km	RMR Básico	Grado de Estabili-dad SMR	Descripción	Estabilidad	Tratamiento
Talud N° 1	8+095 a 8+225	43	43,90	Normal	parcialmente estable	Sistemático Refuerzo externo y Interno (Mallas, Anclajes, Impermeabilización)
Talud N° 2	10+333 a 10+507	47	39.9	Malo	Inestable	Corrección Refuerzo Externo y interno (Mallas, Red de Cables, Bulonado, Hormigón Projectado)
Talud N° 3	12+211 a 12+268	49	49	Normal	Parcialmente estable	Sistemático Refuerzo externo y Interno (Mallas, Anclajes, Impermeabilización)
Talud N° 4	12+968 a 13+073	43	46.75	Normal	Parcialmente estable	Sistemático Refuerzo externo y Interno (Mallas, Anclajes, Impermeabilización)

Fuente.- Elaboración Propia.

Tabla 3.30 Clasificación geomecánica Taludes en estudio.

Punto de Interés	Progresiva Km	RMR Básico	Grado de Estabilidad SMR	Descripción	Estabilidad	Tratamiento
Talud N° 5	13+741 a 13+959	28	20	Muy Malo	Totalmente inestable	Modificación de la geometría Refuerzo externo e interno (Hormigón Proyectado Bulonado)
Talud N° 6	15+872 a 16+047	38	44	Normal	Parcialmente estable	Sistemático Refuerzo externo y Interno (Mallas, Anclajes, Impermeabilización)
Talud N° 7	18+315 a 18+485	54	71	Bueno	Estable	Ninguno
Talud N° 8	19+310 a 19+390	37	29	Malo	Inestable	Corrección Refuerzo Externo y interno (Mallas, Red de Cables, Bulonado, Hormigón Proyectado)
Talud N° 9	20+771 a 20+869,5	52	52	Normal	Parcialmente estable	Sistemático Refuerzo externo y Interno (Mallas, Anclajes, Impermeabilización)

Fuente.- Elaboración Propia

Capítulo IV

4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES ROCOSOS

4.1. POSIBLES ACTUACIONES

De acuerdo con las recomendaciones de la Administradora Boliviana de Carreteras (Manual técnico vol. 1), se plantean dos tipos de actuación encaminados a garantizar la seguridad en obras lineales con problemática asociada a caída de rocas:

- a. **Estabilización de taludes:** Saneamiento del talud, modificación de la pendiente, anclajes, mallas y redes metálicas, hormigón proyectado.
- b. **Medidas de protección contra caída de rocas:** Pantallas dinámicas, falsos túneles, muros de sostenimiento.

Siguiendo con estas recomendaciones de la Administradora Boliviana de Carreteras (Manual técnico vol. 1) en principio y siempre que sea factible (desde el punto de vista técnico y económico) es aconsejable sin lugar a dudas establecer medidas de protección (*opción b*) que impiden que la roca desprendida llegue a la zona que queremos proteger pero como en el caso estudiado en el presente Trabajo de Grado, la problemática asociada al riesgo por caída de rocas son de grandes volúmenes además que en su totalidad los Taludes se encuentran pegados a la traza de la vía no habiendo espacio necesario para la implementación de medidas de protección. Como esta medida no es posible se aconseja.

Mantener las condiciones de estabilidad (*opción a*) del talud mediante elementos que no permitan el movimiento de las rocas, proteger el talud de la erosión o evitar su afloramiento y la rotura progresiva subsiguiente.

4.2 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

A pesar de que el objetivo de este trabajo fin de carrera no es el de diseñar las medidas de estabilización que garanticen la seguridad en el trazado de la vía en estudio, se enumeran algunas propuestas respecto a las alternativas constructivas existentes, con finalidad únicamente orientativa.

4.2.1 Alternativas inviables técnica o económicamente

Primeramente descartaremos las alternativas inviables desde el punto de vista técnico y económico, para posteriormente centrarnos en las alternativas posibles y hacer un estudio más detallado de cada una de ellas.

Medidas de protección contra caída de rocas:

Queda descartado de acuerdo a la dificultad técnica de ejecución ya que al estar pegado los taludes al trazo de la vía no existe espacio suficiente para la implementación por ejemplo de muros de protección, Zanjas de retención de caídas de rocas, como también los taludes son de gran altura y elevada pendiente se dificulta la implementación de pantallas dinámicas.

El saneamiento del talud:

Es una tarea que viene realizándose a lo largo del trazado por parte de personal especializado, siempre para volúmenes pequeños y cuando se tiene certeza de que no se van a producir daños sobre la vía. Esta medida debe seguir practicándose pero debe completarse con alguna otra medida de estabilización o protección.

