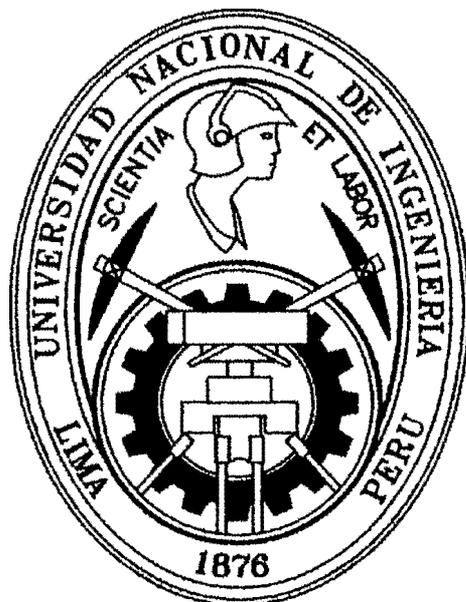


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Escuela Profesional de Geología**



**CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO EN LOS
TÚNELES HUARIHUANCA, RANCAS Y SAHUAY SEGÚN
LOS SISTEMAS RMI Y GSI**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

ROCÍO BERTHA GUZMÁN MALDONADO

**Lima – Perú
2009**

A mis padres, Florencia Maldonado P. y
José Guzmán L. por darme la vida y
apoyarme en todo momento.

A todos los especialistas dedicados a la
investigación continua y permanente
para el diseño de obras subterráneas
en todo el mundo.

ÍNDICE

1.0 RESUMEN

2.0 GENERALIDADES

- 2.1 Introducción
- 2.2 Objetivos y Alcances
- 2.3 Ubicación de los Túneles y Accesos
- 2.4 Condiciones Geográficas
- 2.5 Metodología del Estudio
- 2.6 Agradecimientos

3.0 CONCEPTOS TEORICOS PARA LA CARACTERIZACION Y COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTECNICOS

- 3.1 Roca Intacta
 - Características
 - Propiedades
- 3.2 Discontinuidades
 - Tipos de Discontinuidades
 - Parámetros de los Planos de Discontinuidades
- 3.3 Factores Influyentes
 - Hidrológicos
 - Tensionales
 - Constructivos
- 3.4 Caracterización del Macizo Rocosó
 - Sistema RMI (Palmstrom, 1995)
 - Sistema GSI (Hoek, 1997)
 - Correlación entre los sistemas de Caracterización RMI y GSI
- 3.5 Tipos de falla del macizo rocoso
 - Falla por deformación
 - Fallas estructuralmente controladas
 - Falla por sobretensión

4.0 GEOMORFOLOGIA

5.0 GEOLOGIA REGIONAL

- 5.1 Estratigrafía
 - Formación Oyón

-
- Formación Chimú
 - Formación Santa
 - Formaciones Carhuaz-Farrat
 - Grupo Calipuy
 - Rocas Intrusivas
 - Depósitos Cuaternarios
- 5.2 Condiciones Estructurales y Sismo tectónica
- 5.3 Hidrogeología
- 5.4 Geodinámica Externa

6.0 GEOMECANICA DEL TUNEL HUARIHUANCA

- 6.1 Condiciones Geológicas en el eje de túnel
- Condiciones Litológicas
 - Condiciones Estructurales
 - Discontinuidades
 - Condiciones Tensionales
- 6.2 Caracterización Geomecánica en el eje de túnel
- Zonificación Geomecánica del Túnel según el sistema RMI
 - Zonificación Geomecánica del Túnel según el sistema GSI
 - Zonificación de Riesgos por Sobretensión
 - Interpretación de cuadros de Zonificación Geomecánica y Riesgo Tensional

7.0 GEOMECANICA DEL TUNEL RANCAS

- 7.1 Condiciones Geológicas en el eje de túnel
- Condiciones Litológicas
 - Condiciones Estructurales
 - Discontinuidades
 - Condiciones Tensionales
- 7.2 Caracterización Geomecánica en el eje de túnel
- Zonificación Geomecánica del Túnel según el sistema RMI
 - Zonificación Geomecánica del Túnel según el sistema GSI
 - Zonificación de Riesgos por Sobretensión
 - Interpretación de cuadros de Zonificación Geomecánica y Riesgo Tensional

8.0 GEOMECANICA DEL TUNEL SAHUAY

- 8.1 Condiciones Geológicas en el eje de túnel
- Condiciones Litológicas

-
- Condiciones Estructurales
 - Discontinuidades
 - Condiciones Tensionales

8.2 Caracterización Geomecánica en el eje de túnel

- Zonificación Geomecánica del Túnel según el sistema RMI
- Zonificación Geomecánica del Túnel según el sistema GSI
- Zonificación de Riesgos por Sobretensión
- Interpretación de cuadros de Zonificación Geomecánica y Riesgo Tensional

9.0 CRITERIOS Y DISEÑOS DEL SOSTENIMIENTO SEGÚN EL SISTEMA RMI (Palmstrom, 95)

9.1 Conceptos Básicos

- Sostenimiento de macizos rocosos continuos
- Sostenimiento de macizos rocosos discontinuos

9.2 Descripción de los Tipos de Soporte en los Túneles

9.3 Distribución de los Tipos de Soporte en los Túneles

10.0 CRITERIOS Y DISEÑOS DEL SOSTENIMIENTO SEGÚN EL SISTEMA GSI (Hoek, 97)

10.1 Conceptos Básicos

10.2 Sostenimiento del Túnel Huarhuanca

10.3 Sostenimiento del Túnel Rancas

10.4 Sostenimiento del Túnel Sahuay

11.0 CONCLUSIONES

11.1 Geológicas

11.2 Geomecánicas

11.3 Generales

12.0 RECOMENDACIONES

12.1 Recopilación de datos en campo

12.2 Procesamiento de datos

12.3 Aplicación de resultados

13.0 BIBLIOGRAFIA

ANEXO

Anexo A - Mediciones de características del macizo rocoso tomados en el campo.

1.0 RESUMEN

El presente estudio sirve de Tesis para obtener el Título de Ingeniero Geólogo de la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, Escuela de Geología. Se desarrolla la metodología para la toma de datos en campo, su procesamiento, determinación de las características geomecánicas del macizo rocoso y la selección del sostenimiento a ser utilizado en los túneles Huarihuanca, Rancas y Sahuay, considerados para un proyecto en evaluación de una Central Hidroeléctrica en la parte media del curso del río Pativilca, Provincia de Cajatambo, Departamento de Lima.

Se aplican los conceptos propuestos para el sostenimiento de túneles por Arild Palmstrom (1995) – “RMI - A Rock Mass Characterization System For Rock Engineering Purposes” y Ever Hoek (1997) – GSI “Practical Estimates of Rock Mass Strength”. Los mencionados índices están relacionados con las características del macizo rocoso (roca intacta y condición de discontinuidades) más no los factores influyentes (estado tensional, hidrológico y aspectos constructivos), los cuales son tomados en cuenta para el diseño del sostenimiento en la aplicación del índice RMI. Con respecto al índice GSI, el diseño de sostenimiento se obtiene relacionando los valores obtenidos con los índices Q y RMR.

Los túneles están emplazados en afloramientos rocosos cuarcíticos de la Formación Chimú, andesíticos del Grupo Calipuy e intrusivos cuarzo-monzoníticos, dioríticos y granodioríticos del Stock Shanuc, cercanos a la influencia de la falla regional de la Cordillera Blanca y afectados por fallas tensionales y de corte, con poca presencia de agua subterránea y anisotropía tensional debido a la rápida profundización de los valles de los ríos Pumarrinri, Huayllapa y Rapay.

La aplicación de estos sistemas de caracterización geomecánica es parte de los estudios y construcción de túneles que se vienen llevando a cabo en nuestro país, para lo cual se requiere su difusión en los centros universitarios, siendo este aspecto el principal aporte de la presente tesis.

2.0 GENERALIDADES

2.1 Introducción

A partir de la década de los 40, Karl Terzaghi dio inicio al uso de clasificaciones geomecánicas empíricas para describir la calidad de la roca y prever el comportamiento del macizo al ser excavado, así como definir los soportes a ser utilizados, principalmente las cimbras metálicas.

A inicios de los 60, Don Deer propuso la primera clasificación geomecánica valorativa, en base al grado de fracturamiento de la roca medida en testigos de perforaciones diamantinas, denominado RQD (Rock Quality Design). Posteriormente en la década de los 70 se propuso dos clasificaciones geomecánicas, que han tenido una mayor difusión y aplicación a nivel mundial y también en nuestro país, los cuales son los índices RMR (Rock Mass Rating) de Bieniawski y el índice Q de Barton.

Estos dos últimos índices tuvieron modificaciones de acuerdo a investigaciones posteriores y experiencias en excavaciones subterráneas elaboradas por los mismos autores y por especialistas en el área de la Mecánica de Rocas.

En la década de los 90, Ever Hoek (Canadá) y Arild Palmstrom (Noruega) elaboraron dos nuevos sistemas que describen las características del macizo rocoso, independizándolo de los factores influyentes, éstos se denominaron índices GSI (Geological Strength Index) y RMI (Rock Mass Index) cuyo objetivo fundamental es la determinación del grado de influencia de las condiciones de las discontinuidades y tamaño y forma de los bloques unitarios en la resistencia del macizo rocoso, tomando en cuenta la resistencia de la roca intacta.

Una vez determinado el valor de resistencia de la masa rocosa se determina el sostenimiento a colocar, a partir del comportamiento que presentará al ser excavado y afectado por factores influyentes como el agua, las tensiones y el tamaño, forma y método de excavación.

En el presente trabajo se desarrollará los fundamentos teóricos de estos dos últimos índices y la metodología para la obtención de los datos de campo, el procesamiento y la interpretación de los mismos, aplicado a los túneles Rancas, Huarihuanca y Rapay.

2.2 Objetivos y Alcances

Los objetivos son los siguientes:

- Definir en forma detallada la historia geológica donde se emplazarán los túneles Huarihuanca, Rancas y Rapay, así como la distribución de las unidades litológicas que serán atravesadas.

-
- Determinar la metodología de aplicación para la obtención de los parámetros requeridos en los sistemas de caracterización RMI y GSI.
 - Zonificación geomecánica a lo largo de los túneles.
 - Zonificación tensional en los túneles para determinar la presencia de lajamientos masivos o estallidos de rocas.
 - Metodología para la determinación del soporte de acuerdo a las características geomecánicas y factores influyentes, según el índice RMI y relación con el índice GSI.
 - Distribución de los soportes a lo largo de los túneles.

Así como los alcances:

- Ser una fuente de información para alumnos y profesores que tengan interés en este tipo de aplicaciones ingenieriles, tanto para cursos relacionados con este tema como para su desarrollo profesional.
- Lograr con la presentación de este trabajo de tesis, los méritos necesarios para obtener el Título de Ingeniero Geólogo.

2.3 Descripción, Ubicación y Acceso de los Túneles (ver plano 01)

Los Túneles tendrán una sección tipo baúl de 3.5 m de ancho y 3.5 m de altura. Están considerados como túneles de conducción a alta presión para proyectos de Centrales Hidroeléctricas en cascada, los cuales captarán las aguas de los ríos Huayllapa (Túnel Huarihuanca), Pumarrinri (Túnel Rancas) y Rapay (Túnel Sahuay).

Los Túneles Huarihuanca, Rancas y Sahuay se ubican al norte del Departamento de Lima, provincia de Cajatambo, en la parte media del curso del río Pativilca, en las inmediaciones de los ríos Pumarrinri, Huayllapa y Rapay entre las cotas 2 100 a 3 800 msnm.

El acceso al área de los túneles se realiza por la carretera Panamericana Norte, desde la ciudad de Lima hasta el kilómetro 205, del cual existe un desvío asfaltado y afirmado hasta la Provincia de Cajatambo (166 Km. del desvío) y luego una trocha carrozable hasta la Localidad de Uramaza de 30 Km.

2.4 Condiciones Geográficas

La cuenca del río Pativilca nace en las estribaciones occidentales de la Cordillera de Huashuash, que presenta algunos nevados con alturas mayores de los 5 000 msnm, siendo el más alto el nevado de Jerupaja. Hacia las cumbres la geografía es típica de intensa erosión glacial con picos, aristas y circos glaciares. Entre los 4 000 y 5000 msnm, se desarrollan valles en forma de "U" con cauces de pendientes muy suaves y meandriformes. Por debajo de los 4 000 msnm,

estos valles se han profundizado notablemente formando cañones y valles estrechos en forma de "V".

Se presentan precipitaciones cercanas entre 300 a 1000 mm anuales, este último en los meses de avenidas. La temperatura varía entre 5°C a 25°C en el día.

2.5 Metodología del Estudio

El estudio realizado ha seguido los siguientes procesos:

a) Revisión de estudios anteriores:

- Boletín Nº 10 del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, con tema: "Estudio Geológico de la Cordillera Occidental del Norte del Perú". Por: J. Cobbing; W. Pitcher; J. Wilson; J. Baldock; W. Taylor; W. McCourt y N.J. Snelling. Agosto 1981.
- Boletín Nº 58 de la Sociedad Geológica Americana, sobre estratigrafía y estructuras del cretáceo en los Andes Occidentales del Perú por Myers.
- Boletín Nº 26 del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). "Geología de los Cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaraz y Canta". Julio 1973.
- Boletín Nº 8. Serie D. Estudios Especiales del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). "Estudio Geológico de los Andes del Perú Central". Noviembre 1979.
- Boletín Nº 8a. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). "Estudio Geodinámico de la Cuenca del río Pativilca". Abril 1985.

b) Trabajos en campo:

- Cartografiado Geológico-Geotécnico de los emplazamientos de los túneles de conducción Rancas, Huarihuanca y Sahuay a escala 1/10 000, que comprendió:
 - Identificación de las unidades litológicas.
 - Mediciones y determinación de las características de las discontinuidades.
 - Identificación de las principales estructuras y sus tipos (fallas y pliegues)
 - Identificación de las unidades geomorfológicas.
 - Identificación de las condiciones hidrogeológicas.
 - Identificación de las condiciones tensionales.
 - Toma de muestras de roca para identificación y determinación de propiedades físicas y elásticas.

c) Trabajos en Gabinete:

- Procesamiento de la información derivada de los trabajos de cartografiado geológico.

-
- Interpretación de resultados de campo y laboratorio.
 - Planos y perfiles geológicos longitudinales y transversales requeridos para la interpretación geológica.
 - Elaboración de hojas de calculo para definir la caracterización de los macizos rocosos según los índices RMI (Palmstrom, 1995) y GSI (Hoek, 1997).
 - Zonificación geomecánica de los diferentes ejes de los túneles.
 - Elaboración de las hojas de calculo para la determinación de los soportes de acuerdo a las condiciones geomecánicas y factores influyentes.
 - Distribución de los soportes según la Tabla de Palmstrom, 1995.

2.6 Agradecimientos

En primer lugar agradezco a todos mis profesores de la Escuela de Geología, de la FIGMM-UNI, por haberme brindado los conocimientos y experiencias a lo largo del tiempo transcurrido en las aulas universitarias, las cuales me han permitido poder realizar la presente tesis.

A los profesionales y Técnicos de la Empresa Consultora JByA, por haberme dado la oportunidad de trabajar y adquirir experiencia tanto teórica como práctica en las evaluaciones geológicas-geotécnicas para realizar estudios de Centrales Hidroeléctricas.

Especialmente a los Ing. Carlos Vallejo y Vicente Miranda, que han sido mis supervisores de campo y redacción de informes, habiendo recibido de ellos enseñanzas técnicas y especializadas aplicadas a la evaluación y diseño de obras subterráneas.

Finalmente, agradecimientos a mis padres y hermanos por su dedicación y esmero, que han sido para mí un apoyo constante para la culminación de la tesis.

3.0 CONCEPTOS TEORICOS PARA LA CARACTERIZACION Y COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTECNICOS

En el presente capítulo se describirá los parámetros que controlan las condiciones del macizo rocoso, los factores influyentes que controlan su comportamiento al ser excavado y los tipos de falla que se presentarán según las condiciones geomecánicas y los factores influyentes.

3.1 Roca Intacta

Roca intacta o matriz rocosa, es el material rocoso ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo que se utiliza para ensayos de laboratorio.

La matriz rocosa, a pesar de considerarse mecánicamente continua, presenta un comportamiento heterogéneo y anisotrópico ligado a su fábrica (disposición, estructura y textura de los minerales) y a su micro-estructura mineral.

- **Características**

Las características de la roca intacta se determinan mediante su composición mineralógica, tamaño y forma de grano, color, textura y empaque.

La **composición mineralógica** permite clasificar litológicamente la roca. Los minerales más comunes que forman la roca se pueden identificar a nivel de muestra con una lupa, si las dimensiones del mineral las permite. La identificación detallada de los minerales requiere un estudio petrográfico mediante lámina delgada.

El **tamaño de grano** hace referencia a las dimensiones medias de los minerales o fragmentos de roca que componen la matriz rocosa.

La **textura** nos indica las interrelaciones intergranulares de tamaño y forma de los cristales o clastos que forman una roca determinada, las denominaciones texturales y los criterios utilizados varían según el tipo de roca a identificar.

- **Propiedades**

Las propiedades de la matriz rocosa se determinan mediante muestras llevadas al laboratorio. Se dividen en propiedades físicas y elásticas.

A. Propiedades Físicas

Las propiedades físicas de las rocas son el resultado de su composición mineralógica, fábrica e historia geológica, deformacional y ambiental, incluyendo los procesos de alteración y meteorización. La gran variabilidad de estas propiedades se refleja en comportamientos mecánicos diferentes.

Las propiedades físicas más importantes son la porosidad, el peso específico, el contenido de humedad, la permeabilidad, la resistencia y la durabilidad, descritas a continuación:

La **porosidad** es la relación entre el volumen ocupado por los poros o huecos de la roca y el volumen total. Es la propiedad que más afecta a las características resistentes y mecánicas, siendo inversamente proporcional a la resistencia y a la densidad y directamente proporcional a la deformabilidad, ya que la existencia de huecos puede dar lugar a zonas de debilidad.

El **Peso Específico o peso unitario** de la roca depende de sus componentes y se define como el peso por unidad de volumen. Sus unidades son las de fuerza por volumen. En general se considera el mismo valor para el peso específico y para la densidad.

El **Contenido de humedad** se define como la relación entre el peso del agua en los vacíos con el peso del material seco de la masa rocosa. Es inversamente proporcional a la resistencia de compresión simple y a la porosidad.

La **Permeabilidad** es la capacidad de la roca para permitir el paso de fluidos, se mide por el coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica expresada en cm/s, m/s ó m/día.

La **Resistencia** en roca intacta es definida como el esfuerzo límite que un sólido puede soportar sin que se presenten fallas por ruptura o sin la presencia de flujos plásticos, depende de la dirección de la fuerza que es aplicada, puede ser medida en compresión simple o resistencia uniaxial, tracción o en corte. La primera de ellas se determina mediante una probeta cilíndrica sin confinar en el laboratorio, también se puede estimar de forma aproximada en sencillos ensayos de campo como el ensayo de carga puntual (PLT) o el martillo de Schmidt. La resistencia es directamente proporcional a la densidad.

La **Durabilidad** es la resistencia que la roca presenta ante procesos de alteración y desintegración, propiedad a la que también se alude como alterabilidad, definiéndose en este caso como la tendencia a la rotura de los componentes o de las estructuras de la roca. La durabilidad de la roca aumenta con la densidad y se reduce con el contenido de agua.

El **Porcentajes de vacíos** se determina relacionando el peso específico saturado y el peso específico seco.

La **Absorción** es inversamente proporcional a la densidad.

B. Propiedades Elásticas

Estas propiedades determinan el grado de deformabilidad o fragilidad de la roca intacta, así como su comportamiento rígido, plástico o elástico.

La deformabilidad se define como la variación del volumen original de una roca debido a algún esfuerzo, considerando el comportamiento elástico o no elástico. La medida de esta propiedad se llama el modulo de elasticidad o modulo de Young (E), la cual es la resistencia a la deformación.

Otra propiedad elástica es el coeficiente de Poisson (ν), que viene a ser la relación entre la deformación vertical y la horizontal.

$$\nu = \varepsilon_t / \varepsilon_l$$

Donde: ε_t = Deformación transversal y ε_l = Deformación longitudinal.

3.2 Discontinuidades

Las discontinuidades se definen como cualquier plano de origen mecánico o sedimentario, generalmente con una resistencia a la tracción muy baja o nula. La presencia de discontinuidades implica un comportamiento no continuo del macizo rocoso, por lo tanto resulta de fundamental importancia una descripción correcta y detallada de las mismas.

- **Tipos de Discontinuidades**

Los principales tipos de discontinuidades son los siguientes:

- **Diaclasas o juntas:** Son superficies de fracturamiento o rotura de la roca a lo largo de las cuales el desplazamiento no ha existido o ha sido muy pequeño. Afectan a cualquier tipo de roca y suelen aparecer como planos paralelos, entre si, cuando corresponden a una misma familia.

De acuerdo a su origen se dividen en diaclasas de origen tectónico, asociadas a plegamientos y a fallas; diaclasas en rocas ígneas, formadas por contracción debido al enfriamiento que se produce durante o después del emplazamiento del cuerpo ígneo y

diaclasas de relajación debidas a una reducción de la carga que soportan las rocas por erosión.

- **Estrato:** Los planos de estratificación son las superficies que limitan los estratos en rocas sedimentarias. Su origen esta relacionado con una pequeña interrupción en el proceso de sedimentación.

Tienen una continuidad elevada, y cuyo espaciado oscila generalmente entre unos pocos centímetros y varios metros.

- **Fallas:** Son superficies de fracturación o rotura con desplazamiento relativo entre bloques separados, sus longitudes pueden oscilar de algunos metros a decenas y centenas de kilómetros. Pueden llevar asociadas las zonas de debilidad denominadas "zonas de falla" o brechas en las que en ocasiones no se puede distinguir un plano neto de rotura.

Se diferencian tres tipos principales: falla normal, falla inversa y falla de rumbo o de desgarre.

- **Foliación o Esquistosidad:** Los planos de esquistosidad tienen un origen tectónico. Se forman en rocas que han sufrido una deformación importante, disponiéndose perpendicularmente a la dirección de máximo acortamiento.

Su espaciado es del orden milimétrico, se desarrollan mejor cuanto mas pequeño es el grano de la roca.

- **Contacto Litológico:** Son los planos de separación entre diferentes litologías de un macizo rocoso. En las rocas sedimentarias tienen mayor significación, con respecto al comportamiento del macizo rocoso en su conjunto. En cambio en las rocas ígneas tienen gran importancia, sobre todo en el caso de los diques y de las rocas filonianas.

- **Parámetros de los Planos de Discontinuidades**

Los parámetros considerados en las discontinuidades son:

- **Numero de familias:** Indica el grado de fracturamiento del macizo y depende de la dirección y tipo de esfuerzos.

-
- **Orientación:** Es la posición espacial y se da mediante el rumbo, buzamiento y dirección de buzamiento.
 - **Espaciamiento:** Es la distancia perpendicular entre dos planos de discontinuidades consecutivos y de una misma familia.
 - **Persistencia:** Es la longitud continua o extensión superficial de la discontinuidad observada en un afloramiento.
 - **Bloque Unitario:** Pueden tener formas poliédricas, cúbicas, tabular, romboidal, prismático y columnar. Cuando se carece de formas espaciales se les denomina bloques irregulares.
 - **Abertura.** Es la distancia perpendicular entre las paredes adyacentes de una discontinuidad, cuando no existe material de relleno. Existen discontinuidades cerradas.
 - **Relleno.** Es el material de naturaleza distinta a la roca que aparece entre las paredes de una discontinuidad, mayormente es más blando que el macizo rocoso. Influye e la resistencia al corte de la roca.
 - **Forma.** Es el grado de rugosidad de la superficie y la ondulación de la discontinuidad, pues ambos afectan la resistencia del macizo rocoso. Una alta rugosidad aumenta la resistencia a la fricción.
 - **Alteración en las paredes.** Se determina el grado de intemperismo de las caras de las discontinuidades, influye en la resistencia de la masa rocosa.

3.3 Factores Influyentes

Los factores influyentes, para la clasificación del macizo rocoso, son los hidrológicos, tensionales y constructivos.

- **Hidrológicos**

La presencia de agua subterránea en una excavación es muy importante por originar cambios en el comportamiento del macizo rocoso y su revestimiento, debido a saturación, presiones intersticiales, disolución, lixiviación y corrosión. Cuando la excavación se encuentra debajo del nivel freático ésta actúa como un Dren y debe ser tomado en cuenta su presión, especialmente si atravesará zonas débiles.

Las consecuencias que origina el agua en el macizo rocoso es la disminución de la resistencia, aumento de las presiones intersticiales sobre el sostenimiento y revestimiento, hinchamientos y reblandecimientos en materiales arcillosos, formación de cavidades en materiales salinos y graves problemas de avance en la excavación.