La modificación de la pendiente:

La modificación de la pendiente de los taludes no es viable económicamente, pues una reducción de la pendiente de tan sólo unos grados conlleva un volumen de corte demasiado elevado, debido a la gran altura y pendiente de los taludes.

El hormigón proyectado:

Queda descartado debido a las excesivas dimensiones de los taludes en estudio, a la dificultad técnica de ejecución en razón a la orografía de la zona, a la escasa eficacia de la protección en vista a que el tamaño de bloque que puede desprenderse del talud es demasiado elevado, a problemas con el drenaje y al fuerte impacto ambiental.

Debido que las soluciones mencionadas fueron descartadas anteriormente por motivos técnicos y económicos, nos queda el análisis de las medidas de estabilización de consolidación de suelos mediante mallas o membranas con anclajes que impiden el desprendimiento de rocas como por ejemplo la construcción de **Cosido de Suelo (Soil Nailing, Malla Triple Torcion , Malla Tecco, Red de Cables y Sistema de Impermeabilizacion de Bermas.**

La discusión más detallada acerca de los mismos se comenta en el apartado siguiente.

4.2.2 Alternativas posibles

Tras descartar en el apartado anterior parte de las alternativas posibles debido a la inviabilidad técnica o económica discutiremos más detalladamente las actuaciones de las del tipo de sostenimiento de masas como ser estructuras de consolidación de suelos, mallas y otros

4.2.3. Análisis de alternativas

Con el propósito de elegir entre las alternativas posibles de estabilización para obtener la mejor solución posible a la problemática por caída de rocas en la zona de estudio del presente trabajo de grado, se hará un análisis desde los siguientes puntos de vista:

- Coste Económico.
- Viabilidad Técnica.
- Grado de seguridad.

•

SOIL NAILING

Coste económico

La construcción del soil nailing con hormigón proyectado de 15 cm tiene un costo aproximado de 140 Dólares el m² (desnivel obras). Siendo un costo bastante elevado pero a la vez tiene un gran rendimiento de ejecución por otro lado el coste de mantenimiento son muy bajos o casi nulos.

Viabilidad técnica

Con la tecnología existente en la actualidad el sistema de estabilización denominado Soil nailing (cosido de suelo) es un sistema que se puede abordar sin ningún inconveniente desde la parte de vista técnica el sistema de estabilización nos permite:

- Adaptabilidad al tipo de terreno en estudio.
- Ejecución rápida frente a soluciones tradicionales.
- Se pierde menor superficie de terreno con respecto a otros sistemas de contención.

Grado de seguridad

Al estabilizar la superficie del talud mediante el sistema de soil nailing nos posibilita consolidar todas las partes inestables mejorando de gran manera la seguridad de los transeúntes de la vía, ya que se trata de una medida definitiva cuyo grado de protección es cercano al 100% de los casos aunque de fuerte impacto ambiental.

MALLA TT REFORZADA

Coste económico

La construcción del sistema de estabilización de malla TT Reforzada con una resistencia a la tracción de 40.8 kN/ml por metro de ancho tiene un precio aproximado de 45 Dólares el m² (desnivel obras) siendo una solución bastante económica aunque con el tiempo necesita de mantenimiento.

Viabilidad técnica

El sistema de estabilización comprende mallas de alambre de acero galvanizado entrelazados entre sí por el medio conocido de triple torsión forma un tejido susceptible de ser sometido ha determinados esfuerzos de tracción, proporciona una capacidad a la resistencia a tracción de 40.8 kN/m metro de ancho

Las ventajas de este sistema son:

- Aumenta la estabilización superficial.
- Impide acumulación de fragmentos desprendidos en el pie
- Ejecución rápida.
- Escaso impacto visual de la actuación.

Grado de seguridad

A no ser de ejecutar el sistema en todo el talud el grado de seguridad no será muy elevado por ello es necesario cubrir todo el área inestable del talud con el sistema de esta manera brindar un mejor grado de seguridad

TECCO

Coste económico

La construcción del sistema de estabilización de malla romboidal tipo Tecco tiene un costo aproximado de 85 dólares (Desnivel Obras) siendo un costo elevado pero a la vez es una solución de gran rendimiento con un coste mínimo de mantenimiento

Viabilidad técnica

El sistema de estabilización de malla romboidal tipo Tecco es una malla flexible que a la vez nos proporciona una gran capacidad a la resistencia a tracción de 150 kN/m metro de ancho dándonos una solución técnica para grandes áreas inestables del talud, las principales ventajas técnicas son las siguientes:

- Solución de gran capacidad de carga distribuida por toda la superficie.
- Flexibilidad de patrón de anclaje.
- Escasa deformación frente a empujes
- Permite el drenaje natural y no impide la ejecución de otros tipos de drenaje.
- Mayor protección a la corrosión debido a SUPERCOATING y composición del cordón
- Ejecución rápida ya que no se necesitan re perfilados ni movimientos de tierras previos.
- Escaso impacto visual combinable con técnicas de revegetación acelerada.

Grado de seguridad

De acuerdo a que el sistema de estabilización tecco consiste de una malla romboidal de alambre de acero de alto límite elástico nos garantiza un alto grado de seguridad en las partes más deprimidas del talud inestable y de esta manera se asegura cualquier desprendimiento de roca que pudiera a ver.

RED DE CABLES TD-15

Coste económico

El precio de ejecución del sistema de estabilización de cables td-15 tiene un costo aproximado de 105 Dolares por metro cuadrado (desnivel Obras)

Viabilidad técnica

Este sistema de estabilización compuesta por elementos flexibles con capacidad de soporte a tracción de 85 kN/ metro de ancho donde las ventajas técnicas que nos ofrece el sistema son las siguientes:

- Capacidad de carga garantizada en toda la superficie.
- Permite el drenaje natural.
- Ejecución rápida.
- Escaso impacto visual de la actuación

Grado de seguridad

La estabilización con este sistema nos garantiza una buena seguridad ya que además de la red de cables de 8mm viene compuesta con malla triple torsión garantizando un alto nivel de resistencia con lo cual se podrá controlar los desprendimientos de rocas.

RED DE CABLES CONTINUA

Coste económico

El precio de ejecución del sistema de estabilización de cables continuos tiene un costo aproximado de 120 Dólares metro cuadrado (desnivel Obras)

Viabilidad técnica

El sistema de estabilización de cables continuos de alto resistencia 100kN/m que además que comprende de una malla triple torcion aumentando su capacidad de resistencia es empleada en taludes de grandes alturas donde sus principales ventajas son las siguientes:

- Libertad de adopción de cuadrícula de bulonado
- Capacidad de carga garantizada en toda la superficie.
- Permite el drenaje natural.
- Ejecución rápida.
- Escaso impacto visual de la actuación. Permite revegetación.

Grado de seguridad

La ejecución del método de estabilización nos brinda un elevado grado de seguridad ya que al tener red de cable de alta resistencia es capaz de sostener grandes cantidades de cargas garantizando la estabilización total de la superficie a emplear el sistema.

IMPERMEABILIZACIÓN DE BERMAS

Coste económico

La impermeabilización de bermas tiene un coste aproximado de 31 Dólares el metro cuadrado siendo una solución económica de gran rendimiento en las áreas afectadas con un coste nulo de mantenimiento.

Viabilidad técnica

En la zona se cuenta con los materiales necesarios pero la mayor dificultad es como los taludes son de grandes alturas llegar hasta las bermas con los materiales se dificulta pero es totalmente abordable desde el punto de vista técnico.

Grado de seguridad

Al impermeabilizar las bermas de los taludes nos garantiza que no haya desprendimientos de rocas por causa del agua ya que esta es el mayor problema que causa los desprendimientos de rocas aunque el sistema no garantiza una seguridad

4.3 ELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

Con los puntos de vista anteriormente comentados (económico, técnico y grado de seguridad) se prosigue con la elección de alternativas para los diferentes Taludes en estudio según el problema y grado de inestabilidad SMR de cada uno.

TALUD No. 1 – Progresiva KM 8+160

Tras el estudio de campo y de un proseso de caracterizacion geomecánica utilizando la metodología de clasificación RMR propuesta por Bieniawski, (1989) para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana (1993) mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR.

El Talud tubo una clasificación $RMRb^* = 43$ siendo un Talud Regular de Clase 3

Partiendo del resultado RMRb se obtuvo el grado de **Estabilidad SMR igual a 43.9**. que es considerado un **Talud Parcialmente estable**. donde la medida de actuacion para estabilizar el talud según su SMR es el de implementar sistemas de contencion como ser mallas, red de cables anclados por bulones.

El Talud presenta un mecanismo de inestabilidad debido a falla por vuelco, las inestabilidades se producen continuamente, obligando a un mantenimiento regular del Talud, de las cunetas y de la propia calzada.