El agua que se infiltra en un macizo rocoso tiene lugar preferentemente a través de las fracturas o por conductos de mayor tamaño en rocas carstificadas, la cual se llama permeabilidad secundaria y si fuera a través de la matriz rocosa se llamaría permeabilidad primaria. También se debe de considerar la cantidad y calidad del agua.

- **Tensionales**

El macizo rocoso se encuentra sometido a tensiones naturales como consecuencia de su historia geológica. Las tensiones en su interior se han originado por fuerzas exteriores (tectónicas, relajamiento y por el peso de la roca suprayacente). Estas tensiones sufren modificaciones al producirse la excavación subterránea y dan origen a tensiones inducidas (esfuerzos tangenciales), las cuales actúan en la superficie excavada. Las tensiones existentes en los macizos rocosos pueden agruparse dentro de dos grupos: **naturales e inducidas**.

Las tensiones naturales son originadas por:

- **Efectos de montaña o sobre carga:** Cuando una zona de la litosfera sufre una carga por efecto de una diferencia de elevación topográfica, o por variaciones laterales en la densidad de los materiales se producen importantes tensiones.

La tensión vertical (σ_v) resulta del peso de una columna de roca por unidad de área de un segmento de la corteza terrestre y es definida como:

$$\sigma_v = \rho g z = \gamma \cdot z$$

Donde:

ρ = Densidad del material, γ = Peso específico, g = Aceleración de la gravedad (9.8 m/seg²) y z = Profundidad o espesor de roca.

Esta tensión vertical puede originar a su vez esfuerzos laterales horizontales inducidos al tender las rocas a expandirse en direcciones perpendiculares o transversales con respecto a las cargas verticales.

- **Efectos tectónicos:** Estas tensiones son las responsables del movimiento de las placas litosféricas. Se deben al arrastre y empuje de las placas por corrientes de convección, deslizamientos de las placas a partir de los flancos de dorsales oceánicas, empujes ascendentes de materiales en las dorsales y diferencia de densidad y de carga entre las placas litosféricas y astenosféricas. La distribución de las fuerzas actuantes sobre las placas se originan en los bordes de subducción, dorsales y escudos.
- **Efectos de relajamiento:** Estas tensiones se originan por los cambios de volumen y las diferencias en las cargas producidas por la erosión activa sobre la corteza terrestre formándose grietas de relajamiento o diaclasas como respuesta a estos procesos, cuyo buzamiento es muy similar al relieve topográfico.

Las tensiones inducidas se produce cuando existe una modificación en el estado de esfuerzos del macizo rocoso como consecuencia de una excavación, la cual origina una distribución de las tensiones, esto es de gran importancia en el diseño de excavaciones.

Existen factores geológicos y morfológicos que influyen en el campo de esfuerzos, como su dirección regional y magnitud, originando anisotropías tensionales cuyas causas se deben principalmente a los siguientes factores:

- Zonas de concentración de esfuerzos: fallas, pliegues, diques y volcanes.
- Efectos de cargas y descargas de materiales: levantamiento, erosión, efecto de glaciaciones y sedimentación.
- Morfología de valles profundos.

Con respecto a la morfología de los valles profundos, el efecto topográfico es muy importante en donde se aprecian los efectos de anisotropías tensionales. Los casos más habituales en donde se han medido tensiones importantes por esta causa son las siguientes:

- Laderas de valles con profundidades de mas de 500 m y pendientes superiores a 25°.
- Laderas de valles excavados en rocas blandas con profundidades superiores a los 300 m.

En la construcción de túneles es muy importante definir la relación entre las tensiones horizontales (σ_H) y tensiones verticales (σ_V), definida por la constante k . Existen múltiples propuestas sobre el valor de esta constante que varía en función de la profundidad, tal como se muestra (Hoek y Brown, 1978):

$$k = \frac{100}{z} + 0.3 \text{ a } k = \frac{1500}{z} + 0.5 \text{ (ver figura 3.3-A)}$$

Donde z : profundidad en metros.

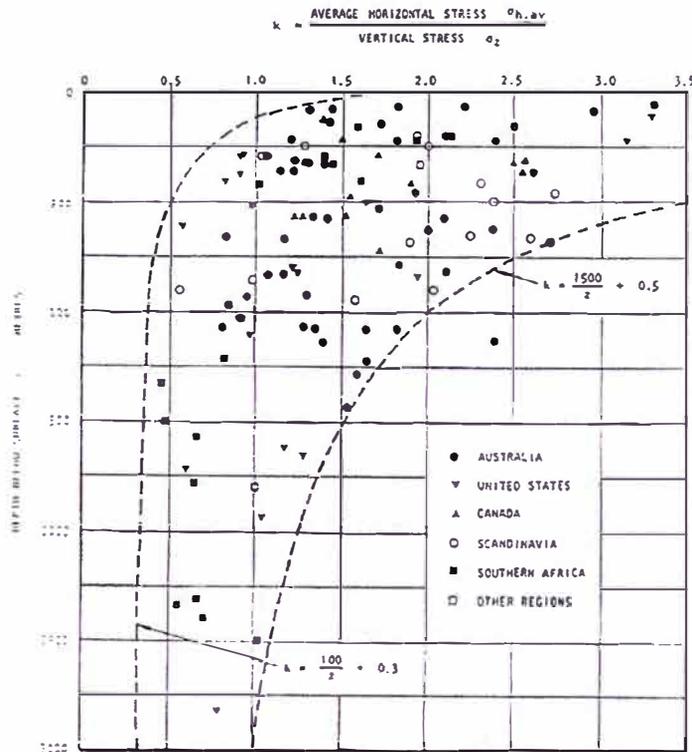


Figura 3.3-A: Variación de la relación tensión horizontal y vertical (k) con la profundidad (González de Vallejo, 2000).

En el presente trabajo el valor de k se ha obtenido en función de investigaciones realizadas por González de Vallejo 2006, para rocas plegadas del Cretáceo y que se encuentran dentro del ábaco de los resultados de las mediciones de tensiones de Hoek y Brown. El valor de k se encuentra entre 1.5 a 2.5 (alto a muy alto) y corresponde a áreas situadas en los bordes de placa, con comportamientos mecánicos frágiles y muy resistentes, estructuras topográficas con relieves altos a moderados, erosión moderada a elevada y con fracturamiento predominante (ver cuadro 3.3-B).

Factores	Magnitud de las tensiones horizontales esperables		
	Altas	Medias	Bajas
Situación geodinámica	-	Intraplaca (regiones no cratonizadas)	Intraplaca (cratones)
	Borde de placa convergente	Borde de placa convergente y de falla transformante	Borde de placa divergente
Flujo Térmico	Alto	Medio	Bajo
Espesor de la corteza	Bajo	Medio	Alto
Comportamiento geomecánico	Frágil, muy resistente y elástico	Frágil, moderad. resistente y elástico	Dúctil, baja resistencia y escasa elasticidad
Estructuras tectónicas	Compresivas	Compresivas y en dirección	Distensivas
Efecto topográfico	Relieve muy alto o muy abrupto	Relieve alto a moderado	Sin efecto topográfico
Sobrecargas preexistentes	Erosión elevada	Erosión moderada	Sin efecto apreciable.
Zonas tectonizadas	Muy tectonizadas	Fracturas predominantes	Sin fracturar o pocas fracturas

Figura 3.3-B: Factores influyentes en el estado tensional (González de Vallejo, 2006).

Para determinar el valor de k en nuestro país se requiere de mediciones de tensiones naturales in-situ, los cuales no se han realizado debido a la falta de instrumentación e investigación detallada y también a su alto costo.

- **Constructivos**

Los factores constructivos para una excavación son: tamaño y uso de túnel, método de excavación y orientación de la misma.

El tamaño de la excavación está relacionado con la condición geomecánica del macizo rocoso. Cuando el tamaño aumenta la posibilidad de caídas de bloques es mayor, por lo que se necesitará mayor sostenimiento.

La orientación de la excavación depende de varios factores condicionantes del macizo rocoso, como el principal sistema de fractura o estratificación, presencia de fallas y plegamiento.

3.4 Caracterización del Macizo Rcoso

Es necesario definir al macizo rocoso tanto en forma cualitativa como cuantitativa utilizando rangos de valores y no un valor único, ya que, el origen y evolución de un macizo rocoso le dan caracteres heterogéneos, irregulares, anisotrópicos y discontinuos.

Un esquema de caracterización del macizo rocoso debe:

- 1) Implicar procedimientos de clasificación transparentes y reproducibles basados en datos geotécnicos objetivos relacionados con la condición natural del macizo rocoso.
- 2) Proporcionar parámetros de diseño que se correlacionen directamente con el análisis numérico y con el diseño del revestimiento temporal y definitivo.
- 3) Relacionarse con los esquemas de clasificación estándar, permitiendo chequeos comparativos plausibles y entendimiento universal en un ambiente de ingeniería internacional.
- 4) Descubrir los comportamientos de los macizos rocosos y los modos de rotura típicos que se corresponden con las clases de sostenimiento rutinarias y que pueden ser verificadas por medidas de las deformaciones y observaciones mediante la excavación del túnel.
- 5) Describir condiciones de peligro no estándar y los riesgos geotécnicos que pueden ser controlados por medidas de sostenimiento no rutinarias y/o consideradas en un proyecto específico con un plan de gestión del riesgo.

Un concepto propuesto para la caracterización de macizos rocosos combina los métodos de clasificación cualitativos y cuantitativos y fue elaborado originalmente para sistemas de clasificación de proyectos específicos (ver figura 3.4-A).

El proceso de caracterización se utiliza para definir los "Tipos de macizos rocosos" (TMRs) y determinar el comportamiento del mismo al ser excavado, esto se da al correlacionar las condiciones naturales con los factores influyentes. En función de los tipos de macizos rocosos se selecciona el sostenimiento a ser colocado, identificando además los tipos de falla (modos de rotura) que se puedan presentar (ver figura 3.4-B)

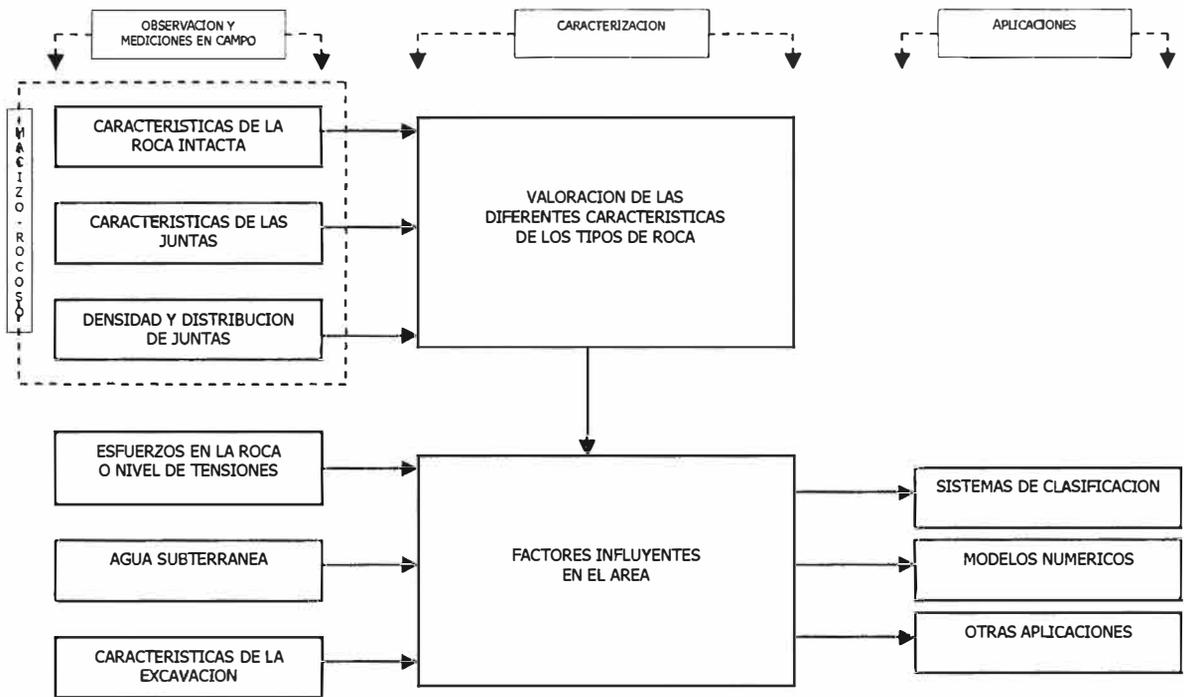


Figura 3.4-A: Relación entre la caracterización y clasificación del macizo rocoso (GeoEng, 2000).

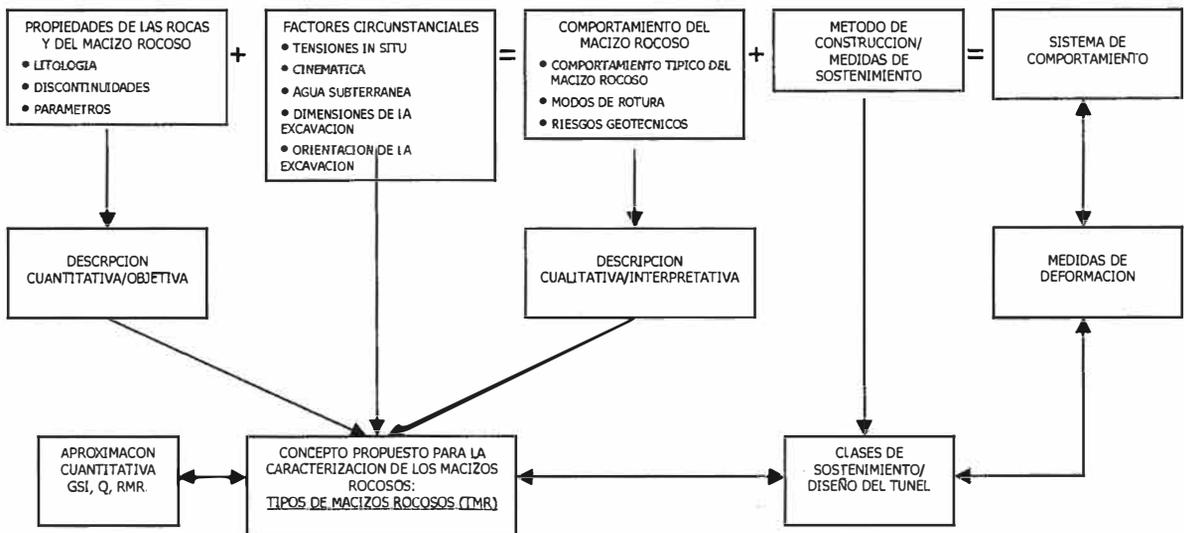


Figura 3.4-B: Proceso de identificación para definir el tipo de macizo rocoso (TMR) en cada proyecto, tomando en cuenta la caracterización, factores influyentes y comportamiento del macizo rocoso (Poschl, Kleberger, 2006).

- **Sistema RMI – Rock Mass Index - (Palmstrom, 1995)**

El Sistema RMI es un índice que valora la resistencia del macizo rocoso y esta basado en parámetros geológicos bien definidos e inherentes al macizo rocoso, Figura 3.4-C, y se calcula a través de la ecuación:

$$RMI = \sigma_{ci} \cdot JP$$

Donde:

σ_{ci} : Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta (especímenes de 50 mm).

JP : Parámetro de diaclasado.

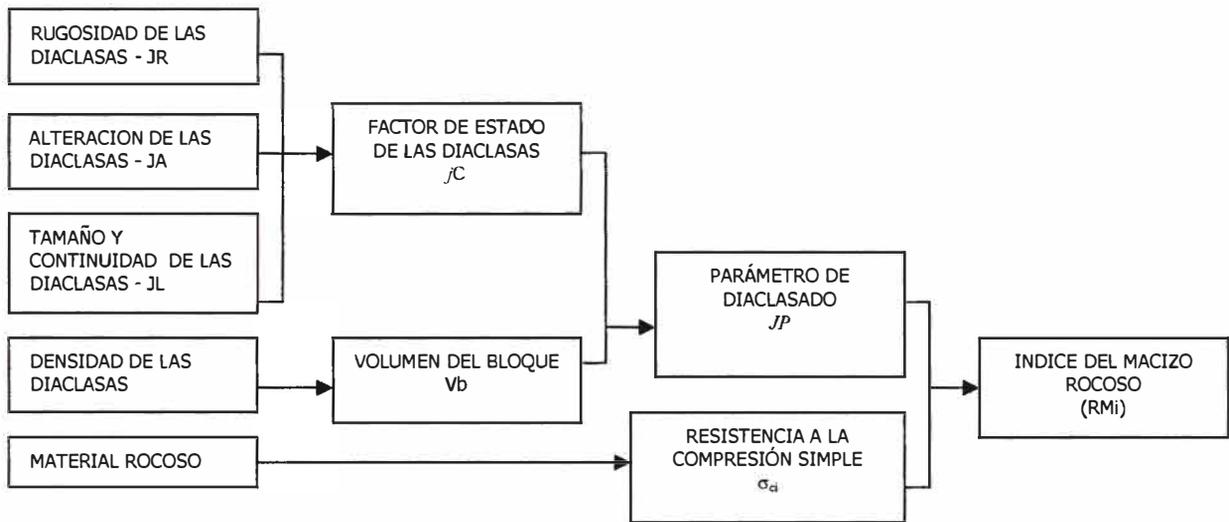


Figura 3.4-C: Parámetros geológicos tomados en cuenta para la determinación del Índice del Macizo Rocoso – RMI (Palmstrom, 1995).

A. Resistencia de la Roca Intacta (σ_{ci})

Esta relacionada con el valor obtenido en ensayos de compresión uniaxial en muestras de rocas no afectadas por ningún tipo de discontinuidad. Puede asumirse en el campo con ensayos de carga puntual o golpes con picota que nos proporcionan intervalos de resistencia (ver tabla 3.4-A).

Roca	Uso de Picota	Tipo	Resistencia (MPa)
Extrem. dura	Solo se astilla	R6	>250
Muy dura	Se rompe con mas de 5 golpes	R5	100-250
Dura	Se rompe con 3 a 5 golpes	R4	50-100
Mod. dura	Se rompe con 1 a 2 golpes	R3	25-50
Blanda	Se indenta superficialmente	R2	5-25
Muy blanda	Se indenta profundamente	R1	1-5

Tabla 3.4-A: Valoración de la resistencia según el uso de la picota (ISRM, 1980).

B. Parámetro de Diaclasado (JP)

El parámetro de diaclasado es un coeficiente de reducción que representa el tamaño del bloque y la condición de sus caras por medio de sus propiedades de fricción y de la dimensión de las diaclasas, la cual se determina por la siguiente ecuación:

$$JP = 0.2\sqrt{jC}.Vb^D$$

Donde:

jC : Factor de estado de las diaclasas.

Vb : Volumen del bloque expresado en m^3 .

D : $0.37.jC^{-0.2}$.

C. Factor de Condiciones (jC)

El factor de estado jC de las diaclasas se expresa de la siguiente manera:

$$jC = jL \frac{jR}{jA}$$

Donde:

jL : Factor de longitud y continuidad de las diaclasas.

jR : Factor de la rugosidad de la pared de la diaclasa (similar a Jr en el sistema Q).

jA : Factor de alteración, representa el tipo de pared de la diaclasa, es decir, el recubrimiento o meteorización y posibles características del relleno (similar a Ja en el sistema Q).

Rugosidad del plano de la diaclasa a pequeña escala.	Ondulación del plano de diaclasado a gran escala				
	Planar	Liger. ondulado	Altamente ondulado	Escalonado	Entrelazado (a gran escala)
Muy Rugoso	3	4	6	7.5	9
Rugoso	2	3	4	5	6
Ligeramente rugoso	1.5	2	3	4	4.5
Uniforme	1	1.5	2	2.5	3
Pulido	0.75	1	1.5	2	2.5
Espejo de falla	0.6 -1.5	1 - 2	1.5 - 3	2 - 4	2.5 - 5
Para diaclasas rellenas, $jR=1$. para diaclasas irregulares, se sugiere $jR=5$					

Tabla 3.4-B: Valores del factor de rugosidad de las diaclasas (jR) desde uniforme hasta ondulada (los valores de jR son similares a Jr del sistema Q), Palmstrom, 1995.

Contacto entre las dos superficies de las paredes de las diaclasas			
Termino	Descripción	<i>jA</i>	
Diaclasas limpias			
• Diaclasas "soldadas" o "pegadas"	Relleno blando e impermeable (cuarzo, epidota) Superficies sin recubrimiento o relleno	0.75	
• Paredes de roca inalterada		1	
• Alteración de la pared de la diaclasa * 1 grado mas alterada	La superficie de la diaclasa presenta una categoría mas de alteración que la roca	2	
* 2 grados mas alterada	La superficie de la diaclasa presenta dos categorías mas de alteración que la roca	4	
Diaclasas con recubrimiento o relleno fino			
• Arenas, limos, calcita, etc.	Recubrimiento de material friccional sin arcilla	3	
• Arcillas, cloritas, talco	Recubrimiento de material blando y cohesivo	4	
A. Diaclasas rellenas, con parcial o ningún contacto entre las superficies de las paredes			
Tipo de material de relleno	Descripción	Contacto parcial entre las paredes. Relleno fino (< 5mm) <i>jA</i>	Sin contacto entre las paredes. Relleno fino o milonita <i>jA</i>
• Arena, limos, calcita, etc.	Relleno con material friccional sin arcilla	4	8
• Materiales arcillosos compactados	Relleno duro proveniente de materiales blandos y cohesivos	6	10
• Materiales arcillosos blandos	Sobreconsolidación media a baja del relleno	8	12
• Materiales arcillosos expansivos	Material de relleno que exhibe claras propiedades expansivas	8 - 12	12 - 20

Tabla 3.4-C: Caracterización y valuación del factor de alteración (jA). (Los valores de jA es similar a Ja en el sistema Q, excepto por el grado de alteración), Palmstrom, 1995.

Longitud de las diaclasas (m)	Termino	Tipo	jL	
			Diaclasas continuas	Diaclasas discontinuas
< 0.5	Muy corta	Foliación / Estratific.	3	6
0.1 – 1	Corta /Pequeña	Diaclasa	2	4
1 – 10	Media	Diaclasa	1	2
10 – 30	Larga / Media	Diaclasa	0.75	1.5
>30	Muy larga / Grande	Diaclasas rellenas, diques	1	1

Tabla 3.4-D: Valores del factor de tamaño y continuidad de las diaclasas jL , (Palmstrom, 1995).

Caracterización		RMi (MPa)
Termino para el RMi	Termino relacionado con la resistencia del macizo rocoso	
Extremadamente bajo	Extremadamente blanda	<0.001
Muy bajo	Muy blanda	0.001-0.01
Bajo	Blanda	0.01-0.1
Moderado	Media	0.1-1
Alto	Resistente	1-10
Muy alto	Muy resistente	10-100
Extremadamente alto	Extremadamente resistente	>100

Tabla 3.4-E: Clasificación de RMi, (Palmstrom, 1995).

D. Factor de Volumen de Bloque (Vb)

El factor de volumen de bloque relaciona el tamaño y forma del bloque unitario que es determinado a partir del espaciamiento entre diaclasas, orientación de las diaclasas, numero de familias y persistencia de las diaclasas. El volumen de bloque cuyas formas son equivalentes a paralelepípedos (columnar, tabular o cúbico) se define por la siguiente relación:

$$Vb = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

Donde:

S_i : Son los espaciamientos entre diaclasas.

Este factor reemplaza en forma significativa al parámetro de RQD que es utilizado en clasificaciones geomecánicas como el índice Q y RMR.

- **Sistema GSI (Hoek, 1997)**

El sistema GSI se basa en las condiciones estructurales y las condiciones superficiales de las paredes de las discontinuidades. Este índice permite determinar el valor de resistencia del macizo rocoso (σ_{ma}) al correlacionarse con la resistencia de la roca intacta (σ_{ci}) mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{ma} = 0.022 \cdot \sigma_{ci} \cdot e^{0.038 \cdot GSI}$$

Este sistema presenta dos tablas de caracterización, el primero del tipo cualitativo donde se describe la condición de la roca y el segundo del tipo cuantitativo donde se asume valores numéricos para cada una de estas condiciones (ver tablas 3.4-F y G).

A. Condiciones Estructurales

Esta basada en el número de sistemas de discontinuidades, el espaciamiento existente entre ellas, su grado de entrelazado y la afectación por estructuras como plegamiento y fallamiento. De acuerdo a estas condiciones se dividen en:

- **Masiva o intacta:** Especímenes de roca intacta o roca masiva in-situ con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas.
- **Fracturada en bloques (Levemente Fracturada):** Macizo rocoso no perturbado muy bien entrelazado con bloques formado por tres familias ortogonales entre sí,
- **Muy Fracturada en bloques (Moderadamente Fracturada):** Macizo rocoso entrelazado, parcialmente perturbado con bloques angulares formados por cuatro o más familias de discontinuidades.
- **Fracturada en bloques perturbados y agrietados (Muy Fracturada):** Afectada por pliegues o fallas con bloques angulares formadas por intersección de más de cuatro familias con estratificación o esquistocidad persistente.
- **Desintegrada (Intensamente Fracturada):** Pobrementemente entrelazada con considerables números de fragmentos angulares o redondeados.
- **Cizallada/laminada (Triturada):** Carece de bloques y se presentan planos de esquistocidad o cizallamiento.