El material presente en el talud está representado por lutitas y unas delgadas capas de areniscas (Formacion Taiguati.) que se desliza producto por que la estratificación es muy vertical y oblicua al talud con litologías competentes intercaladas entre litologías que se alteran y se movilizan producto de la humedad, en contravuelcos, que se desarrollan en Condiciones cinemáticas de deslizamiento. Para evitar desprendimientos y mejorar la estabilidad del Talud se propone la siguiente alternativa de solución:

Sistema de estabilización Malla TT Reforzada:

De acuerdo al análisis del apartado anterior de las alternativas posibles de solución y de que la medida de actuación para estabilizar el talud según su SMR es el de implementar sistemas de contención como ser mallas, red de cables anclados por bulones. Se eligió este sistema ya que los desprendimientos de rocas del talud son constantes aunque no de gran tamaño.

el sistema nos garantiza una gran resistencia evitando el desprendimiento de rocas mejorando la estabilidad del talud y garantizando una elevada seguridad a los transeúntes a un costo relativamente bajo, ejecución rápida y de poco impacto ambiental.

Figura 4.1: Sistema de estabilización Malla TT reforzada



Fuente: (Desnivel Obras 2012)

Alternativa técnica de solución	Precio aproximado (Bs./m ²)	Cantidad (m ²)	Total (Bs)
Malla TT Reforzada	335.92	3.205,47	1.076.784,10

TALUD No. 2 – Progresiva KM 10+420

En el presente Talud Luego del proceso de caracterización geomecánica utilizando la metodología de clasificación RMR propuesta por Bieniawski, (1989) para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana (1993) mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR.

El Talud tubo una clasificación $RMR_b^* = 47$ siendo un Talud Regular de Clase 3

Partiendo del resultado RMR_b se obtuvo el **grado de Estabilidad SMR igual a 39.9**, que es considerado un **Talud Inestable**, donde la medida de actuación para estabilizar el talud según su SMR es el de implementar sistemas de contención como ser mallas, red de cables anclados por bulones, hormigón proyectado.

Donde el mecanismo de inestabilidad predominante es el fallo por vuelco causando grandes desprendimientos de Rocas llegando a caer en las cunetas tapándolas por completo y en la calzada causando un gran peligro. El material del Talud en su mayoría presencia de Roca arenisca con capas delgadas de lutita intercaladas (Formación Taiguati). Donde la peligrosidad por los desprendimientos de rocas se puede evitar colocando una malla anclada con pernos y una capacidad de carga considerable. Se propone como alternativa de solución el siguiente sistema:

Sistema de estabilización Tecco:

Se eligió este sistema ya que al comprender mallas, pernos y anclajes nos permite una capacidad de carga y tracción elevada a un coste no muy elevado garantizándonos una mejor consolidación de las partes afectadas del talud dándonos un elevado grado de seguridad garantizando el impedimento de desprendimientos de rocas, el sistema es de rápida ejecución y de bajo impacto ambiental.

Figura 4.2: Sistema de estabilización TECCO



Fuente: (Desnivel Obras 2012)

Alternativa técnica de solución	Precio aproximado (Bs./m ²)	Cantidad (m ²)	Total (Bs)
Tecco	536.35	3.501,6	1.878.089,91

TALUD No. 3 – Progresiva KM 12+240

Luego del proceso de caracterización geomecánica utilizando la metodología de clasificación RMR propuesta por Bieniawski, (1989) para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana (1993) mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR.

El Talud tubo una clasificación $RMR_b^* = 49$ siendo un Talud Regular de Clase 3

Partiendo del resultado RMR_b se obtuvo el grado de **Estabilidad SMR igual a 49**. que es considerado un **Talud Parcialmente estable**. donde la medida de actuación para estabilizar el talud según su SMR es el de implementar sistemas de contención como ser mallas, red de cables anclados por bulones.

Donde el mecanismo que produce la inestabilidad de dicho talud es por falla planar donde el deslizamiento de grandes capas de material tapan las cunetas y en partes la mitad de la calzada. El material que presencia el Talud es Constituida principalmente por calizas silicificadas gris violáceo (Formación Vitiacua). Para evitar desprendimientos y mejorar la estabilidad del Talud se propone la siguiente alternativa de solución:

Sistema de Estabilizacion Malla TT Reforzada:

Se eligio este sistema de estabilizacion ya que comprende una alta viabilidad técnica de acuerdo a solucionar el problema de inestabilidad que presenta el presente talud ya que los desprendimientos de rocas son ocasionales ademas de ser un sistema de bajo coste su ejecucion abarca grandes áreas de forma rápida este sistema nos da un elevado grado de seguridad a un bajo coste y elevado rendimiento.

Figura 4.3: Sistema de estabilizacion Malla TT reforzada



Fuente: (Desnivel Obras 2012)

Alternativa técnica de solución	Precio aproximado (Bs/m2)	Cantidad (m2)	Total (Bs)
Malla TT Reforzada	335.92	1.439,00	483.390,06

TALUD No. 4 – Progresiva Km 13+020

Luego del proceso de caracterización geomecánica utilizando la metodología de clasificación RMR propuesta por Bieniawski, (1989) para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana (1993) mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR.

El Talud tubo una clasificación $RMR_b^* = 43$ siendo un Talud Regular de Clase 3

Partiendo del resultado RMR_b se obtuvo el grado de **Estabilidad SMR igual a 46.75** que es considerado un **Talud Parcialmente estable**. donde la medida de actuación para estabilizar el talud según su SMR es el de implementar sistemas de contención como ser mallas, red de cables anclados por bulones.

El mecanismo principal que afecta la estabilidad de dicho talud es el del tipo de falla por vuelco donde el desprendimiento de material tapa en la totalidad las cunetas que pasan por el talud y los desprendimientos de Rocas es ocasional sobre la calzada.

El material del Talud en su mayoría presencia de Roca arenisca con capas delgadas de lutita intercaladas (Formación Taiguati). Para evitar desprendimientos y mejorar la estabilidad del Talud se propone la siguiente alternativa de solución:

Sistema de Estabilizacion Malla TT Reforzada:

Se eligio el sistema ya que el problema de inestabilidad del talud se puede corregir con el sistema planteado ya que comprende una alta viabilidad tecnica de acuerdo a solucionar el problema de inestabilidad que presenta el presente talud donde los desprendimientos de rocas son ocasionales ademas de ser un sistema de bajo coste su ejecucion abarca grandes áreas de forma rápida este sistema nos da un elevado grado de seguridad a un bajo coste y elevado rendimiento.

Figura 4.4: Sistema de estabilizacion Malla TT reforzada



Fuente: (Desnivel Obras 2012)

Alternativa técnica de solución	Precio aproximado (Bs/m ²)	Cantidad (m ²)	Total (Bs)
Malla TT Reforzada	335,92	2.677,00	899.260,03

TALUD No. 5 – Progresiva KM 13+850

Se observó que el talud se encuentra muy meteorizado y luego del proceso de caracterización geomecánica utilizando la metodología de clasificación RMR propuesta por Bieniawski, (1989) para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana (1993) mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR.

El Talud tubo una clasificación $RMR_b^* = 28$ siendo un Talud Malo de Clase 4

Partiendo del resultado RMR_b se obtuvo el grado de **Estabilidad SMR igual a 20** que es considerado un **Talud Totalmente Inestable**. donde la medida de actuación para estabilizar el talud según su SMR es el de implementar sistemas de contención reforzadas. como ser mallas, hormigón proyectado, red de cables anclados por bulones.

Donde el mecanismo que produce la inestabilidad de dicho talud en la mayoría es de fallo por vuelco donde gran cantidad de Rocas de diferentes tamaños y arena suelta caen a la cuneta y en la calzada produciendo el corte de tráfico por varias horas hasta que llegue el equipo pesado a retirar el material que se encuentra sobre la calzada.

El material que presencia dicho talud son arenas sueltas y Rocas areniscas (formación Cangapi) donde el estudio de suelos nos dio una clasificación AASHTO A-3(0) arena mal graduada material con el que se puede utilizar el hormigón proyectado

Para evitar desprendimientos y mejorar la estabilidad del Talud se propone la siguiente alternativa de solución:

Sistema de estabilizacion Soil Nailing:

Se eligio este sistema ya que al tener un SMR muy bajo siendo un talud totalmente inestable, se necesita la ejecucion del sistema logrando consolidar el talud dando de esta manera un elevado grado de seguridad aunque el costo del sistema es elevado el coste de mantenimiento es casi nulo.

Figura 4.5 : Sistema de Estabilizacion Soil Nailing



Fuente : (Desnivel Obras 2012)

Alternativa técnica de solución	Precio aproximado (Bs/m ²)	Cantidad (m ²)	Total (Bs)
Soil Nailing:	1.013,48	5.235,00	5.305.582,05

TALUD No. 6 – Progresiva KM 15+960

Luego del proceso de caracterización geomecánica utilizando la metodología de clasificación RMR propuesta por Bieniawski, (1989) para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana (1993) mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR.