B. Condiciones Superficiales

Se basa en la forma de las discontinuidades, grado de alteración y recubrimiento o relleno y la presencia de estriaciones por efectos de falla. Se clasifican en:

- **Muy Buena:** Superficies bien rugosas, frescas sin meteorización.
- **Buena:** Superficies rugosas, ligeramente meteorizada con manchas de oxidación.
- **Regular:** Superficies lisas, moderadamente meteorizadas o alteradas.
- **Mala:** Superficie con presencia de estrías, altamente meteorizadas con recubrimientos compactos o rellenos de fragmentos angulares.
- **Muy mala:** Superficie pulida con estriaciones, altamente meteorizada con recubrimientos o rellenos blandos a muy blandos.

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGUN GSI		CONDICIÓN SUPERFICIAL				
ESTRUCTURA		MUY BUENA SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS.	BUENA DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACIÓN, LIBER. ABIERTA.	REGULAR DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LICERAMENTE ABIERTAS.	MALA SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA.	MUY MALA SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS.
	MASIVA (MASIVA O INTACTA) ROCA MASIVA CON DISCONTINUIDADES OCASIONALES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (ROD > 90)	90 85 80				
	LEVEMENTE FRACTURADA. (FRACTURADA EN BLOQUES) MUY BIEN TRABADA, TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (ROD 75 - 90)	75 70 65 60				
	MODERADAMENTE FRACTURADA. (MUY FRACTURADA) BIEN TRABADA, POCO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (ROD 50 - 75)		55 50 45			
	MUY FRACTURADA. (FRACTURADA/PERTURBADA) MODERADAMENTE TRABADA, PARCIAL- MENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (ROD 25 - 50)			40 35 30		
	INTENSAMENTE FRACTURADA. (DESINTEGRADA) PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTER- CEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (ROD 0 - 25)				25 20	
	TRITURADA O BRECHADA. (FOLIADA/LAMINADA) LICERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISCREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN ROD).				15 10 5	

Tabla 3.4-F: Caracterización del macizo rocoso del tipo cualitativo, según el GSI (Marinos y Hoek, 2000).

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGUN GSI		CONDICION SUPERFICIAL				
ESTRUCTURA		MUY BUENA MUY BIEN TRABADA E INALTERADAS, CERRADAS.	BUENA DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIBER. ABIERTA.	REGULAR DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS.	MALA SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA.	MUY MALA SUPERFICIE PULIDA Y ESTRADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS.
	MASIVA (MASIVA O INTACTA) ROCA MASIVA CON DISCONTINUIDADES OCASIONALES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (ROD > 90)	M/MB	M/B	-	-	-
	LEVEMENTE FRACTURADA (FRACTURADA EN BLOQUES) MUY BIEN TRABADA, TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (ROD 75 - 90)	L F / M B	L F / B	L F / R	L F / M	L F / M M
	MODERADAMENTE FRACTURADA. (MUY FRACTURADA) BIEN TRABADA, POCO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (ROD 50 - 75)	F / M B	F / B	F / R	F / M	F / M M
	MUY FRACTURADA. (FRACTURADA/PERTURBADA) MODERADAMENTE TRABADA, PARCIAL- MENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (ROD 25 - 50)	M F / M B	M F / B	M F / R	M F / M	M F / M M
	INTENSAMENTE FRACTURADA. (DESINTEGRADA) PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTER- CEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (ROD 0 - 25)	I F / M B	I F / B	I F / R	I F / M	I F / M M
	TRITURADA O BRECHADA. (FOLIADA/LAMINADA) LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISCRECABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN ROD).	-	-	T / R	T / M	T / M M

Tabla 3.4-G: Caracterización del macizo rocoso del tipo cuantitativo, según el GSI (Marinos y Hoek, 2000).

- **Correlación entre los Sistemas de Caracterizaron R_{Mi} y GSI.**

Ambos sistemas de caracterización están relacionados con la condición natural del macizo rocoso, los cuales toman en cuenta las condiciones de las discontinuidades y el tamaño y forma de los bloques que afectan al parámetro de resistencia de la roca intacta. En la caracterización, según el sistema R_{Mi}, esta valoración es directa y el valor de condición de fracturas es equivalente al valor de *J_P*. En el índice GSI el valor de condición de fracturas es el mismo GSI, por lo tanto el R_{Mi} es similar o equivalente a la resistencia de la masa rocosa obtenida a partir del GSI. Recientemente se ha correlacionado a ambas caracterizaciones (ver tabla 3.4-H).

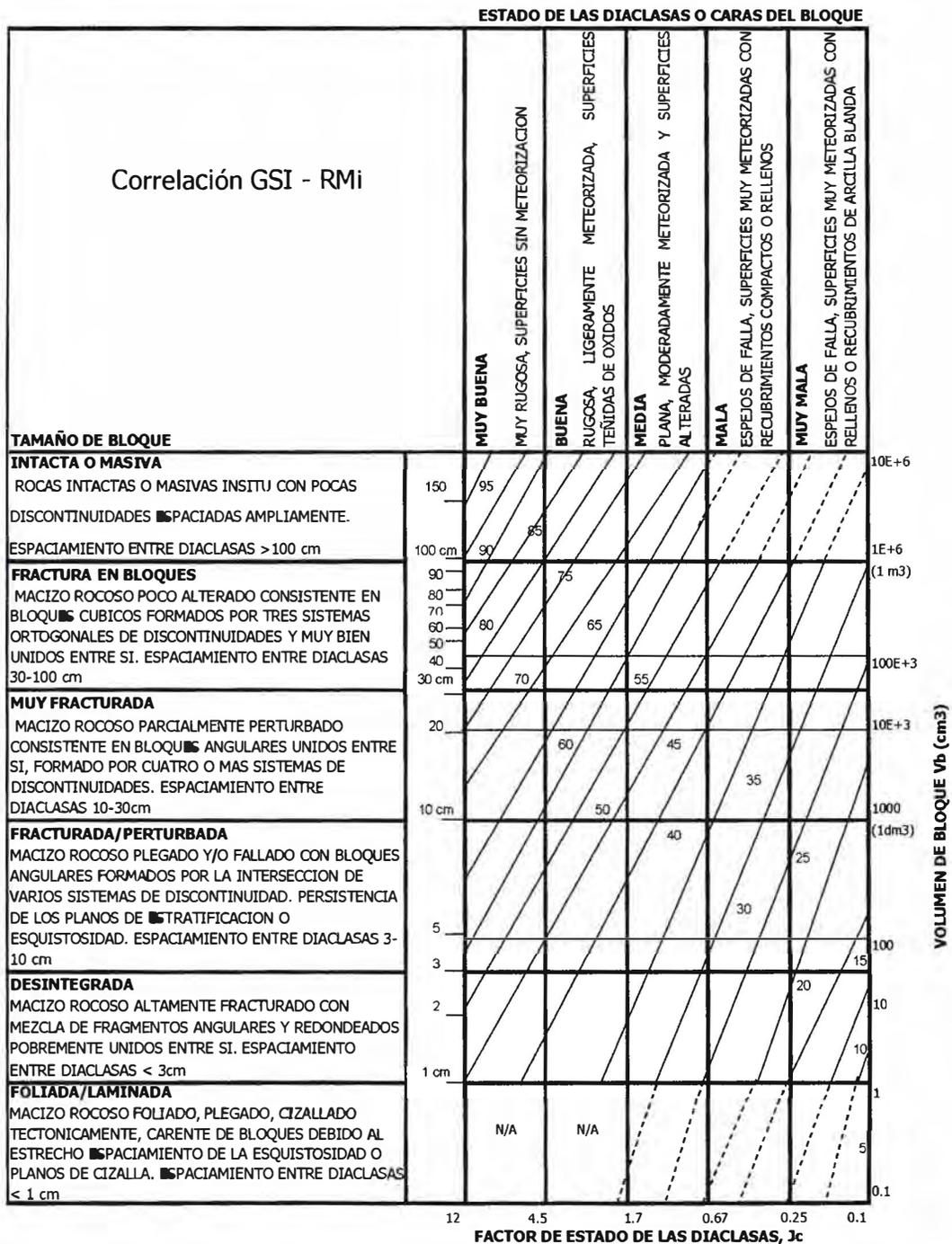


Tabla 3.4-H: Correlación de los sistemas Rmi y GSI (Cai, Kaiser y otros, 2006).

3.5 Tipos de Fallas del Macizo Rocoso

Al realizar una excavación subterránea se presenta en la superficie de la excavación fallas por efecto de la condición geomecánica del macizo rocoso y sus factores influyentes que comprenden la redistribución tensional, presencia de agua y condición de excavación. Las mismas que se agrupan en fallas por deformación o fluencia, característicos de rocas blandas a muy blandas e intensamente fracturadas; fallas estructuralmente controladas, caracterizadas por depender de los sistemas de fracturas existentes y su relación con la dirección de la

excavación y finalmente, fallas por sobretensión en rocas masivas o levemente fracturadas, detallándose a continuación cada una de ellas.

- **Falla por deformación**

Las fallas por deformación se clasifican en: fallas por fluencia, definidas como una gran deformación dependiente del tiempo que ocurre alrededor de un túnel asociada a la fluencia de rocas plásticas o dúctiles causadas por tensiones que superan la resistencia límite al esfuerzo cortante. La deformación puede producirse durante la construcción o continuar durante un largo periodo de tiempo. **La deformación por fluencia** (squeezing) esta asociado a macizos rocosos de poca resistencia y deformabilidad, tales como esquistos, pizarras arcillosas, margas arcillosas y tufos volcánicos.

Para estimar las condiciones de fluencia en un túnel se basa en el cálculo del ratio:

$$\frac{\sigma_{ma}}{\gamma \cdot z}$$

Donde:

σ_{ma} = Resistencia a compresión del macizo rocoso.

γ = Peso específico de la roca.

z = Cobertura de roca sobre el túnel.

Grado de Fluencia	Ratio
Sin Fluencia	>1.0
Fluencia Ligera	0.4 – 1.0
Fluencia Moderada	0.2 – 0.4
Fluencia Alta	<0.2

Tabla 3.5-A: Grado de Fluencia (Barla, 1995).

La deformación por hinchamiento (swelling) esta relacionado principalmente en macizos rocosos con presencia de arcillas expansivas, tales como lutitas o tufos volcánicos bentoníticos.

La deformación por desprendimiento o desmoronamiento (ravelling) se produce en rocas intensamente fracturadas y con rellenos de arcillas en sus fracturas.

En el área de los túneles el tipo de falla por deformación que se prevé esta relacionado con el desprendimiento o desmoronamiento en zonas de falla o intensamente fracturadas, consideradas como macizos rocosos continuos.

- **Fallas estructuralmente controladas**

Estas fallas se originan en rocas leve a muy fracturadas, dependiendo de los sistemas de discontinuidades y la orientación y dimensión del túnel. Están controlados por dos o más sistemas de discontinuidades (cuñas y bloques). Para su definición se utilizan las proyecciones estereográficas, los volúmenes del bloque y los valores de los ángulos de fricción interna (ϕ) y cohesión (c) entre las paredes de las fracturas.

Cuando las fracturas están abiertas, los ángulos de fricción y cohesión son determinados en el relleno. Si existe contacto entre fracturas estos parámetros son determinados por la rugosidad de las paredes de las fracturas (JRC).

Se prevé este tipo de falla con mayor probabilidad de acuerdo a las condiciones geomecánicas de los diferentes tipos de macizos rocosos donde serán excavados estos túneles y se consideran como macizos rocosos discontinuos.

- **Falla por sobretensión**

Estas fallas se definen como una súbita o violenta fracturación del macizo rocoso cuando este acumula un exceso de energía deformacional elástica después de la excavación. Para que un macizo rocoso pueda presentar este comportamiento deben concurrir simultáneamente las siguientes condiciones:

- Que la roca sea capaz de acumular suficiente energía deformacional, lo cual, generalmente implica que el macizo posea determinadas propiedades mecánicas (grado de rigidez o fragilidad) y que el nivel de tensiones in-situ sea elevado o exista una fuerte anisotropía tensional.

Que el macizo rocoso se encuentre masivo a levemente fracturado, ya que una mayor fracturación dispararía las tensiones y reduciría la acumulación de energía.

Para una zonificación de presencia de lajamientos (spalling), descostramientos (slabing) o estallidos de roca (rockburst) en un túnel se toman en cuenta los criterios detallados a continuación y los factores de corrección.

A. Criterio de energía de deformación elástica: Se tabula el riesgo de estallido de la roca en función de la energía potencial de deformación elástica y se le denomina abreviadamente como PES , cuyo valor es:

$$PES = \frac{\sigma_c^2}{2.E_s}$$

Donde:

PES = Energía Potencial de Deformación Elástica de la roca (KPa).

σ_{ci} = Resistencia a la compresión uniaxial (MPa).

E_s = Modulo de deformación de la roca intacta (MPa).

Según Richard E. Goodman, 1989, la relación E_s / σ_{ci} para rocas Granodioritas, Dioritas, Andesitas y Cuarzitas es 319, 368, 206 y 276, respectivamente.

Energía Potencial de Deformación Elástica (PES), (KPa)	Valoración del riesgo de estallido
$PES \geq 50$	Riesgo Muy Bajo
$100 \geq PES > 50$	Riesgo Bajo
$150 \geq PES > 100$	Riesgo Moderado
$200 \geq PES > 150$	Riesgo Alto
$PES > 200$	Riesgo Muy Alto

Tabla 3.5-B: Riesgo de estallido vs. Energía de deformación elástica (Kwasnieswsky, 1994).

B. Criterio de la tensión tangencial: Considera tanto el estado tensional del macizo rocoso como las propiedades mecánicas de las rocas y se expresa de la siguiente forma:

$$T_s = \frac{\sigma_\theta}{\sigma_{ci}}$$

Donde:

σ_θ = Tensión tangencial de la roca, ubicada en la periferia de la excavación. Se puede definir en techo ($\sigma_{\theta,t}$) y paredes ($\sigma_{\theta,p}$), los cuales dependen de la forma del túnel, la constante k , la profundidad (z) y el peso específico de la roca (γ).

σ_{ci} = Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta.

El desarrollo de la tensión tangencial en paredes y techo se explica en el ítem 9.1-B.

Intervalo de T_s	Valoración del riesgo de estallido
<0.3	No existe riesgo
0.3 – 0.5	Riesgo de débil estallido
0.5 – 0.7	Riesgo de estallido fuerte
>0.7	Riesgo de estallido violento

Tabla 3.5-C: Riesgo de estallido vs. Tensión tangencial (Wang, 1998).

C. Criterio de fracturación: Es dependiente del RQD del macizo rocoso o su tamaño o forma de bloque unitario.

Índice de Fracturación RQD (%)	Valoración del riesgo de estallido
RQD<25	No existe riesgo
25<RQD<50	Riesgo bajo
50<RQD<75	Riesgo moderado
RQD>75	Riesgo alto

Tabla 3.5-D: Riesgo de estallido vs. Índice de Fracturación (Arlandi, Gonzáles, 2006).

D. Factores de corrección:

- **Anisotropía Tensional:** Cuando se comprueba la existencia de campos tensionales fuertemente anisotrópicos, estos influyen sobre el valor de la resistencia a la compresión simple de la roca intacta (σ_{ci}), cuyo valor debe ser corregido por un factor de corrección.

Relación σ_1/σ_3	Factor de corrección
<5	Sin corrección
5-10	0.75
>10	0.50

Tabla 3.5-E: Anisotropía tensional vs. Factor de corrección (Barton, 2000).

Estos valores están asociados a la morfología del terreno y eventos tectónicos que han afectado el área. Para determinar su valor se realizan mediciones in-situ como el Over Coring o el hidrofracturamiento.

- **Condición de Excavación:** Esta condición afecta los valores de RQD según el sistema de excavación.

Tipos de excavación	Factor de corrección
Maquina Tunelera (TBM)	Sin corrección
Voladura controlada (Smooth blasting)	0.90
Voladura no controlada	0.70-0.80

Tabla 3.5-F: Excavación vs Factor de corrección (Bieniaswki).

Una vez identificados los tramos de una excavación de acuerdo a los criterios de evaluación presentados y sus respectivos valores de corrección, se aplica la siguiente zonificación de acuerdo al grado real de riesgo de esta.

- A. Riesgo Elevado:** Rocas no fracturadas ($RQD > 75$) con aptitud para acumular energía ($PES > 150$ KPa) y alto ratio tensional ($T_s > 0.7$). Ocurrencia de estallido de rocas.
- B. Riesgo Posible:** Rocas no fracturadas ($RQD > 75$) con valores de PES y TS no simultáneamente altos. Ocurrencia de lajamiento o descostramiento de rocas.
- C. Riesgo Inexistente:** Cuando la roca se encuentra muy fracturada ($RQD < 50$) o cuando no lo este (RQD alto) pero no tenga aptitud para acumular energía deformacional (PES y T_s bajo).

En el presente trabajo se ha realizado esta zonificación con el objeto de correlacionarla con la zonificación geomecánica para la definición de los tipos de soporte a ser colocado.

4.0 GEOMORFOLOGIA

La Cuenca del río Pativilca presenta un relieve característico de los ríos de la Costa Peruana con una hoya hidrográfica alargada y de fondo profundo, presenta fuertes pendientes de fisiografía escarpada y en partes abruptas, cortada por quebradas de cauce profundo y estrechas gargantas. Las unidades geomorfológicas que corresponden a esta área son:

- **Zona de Cuenca media**

- **Etapa Cañón y Valle**

Corresponden a altitudes comprendidas entre 1 000 a 4 000 msnm, presentan una topografía que varía desde llana (márgenes del río) hasta abrupta, con pendientes naturales entre 20% a 70%.

La sección transversal de los valles presenta un perfil en "V" ancho y abierto en la parte superior, encañonándose en la parte inferior. Los valles tributarios se encuentran en estado juvenil con procesos de encañonamiento y erosión regresiva.

- **Zona de Cuenca alta**

- **Sub - Unidad. Zona del altiplano**

Comprende altitudes entre los 4 000 a 4 800 msnm. Se caracteriza por presentar formas topográficas de típico modelado glaciar y fluvio-glaciar (valles en forma de U, circos glaciares, picos, aristas, valles y circos colgados, morrenas, lagunas). Algunos de los antiguos circos glaciares forman, hoy, el vaso de varias lagunas, como las de Jurao, Solterococha, Huarmicocha, Sarapococha, Jahuacocha, etc.

Los sistemas de drenaje principales y tributarios presentan en sus cauces pendientes que varían de 1% a 2%, en las zonas de influencia glaciar con formas meandriformes y de 3% a 10% en la zona de influencia fluvio glaciar, presentando en algunos tramos caídas o cataratas relacionadas con cierres en roca o por aluviones que han afectado los cauces mayores, dejando valles glaciares colgados (ver fotografía N°1).

- **Sub – Unidad Zona de áreas glaciadas**

Se les localiza entre los 4 800 a 6 617 msnm (nevado de Yerupajá), su morfología es abrupta, con pendientes que oscilan entre 10% a 80%.

Predominan los procesos erosivos, físicos-mecánicos, debido a los fenómenos climáticos. Se caracteriza por presentar un casquete glaciar en retroceso que, se observa en las cordilleras de Huayhuash y Raura, donde se distingue que los nevados Jirishanca y Cajat

(naciente del río Pativilca) están en proceso de deglaciación. (Boletín N°8ª, Serie C, INGEMMET, 1984).

Los Túneles Huarihuanca, Rancas y Sahuay se emplazarán en la cuenca media del Pativilca, formada por los ríos Pumarrinri y Huayllapa, los cuales dan origen al río Rapay, afluente principal del río Pativilca.



Fotografía N° 1: Vista panorámica del valle fluvio-glacial del río Pumarrinri, aguas arriba, correspondiente a la zona del altiplano.

5.0 GEOLOGIA REGIONAL

5.1 Estratigrafía

La cuenca del río Pativilca esta formada por rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas, cuyas edades varían desde el Cretáceo inferior hasta el Terciario medio-superior. Las rocas sedimentarias corresponden a las Formaciones Oyón, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat con evidencias de plegamientos y fallamientos y las rocas volcánicas corresponden al Grupo Calipuy de composición andesítica (color verduzco) a riolítica (color violáceo).

Las rocas intrusivas corresponden al Stock Shanuc de composición granodiorítica a diorítica, de edad aproximadamente del Paleógeno al Neógeno (Boletín N°10, Serie D, INGEMMET, 1981), el cual intruye a las rocas sedimentarias y es sin-genético a las rocas volcánicas.

- **Formación Oyón (Ki-oy)**

Las rocas sedimentarias de la Formación Oyón tienen edad del Cretáceo inferior y consiste de lutitas y areniscas cuarzosas con intercalaciones de mantos de carbón y se correlaciona estratigráficamente con la Formación Chicama. Aflora en la región sur de Cajatambo y es mayormente continental. Subyace a la Formación Chimú. (Boletín N°10, Serie D, INGEMMET, 1981).

Es la unidad más antigua en el área de estudio, aflora en ambos márgenes de la cuenca superior del río Rapay, en el área de influencia de las quebradas Cuchichaca, Yapac y Yumar, afluentes de este río. Se observan estratos, delgados a moderados (0.05 a 0.5 m), de lutitas y areniscas con intercalaciones de mantos de carbón (ver fotografía N° 2).

Esta secuencia se encuentra intensamente plegada y fallada por efecto de las rocas intrusivas del Stock Shanuc, el mismo que ha metamorfozeado a estos afloramientos, observándose la presencia de recristalización en las areniscas y lutitas, dándoles una estructura pizarrosa. Será probablemente atravesada por el Túnel Rancas entre las progresivas 1+400 a 1+600.



Fotografía N° 2: Vista de afloramientos de la Formación Oyón, consistente en intercalaciones de estratos delgados de cuarcitas y pizarras, muy a intensamente fracturadas.

- **Formación Chimú (Ki-chi)**

La Formación Chimú se depositó en el Cretáceo inferior, consiste hasta de 700 m aproximadamente de ortocuarcitas de colores blanco a gris claro, generalmente con estratificación gruesa y con un desarrollo de estratificación cruzada, con intercalaciones delgadas de lutitas negras. Se caracteriza por presentar mantos de carbón antracítico. Subyace a la Formación Santa. (Boletín N°10, Serie D, INGEMMET, 1981).

En el área de estudio aflora en ambos márgenes de las cuencas bajas de los Ríos Pumarrinri y Huayllapa, cerca a su confluencia, en bancos de estratificación gruesa mayores de 0.5 m con rumbos predominantes de NS a N20°W con buzamientos de 20° a 50° hacia el SW, formando parte del flanco occidental de un anticlinal. La secuencia cuarcítica se encuentra con espesores mayores de 1 000 m, debido probablemente a fallas de sobre-escurrimiento a lo largo de los planos de estratificación de pizarras bituminosas, ya que los espesores de esta formación no exceden los 700 m.

Se observó en el área cuarcitas y areniscas cuarzosas de grano fino a medio de color blanquecino a gris oscuras del tipo subgrawacas en la parte inferior y cuarcitas cuarzo-sacaroide, de grano fino a medio, color gris clara a blanquecina con intercalaciones de delgados lentes de lutitas gris oscura en la parte media de la secuencia o en láminas entre capas de

cuarcitas. Estas últimas se encuentran atravesadas por delgadas venillas de minerales ferruginosos como pirita y limonitas.

Esta formación será atravesada por el Túnel Rancas, entre las progresivas 1+500 a 4+500 y el Túnel Huarihuanca entre las progresivas 4+000 a 6+000.

- **Formación Santa (Ki-sa)**

La Formación Santa se depositó en el Cretáceo inferior, consiste de algunos centenares de metros de calizas azules o grises finamente estratificadas con algunos horizontes de calizas arcillosas. Sobreyace en discordancia erosional a la Formación Chimú. (Boletín N°8a, Serie C, INGEMMET, 1985).

En el área de estudio aflora en las partes altas de los parajes Rancas y Uramaza con espesores no mayores de 200 m de potencia, en estratos de espesor variable desde algunos centímetros hasta bancos de 2 a 3 m de potencia, presentando un proceso de skarn insipiente por metamorfismo de contacto, debido al emplazamiento del Stock Shanuc.

Probablemente sea atravesado por el Túnel Rancas en las inmediaciones de la progresiva 4+500 y por el Túnel Huarihuanca en las inmediaciones de la progresiva 6+000.

- **Formaciones Carhuaz – Farrat (Ki-ca/fa)**

Las formaciones Carhuaz y Farrat se depositaron en el Cretáceo inferior. La Formación Carhuaz consiste en una secuencia de lutitas y areniscas que por intemperismo presentan coloración marrón a marrón amarillenta, se encuentran con horizontes de areniscas más o menos prominentes, similares en litología y color a los de la Formación Chimú. La Formación Farrat consiste de paquetes delgados de areniscas blancas deleznable de grano medio, ocasionalmente poseen manchas rojas y amarillas, sobreyacen a las lutitas de la Formación Carhuaz. Estas formaciones sobreyacen en forma concordante con la Formación Santa. (Boletín N°8a, Serie C, INGEMMET, 1985).

En el área de estudio no han sido identificadas en forma individual, debido al proceso de metamorfismo de contacto originado por el Stock Shanuc que ha modificado y alterado sus características primarias. Se observaron intercalaciones de lutitas abigarradas intercaladas con areniscas cuarzosas y margas en estratificación delgada en el tramo lutáceo (0.01 a 0.02 m) y gruesa en la zona de margas y areniscas (0.5 a 1.0 m). Presenta la misma orientación y rumbo que la Formación Chimú.

Afloran en las partes altas del poblado de Uramaza, margen derecha del río Pumarrinri. Por la localización de estos afloramientos y las interpretaciones realizadas en base a los perfiles geológicos, estas formaciones no serán atravesadas por los túneles.

- **Grupo Calipuy (Tms-vca)**

El Grupo Calipuy se deposita en el Terciario medio a superior, se encuentra representada por derrames riolítico y riodacíticos de colores gris, gris rojizo, textura porfirítica, estratificada en bancos gruesos y medianos, ocasionalmente con intercalaciones delgadas de horizontes lutáceos de color amarillo rojizo, así mismo conforman esta formación rocas volcánicas andesíticas, brechas, tufos dacíticos, riolíticos y piroclásticos. Las rocas de esta formación se presentan falladas. Sobreyace discordante a las rocas cretáceas y rocas intrusivas. (Boletín N°8a, Serie C, INGEMMET, 1985).

Se observan dos eventos de depositación muy marcados en el área de estudio. El primer evento se observa en el lecho de la cuenca del río Pumarrinri, en las inmediaciones de la quebrada Ullaragra, consta de lavas de textura afanítica a porfirítica con coloraciones violáceas a verduscas de grano muy fino, presentando piroclastos que van aumentando de tamaño en profundidad, siendo posible observar en los afloramientos inferiores una brecha volcánica con matriz lávica rojiza y piroclastos angulosos a sub angulosos de 5 a 10 cm de diámetro. Los afloramientos presentan pseudo-estratificación, en estratos de variada potencia, con rumbo E-W y buzamiento 30° - 45° N y son observables en la margen izquierda de la cuenca intermedia del río Pumarinri, entre Ullaragra y Cajatambo (Cerros Socojirca).

El segundo evento no presenta pseudo-estratificación, tiene apariencia masiva y aflora principalmente en las cumbres del área de estudio, con afloramientos visibles en ambos márgenes de los ríos Pumarinri y Huayllapa, pero en forma discontinua debido al fallamiento y erosión a que estuvo sometida la zona. Su litología consiste de lavas de composición andesítica de color gris oscura, con textura porfirítica. La etapa final de este evento consiste en tufos y brechas piroclásticas de composición riolítica y dacítica.

El Grupo Calipuy se encuentra afectado por fallamiento tensional, ligeramente plegado y diaclasado. Las fracturas presentan relleno o recubrimiento de cloritas, epidotas y sericita insipiente. Asimismo, se observa piritita diseminada.

Será atravesado por el Túnel Huarihuanca entre las progresivas 0+000 hasta aproximadamente 2+700, presenta un tramo con intensa silicificación y muy frágil, asociado a grandes derrumbes, siendo uno de ellos muy reciente ubicado en la quebrada Cachca.

- **Rocas Intrusivas**

Stock Shanuc (KsTi-grd/di)

Consiste de rocas intrusivas de composición granodiorítica, leucocrática, de textura fanerítica, de grano medio, con presencia de plagioclasas, cuarzo y feldespatos potásicos así como minerales ferromagnesianos tales como hornblenda y biotita. En las inmediaciones del paraje Rancas, los afloramientos presentan hasta 15% de minerales máficos, alterando a cloritas con pirita y epidota diseminada, rellenando fracturas.

Se encuentra intruyendo a las secuencias sedimentarias Cretáceas y está parcialmente cubierto por el Grupo Calipuy del Terciario medio-superior. Se observa un metamorfismo insipiente en los afloramientos sedimentarios consistentes en silicificación de las cuarcitas, skarn en las calizas y exfoliación en pizarras y lutitas. Así mismo, se presentan vetas de cuarzo y diques de migmatita, especialmente en la zona de contacto con la Formación Oyón.

Esta asociado al Batolito de la Cordillera Blanca y aflora en las inmediaciones de la confluencia de los ríos Pumarinri y Huayllapa y zonas aledañas con una composición monzonítica a granodiorítica, aunque también se han localizado afloramientos aislados a manera de apófisis de composición tonalítica a diorítica en las cercanías del paraje Rancas, en la cuenca del río Pumarinri y en los cerros Copan – Yanacushman alineados con una orientación N20°E.

El emplazamiento de este Stock ha sido controlado por fallamiento regional pre-existente de dirección NS, el mismo que esta relacionado con la falla activa del Callejón de Huaylas, además de fallas tensionales de orientación N80°E que controlan el cauce del río Huayllapa y Rapay, en esta dirección se orienta el eje mayor de este intrusivo.

Estos afloramientos serán atravesados por el Túnel Rancas entre las progresivas 0+000 a 1+400 y 4+800 a 5+020, así por el Túnel Huarihuanca entre las progresivas 1+600 a 2+200, 2+700 a 4+050 y 6+000 a 6+270 e íntegramente por el Túnel Rapay, progresiva 0+000 a 4+880.

- **Depósitos Cuaternarios**

Los depósitos recientes están distribuidos principalmente en los valles y pie de monte, de forma alargada e irregular. Consisten de acumulaciones coluviales o escombreras, fluvio-morrenicos y coluvio-morrenicos.

Depósitos coluviales o escombreras (Q-co/es)

Son depósitos que cubren en mayor porcentaje las partes bajas, pie de monte o zonas de menor ángulo de reposo, las laderas o vertientes de los cerros. Son escombros de materiales angulosos mezclados con arena, grava, arcilla y bloques de roca, producto de la alteración, descomposición y desprendimiento de las rocas que forman los cerros. Estos escombros se acumulan por gravedad, formando conos de espesores considerables.

Depósitos fluvio-morrenicos (Q-fv/mo)

Son depósitos formados por acumulación de los ríos. Están constituidos por bolonería y gravas sub-redondeadas a redondeadas, polimícticos, heterogéneos a homogéneos, envueltos en una matriz arenosa con muy fino (menor de 3%), disgregable, con presencia de lentes arena limosas en cantidades variables.

Las principales morrenas, propiamente dichas, identificadas son: en el Valle Huayllapa, cerca a la desembocadura de la Quebrada Guanacpatay, se ubica una morrena de tipo frontal cuya composición estimada en el campo fue de bloques (10%), bolonerías (15%), gravas (40%) y finos (35%). Esta morrena fue dique de contención de una laguna cuyos vestigios se observan en las laderas de las terrazas. En la actualidad se encuentran cortadas con escarpes subverticales.

Depósitos Coluvio-morrenicos (Q-co/mo)

Los materiales que forman estas terrazas y conos deyeectivos están conformados por grandes bloques, bolones y gravas angulosas a sub-angulosas, envueltos en una matriz limo-arenosa a arcillosa.

Estos depósitos han sido erosionados por los ríos Huayllapa y Pumarrinri. En los conos de deyección sus taludes presentan pendientes entre 50° y 60°.

EDAD	UNID. ESTRATIGRAFICAS	SIMBOLOGIA	ROCAS INTRUSIVAS	LITOLOGIA	
CUATERNARIO	Dep. Coluvio y escombreras			Bloques, bolones y gravas en matriz areno-limoso	
	Dep. fluvial y morrenicos			Bolones y gravas subredon. en matriz areno-limoso	
	Dep. Coluvio y morrenicos			Bloques, bolones y gravas en matriz limo-arenosa	
TERCIARIO					
	Grupo Calipuy (Tms-vca)		 Stock Shanuc: Granodioritas a Tonalitas	Lavas andesiticas, riolíticas y tufos	
CRETACEO					
	Fm. Jumasha (Ks-j)				
	Fm. Pariatambo (Ki-pt)				
	Fm. Chulec (Ki-ch)				
	Fm. Pañuanca (Ki-ph)				
	Fm. Farrat (Ki-fa)				Bancos de arenisca y cuarcitas con intercalaciones de lutitas
	Fm. Carhuaz (Ki-ca)				Calizas oscuras con intercalaciones de lutitas
	Fm. Santa (Ki-sa)			Cuarcitas blanquecinas a grises con mantos de carbon	
	Fm. Chimú (Ki-chi)				
	Fm. Oyón (Ki-oy)			Intercalaciones de lutitas y areniscas bituminosas	

Figura 5.1-A: Columna estratigráfica del área de estudio.

5.2 Condiciones Estructurales y Sismo-Tectónica

Los sistemas de plegamientos e intrusiones han sido controlados por los esfuerzos máximos sub- horizontales (σ_1) que se han presentado en la región y que tienen una orientación N80°E.

La orientación de los pliegues y de las fallas de sobre-escurrimiento se encuentran perpendicular a estos esfuerzos (N10°W), esta orientación coincide con la falla regional existente en la Cordillera Blanca y cuya prolongación cruza la Localidad de Puquian y Tumac.

La dirección del eje mayor del Stock Shanuc esta orientado con el sistema de fallas tensionales (normales) N80°E, las mismas que controlan las direcciones del curso de los ríos Huayllapa y Rapay. Así mismo se presentan fallas de rumbo de orientación N50°E y N70°W.

Los principales sistemas de fracturas están relacionados con los sistemas de falla, los procesos de enfriamiento en rocas volcánicas e intrusivas y el relajamiento tensional, debido a la profundización de los valles, observándose sistemas de fracturas orientadas con la pendiente

del terreno (sheet). La descripción en detalle de la orientación de los diferentes sistemas de discontinuidades se presenta en los ítems 6.1, 7.1 y 8.1.

De acuerdo al análisis de las principales estructuras, en el área de estudio, se han definido las orientaciones de los esfuerzos máximos (σ_1), mínimos (σ_3) y cortantes, los cuales son N80°E, N10°W y (N50°E – N70°W), respectivamente (ver planos geológicos –geotécnicos 02, 03 y 04).

Con respecto a la condición sismo tectónica se ha tomado en cuenta la información presentada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Boletín N°8a, Serie C, 1985. "Estudio Geodinámico de la Cuenca del río Pativilca", en la cual se menciona lo siguiente:

- **Tectónica General**

La cuenca del río Pativilca por estar ubicada en el Cinturón Circum-pacífico es una región de alta sismicidad.

Las principales unidades tectónicas son la Cordillera de los Andes y la Fosa tectónica de Lima, producto de la interacción de la placa Sudamericana o Continental que se desplaza en dirección N-W y la placa de Nazca que se mueve en dirección Este, generando movimientos sísmicos, que muchas veces han afectado con severidad la cuenca y han originando zonas de fractura en la corteza terrestre (figura 5.2-A). La placa de Nazca esta en subducción hacia la placa sudamericana, hasta una profundidad entre 650 a 700 km, lo cual se muestra en la distribución hipocentral de los sismos.

- **Distribución espacial de la sismicidad**

De acuerdo a los antecedentes históricos, entre los años 1962-1976 ha ocurrido poca actividad sísmica en la cuenca (4 sismos, con magnitudes mayores a 4.2 (mb) y profundidades entre 2 a 89 km). El mapa de epicentros (figura 5.2-B) muestra la distribución espacial de sismos, en el que se observan las siguientes características:

- Un mayor numero de sismos en el litoral con respecto al interior del Continente.
- Concentración de sismos superficiales en la parte litoral (profundidades menores a 100 km), en contraste con el interior del continente donde los sismos se hacen mas profunda (mayores de 100 km)
- Zonas de mediana actividad sísmica en comparación a otros lugares en donde la sismicidad es escasa o nula.

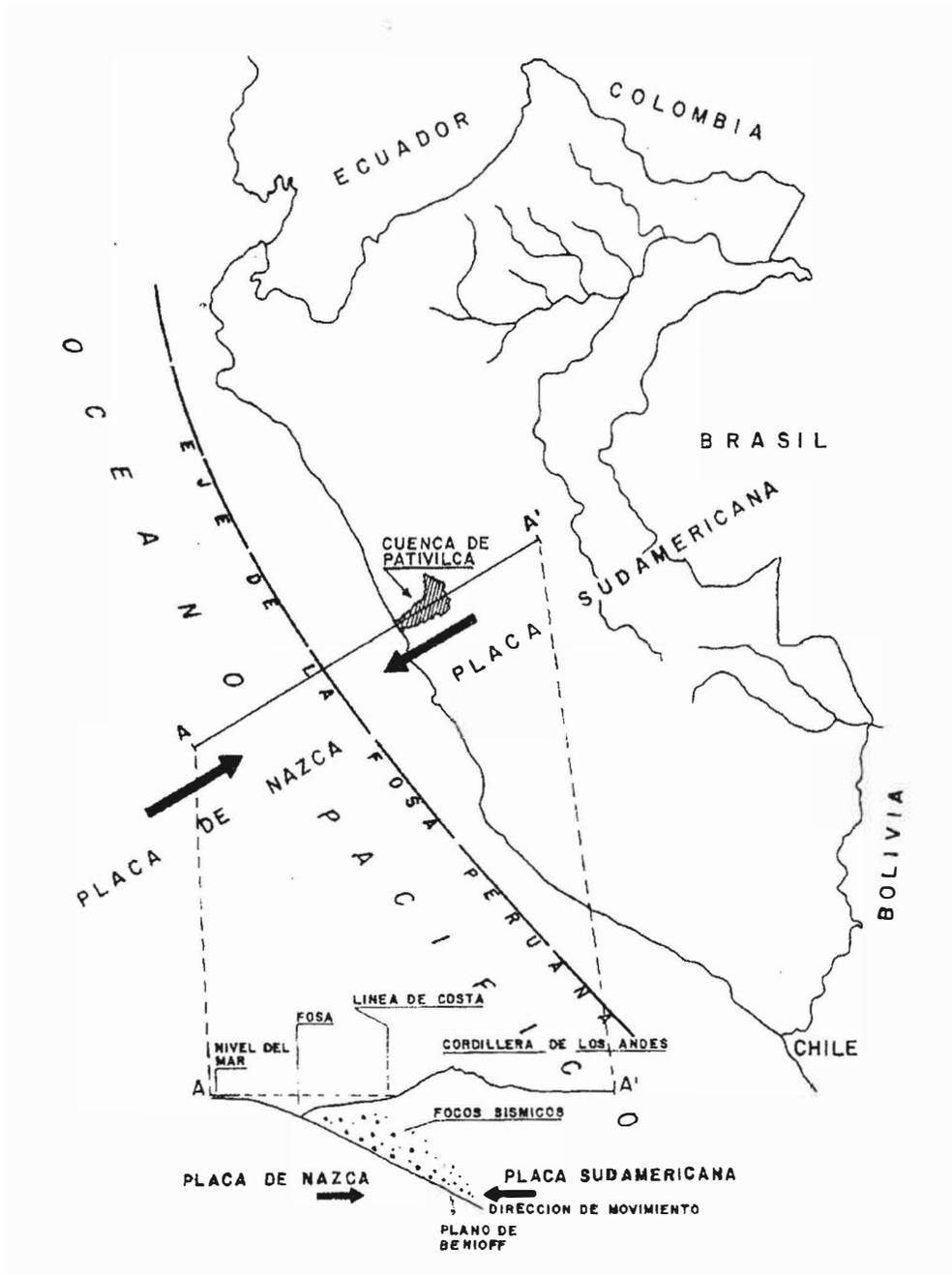


Figura 5.2-A: Mapa de movimientos de Placas en la costa del Perú, (INGEMMET, Boletín N°8a).

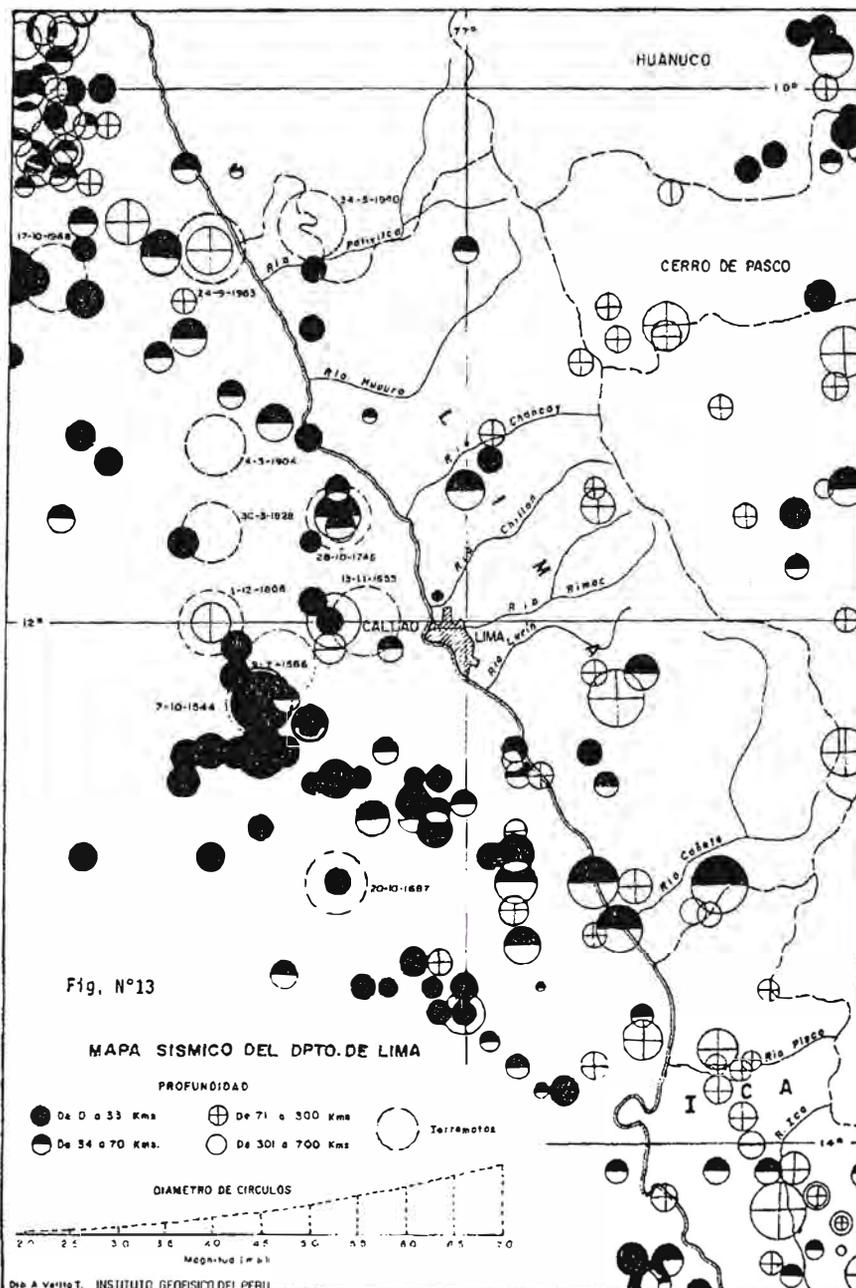


Figura 5.2-B: Mapa de Epicentros en el Dpto. de Lima, (INGEMMET, Boletín N°8a).

5.3 Hidrogeología

Las precipitaciones pluviales varían entre 900 a 1100 mm/año, en promedio. (Boletín N° 8a, INGEMMET, 1985). Las descargas debidas a las precipitaciones se ven incrementadas por el deshielo que se viene presentando en los diferentes nevados ubicado en la cabecera de los ríos Pumarrinri, Huayllapa y tributarios. Las principales descargas de agua se concentran en los meses de Enero a Abril.

La presencia de flujos de agua subterránea es asumida debido al grado de fracturamiento de los afloramientos por efectos de la erosión glaciaria (agua-hielo), la presencia de fallas y los tipos de afloramientos rocosos, los cuales permiten la percolación de aguas meteóricas.

Según las características de porosidad y permeabilidad de los diferentes tipos de rocas se han definido dos unidades hidrogeológicas, que se describen a continuación:

Primer tipo: Rocas sedimentarias y volcánicas representadas por areniscas cuarzosas, cuarcitas y andesitas (Ki – Chi y Tms – vca). En estas rocas el flujo de agua subterráneo esta controlada por los planos de estratificación, fallas y fracturas. Desde el punto de vista hidrogeológico son consideradas de porosidad intergranular alta a regular y permeabilidad regular a baja.

Segundo tipo: Rocas intrusivas representadas por el Stock Shanuc, donde las condiciones de circulación de agua quedan restringidas a las zonas fracturadas, falladas y fisuras de alivio de tensión. Son rocas de porosidad intersticial prácticamente secundaria o nula y permeabilidad baja a muy baja.

Se observaron surgencias de agua en el área de influencia del Túnel Huarhuanca a inmediaciones de las quebradas Cachca y Anciragra en afloramientos de rocas volcánicas metasomatizadas y falladas. Con respecto al Túnel Rancas se observo una surgencia de agua en la quebrada Atacancha, en afloramientos de rocas cuarcíticas, moderadamente fracturadas y en el área de influencia del Túnel Sahuay no se observaron surgencias de agua.

5.4 Geodinámica Externa

Se han efectuado reconocimientos de fenómenos geodinámicos a lo largo de los ríos Pumarinri, Huayllapa y Rapay y principales quebradas de la zona, que son de tramo corto y fuerte pendiente.

El principal peligro geodinámico, corresponde a la ocurrencia de aluviones que se generan por la ruptura violenta de los diques de las lagunas de origen glaciar, a causa de los desprendimientos de cornisas de hielo de los nevados que los alimentan.

Otra condición de riesgo se debe a la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos por fenómenos de inestabilidad de taludes, habiéndose localizado los mas recientes en la margen izquierda de la quebrada Cachca la misma que desemboca en el río Huayllapa por su margen izquierda, aguas arriba de la Localidad del mismo nombre (ver fotografía N° 3).

La continua actividad de este tipo de fenómenos, a lo largo de los valles de los ríos Pumarrinri y Huayllapa, así como de sus tributarios, se ve reflejada por la presencia de grandes escombreras que cubren depósitos morrénicos y fluviales. Están relacionados a las características morfológicas, litológicas y estructurales (valles profundos con relieve abrupto, presencia de rocas frágiles y resistentes con fracturamiento sub-vertical que favorece al volteo o toppling).



Fotografía N° 3: Vista panorámica del derrumbe Cachca en la margen izquierda de la quebrada del mismo nombre, en afloramientos de andesitas silicificadas con fracturas sub-verticales que serán atravesadas por el Túnel Huarhuanca (falla por volteo).

6.0 GEOMECANICA DEL TUNEL HUARIHUANCA (ver plano 02 y 05)

6.1 Condiciones Geológicas en el Eje de Túnel

El Túnel Huarihuanca tiene una longitud de 6 270 m, tendrá una sección tipo baúl de 3.5 x 3.5 m. Su trazo de encuentra en la margen izquierda del río Huayllapa. Tendrá dos ventanas para su excavación ubicadas en las progresivas 0+ 520 y 5+650. Presenta tres tramos con diferentes direcciones:

1 ^{er} Tramo:	0+000 a 0+160	S 25° W
2 ^{do} Tramo:	0+160 a 0+550	S 65° W
3 ^{er} Tramo:	0+550 a 6+270	S 50° W

- **Condiciones Litológicas**

El Túnel se excavará entre las progresivas 0+000 a 1+600 y 2+200 a 2+700 en roca volcánica de composición andesítica con coloraciones verduscas a violáceas de textura afanítica a porfirítica con capas brechadas, leve a moderadamente fracturadas, muy resistentes.

A partir de la progresiva 1+600 a 2+200 y 2+700 a 4+050 en rocas intrusivas de composición Diorítica a Tonalítica, leve a moderadamente fracturadas y alteradas.

Desde la progresiva 4+050 a 5+900 se excavará en cuarcitas de la Formación Chimú en estratos moderados a gruesos (0.5 a 2.0 m), con presencia de estratos delgados de pizarras bituminosas y antracita. Estos estratos tienen una orientación N45°E y buzamiento 20°-30NW, con persistencia entre 10 a 100 m, onduladas rugosas, frescas o con oxidación en superficie, cerradas a ligeramente abiertas.

Entre las progresivas 5+900 a 6+270 se excavará en rocas intrusivas de composición Granodiorítica a Cuarzo-monzonítica, masiva a levemente fracturada, correspondiente al Stock Shanuc.