El Talud tubo una clasificación $RMR_b^* = 38$ siendo un Talud Malo de Clase 4

Partiendo del resultado RMR_b se obtuvo el grado de **Estabilidad SMR igual a 44**, que es considerado un **Talud Parcialmente estable**, donde la medida de actuación para estabilizar el talud según su SMR es el de implementar sistemas de contención como ser mallas, red de cables anclados por bulones.

Donde presenta una cantidad grande de desprendimientos de Rocas (areniscas blandas) fallo por vuelco mecanismo que afecta la estabilidad del talud, donde el material desprendido cubre casi permanentemente en su totalidad a la cuneta y la mitad de la calzada. Para poder corregir el proceso de inestabilidad al ser un Talud de gran altura y ser un peligro constante el desprendimiento de rocas se propone las siguiente alternativa de solución:

Sistema de estabilizacion Red De Cables Continua

Se eligió este sistema ya que a su alta viabilidad técnica en la ejecución de taludes de gran altura garantizando la capacidad de controlar y evitar los desprendimientos de rocas aunque el costo es elevado el sistema garantiza la seguridad con un costo de mantenimiento casi nulo.

Figura 4.6.: Sistema de Estabilización Red de Cables Continua



Fuente: (Desnivel Obras 2012)

Alternativa técnica de solución	Precio aproximado (Bs/m2)	Cantidad (m2)	Total (Bs)
Red De Cables Continua	854,94	5.001,10	4.284.165,18

TALUD No. 7 – Progresiva KM 18+400

En el presente talud a simple vista se vio que no presentaría un proceso de inestabilidad significativo pero al seguimiento continuo que se realizó en la zona se pudo constatar que sufre una inestabilidad significativa ya que en dos ocasiones se desprendieron grandes cantidades de Rocas grandes interrumpiendo el tráfico hasta por 10 días y en una ocasión el derrumbe de una Roca de gran tamaño aunque de forma indirecta produjo la muerte de una persona.

El mecanismo que produce la inestabilidad del talud es de fallo por vuelco donde el material que presencia casi en su totalidad son grandes bloques de Arenisca Cuarzosa (Formación Cangapi)

Luego del proceso de caracterización geomecánica utilizando la metodología de clasificación RMR propuesta por Bieniawski, (1989) para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana (1993) mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR.

El Talud tubo una clasificación $RMR_b^* = 54$ siendo un Talud Regular de Clase 3

Partiendo del resultado RMR_b se obtuvo el grado de **Estabilidad SMR igual a 71**. que es considerado un **Talud Estable**. donde a pesar de que no se necesita medidas de refuerzos internos para estabilizar el talud según su SMR el talud necesita de un sistema de consolidación interna para evitar el desprendimiento de rocas.

Para evitar desprendimientos del Talud se propone la siguiente alternativa de solución:

Sistema de estabilizacion TECCO:

Al Parecer es un talud Estable pero por experiencia propia el talud produjo un gran desprendimiento de rocas cortanto el tráfico por varios días Para poder corregir el proceso de inestabilidad de dicho talud se necesita un sistema de estabilizacion que pueda soportar grandes cargas es por eso que se propone como medida de Estabilizacion la malla de alta resistencia denominado **TECCO** ya que el sistema comprende con pernos de anclaje con diferentes diametros y longitudes, alternativa que nos permite una capacidad de carga y tracción elevada garantizándonos una mejor consolidación de las partes afectadas del talud dándonos un elevado grado de seguridad aunque a un costo elevado.

Figura 4.7: Sistema de estabilización TECCO



Fuente: (Desnivel Obras 2012)

Alternativa técnica de solución	Precio aproximado (Bs/m ²)	Cantidad (m ²)	Total (Bs)
Tecco	536.35	5.205,00	2.791.711,79

TALUD No. 8 – Progresiva KM 19+350

En el Presente Talud se observó que sufre problema de inestabilidad evidente ya que constantemente caen Rocas y material suelto a las cunetas y la calzada donde en época de lluvia cae una gran masa de piedras y material suelto tapando toda la calzada. Donde el principal mecanismo que causa la inestabilidad fallo por vuelco.

Luego del proceso de caracterización geomecánica utilizando la metodología de clasificación RMR propuesta por Bieniawski, (1989) para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana (1993) mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR.