- **Condiciones Estructurales**

Se presenta un tramo con varias fallas de tipo normal entre las progresivas 0+550 a 1+070 y 2+050 a 2+300, en este último tramo las andesitas se encuentran afectadas por procesos de silicificación. En ambos tramos se presentarán rocas con mayor fracturamiento, menor persistencia y fracturas abiertas con rellenos débiles. La resistencia varía de 50 a 100 MPa.

- **Discontinuidades**

Afloramientos andesíticos: Se han definido tres sistemas de fracturas predominantes, sub-verticales, formadas probablemente por enfriamiento de las lavas (ver figura 6.1-A):

- N10°-20°W/80°-88°NE
- N40°-50°E/65°-75°NW
- N75°-85°W/75°-85°NE

Un sistema subhorizontal (N75°-85°E/30°-40°SE), cuya inclinación depende de la morfología del terreno y se ha formado por relajamiento tensional.

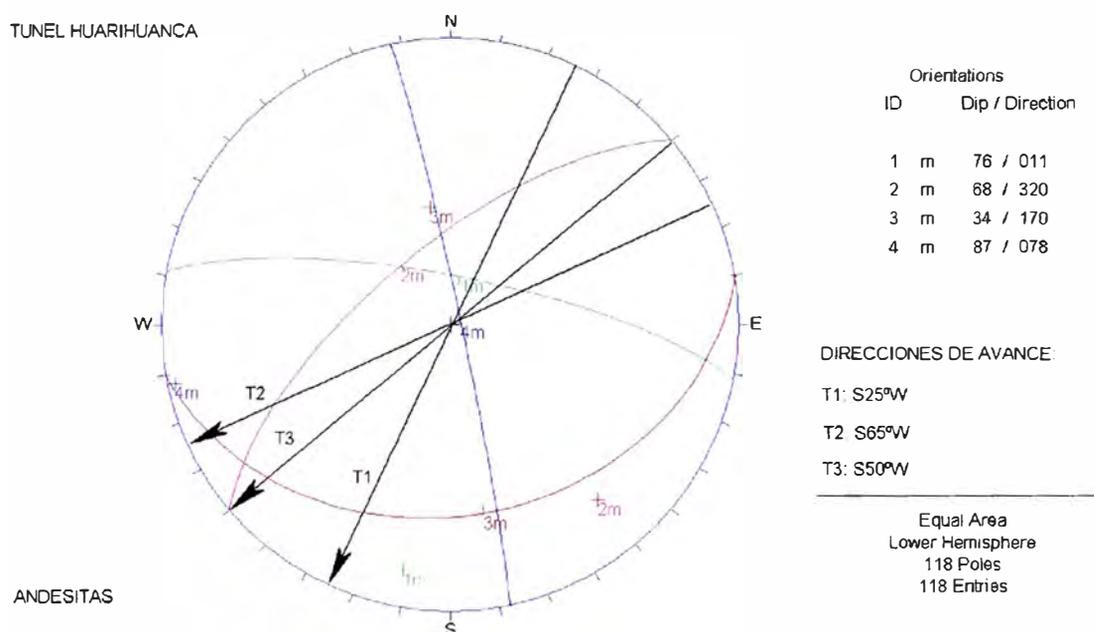


Figura 6.1-A: Proyección Estereográfica en rocas andesíticas del Grupo Calipuy en el Túnel Huarihuanca. Se incluye la dirección del eje de Túnel.

Los sistemas de fracturas son persistentes a muy persistentes (10-100m), cerradas a moderadamente abiertas, frescas a oxidadas con recubrimiento de clorita, epidota y sericita, planas lisas a planas ligeramente rugosas. La resistencia varía entre 150 a 200 MPa, en rocas competentes (ver fotografía N° 4).



Fotografía N° 4: Vista de afloramientos de rocas andesíticas del Grupo Calipuy, en la margen izquierda del río Huayllapa, a inmediaciones del portal del Túnel Huarihuanca.

Afloramientos Dioríticos: Los principales sistemas de fracturas son las siguientes: $N10^{\circ}-20^{\circ}E/60^{\circ}-70^{\circ}NW$, $N70^{\circ}-80^{\circ}W/90^{\circ}$ y $10^{\circ}-20^{\circ}E/15^{\circ}-25^{\circ}SE$ (ver figura 6.1-B).

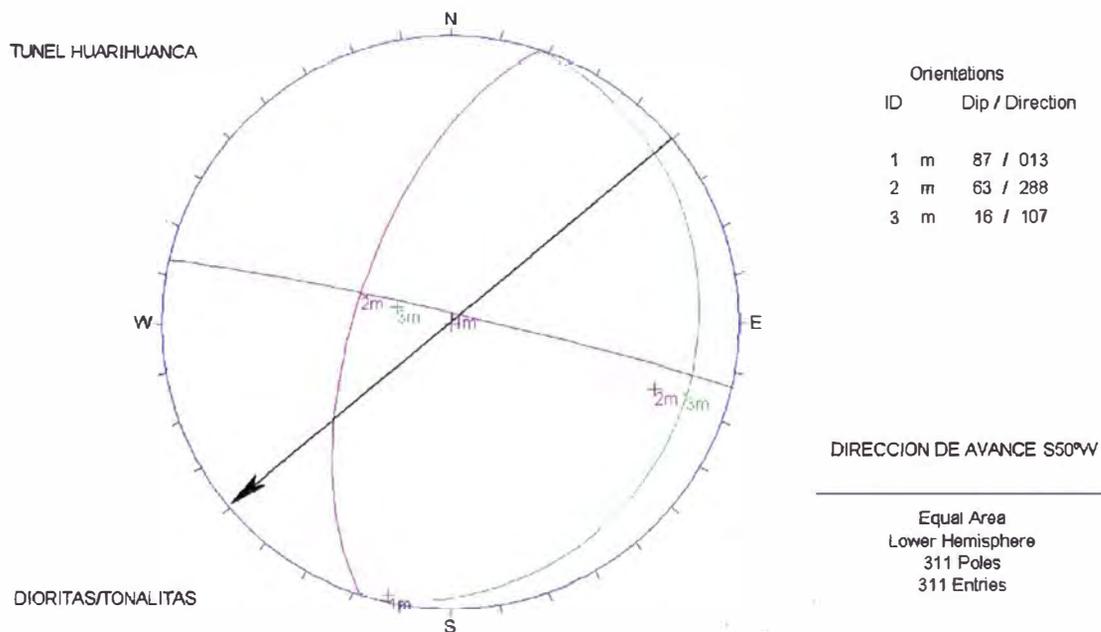


Figura 6.1-B: Proyección Estereográfica en rocas Dioríticas a Tonalitas en el Túnel Huarihuanca. Se incluye la dirección del eje de Túnel.

Estas rocas se presentan moderadamente a muy fracturadas, persistencia no mayor de 10 m, cerradas a ligeramente abiertas, frescas o con oxidación en superficie y recubrimiento de cloritas, epídotas y carbonatos (ver fotografía N°5).

La zona de contacto de éstos apófisis con las rocas andesíticas o cuarcíticas se encuentran con mayor fracturamiento y afectadas por procesos hidrotermales consistentes en argilitización primaria y silicificación.



Fotografía N° 5: Vista de afloramientos de rocas Dioríticas a Tonalíticas, en la margen izquierda del río Huayllapa, camino de Uramaza-Huayllapa.

Afloramientos cuarcíticos: La dirección de la estratificación y un sistema principal de fracturas se presentan paralelos a la dirección del eje de túnel, lo cual influirá en forma desfavorable en la excavación especialmente en el hastial izquierdo (ver figura 6.1-C).

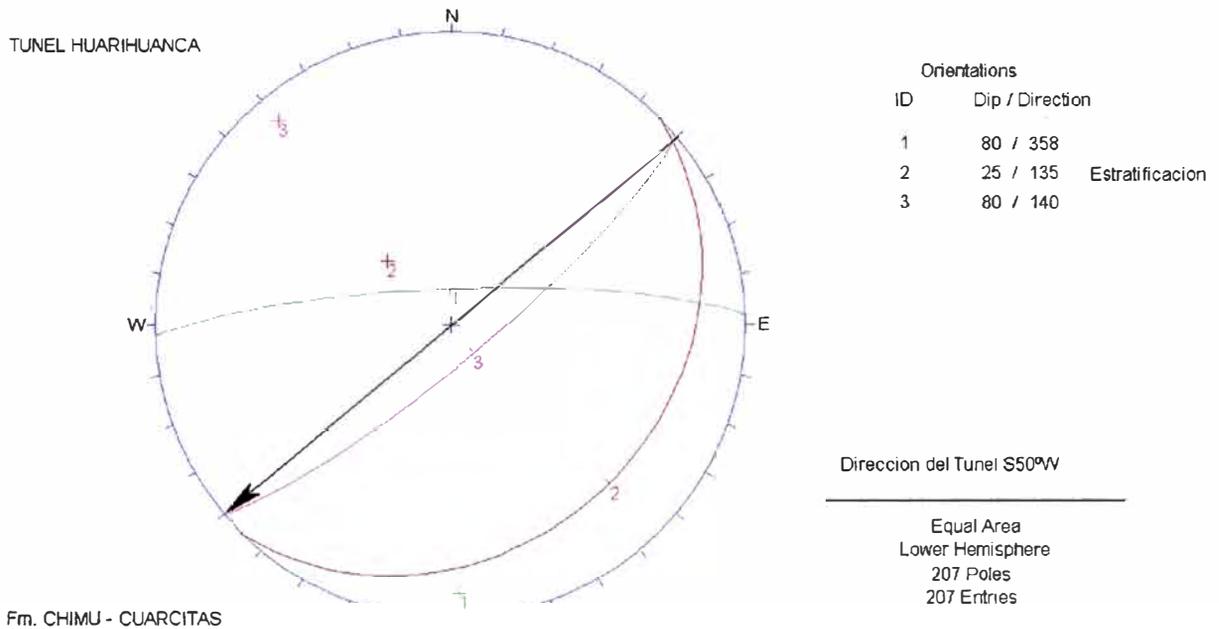


Figura 6.1-C: Proyección Estereográfica en rocas cuarcíticas de la Formación Chimú en el Túnel Huarihuanca. Se incluye la dirección del eje de Túnel.

Estos estratos tienen una orientación N45°E y buzamiento 20°-30°NW, con persistencia entre 10 a 100 m, onduladas rugosas, frescas o con oxidación en superficie, cerradas a ligeramente abiertas. Los estratos se encuentran cubriendo el techo del Stock intrusivo presentando procesos de metamorfismo, que han originado una recristalización en las cuarcitas, observándose una textura brechosa.

Afloramientos Granodioríticos a Cuarzo-monzoníticos: Se han definido tres sistemas de fracturas predominantes; dos sistemas sub-verticales y un sistema sub-horizontal (ver figura 6.1-D):

N40°-50°W/70°-80°SW

NS-N10°E/15°-25°NW

N30°-40°E/75°-85°NW

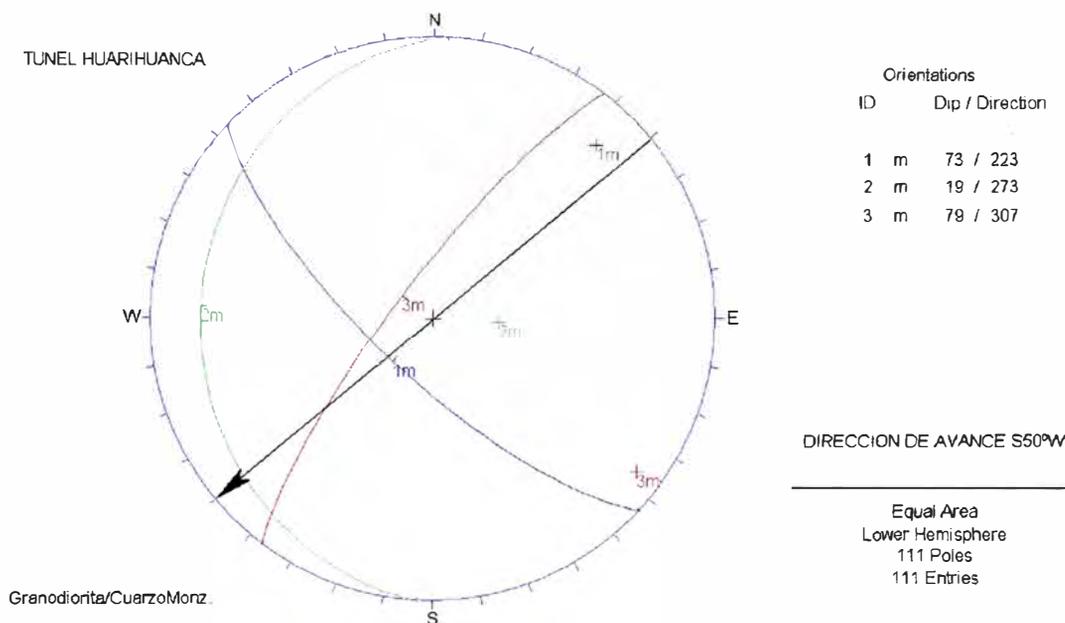


Figura 6.1-D: Proyección Estereográfica en rocas granodioríticas del Stock Shanuc en el Túnel Huarihuanca. Se incluye la dirección del eje de Túnel.

Las fracturas tienen espaciamentos entre 0.5 a 3.0 m, onduladas rugosas a plano rugosas, cerradas a moderadamente abiertas con recubrimiento de clorita, sus paredes se presentan frescas o con oxidación, su persistencia varía entre 5 a 20 m en promedio.

- **Condiciones Tensionales**

Se ha considerado en el Túnel Huarihuanca una zona de relajamiento y tensiones bajas comprendidas entre las progresivas 0+000 a 0+300. Entre las progresivas 0+300 a 2+590 y 2+790 a 6+270 las tensiones serán moderadas con coberturas entre 200 a 800 m y entre las progresivas 2+590 a 2+790 se esperan tensiones elevadas por presentar coberturas mayores de 800 m. Así mismo, un tramo de anisotropía tensional por efecto de la morfología (pendientes mayores a 25°) entre las progresivas 0+760 a 0+960.

Con respecto a las tensiones horizontales máximas, determinadas en el elipsoide de deformación, las direcciones predominantes en el Túnel Huarihuanca al ser sub-paralelas a éstas (ángulo menor a 25°), no serán afectadas por estos esfuerzos que originen lajamientos o estallidos de roca.

6.2 Caracterización Geomecánica en el eje de túnel

Para la clasificación geomecánica se ha tomado en cuenta los criterios utilizados en las caracterizaciones del macizo rocoso, según los sistemas GSI (Geological Strength Index) y RMI (Rocks Mass Index), los cuales para conocer la resistencia del macizo rocoso se debe tener en

cuenta la resistencia de la roca intacta, la condición de las discontinuidades y el tamaño y forma del bloque.

Para la realización de la caracterización geomecánica se llevaron a cabo mediciones de líneas de detalle y características del macizo rocoso en afloramientos de los diferentes tipos de rocas que serán atravesados.

La metodología usada, para la toma de datos de campo, fue delimitar áreas en las cuales se midió la dirección de buzamiento (DDip) y el buzamiento (Dip), el espaciamiento (s), la rugosidad (JR), la persistencia (JL) y la alteración (JA) tanto máximas y mínimas en cada uno de los sistemas de discontinuidades, dándoles el valor correspondiente propuesto por Palmstrom, así mismo se determinó la resistencia de la roca intacta con golpes de picota.

Para el procesamiento de estos datos se elaboraron las siguientes tablas:

- Datos de medición de características del macizo rocoso según los sistemas R_{Mi} (Palmstrom, 1995) y GSI (Hoek, 1997), ver tabla 6.2-A.
- Diagrama de flujo para los cálculos de los índices respectivos, ver tabla 6.2-B.
- Proyecciones estereográficas para el cálculo del volumen de bloque, ver tabla 6.2-C.
- Tabla para determinar la valoración del GSI en base a los datos numéricos utilizados para la determinación del R_{Mi}, ver tabla 6.2-D.

La aplicación de estos formatos en cada una de las estaciones medidas y su respectivo procesamiento se encuentran en el anexo A.

Esta metodología, para determinar la caracterización del macizo rocoso, se correlacionó con las condiciones litológicas y estructurales, por lo que permitió realizar en cada uno de los túneles la zonificación geomecánica respectiva.

Tabla 6.2-C: Formato para el cálculo del volumen del bloque (Vb).

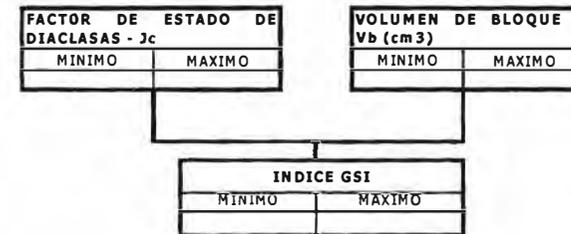
PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)						
PROYECTO:		UBICACIÓN:		REALIZADO:		REVISADO:
COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	FECHA:	HOJA N°:	
NORTE	ESTE	COTA (msnm)				
GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS			GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES			
PLANOS PRINCIPALES		FAMILIA	DIP	D	DIP	
		1				
		2				
		3				

Tabla 6.2-D: Formato para el cálculo del GSI.

TABLA 1: CUANTIFICACION DEL SISTEMA GSI						
GSI	ESTADO DE LAS OIACLASAS O CARAS DEL BLOQUE					VOLUMEN DE BLOQUE V _b (cm ³)
	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA	
TAMAÑO DE BLOQUE						
INTACTA O MASIVA ROCAS INTACTAS O MASIVAS INSITU CON POCAS DISCONTINUIDADES ESPACIADAS AMPLIAMENTE. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS > 100 cm	150	95				10E+6
FRACTURA EN BLOQUES MACIZO ROCOSO POCO ALTERADO CONSISTENTE EN BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS ORTOGONALES DE DISCONTINUIDADES Y MUY BIEN UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 30-100 cm	100 cm	90	75			1E+6 (1 m ³)
MUY FRACTURADA MACIZO ROCOSO PARCIALMENTE PERTURBADO CONSISTENTE EN BLOQUES ANGULARES UNIDOS ENTRE SI, FORMADO POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 10-30cm	30 cm	80	66			100E+3
FRACTURADA/PERTURBADA MACIZO ROCOSO PLEGADO Y/O FALLADO CON BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR LA INTERSECCION DE VARIOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDAD. PERSISTENCIA DE LOS PLANOS DE ESTRATIFICACION O ESQUISTOSIDAD. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 3-10 cm	10 cm	70	60	46	36	10E+3
DESINTEGRADA MACIZO ROCOSO ALTAMENTE FRACTURADO CON MEZCLA DE FRAGMENTOS ANGULARES Y REDONDEADOS POBREMENTE UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 3cm	5		50	40	30	1000 (1dm ³)
FOLIADA/LAMINADA MACIZO ROCOSO FOLIADO, PLEGADO, CIZALLADO TECTONICAMENTE, CARENTE DE BLOQUES DEBIDO AL ESTRECHO ESPACIAMIENTO DE LA ESQUISTOSIDAD O PLANOS DE CIZALLA. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 1 cm	3				25	100
	2				20	10
	1 cm				15	10
		N/A	N/A		10	1
					5	0.1
					0.25	
					0.1	
					0.67	
					1.7	
					4.5	
					12	

NOTA:

SEGÚN DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES RMI (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97), SE OBTIENE:



• **Zonificación geomecánica del túnel según el sistema RMi**

El índice RMi se determinó mediante las mediciones efectuadas en afloramientos rocosos, a inmediaciones del eje del Túnel. La simbología usada para las rocas son las siguientes:

And= Andesitas

Di/Qz = Dioritas y Cuarzitas

And/Di = Andesitas y Dioritas

Qz/Grd = Cuarzitas y Granodioritas

Di/To = Dioritas a Tonalitas

Grd/QzMz=Granodioritas a Cuarzo-monzonitas

ZONIFICACION GEOMECANICA									
TUNEL HUARIHUANCA									
Progresivas	0+000 - 0+300		0+300 - 0+650		0+650 - 1+070		1+070 - 1+500		
Tramos (m)	300		350		420		430		
Litología	And.		And.		And.		And.		
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	
jR	1.50	2.00	1.50	2.00	1.50	2.00	1.50	2.00	
jL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
jA	2.00	4.00	1.00	2.00	6.00	8.00	1.00	1.00	
jC	0.38	1.00	0.75	2.00	0.19	0.33	1.50	2.00	
Vb (m ³)	0.010	0.100	0.500	1.000	0.005	0.050	0.500	1.000	
JP	0.02	0.09	0.13	0.28	0.01	0.03	0.19	0.28	
σ_{ci} (Mpa)	100.00	150.00	150.00	200.00	50.00	100.00	150.00	200.00	
Índice RMi	1.54	12.80	19.80	56.57	0.28	2.90	29.00	56.57	

Tabla 6.2-E: Túnel Huarihuana, progresivas 0+000 – 1+500, según el RMi.

ZONIFICACION GEOMECANICA									
TUNEL HUARIHUANCA									
Progresivas	1+500 - 1+700		1+700 - 1+990		1+990 - 2+310		2+310 - 2+590		
Tramos (m)	200		290		320		280		
Litología	And/Di		Di/To		And/Di		And		
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	
jR	1.50	3.00	3.00	4.00	1.50	2.00	1.50	2.00	
jL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
jA	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00	8.00	1.00	2.00	
jC	0.38	1.50	0.75	2.00	0.19	0.33	0.75	2.00	
Vb (m ³)	0.010	0.100	0.010	0.020	0.005	0.050	0.500	1.000	
JP	0.02	0.11	0.03	0.08	0.01	0.03	0.13	0.28	

σ_{ci} (Mpa)	100.00	150.00	140.00	180.00	100.00	150.00	150.00	200.00
Índice R _{Mi}	1.54	16.75	3.99	14.44	0.56	4.35	19.80	56.57

Tabla 6.2-F: Túnel Huarihuanca, progresivas 1+500 – 2+590, según el R_{Mi}.

ZONIFICACION GEOMECANICA								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	2+590 - 2+790		2+790 - 3+790		3+790 - 4+190		4+190 - 5+690	
Tramos (m)	200		1000		400		1500	
Litología	And/Di		Di/To		Di/Qz		Qz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
jR	1.50	3.00	3.00	4.00	2.00	4.00	1.50	3.00
jL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	1.00
jA	2.00	4.00	1.00	2.00	2.00	4.00	3.00	4.00
jC	0.38	1.50	1.50	4.00	0.50	2.00	0.28	1.00
V _b (m ³)	0.010	0.100	0.050	1.100	0.080	0.800	0.120	1.600
JP	0.02	0.11	0.09	0.41	0.05	0.26	0.04	0.24
σ_{ci} (Mpa)	100.00	150.00	140.00	180.00	70.00	120.00	180.00	250.00
Índice R _{Mi}	1.54	16.75	12.34	73.95	3.38	31.59	6.95	59.50

Tabla 6.2-G: Túnel Huarihuanca, progresivas 2+590 – 5+690, según el R_{Mi}.

ZONIFICACION GEOMECANICA								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	5+690 - 6+090		6+090 - 6+270		-		-	
Tramos (m)	400		180		-		-	
Litología	Qz/Grd		Grd/QzMz		-		-	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
jR	2.00	4.00	2.00	4.00	-	-	-	-
jL	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-
jA	2.00	4.00	1.00	2.00	-	-	-	-
jC	0.50	2.00	1.00	4.00	-	-	-	-
V _b (m ³)	0.100	0.300	2.500	5.000	-	-	-	-
JP	0.05	0.19	0.28	0.63	-	-	-	-
σ_{ci} (Mpa)	70.00	120.00	140.00	180.00	-	-	-	-
Índice R _{Mi}	3.72	23.03	39.30	113.07	-	-	-	-

Tabla 6.2-H: Túnel Huarihuanca, progresivas 5+690 – 6+270, según el R_{Mi}.

- **Zonificación Geomecánica del túnel según el sistema GSI**

Para la zonificación geomecánica según el sistema GSI se ha tomado en cuenta la tabla de valoración de este sistema correlacionándolo con el factor de estado de diaclasas y el volumen de bloque del sistema R_{Mi}.

ZONAMIENTO GEOMECANICO								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	0+000 - 0+300		0+300 - 0+650		0+650 - 1+070		1+070 - 1+500	
Tramos (m)	300		350		420		430	
Litología	And.		And.		And.		And.	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
J _c	0.38	1.00	0.75	2.00	0.19	0.33	1.50	2.00
V _b (m ³)	0.010	0.100	0.500	1.000	0.005	0.050	0.500	1.000
Índice GSI	35.00	57.00	50.00	65.00	25.00	35.00	50.00	65.00
σ _{ci} (MPa)	100.00	150.00	150.00	200.00	50.00	100.00	150.00	200.00
σ _{ma} (MPa)	8.318	28.787	22.063	52.019	2.844	8.318	22.063	52.019

Tabla 6.2-I: Túnel Huarihuanca, progresivas 0+000 – 1+500, según el GSI.