El Talud tubo una clasificación $RMR_b^* = 37$ siendo un Talud Malo de Clase 4

Partiendo del resultado RMR_b se obtuvo el grado de **Estabilidad SMR igual a 29**. que es considerado un **Talud Inestable**. donde la medida de actuación para estabilizar el talud según su SMR es el de implementar sistemas de contención como ser mallas, red de cables anclados por bulones, hormigón proyectado

Para poder corregir el proceso de inestabilidad al ser un Talud de gran altura y para evitar los vuelcos de estratos con desprendimientos de roca se propone como medida de estabilización:

Sistema de estabilizacion Red De Cables Continua

Se eligió este sistema ya que a su alta viabilidad técnica en la ejecución de taludes de gran altura garantizando la capacidad de controlar y evitar los desprendimientos de rocas aunque el costo es elevado el sistema garantiza la seguridad con un costo de mantenimiento casi nulo.

Figura 4.8.: Sistema de Estabilización Red de Cables Continua



Fuente: (Desnivel Obras 2013)

Alternativa técnica de solución	Precio aproximado (Bs/m2)	Cantidad (m2)	Total (Bs)
Red de cables Continua	854,94	2.520,00	2.154.436,40

TALUD No. 9 – Progresiva KM 20+820

El Talud presenta caídas de Rocas duras sobre la cuneta y en ocasiones a la calzada donde el principal mecanismo que produce la inestabilidad es el de fallo Planar, donde el material que constituye el talud rocoso son areniscas del tipo basáltico constituyendo la formación Entre Ríos.

Luego del proceso de caracterización geomecánica utilizando la metodología de clasificación RMR propuesta por Bieniawski, (1989) para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana (1993) mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR.

El Talud tubo una clasificación RMRb* = 52 siendo un Talud Regular de Clase 3

Partiendo del resultado RMRb se obtuvo el **Grado de Estabilidad SMR igual a 59** que es considerado **un Talud Parcialmente Estable**. donde la medida de actuación para estabilizar el talud según su SMR es el de implementar sistemas de contención como ser mallas, red de cables anclados por bulones, impermeabilización de bermas,

para poder corregir el proceso de inestabilidad de dicho talud se propone las siguiente solución técnica.

.

*RMR básico

Impermeabilización De Bermas:

Dado que es un Talud Parcialmente estable y por que el agua es el factor principal que le produce la inestabilidad por falla planar y la solución que se propone es impermeabilizar dichas bermas con una capa de suelo cemento que tenga una inclinación hacia el talud y que además forme una sección en V abierta (Figura 4.9), de esta forma se logra un canal receptor y conductor a la vez; adicionalmente, el suelo cemento, por sus características, admite deformaciones y asegura la impermeabilidad.

Figura 4.9 Detalle Impermeabilización Berma.



Fuente: Elaboración propia

Esta alternativa nos permite mejorar la estabilización del talud dándonos un considerable grado de seguridad a un bajo costo.

Alternativa técnica de solución	Precio aproximado (Bs/m ²)	Cantidad (m ²)	Total (Bs)
Impermeabilización de Bermas	223,00	886,50	197.867,51

Capítulo V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo la Propuesta de alternativas técnicas para la estabilidad de Taludes en Roca de la carretera Variante (Canaletas – Entre Ríos) tramo progresiva Km 7+000 – 23+000, de acuerdo a sus características geotécnicas y el grado de inestabilidad que presenten. Es por ello que a lo largo del presente trabajo de grado se realizó la caracterización geomecánica y se identificó a los Taludes Rocosos en la carretera Variante Canaletas Entre Ríos que presentan mayores problemas de inestabilidad como ser caídas de rocas y desprendimientos de masa combinada de material suelto y rocas. Parámetros que nos proporcionaron datos con lo cual se procedió al estudio de alternativas técnicas para la estabilización de dichos taludes donde se propusieron las mejores alternativas de acuerdo a su grado de estabilidad de cada Talud y la viabilidad técnica – económica de las diferentes alternativas.

Para demostrar esto, primero se procedió al reconocimiento y observaciones de campo del tramo estudiado donde se pudo identificar nueve sectores con mayor problema de inestabilidad (Talud N°1 prog. Km 8+095 a 8+225 - N°2 Prog. Km 10+333 a 10+507 - N° 3 Prog. Km 12+211 a 12+268 - N°4 Prog. Km 12+968 a 13+073 - N°5 Prog. Km 13+741 a 13+959 - N°6 Prog. Km 15+872 a 16+047 - N°7 Prog. Km 18+315 a 18+485 - N°8 Prog. Km 19+310 a 19+390 y N°9 Prog. Km 20+771 a 20+869,5). Que producen caídas de bloques de Roca y Deslizamientos donde se combina bloque de Rocas y materiales sueltos, tapando las cunetas y parte de la calzada que en ocasiones ocupa toda la calzada perjudicando el tráfico hasta por varios días, tales problemas que, para una carretera de esta categoría es inadmisibles desde todo punto de vista.

Los Taludes identificados con problemas de inestabilidad si bien se encuentran en la zona donde las formaciones de macizo rocoso pertenecen a la familia de las Rocas sedimentarias, su estructura no lo manifiesta así y presenta una masa cruzada por varias discontinuidades que llegan a formar tres familias principales y varios tipos de discontinuidades totalmente aleatorias. Este comportamiento de los Taludes rocosos llevo a considerar que sería imposible analizar estos Taludes desde el punto de vista clásico, es decir, considerando las discontinuidades y sus intersecciones y partiendo de la base de ellas, las intersecciones formarían bloques relativamente regulares con las mismas características. Es por ello que se recurrió al método de análisis conocido como Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR (Slope Mass Rating Index) (Romana 1985), que parte de la Clasificación Geomecánica RMR (Rock Mass Rating System), o clasificación geomecánica de Bienawiski (1989), método que es empleado en estos tipos de Taludes con diferentes discontinuidades. Mediante lo cual se pudo conocer el grado de estabilidad de cada uno de los taludes.

La geometría de los Taludes ya por ser en algunos como Talud N° 6 con una altura de 80.43 metros y con una inclinación casi vertical al pie de la calzada no son las mas adecuadas para los diferentes materiales que le componen ya que los resultados obtenidos del ensayo de compresión simple nos dio valores entre 1 – 25 Mpa. Siendo una resistencia muy baja, salvo Talud N°2, Talud N° 7, Talud N°9 con una resistencia baja entre (25 – 50 Mpa.), producto de esto es que las sollicitaciones que combinan el peso propio y su resistencia a la compresión baja y muy baja producen los problemas de inestabilidad, causando fracturas y por ende el desprendimiento de rocas, sumado a esto las voladuras deficientes realizadas en la construcción de tramo carretero, dejaron a los taludes muy meteorizados producen como consiguiente la caída de bloques de Roca.

Los grados de estabilidad **SMR** de los Taludes nos arrojaron valores en los rangos entre **Estable** (Talud N° 7) **Parcialmente Estable** (Talud N° 1, Talud N°3, Talud N°4, Talud N° 6, Talud N° 9), **Inestable** (Talud N° 2, Talud N° 8) y **Totalmente Inestable** (Talud N° 5). Rangos con lo cual se pudo identificar los taludes que enfrentan mayores problemas de estabilidad con ello se propuso los diferentes soluciones técnicas de acuerdo a las características de cada talud y el problema que enfrentan.

De acuerdo a los resultados del presente trabajo se pudo alcanzar el objetivo planteado como ser la propuesta de alternativas técnicas de solución a los taludes rocosos a través del estudio de su viabilidad técnica economía y las características geomecánicas que presenta cada talud. Donde se concluyó que las mejores alternativas son las medidas de estabilización de refuerzo:

Estabilización De Refuerzo Propuestos	Nombre Del Sistema De Estabilización Propuesta	Talud a Tratar
mallas ancladas	Malla TT Reforzada	Talud No. 1 Talud No. 3 Talud No. 4
	Tecco	Talud No 2 Talud No. 7
Red de Cables bulonadas	Red De Cables Continua	Talud No. 6 Talud No. 8
Gutinado	Soil Nailing	Talud No. 5
drenaje	Impermeabilizacion De Bermas	Talud No. 9

Las Alternativas técnicas Propuestas para la estabilidad de los Taludes Estudiados proyectan mejorar las Condiciones del tramo carretero dando más seguridad y confiabilidad a los transeúntes.

5.2 Recomendaciones

De acuerdo a lo expuesto en el presente trabajo de grado y por la antecedentes de accidentes que ocurrieron en el tramo Estudiado, se recomienda evaluar las siguientes sugerencias:

Actuar lo más antes posible con las Alternativas Técnicas de solución propuestas en el presente trabajo de grado para la estabilidad de los Taludes Estudiados de esta manera evitar que se produzca nuevos accidentes en la carretera

Debido a la presencia de lluvias constantes en casi todo el año, se recomienda de forma preventiva establecer mejoras en los controles de drenajes superficiales en los Taludes, reduciendo así las posibilidades de otros movimientos de masa generados por este medio.

Como medida preventiva óptima en fase de planificación de nuevos proyectos en vías de comunicación se encarga la realización de un adecuado estudio y la adopción de las medidas correctoras idóneas para cada talud que se forme en función de su geometría y composición litológica que Condicionan los mecanismos de inestabilidad del talud.