ZONAMIENTO GEOMECANICO								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	1+500 - 1+700		1+700 - 1+990		1+990 - 2+310		2+310 - 2+590	
Tramos (m)	200		290		320		280	
Litología	And/Di		Di/To		And/Di		And	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
J _c	0.38	1.50	0.75	2.00	0.19	0.33	0.75	2.00
V _b (m ³)	0.010	0.100	0.010	0.020	0.005	0.050	0.500	1.000
Índice GSI	35.00	55.00	37.00	52.00	25.00	35.00	50.00	65.00
σ _{ci} (MPa)	100.00	150.00	140.00	180.00	100.00	150.00	150.00	200.00
σ _{ma} (MPa)	8.318	26.680	12.565	28.567	5.689	12.477	22.063	52.019

Tabla 6.2-J: Túnel Huarihuanca, progresivas 1+500 – 2+590, según el GSI.

ZONAMIENTO GEOMECANICO								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	2+590 - 2+790		2+790 - 3+790		3+790 - 4+190		4+190 - 5+690	
Tramos (m)	200		1000		400		1500	
Litología	And/Di		Di/To		Di/Qz		Qz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Jc	0.38	1.50	1.50	4.00	0.50	2.00	0.28	1.00
Vb (m3)	0.010	0.100	0.050	1.100	0.080	0.800	0.120	1.600
Índice GSI	35.00	50.00	50.00	75.00	40.00	60.00	40.00	60.00
σ_{ci} (MPa)	100.00	150.00	140.00	180.00	70.00	120.00	180.00	250.00
σ_{ma} (MPa)	8.318	22.063	20.593	68.460	7.041	25.810	18.106	53.772

Tabla 6.2-K: Túnel Huarihuanca, progresivas 2+590 – 5+690, según el GSI.

ZONAMIENTO GEOMECANICO								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	5+690 - 6+090		6+090 - 6+270		-		-	
Tramos (m)	400		180		-		-	
Litología	Qz/Grd		Grd/QzMz		-		-	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Jc	0.50	2.00	1.00	4.00	-	-	-	-
Vb (m3)	0.100	0.300	2.500	5.000	-	-	-	-
Índice GSI	42.00	60.00	60.00	80.00	-	-	-	-
σ_{ci} (MPa)	70.00	120.00	140.00	180.00	-	-	-	-
σ_{ma} (MPa)	7.597	25.810	30.112	82.785	-	-	-	-

Tabla 6.2-L: Túnel Huarihuanca, progresivas 5+690 – 6+270, según el GSI.

- **Zonificación de Riesgo por Sobretensión**

El riesgo por sobretensión en el Túnel Huarihuanca se realizó en base al criterio de energía de deformación elástica (PES), criterio de la tensión tangencial (Ts) tanto en las paredes como en el techo y el criterio de fracturación (RQD).

ZONIFICACION DE RIESGOS POR SOBRETENSION								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	0+000 - 0+300		0+300 - 0+650		0+650 - 1+070		1+070 - 1+500	
Tramos (m)	300		350		420		430	
Litología	And.		And.		And.		And.	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
RQD	55	80	95	100	30	65	95	100
σ_{ci} (MPa)	100.00	150.00	150.00	200.00	50.00	100.00	150.00	200.00
Mod. Def. (E) MPa	20600	30900	30900	41200	10300	20600	30900	41200
PES (KPa)	243	364	364	485	121	243	364	485
Sobrecarga (m)	30.00	200.00	200.00	300.00	300.00	500.00	500.00	600.00
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	0.60	4.00	4.00	6.00	6.00	10.00	10.00	12.00
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	-0.15	-1.00	-1.00	-1.50	-1.50	-2.50	-2.50	-3.00
Tsp	0.004	0.04	0.02	0.04	0.06	0.2	0.05	0.08
Tst	-0.001	-0.01	-0.005	-0.01	-0.015	-0.05	-0.0125	-0.02
Riesgo en pared	Posible		Posible		Inexistente		Posible	
Riesgo en techo	Posible		Posible		Inexistente		Posible	

Tabla 6.2-M: Riesgo por sobretensión en el Túnel Huarihuanca, progresivas 0+000 – 1+500.

ZONIFICACION DE RIESGOS POR SOBRETENSION								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	1+500 - 1+700		1+700 - 1+990		1+990 - 2+310		2+310 - 2+590	
Tramos (m)	200		290		320		280	
Litología	And/Di		Di/To		And/Di		And	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
RQD	55	80	55	60	30	65	95	100
σ_{ci} (MPa)	100.00	150.00	140.00	180.00	100.00	150.00	150.00	200.00

Mod. Deform. (E)	28700	43050	51520	66240	28700	43050	30900	41200
PES (KPa)	174	261	190	245	174	261	364	485
Sobrecarga (m)	600.00	650.00	400.00	650.00	400.00	500.00	500.00	800.00
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	12.00	13.00	8.00	13.00	8.00	10.00	10.00	16.00
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	-3.00	-3.25	-2.00	-3.25	-2.00	-2.50	-2.50	-4.00
Tsp	0.080	0.130	0.044	0.093	0.053	0.100	0.050	0.107
Tst	-0.020	-0.033	-0.011	-0.023	-0.013	-0.025	-0.013	-0.027
Riesgo en pared	Posible		Inexistente		Inexistente		Posible	
Riesgo en techo	Posible		Inexistente		Inexistente		Posible	

Tabla 6.2-N: Riesgo por sobretensión en el Túnel Huarihuanca, progresivas 1+500 – 2+590.

ZONIFICACION DE RIESGOS POR SOBRETENSION								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	2+590 - 2+790		2+790 - 3+790		3+790 - 4+190		4+190 - 5+690	
Tramos (m)	200		1000		400		1500	
Litología	And/Di		Di/To		Di/Qz		Qz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
RQD	55	80	65	100	75	95	80	100
σ_{ci} (MPa)	100.00	150.00	140.00	180.00	70.00	120.00	180.00	250.00
Mod. Deform. (E)	28700	43050	51520	66240	22540	38640	49680	69000
PES (KPa)	174	261	190	245	109	186	326	453
Sobrecarga (m)	800.00	1000.00	600.00	800.00	400.00	600.00	300.00	400.00
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	16.00	20.00	12.00	16.00	8.00	12.00	6.00	8.00
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	-4.00	-5.00	-3.00	-4.00	-2.00	-3.00	-1.50	-2.00
Tsp	0.107	0.200	0.067	0.114	0.067	0.171	0.024	0.044
Tst	-0.027	-0.050	-0.017	-0.029	-0.017	-0.043	-0.006	-0.011
Riesgo en pared	Posible		Posible		Posible		Posible	
Riesgo en techo	Posible		Posible		Posible		Posible	

Tabla 6.2-O: Riesgo por sobretensión en el Túnel Huarihuanca, progresivas 2+590 – 5+690.

ZONIFICACION DE RIESGOS POR SOBRETENSION								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	5+690 - 6+090		6+090 - 6+270		-		-	
Tramos (m)	400		180		-		-	
Litología	Qz/Grd		Grd/QzMz		-		-	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
RQD	80	85	100	100				
σ_{ci} (MPa)	70.00	120.00	140.00	180.00	-	-	-	-
Mod. Deform. (E)	20825	35700	44660	57420	-	-	-	-
PES (KPa)	118	202	219	282	-	-	-	-
Sobrecarga (m)	300.00	350.00	300.00	350.00	-	-	-	-
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	6.00	7.00	6.00	7.00	-	-	-	-
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	-1.50	-1.75	-1.50	-1.75	-	-	-	-
Tsp	0.050	0.100	0.033	0.050	-	-	-	-
Tst	-0.013	-0.025	-0.008	-0.013	-	-	-	-
Riesgo en pared	Posible		Posible					
Riesgo en techo	Posible		Posible					

Tabla 6.2-P: Riesgo por sobretensión en el Túnel Huarihuanca, progresivas 5+690 – 6+270.

- **Interpretación de cuadros de Zonificación Geomecánica y Riesgo Tensional**

Los sistemas de caracterización geomecánica se relacionan directamente con la condición de resistencia del macizo rocoso en base a las condiciones de las discontinuidades. En el sistema RMi esta valoración se obtiene en forma directa, mediante la ecuación: $RMi = \sigma_{ci} \cdot JP$ y en el sistema GSI se obtiene multiplicando el valor de GSI obtenido y la resistencia de la roca intacta, la cual se denomina resistencia del macizo rocoso (σ_{ma}), ver tabla 6.2-Q.

Progresivas	Longitud (m)	σ_{ma}		RMI	
		Mínimo	máximo	mínimo	máximo
0+000 - 0+300	300	8.318	28.787	1.54	12.80
		Alto - Muy Alto		Alto - Muy Alto	
0+300 - 0+650	350	22.063	52.019	19.80	56.57
		Muy Alto		Muy Alto	
0+650 - 1+070	420	2.844	8.318	0.28	2.90
		Alto		Medio - Alto	
1+070 - 1+500	430	22.063	52.019	29.00	56.57
		Muy Alto		Muy Alto	
1+500 - 1+700	200	8.318	26.680	1.54	16.75
		Alto - Muy Alto		Alto - Muy Alto	
1+700 - 1+990	290	12.565	28.567	3.99	14.44
		Muy Alto		Alto - Muy Alto	
1+990 - 2+310	320	5.689	12.477	0.56	4.35
		Alto - Muy Alto		Medio - Alto	
2+310 - 2+590	280	22.063	52.019	19.80	56.57
		Muy Alto		Muy Alto	
2+590 - 2+790	200	8.318	22.063	1.54	16.75
		Muy Alto		Alto - Muy Alto	
2+790 - 3+790	1000	20.593	68.460	12.34	73.95
		Muy Alto		Muy Alto	
3+790 - 4+190	400	7.041	25.810	3.38	31.59
		Alto - Muy Alto		Alto - Muy Alto	
4+190 - 5+690	1500	18.106	53.772	6.95	59.50
		Muy Alto		Alto - Muy Alto	
5+690 - 6+090	400	7.597	25.810	3.72	23.03
		Alto - Muy Alto		Alto - Muy Alto	
6+090 - 6+270	180	30.112	82.785	39.30	113.07
		Muy Alto		Muy Alto	

Tabla 6.2-Q: Valores de RMI y σ_{ma} (MPa) en el Túnel Huarihuanca.

- Según los resultados obtenidos en la zonificación de riesgos por sobretensión (tablas 6.2-M, N, O y P), se ha obtenido lo siguiente: Riesgos elevados (0%), riesgos posibles (83%) y riesgos inexistentes (17%), por lo que debe de tomarse en cuenta, como factor influyente, el elevado porcentaje de riesgos posibles para el diseño del sostenimiento a colocarse en el túnel.
- Según la tabla 6.2-Q, se observa la correlación existente entre los valores de ambos sistemas de caracterización, así como el elevado porcentaje de valores entre 10 y 100 que corresponde la denominación **MUY ALTO (68%)**, según el sistema RMI. Se observa un menor porcentaje de valores entre 1 y 10 correspondiente a la denominación **ALTO (28%)** y muy pocos valores entre 0.1 - 1.0 con denominación **MEDIO (4%)**. Por lo que, basándonos en la condición geomecánica del macizo rocoso los túneles se excavarán principalmente en macizos rocosos de buena calidad geomecánica y el uso del sostenimiento estará influido por factores externos (condición hidrológica, tensional y constructiva).

7.0 GEOMECANICA DEL TUNEL RANCAS (ver plano 03 y 06)

7.1 Condiciones Geológicas en el Eje de Túnel

El Túnel Rancas tiene una longitud de 5 020 m de sección tipo baúl de 3.5 m de ancho x 3.50 m de altura. Su trazo se encuentra en la margen derecha del río Pumarrinri. Su excavación se realizará desde una ventana que interceptará al Túnel en la progresiva 0+075. Presenta dos tramos cuyas orientaciones serán:

1 ^{er} Tramo:	0+000 a 0+500	N 25° E
2 ^{do} Tramo:	0+500 a 5+020	N 25° W

- **Condiciones Litológicas**

Los afloramientos que atravesará este túnel son rocas Dioríticas a Tonalíticas, rocas Cuarzíticas y rocas Granodioríticas a Cuarzomonzoníticas.

Entre las progresivas 0+000 a 1+400, se excavará en rocas Dioríticas a Tonalíticas de textura fanerítica, muy a intensamente fracturada en los primeros 20 m, moderadamente a levemente fracturada entre los 20 m a 150 m y levemente fracturada a masiva entre los 150 m a 1400 m, salvo zonas de falla o intenso corte. Su resistencia varía entre 80 a 160 MPa.

Entre las progresivas 1+400 a 4+700 será excavado en la Formación Chimú, consistente en afloramientos de rocas cuarzíticas en estratos moderados a gruesos (0.5 a 2.0 m), con presencia de estratos delgados de pizarras bituminosas o lentes de antracita.

Por último, entre las progresivas 4+700 a 5+020 se excavará en rocas intrusivas de composición Granodiorítica a Cuarzo-monzonítica, levemente fracturadas y frescas a levemente alteradas con influencia de metamorfismo de contacto con las rocas de la Formación Chimú.

- **Condiciones Estructurales**

En los primeros 500 m se espera fallas con zonas de corte muy reducidas (10 a 20 cm), en roca competente, del tipo gravitacional-tensional originadas por la profundización rápida del río Pumarrinri, habiéndose confirmado mediante un sondaje diamantino.

En la Formación Chimú se esperan, por efecto de los esfuerzos compresivos, fallas inversas a lo largo de los estratos laminares de pizarras bituminosas que se encuentran intercaladas con las cuarcitas. Así mismo, se han identificado, en el campo, algunas fallas normales cuyo rumbo es sub-perpendicular al eje del Túnel entre las progresivas 1+200 a 2+200.

- **Discontinuidades**

Afloramientos Dioríticos a Tonalíticos: Se presentan tres sistemas de fracturas predominantes (ver figura 7.1-A):

E-W/N

N30°E/57°NW

N10°E/75°SE

Las fracturas se presentan onduladas rugosas a planas rugosas, cerradas a moderadamente abiertas con recubrimiento de clorita, epídota o sericita, sus paredes se encuentran frescas o con oxidación, su persistencia varía de 5 a 20 m promedio.

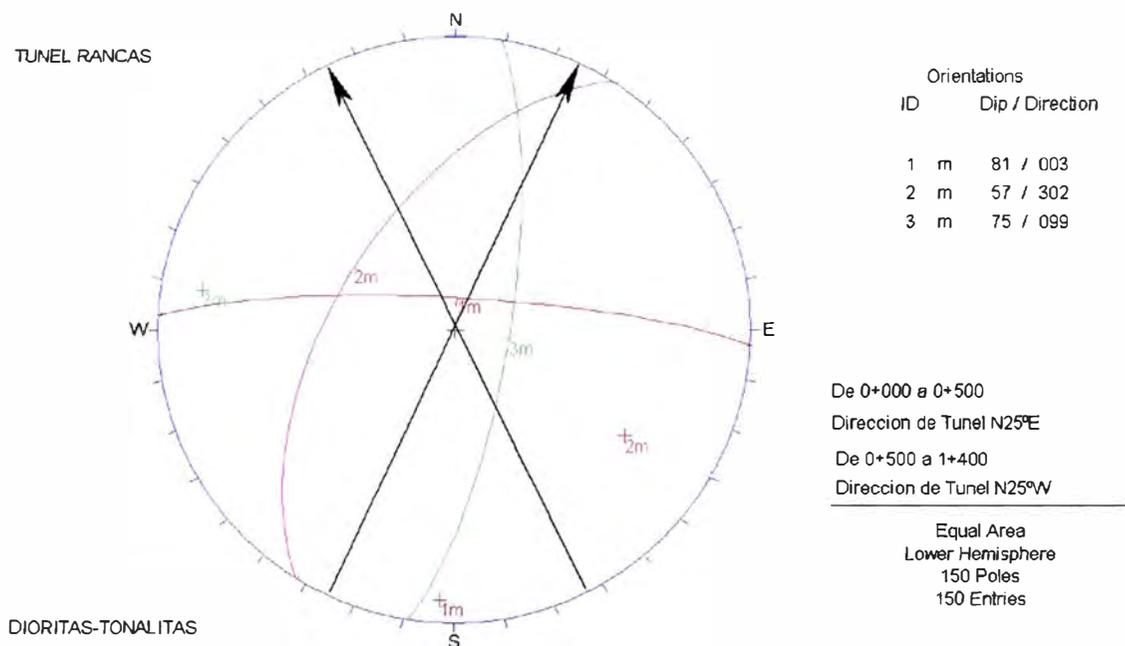


Figura 7.1-A: Proyección estereográfica en rocas dioríticas a tonalíticas del Túnel Rancas. Se incluye las diferentes direcciones del túnel.

Afloramientos Cuarzíticos: La orientación de los estratos de las cuarcitas tienen orientación N10°-30°W y buzamiento 30°-50°SW, con persistencia mayor de 100 m, onduladas rugosas, frescas o con oxidación en superficie, cerradas a ligeramente abiertas (ver fotografía N° 6). Presenta además, dos sistemas de fracturas subverticales (ver figura 7.1-B):

E-W/N

N50°E/82°SE

Las fracturas se presentan lisas a ligeramente rugosas y planas, cerradas a ligeramente abiertas, frescas y con oxidación en superficie.

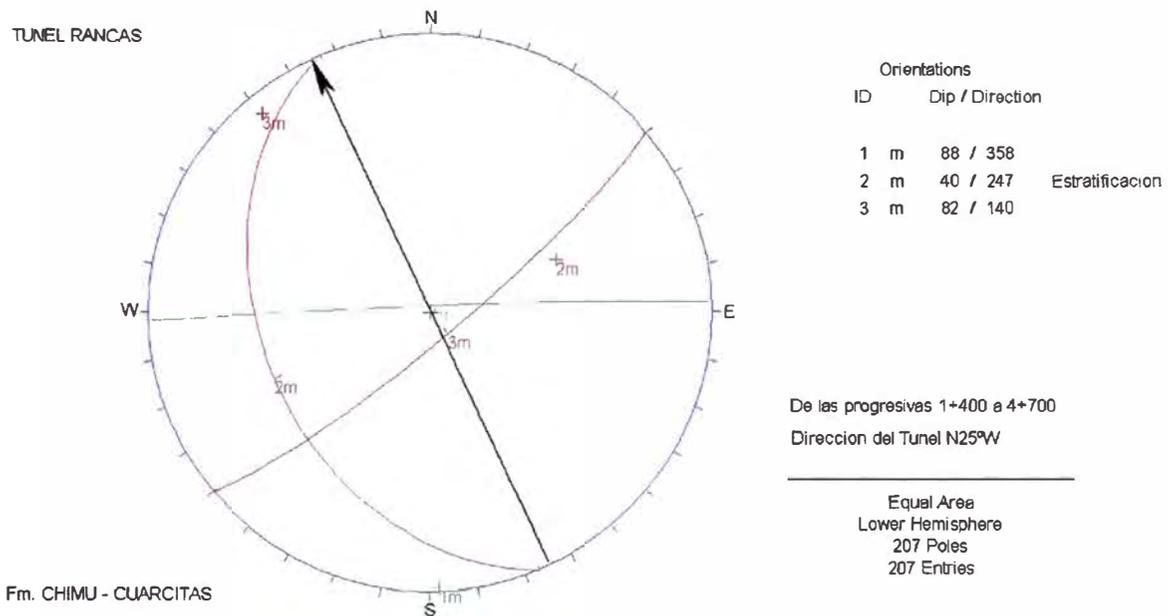


Figura 7.1-B: Proyección estereográfica en rocas cuarcíticas de la Formación Chimú en el Túnel Rancas. Se incluye la dirección del túnel.

Los planos de debilidad corresponden a las pizarras bituminosas y lentes antracíticos cuando éstas se encuentran entre estratos cuarcíticos, estos planos son considerados en la caracterización geomecánica como condiciones de no contacto entre paredes de rocas cuarcíticas y por su tipo como material cohesivo blando, con lo cual se disminuye notablemente la calidad del macizo rocoso.



Fotografía N° 6: Vista de afloramientos cuarcíticos de la Formación Chimú, margen derecha del río Pumarrinri, estratos de 0.5 a 2.0 m de espesor; intercalados con laminas de pizarras bituminosas. Están orientados en forma sub-paralela al eje del Túnel.

Afloramientos Granodioríticos a Cuarzo-monzoníticos: Se han definido tres sistemas de fracturas predominantes; dos sistemas sub-verticales y un sistema sub-horizontal (ver figura 7.1-C):

- N40°-50°W/70°-80°SW
- NS-N10°E/15°-25°NW
- N30°-40°E/75°-85°NW

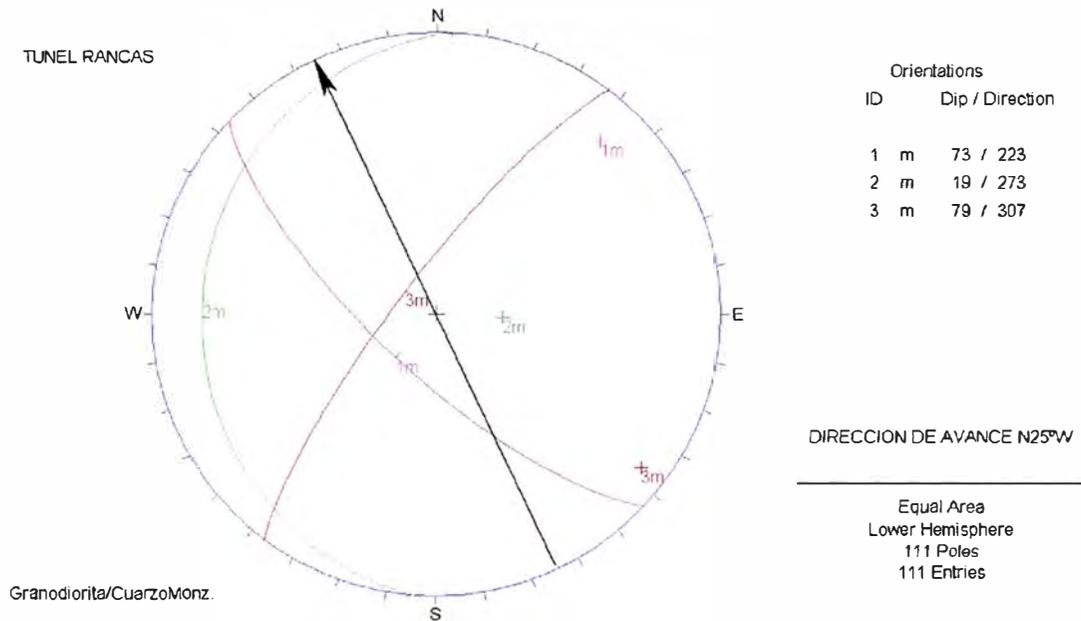


Figura 7.1-C: Proyección Estereográfica en rocas granodioríticas del Stock Shanuc en el Túnel Rancas. Se incluye la dirección del eje de Túnel.

Las fracturas tienen espaciamientos entre 0.5 a 3.0 m, onduladas rugosas a plano rugosas, cerradas a moderadamente abiertas con recubrimiento de clorita, sus paredes se presentan frescas o con oxidación, su persistencia varia entre 5 a 20 m en promedio.

• **Condiciones Tensionales**

Debido a la orientación del plegamiento de las rocas cuarcíticas y de la falla de sobre-escurrimiento regional, se asume que la dirección de los esfuerzos compresivos (esfuerzos horizontales) es de N60°-70°E, es decir sub-perpendicular al eje del Túnel, por lo que se esperan presiones horizontales elevadas, las cuales se manifestarán en lajamientos moderados a intenso en las cuarcitas (rocas levemente fracturadas a masivas) y leve a moderado lajamiento en las rocas intrusivas (rocas levemente fracturadas).

Entre las progresivas 0+000 a 0+500 se asume una zona de relajamiento y bajas presiones debido a una cobertura inferior a los 200m. Entre las progresivas 0+500 a 5+020 las tensiones serán

moderadas con coberturas entre 200 a 800 m. Así mismo, por condiciones morfológicas se espera anisotropía tensional entre las progresivas 0+500 a 0+850.

7.2 Caracterización Geomecánica en el Eje de Túnel

Para la caracterización geomecánica del túnel se ha tomado en cuenta los mismos criterios mencionados en el ítem 6.2.

- **Zonificación Geomecánica del túnel según el sistema RMi**

El índice RMi se determinó mediante las mediciones efectuadas en afloramientos rocosos, a inmediaciones del eje del Túnel. La simbología usada para las rocas son las siguientes:

Di/To = Dioritas a Tonalitas

Qz = Cuarzitas

Di/Qz/Pz = Dioritas, Cuarzitas y Pizarras

Grd/QzMz = Granodioríticas a Cuarzomonzonitas.

Qz/Pz = Cuarzitas y Pizarras

ZONIFICACION GEOMECANICA								
TUNEL RANCAS								
Progresivas	0+000 - 0+430		0+430 - 1+200		1+200 - 1+610		1+610 - 2+220	
Tramos (m)	430		770		410		610	
Litología	Di/To		Di/To		Di/Qz/Pz		Qz/Pz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
jR	1.50	2.00	3.00	4.00	1.50	2.00	1.50	3.00
jL	1.00	1.00	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
jA	4.00	8.00	1.00	2.00	2.00	4.00	4.00	8.00
jC	0.19	0.50	1.13	4.00	0.38	1.00	0.19	0.75
Vb (m ³)	0.010	0.100	0.300	0.700	0.005	0.030	0.010	0.100
JP	0.01	0.05	0.14	0.36	0.01	0.05	0.01	0.07
σ_{ci} (Mpa)	70.00	120.00	120.00	170.00	50.00	100.00	70.00	120.00
Índice RMi	0.56	6.38	16.48	61.53	0.56	5.46	0.56	8.43

Tabla 7.2-A: Túnel Rancas, progresivas 0+000 – 2+220, según el RMi.

ZONIFICACION GEOMECHANICA								
TUNEL RANCAS								
Progresivas	2+220 - 4+620		4+620 - 5+020					
Tramos (m)	2400		400					
Litología	Qz		Grd/QzMz					
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
jR	1.50	3.00	2.00	4.00	-	-	-	-
jL	0.75	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-
jA	3.00	4.00	2.00	4.00	-	-	-	-
jC	0.28	1.00	0.50	2.00	-	-	-	-
Vb (m ³)	0.120	1.600	0.100	0.300	-	-	-	-
JP	0.04	0.24	0.05	0.19	-	-	-	-
σ_{ci} (Mpa)	180.00	250.00	70.00	120.00	-	-	-	-
Índice RMi	6.95	59.50	3.72	23.03	-	-	-	-

Tabla 7.2-B: Túnel Rancas, progresivas 2+220 – 5+020, según el RMi.

- Zonificación Geomecánica del túnel según el sistema GSI**

Para la zonificación geomecánica según el sistema GSI se ha tomado en cuenta la tabla de valoración de este sistema correlacionándolo con el factor de estado de diaclasas y el volumen de bloque del sistema RMi.

ZONIFICACION GEOMECHANICA								
TUNEL RANCAS								
Progresivas	0+000 - 0+430		0+430 - 1+200		1+200 - 1+610		1+610 - 2+220	
Tramos (m)	430		770		410		610	
Litología	Di/To		Di/To		Di/Qz/Pz		Qz/Pz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Jc	0.19	0.50	1.50	4.00	0.38	1.00	0.19	0.75
Vb (m ³)	0.010	0.100	0.300	0.700	0.005	0.030	0.010	0.100
Indice GSI	30.00	45.00	55.00	75.00	35.00	50.00	30.00	50.00
σ_{ci} (MPa)	70.00	120.00	120.00	170.00	50.00	100.00	70.00	120.00
σ_{ma} (MPa)	4.815	14.596	21.344	64.656	4.159	14.709	4.815	17.651

Tabla 7.2-C: Túnel Rancas, progresivas 0+000 – 2+220, según el GSI.

ZONIFICACION GEOMECANICA								
TUNEL RANCAS								
Progresivas	2+220 - 4+620		4+620 - 5+020		-		-	
Tramos (m)	2400		400		-		-	
Litología	Qz		Grd/QzMz		-		-	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Jc	0.38	1.00	0.50	2.00	-	-	-	-
Vb (m3)	0.120	1.600	0.100	0.300	-	-	-	-
Indice GSI	45.00	65.00	40.00	60.00	-	-	-	-
σ_{ci} (MPa)	180.00	250.00	70.00	120.00	-	-	-	-
σ_{ma} (MPa)	21.895	65.023	7.041	25.810	-	-	-	-

Tabla 7.2-D: Túnel Rancas, progresivas 2+220 – 5+020, según el GSI.

- **Zonificación de Riesgo por Sobretensión**

El riesgo por sobretensión en el Túnel Rancas se realizó en base al criterio de energía de deformación elástica (PES), criterio de la tensión tangencial (Ts) tanto en las paredes como en el techo y el criterio de fracturación (RQD).

ZONIFICACION DE RIESGOS POR SOBRETENSION								
TUNEL RANCAS								
Progresivas	0+000 - 0+430		0+430 - 1+200		1+200 - 1+610		1+610 - 2+220	
Tramos (m)	430		770		410		610	
Litología	Di/To		Di/To		Di/Qz/Pz		Qz/Pz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
RQD	55	80	85	95	30	60	55	80
σ_{ci} (MPa)	70.00	120.00	120.00	170.00	50.00	100.00	70.00	120.00
Mod. Def. (E) MPa	25760	44160	44160	62560	16100	32200	19320	33120
PES (KPa)	95	163	163	231	78	155	127	217
Sobrecarga (m)	20.00	150.00	150.00	200.00	150.00	250.00	300.00	450.00
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	0.40	3.00	3.00	4.00	3.00	5.00	6.00	9.00
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	-0.10	-0.75	-0.75	-1.00	-0.75	-1.25	-1.50	-2.25
Tsp	0.003	0.043	0.018	0.033	0.030	0.100	0.050	0.129
Tst	-0.001	-0.011	-0.004	-0.008	-0.008	-0.025	-0.013	-0.032

Riesgo en pared	Inexistente	Posible	Inexistente	Posible
Riesgo en techo	Inexistente	Posible	Inexistente	Posible

Tabla 7.2-E: Riesgo por sobretensión en Túnel Rancas, progresivas 0+000 – 2+220.

ZONIFICACION DE RIESGOS POR SOBRETENSION								
TUNEL RANCAS								
Progresivas	2+220 - 4+620		4+620 - 5+020		-		-	
Tramos (m)	2400		400		-		-	
Litología	Qz		Grd/QzMz		-		-	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
RQD	80	100	80	85	-	-	-	-
σ_{ci} (MPa)	180.00	250.00	70.00	120.00	-	-	-	-
Mod. Def. (E) MPa	49680	69000	22330	38280	-	-	-	-
PES (KPa)	326	453	110	188	-	-	-	-
Sobrecarga (m)	450.00	850.00	250.00	300.00	-	-	-	-
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	9.00	17.00	5.00	6.00	-	-	-	-
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	-2.25	-4.25	-1.25	-1.50	-	-	-	-
Tsp	0.036	0.094	0.042	0.086	-	-	-	-
Tst	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-
Riesgo en pared	Posible		Posible					
Riesgo en techo	Posible		Posible					

Tabla 7.2-F: Riesgo por sobretensión en Túnel Rancas, progresivas 2+220 – 5+020.

- **Interpretación de cuadros de Zonificación Geomecánica y Riesgo Tensional**

Los sistemas de caracterización geomecánica se relacionan directamente con la condición de resistencia del macizo rocoso en base a las condiciones de las discontinuidades. En el sistema RMi esta valoración se obtiene en forma directa, mediante la ecuación: $RMi = \sigma_{ci} \cdot JP$ y en el sistema GSI se obtiene multiplicando el valor de GSI obtenido y la resistencia de la roca intacta, la cual se denomina resistencia del macizo rocoso (σ_{ma}), ver tabla 7.2-G.

Progresivas	Longitud (m)	σ_{ma}		R _{Mi}	
		Mínimo	máximo	mínimo	máximo
0+000 - 0+430	430	4.815	14.596	0.56	6.38
		Alto – Muy Alto		Medio – Alto	
0+430 - 1+200	770	21.344	64.656	16.48	61.53
		Muy Alto		Muy Alto	
1+200 - 1+610	410	4.159	14.709	0.56	5.46
		Alto – Muy Alto		Medio - Alto	
1+610 - 2+220	610	4.815	17.651	0.56	8.43
		Alto – Muy Alto		Medio - Alto	
2+220 - 4+620	2400	21.895	65.023	6.95	59.50
		Muy Alto		Alto – Muy Alto	
4+620 - 5+020	400	7.041	25.810	3.72	23.03
		Alto – Muy Alto		Alto – Muy Alto	

Tabla 7.2-G: Valores de R_{Mi} y σ_{ma} (MPa) en el Túnel Rancas.

- Según los resultados obtenidos de las tablas 7.2-E, F y G, en la zonificación de riesgos por sobretensión se ha obtenido lo siguiente: Riesgos elevados (0%), riesgos posibles (70%) y riesgos inexistentes (30%), por lo que debe de tomarse en cuenta, como factor influyente, el elevado porcentaje de riesgos posibles para el diseño del sostenimiento a colocarse en el túnel.
- Según la tabla 7.2-G, se observa la gran similitud existente entre los valores de ambos sistemas de caracterización. Según el sistema R_{Mi}, los valores entre 10 y 100 corresponden a la denominación **MUY ALTO (50%)**, los valores entre 1 y 10 corresponden a la denominación **ALTO (35%)** y los valores de 0.1 a 1.0 corresponden a la denominación **MEDIO (15%)**. Por lo que, basándonos en la condición geomecánica del macizo rocoso el túnel se excavará principalmente en macizos rocosos de buena calidad geomecánica y el uso del sostenimiento estará influido por factores externos (condición hidrológica, tensional y constructiva).

8.0 GEOMECANICA DEL TUNEL SAHUAY (ver plano 04 y 07)

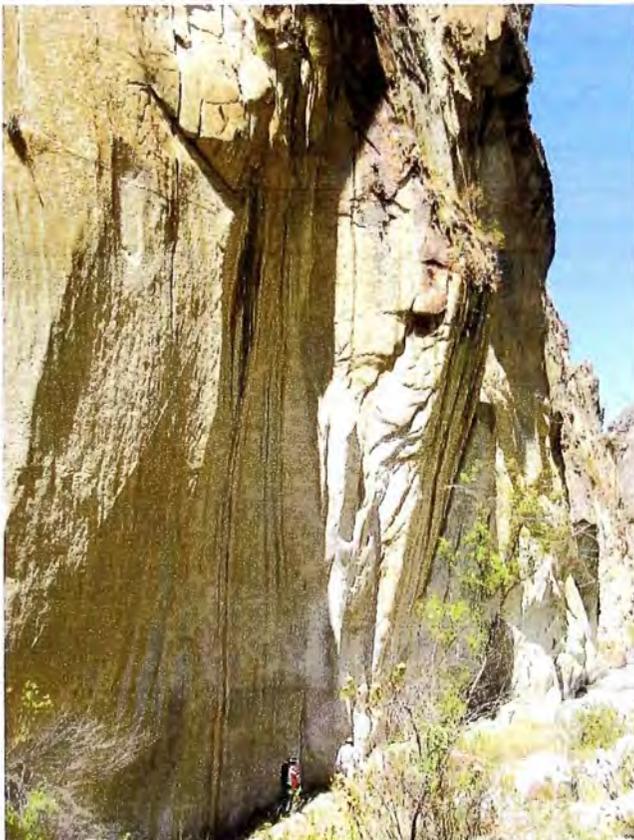
8.1 Condiciones Geológicas en el eje de túnel

El Túnel Sahuay tiene una longitud de 4 880 m, sección tipo baúl de 3.5 m de ancho x 3.5 m de altura. Su trazo se ubica en la margen izquierda del río Rapay. Se excavará mediante dos ventanas que interceptarán al túnel en las progresivas 0+200 y 4+600. Esta dividido en tres tramos cuyas direcciones son las siguientes:

1 ^{er} Tramo:	0+000 – 0+230	E - W
2 ^{do} Tramo:	0+230 – 1+000	S 15° W
3 ^{er} Tramo:	1+000 – 4+880	S 60° W

- **Condiciones Litológicas**

El Túnel Sahuay se excavará íntegramente en afloramientos intrusivos de composición Granodiorítico a Cuarzomonzonítico que corresponde al Stock Shanuc, masivo a levemente fracturado, fresco a levemente alterado, muy resistente (140 – 180 MPa), afectado por zonas de falla en roca competente (ver fotografía N° 7).



Fotografía N° 7: Vista de afloramiento de rocas intrusivas granodioríticas con fracturas subverticales, en la margen izquierda del río Rapay.

- **Condiciones Estructurales**

En los primeros 230 m se espera fallas del tipo gravitacional - tensional originadas por la profundización rápida del río Pumarrinri y Rapay, así mismo se han proyectado posibles zonas de falla o intenso corte, en base a las observaciones de campo, entre las progresivas 1+800 a 2+800.

- **Discontinuidades**

El afloramiento del Stock Shanuc presenta dos áreas con sistemas de fracturas predominantes. La primera es de la progresiva 0+000 a 0+2+500 y la segunda de la progresiva 2+500 a 4+880.

En la primera área los sistemas predominantes son los siguientes (ver figura 8.1-A).

- N20°-30°E/90°
- N50°-60°W/90°
- N70°-80°W/30°-35°NE

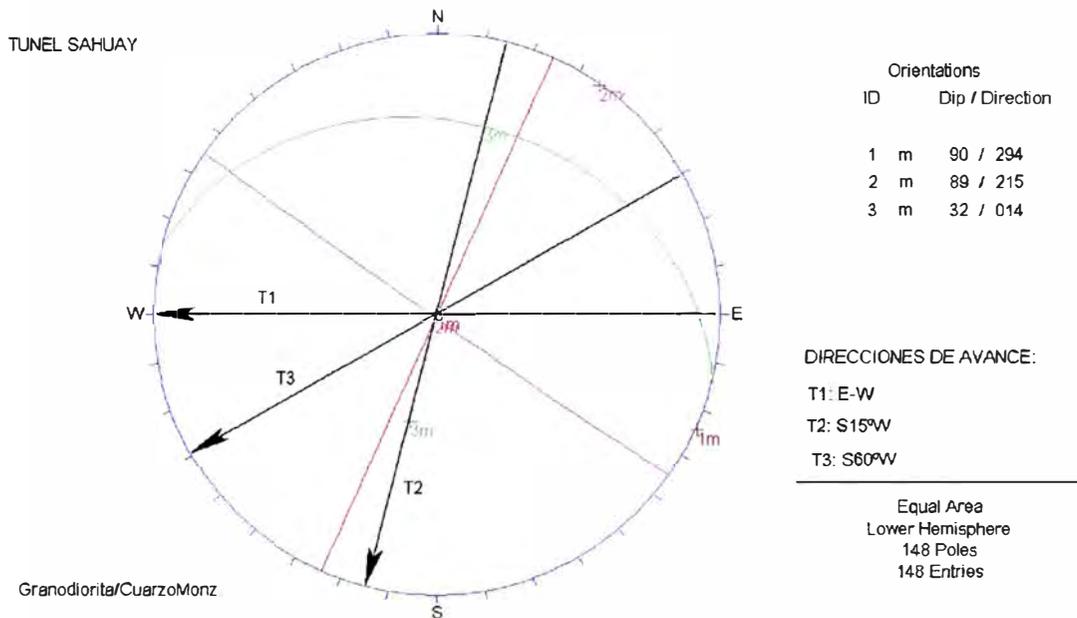


Figura 8.1-A: Proyección Estereográfica en rocas granodioríticas del Túnel Sahuay entre las progresivas 0+000 a 2+500. Se incluye la dirección del Túnel Sahuay.

En la segunda área los sistemas predominantes son los siguientes (ver figura 8.1-B).

- N10°-20°E/90°
- N10°-20°W/65°-75°SW
- N75°-85°E/50°-60°SE

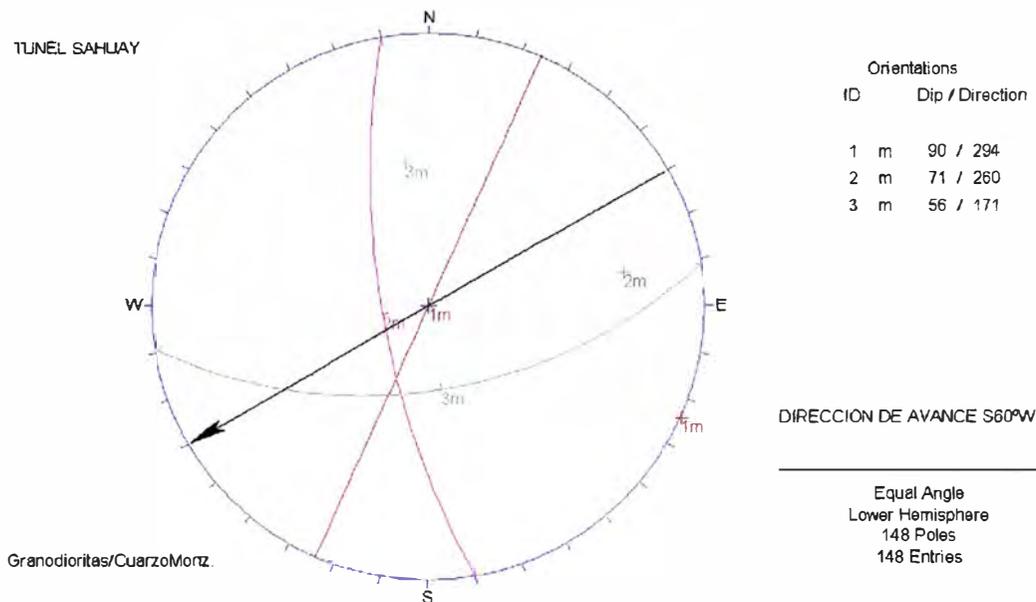


Figura 8.1-B: Proyección Estereográfica en rocas Granodioríticas del Túnel Sahuay entre las progresivas 2+500 a 4+880. Se incluye la dirección del Túnel Sahuay.

La fracturas están espaciadas entre si de 0.5 a 3.0 m, onduladas rugosas a plano rugosas, cerradas a moderadamente abiertas con recubrimiento de clorita, epidota o sericita, sus paredes se presentan frescas o con oxidación, su persistencia varía de 5 a 20 m promedio.

- **Condiciones Tensionales**

Entre las progresivas 0+000 a 0+230 se asume una zona de relajamiento y bajas presiones debido a una cobertura inferior a los 200m. Entre las progresivas 0+230 a 4+880 las tensiones serán moderadas con coberturas entre 200 a 800 m. Así mismo, por condiciones morfológicas (pendientes mayores a 25°) se espera anisotropía tensional entre las progresivas 2+500 a 3+500.

No se esperan riesgos de lajamiento o estallido de rocas por los esfuerzos compresivos, debido a que el eje del túnel se encuentra sub-perpendicular a la orientación de éstos.

8.2 Caracterización Geomecánica en el eje de túnel

Para la caracterización geomecánica del túnel se ha tomado en cuenta los mismos criterios mencionados en el ítem 6.2.

- **Zonificación Geomecánica del túnel según el sistema RMI**

El índice RMI se determinó mediante las mediciones efectuadas en afloramientos rocosos, a inmediaciones del eje del Túnel. La simbología usada para la Granodiorita a Cuarzomonzonita es: Grd/Qz-Mz.

ZONIFICACION GEOMECANICA								
TUNEL SAHUAY								
Progresivas	0+000 - 0+230		0+230 - 1+880		1+880 - 2+730		2+730 - 4+880	
Tramos (m)	230		1650		850		2150	
Litología	Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
jR	1.00	1.00	3.00	4.00	1.00	3.00	3.00	4.00
jL	0.75	1.00	0.75	1.00	0.75	1.00	0.75	1.00
jA	4.00	8.00	1.00	4.00	2.00	6.00	1.00	4.00
jC	0.09	0.25	0.56	4.00	0.13	1.50	0.56	4.00
Vb (m ³)	0.100	0.700	0.400	15.000	0.100	0.700	0.400	15.000
JP	0.02	0.08	0.10	0.85	0.02	0.22	0.10	0.85
σ_{ci} (Mpa)	80.00	120.00	140.00	180.00	80.00	120.00	140.00	180.00
Índice RMi	1.25	10.08	14.36	153.86	1.56	26.03	14.36	153.86

Tabla 8.2-A: Túnel Sahuay, progresivas 0+000 – 4+880, según el RMi.

- **Zonificación Geomecánica del túnel según el sistema GSI**

Para la zonificación geomecánica según el sistema GSI se ha tomado en cuenta la tabla de valoración de este sistema correlacionándolo con el factor de estado de diaclasas y el volumen de bloque del sistema RMi.

ZONIFICACION GEOMECANICA								
TUNEL SAHUAY								
Progresivas	0+000 - 0+230		0+230 - 1+880		1+880 - 2+730		2+730 - 4+880	
Tramos (m)	230		1650		850		2150	
Litología	Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Jc	0.13	0.25	0.75	4.00	0.17	1.50	0.75	4.00
Vb (m ³)	0.100	0.700	0.400	15.000	0.100	0.700	0.400	15.000
Indice GSI	30.00	37.00	55.00	85.00	30.00	55.00	55.00	85.00
σ_{ci} (MPa)	80.00	120.00	140.00	180.00	80.00	120.00	140.00	180.00
σ_{ma} (MPa)	5.503	10.770	24.902	100.107	5.503	21.344	24.902	100.107

Tabla 8.2-B: Túnel Sahuay, progresivas 0+000 – 4+880, según el GSI.

- **Zonificación de Riesgo por Sobretensión**

El riesgo por sobretensión en el Túnel Sahuay se realizó en base al criterio de energía de deformación elástica (PES), criterio de la tensión tangencial (Ts) tanto en las paredes como en el techo y el criterio de fracturación (RQD).

ZONIFICACION DE RIESGOS POR SOBRETENSION								
TUNEL SAHUAY								
Progresivas	0+000 - 0+230		0+230 - 1+880		1+880 - 2+730		2+730 - 4+880	
Tramos (m)	230		1650		850		2150	
Litología	Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
RQD	80	95	90	100	80	95	90	100
σ_{ci} (MPa)	80.00	120.00	140.00	180.00	80.00	120.00	140.00	180.00
Mod. Deform. (E)	25520	38280	44660	57420	25520	38280	44660	57420
PES (KPa)	125	188	219	282	125	188	219	282
Sobrecarga (m)	30.00	200.00	200.00	500.00	500.00	600.00	500.00	700.00
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	0.60	4.00	4.00	10.00	10.00	12.00	10.00	14.00
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	-0.15	-1.00	-1.00	-2.50	-2.50	-3.00	-2.50	-3.50
Tsp	0.005	0.050	0.022	0.071	0.083	0.150	0.056	0.100
Tst	-0.001	-0.013	-0.006	-0.018	-0.021	-0.038	-0.014	-0.025
Riesgo en pared	Posible		Posible		Posible		Posible	
Riesgo en techo	Posible		Posible		Posible		Posible	

Tabla 8.2-C: Riesgo por sobretensión en Túnel Sahuay, progresivas 0+000 – 4+880.

- **Interpretación de cuadros de Zonificación Geomecánica y Riesgo Tensional**

Los sistemas de caracterización geomecánica se relacionan directamente con la condición de resistencia del macizo rocoso en base a las condiciones de las discontinuidades. En el sistema RMi esta valoración se obtiene en forma directa, mediante la ecuación: $RMi = \sigma_{ci} \cdot JP$ y en el sistema GSI se obtiene multiplicando el valor de GSI obtenido y la resistencia de la roca intacta, la cual se denomina resistencia del macizo rocoso (σ_{ma}), ver tabla VI.2.4.

Progresivas	Longitud (m)	σ_{ma}		RMi	
		Mínimo	máximo	mínimo	máximo
0+000 - 0+230	230	5.503	10.770	1.25	10.08
		Alto		Alto	
0+230 - 1+880	1650	24.902	100.107	14.36	153.86
		Muy Alto		Muy Alto	
1+880 - 2+730	850	5.503	21.344	1.56	26.03
		Alto - Muy Alto		Alto - Muy Alto	
2+730 - 4+880	2150	24.902	100.107	14.36	153.86
		Muy Alto		Muy Alto	

Tabla 8.2-D Valores de RMi y σ_{ma} (MPa) en el Túnel Sahuay.

- Según los resultados obtenidos de la tabla 8.2-C, en la zonificación de riesgos por sobretensión se ha obtenido que a lo largo de todo el túnel existen riesgos posibles por tensión, por lo que debe de tomarse en cuenta, como factor influyente, el elevado porcentaje de riesgos posibles para el diseño del sostenimiento a colocarse en el túnel.
- De acuerdo a la tabla 8.2-D, se observa que existe mayor probabilidad de valores entre 10 y 100 correspondientes a la denominación **MUY ALTO (60%)** y valores entre 1 y 10 correspondiente a la denominación **ALTO (40%)**, según el sistema RMi, por lo que, basándonos en la condición geomecánica del macizo rocoso el túnel se excavará principalmente en macizos rocosos de buena a muy buena calidad geomecánica y el uso del sostenimiento estará influido por factores externos (condición hidrológica, tensional y constructiva).

9.0 CRITERIOS Y DISEÑOS DEL SOSTENIMIENTO SEGÚN EL SISTEMA RMI (PALMSTROM, 1995)

9.1 Conceptos Básicos

El comportamiento del macizo rocoso que rodea una excavación subterránea depende principalmente de los siguientes parámetros:

- Propiedades inherentes del macizo rocoso:
 - a) La resistencia de la roca intacta.
 - b) Propiedades de las diaclasas.
 - c) Disposición estructural de las diaclasas.
 - d) Propiedades específicas de las zonas de debilidad.
- Fuerzas actuantes presentes:
 - a) Tensiones tangenciales alrededor de la excavación.
 - b) Agua subterránea.
- Características de la excavación:
 - a) Tamaño y forma de la excavación.
 - b) Método de excavación.
 - c) Relación: dimensión del túnel/tamaño de bloque.

Palmstrom (1995) combinó los factores anteriores que tienen similares efectos en la estabilidad de la excavación y los dividió en dos grupos para evaluar la continuidad del macizo rocoso y calidad del mismo, descritos a continuación:

A. Continuidad del macizo rocoso: Determina si el volumen de los macizos rocosos atravesados por la excavación puede o no ser considerado como continuo. Este parámetro es de mucha importancia dentro de la aplicación del RMI en la evaluación del sostenimiento y debe ser aplicado con mucho criterio:

$$CF = \frac{Dt}{Db}$$

Donde:

CF = Factor de continuidad

Dt = Diámetro de túnel (m)

Db = Diámetro de bloque (m)

Se considera un macizo rocoso continuo cuando CF es menor de 5 (roca masiva) y cuando CF es mayor de 100 (roca intensamente fracturada o triturada) y un macizo discontinuo cuando $5 < CF < 100$.

B. Factor de estado: Comprende los parámetros inherentes al macizo rocoso y el tipo de tensión con mayor influencia en la estabilidad del terreno. Cuando el macizo es continuo se considera un factor de competencia (C_g) y en macizos discontinuos o zonas de debilidad se considera un factor de estado (G_c).

- **Sostenimiento de macizos rocosos continuos**

La inestabilidad en este tipo de macizos rocosos esta gobernada por su estructura y por el campo de tensiones existentes.

Dado que el RMi representa la resistencia del macizo rocoso, éste puede ser usado para calcular el factor de competencia (C_g), el mismo que en rocas masivas seria equivalente a:

$$C_g = RMi / \sigma_{\theta}$$

Donde:

σ_{θ} = Esfuerzo tangencial y varia según su aplicación en el techo ($\sigma_{\theta,t}$) o paredes ($\sigma_{\theta,p}$) de la excavación, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

Tensión tangencial en techo: $\sigma_{\theta,t} = (A x k - 1) p_h$

Tensión tangencial en paredes: $\sigma_{\theta,p} = (B - k) p_h$

Donde:

$A y B$ = Son factores que dependen de la forma de la excavación.

k = Relación de la tensión horizontal y vertical.

p_h = Tensión vertical = $(0.027 \text{ kg} / \text{m}^3) \cdot h$

h = Profundidad del Túnel.

Para los Túneles Huarihuanca, Rancas y Sahuay que tienen formas de baúl, los valores de $A y B$ serán 3.2 y 2.3, respectivamente y de acuerdo a las características tectónicas y morfológicas del area de estudio, los valores de k se consideran entre 1.5 y 2.5 (ver item 3.). Según estos datos, los valores de $\sigma_{\theta,t}$ y $\sigma_{\theta,p}$ serian los siguientes:

$$\sigma_{\theta,t(\max)} = (A x k - 1) p_h = (3.2 x 2.5 - 1) x 0.027 h = 0.18 h$$

$$\sigma_{\theta,t(\min)} = (A x k - 1) p_h = (3.2 x 1.5 - 1) x 0.027 h = 0.10 h$$

$$\sigma_{\theta,p(\max)} = (B - k)p_h = (2.3 - 1.5)x0.027h = 0.02h$$

$$\sigma_{\theta,p(\min)} = (B - k)p_h = (2.3 - 2.5)x0.027h = -0.005h$$

El sostenimiento se define con el factor de competencia (C_g), según la tabla 9.1-A.

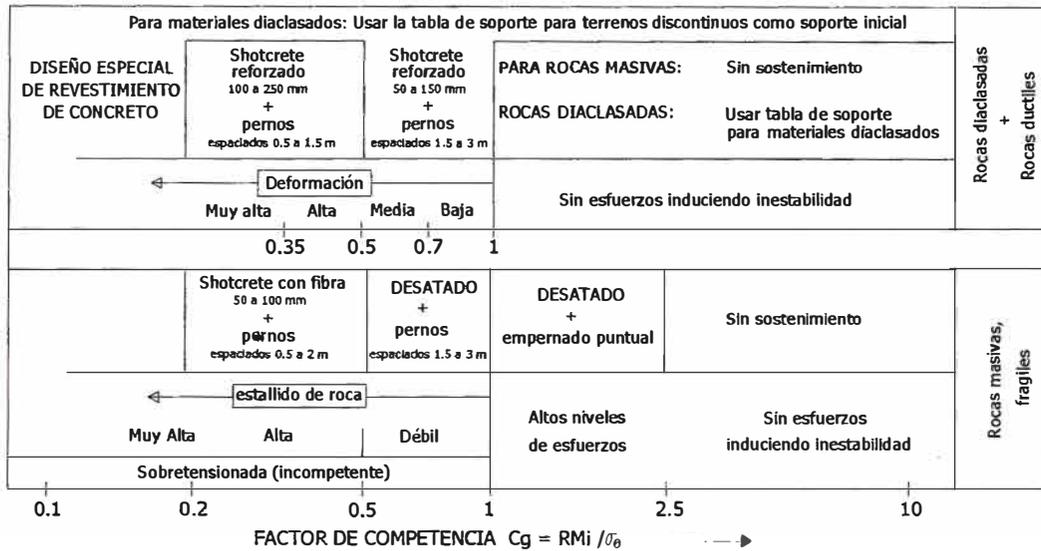


Tabla 9.1-A: Sostenimiento en macizos rocosos continuos, según el RMI (Palmstrom, 1995).

- **Sostenimientos de macizos rocosos discontinuos**

En este tipo de macizo rocoso la rotura ocurre cuando se produce la caída de bloques o cuñas limitados por diaclasas desde el techo o paredes de la excavación (fallas estructuralmente controladas). La estabilidad de estos macizos esta fundamentalmente influenciada por los tamaños y forma de los bloques, por la resistencia al cizallamiento de las diaclasas y por la orientación de estas con relación a la excavación. Los factores que gobiernan la estabilidad de los macizos discontinuos se agrupan en:

Calidad del macizo rocoso, determinado por el factor de estado (G_c)

$$G_c = RMixSLxC$$

Donde:

SL : Factor de corrección por nivel de tensiones (ver tabla VII.1.2-A).

C : Factor de corrección por inclinación de paredes y techo (ver tabla VII.1.2-B).

Factor de Escala, expresado por la relación de tamaños (S_r).

$$S_r = (D_t / D_b)(C_o / N_j)$$

Donde:

D_t : Diámetro del túnel.

D_b : Diámetro del bloque.

C_o : Factor de corrección por orientación.

N_j : Factor de corrección por cantidad de sistemas de discontinuidades.

Nivel de Tensiones	Sobrecarga	Rango SL
Muy bajo (en portales, etc.)	<10 m	0.1
Bajo	10 – 35 m	0.5
Moderado	35 – 350 m	1
Alto	>350 m	1.5 ^{*)}
*) Para la estabilidad en paredes altas un alto nivel de tensiones es desfavorable. Posible rango de SL = 0.5 – 0.75.		

TABLA 9.1-B: Valoración del factor de corrección por nivel de tensiones (Palmstrom, 1995)

Inclinación de techo y paredes	Rango C
Horizontal (techo)	1
Inclinación de 30°	1.5
Inclinación de 45°	2.2
Inclinación de 60°	3
Vertical (paredes)	5

TABLA 9.1-C: Valoración del factor de corrección por inclinación de paredes y techo (Palmstrom, 1995).

Orientación de sistemas (respecto al eje del túnel)				Rango C_o y C_o_s
En pared		En techo	Terminología	
Para rumbo >30°	Para rumbo <30°	Para todo rumbo		
Dip < 30°	Dip < 20°	Dip > 60°	Favorable	1
Dip = 30° - 60°	Dip = 20° - 45°	Dip = 45° - 60°	Media	1.5
Dip > 60°	Dip = 45° - 60°	Dip = 20° - 45°	Desfavorable	2
-	Dip > 60°	Dip < 20°	Muy desfavorable	3

TABLA 9.1-D: Valoración del factor de corrección por orientación (Palmstrom, 1995).

Numero de sistemas ^{*)}	Rango Nj	Numero de sistemas ^{*)}	Rango Nj
Un sistema	3	Tres sistemas	1
Un sistema + random	2	Tres sistemas + random	0.85
Dos sistemas	1.5	Cuatro sistemas	0.75
Dos sistemas + random	1.2	Cuatro sistemas + random	0.65

^{*)} Numero de sistemas en la ubicación de medida.
(El numero de sistemas no se observa en una área grande)

TABLA 9.1-E: Valoración del factor de corrección por cantidad de sistemas de discontinuidades (Palmstrom, 1995).

El sostenimiento se define correlacionando el factor de estado (G_c) y el factor de escala (S_r), según la tabla 9.1-F.

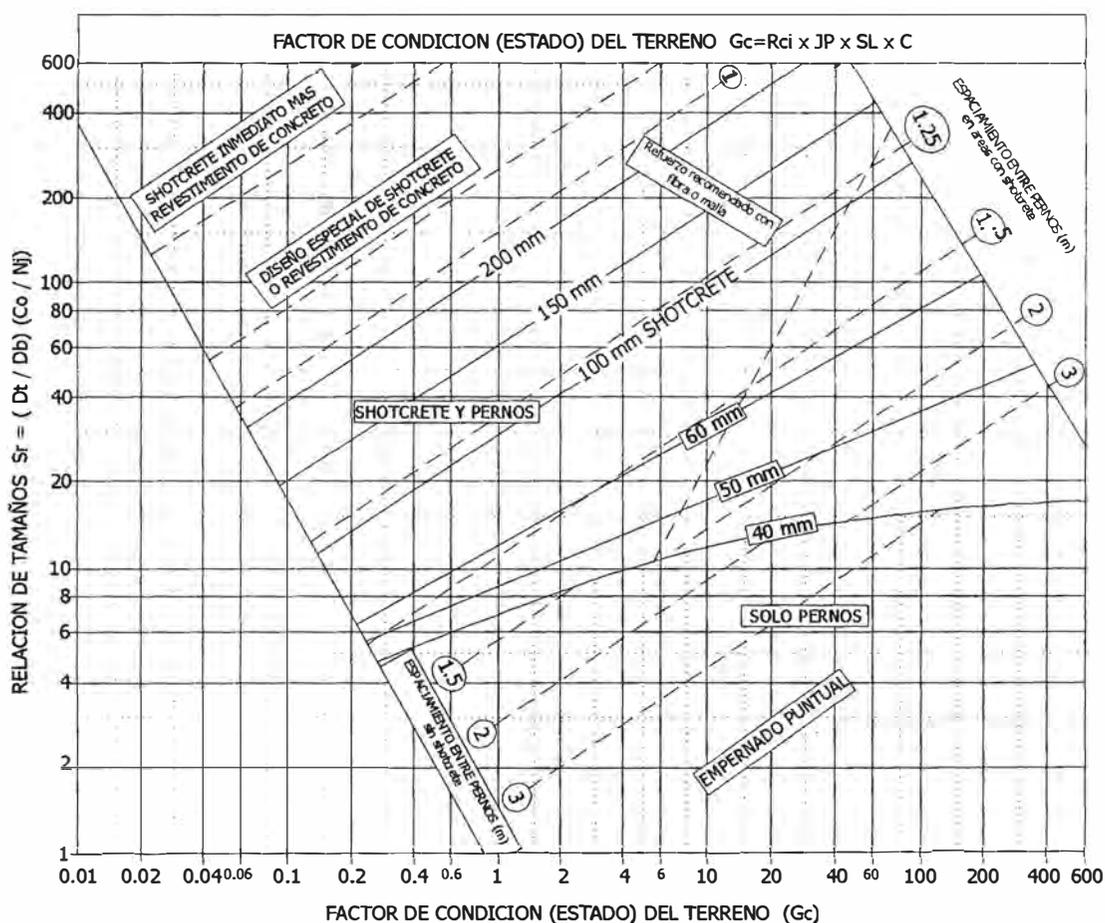


Tabla 9.1-F: Sostenimiento en macizos rocosos discontinuos, según el RMI (Palmstrom, 1995).

9.2 Descripción de los Tipos de Soporte en los Túneles

Para determinar los tipos de soporte en macizos rocosos continuos y discontinuos se identifico los límites máximos y mínimos de sus respectivos factores de competencia (C_g), condición del terreno (G_c) y relación de tamaños (S_r), definiendo áreas dentro de las tablas de sostenimiento del RMI (ver tablas 9.2-A y B), en las cuales se establecieron los limites entre los diferentes tipos de soporte que serian los adecuados para los Túneles Huarihuanca, Rancas y Sahuay. Sin embargo, el soporte Tipo E se ha modificado de acuerdo a la experiencia de la excavación de túneles en nuestro país, reemplazando la capa de shotcrete con fibra de 15 cm. de espesor y pernos de anclaje, por la colocación de cimbras metálicas y un recubrimiento de 25 cm. de shotcrete con fibra, los cuales se aplicarán en zonas de falla o intenso corte que serán atravesados durante la excavación.

Se han definido cinco diferentes tipos de soporte asociados a diferentes condiciones geomecánicas del macizo rocoso y sus factores influyentes (condiciones hidrológicas, tensionales y de excavación), tomando en cuenta la sección del Túnel de 3.5 x 3.5 m (ver tabla 9.2-C).

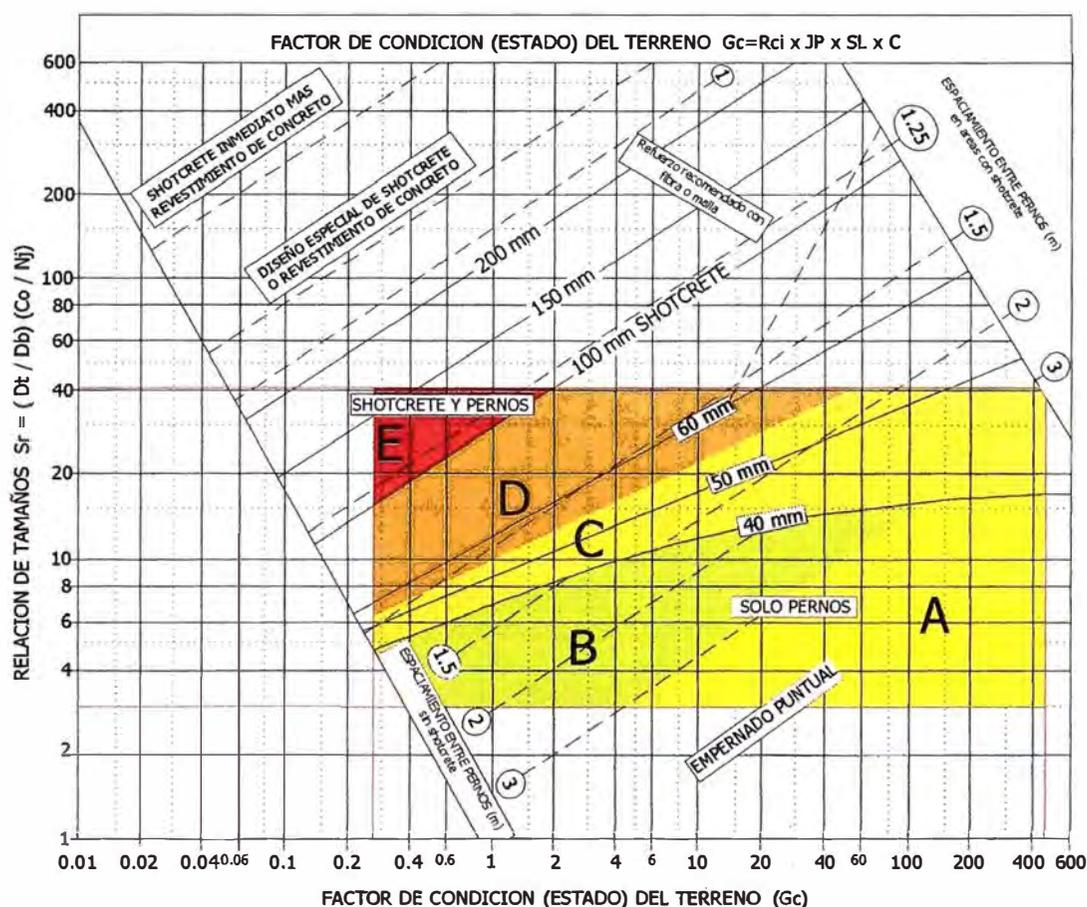


Tabla 9.2-A: Tipos de soporte A, B, C, D y E según la tabla de sostenimiento del RMI, para macizos discontinuos.

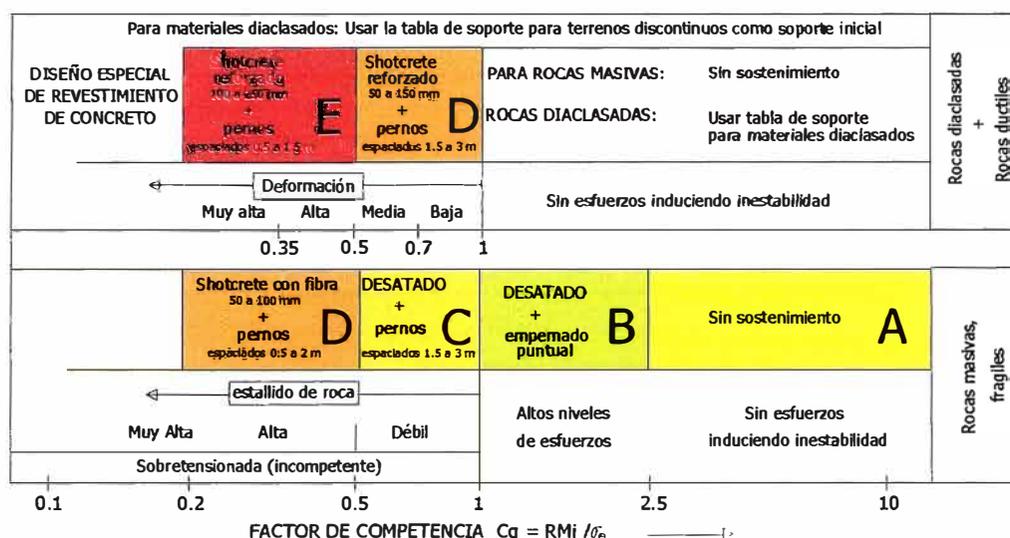


Tabla 9.2-B: Tipos de soporte A, B, C, D y E según la tabla de sostenimiento del RMI, para macizos continuos.

Calidad de roca	Descripción	Tipo de soporte	Descripción
Roca Tipo I	Roca masiva a levemente fracturada con diámetro de bloque > 1 m, resistencia a la compresión > 180 MPa, fracturas cerradas, frescas. $R_{Mi} > 10$ sin sobretensiones.	A	Sin soporte o perno ocasional (0.5 p/ml)
Roca Tipo II	Roca leve a moderadamente fracturada con diámetro de bloque de 0.5 – 1.0 m, resistencia a la compresión de 100 – 180 MPa, fracturas levemente abiertas con oxidación en superficie y recubrimiento de cloritas y epidotas. $R_{Mi} = 1- 10$. Roca Tipo I sobretensionada.	B	- Perno sistemático 1.5 m de longitud, cementados y tensados (3 p/ml). - Concreto lanzado ocasional ($0.1 \text{ m}^3/\text{ml}$)
Roca Tipo III	Roca moderadamente a muy fracturada con diámetro de bloque de 0.1 – 0.5 m, resistencia a la compresión de 50 – 100 MPa, fracturas moderadamente abiertas con oxidación en paredes y relleno de sericita. $R_{Mi} = 0.1 – 1.0$. Roca Tipo II sobretensionada.	C	- Perno sistemático 1.5 m de longitud, cementados y tensados (4 p/ml). - Concreto lanzado con fibra de 5 cm de espesor en paredes y techo ($0.5 \text{ m}^3/\text{ml}$).
Roca Tipo IV	Roca muy fracturada a intensamente fracturada con diámetro de bloque de 0.05 a 0.1 m, resistencia a la compresión de 25 – 50 MPa, fracturas abiertas con relleno de arcillas blandas, paredes con superficies pulidas o estriaciones. $R_{Mi} = 0.01 – 0.1$. Roca tipo III con presencia de agua.	D	- Perno sistemático 1.5 m de longitud, cementados y tensados (6 p/ml). - Concreto lanzado con fibra de 10 cm de espesor en paredes y techo ($1.0 \text{ m}^3/\text{ml}$).
Roca Tipo V	Roca intensamente fracturada a triturada con diámetro de bloque menor a 0.05 m, resistencia a la compresión menor a 25 MPa, fracturas muy abiertas con relleno blando o zona de falla con estriaciones. $R_{Mi} < 0.01$. Roca Tipo IV con presencia de agua.	E	Cimbras metálicas o costillas de concreto armado espaciadas cada metro con recubrimiento de concreto lanzado de 25 cm de espesor.

Tabla 9.2-C: Descripción de los tipos de soporte para los túneles Huarihuanca, Rancas y Sahuay según el RMI.

A continuación se muestra gráficamente los tipos de soportes a ser colocados en las secciones de los Túneles Huarihuanca, Rancas y Sahuay.

Figura 9.2-A: Soporte A.

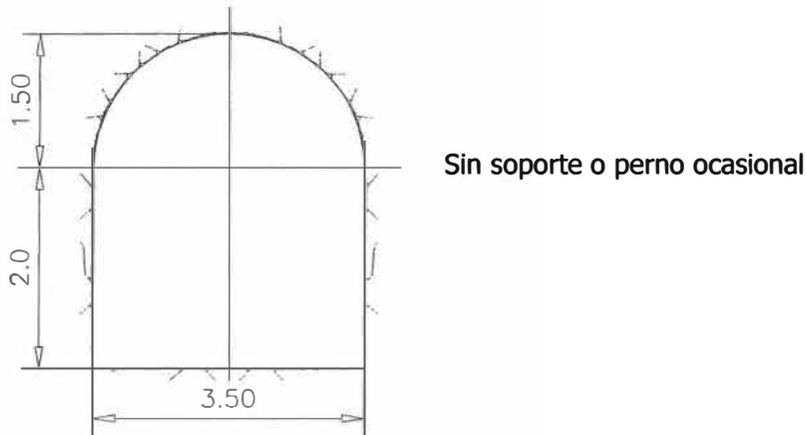


Figura 9.2-B: Soporte B.

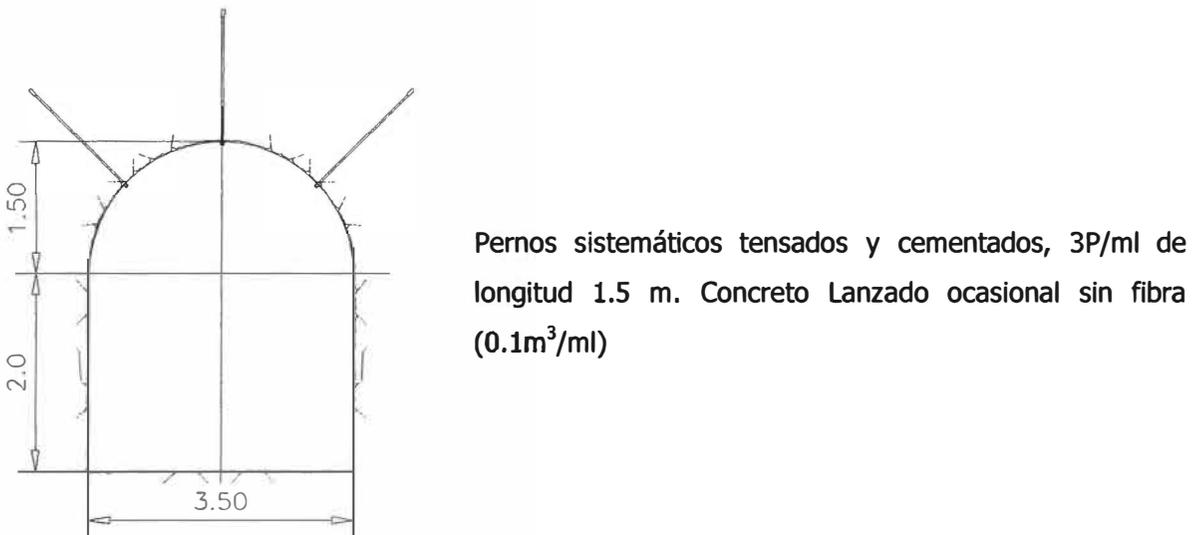


Figura 9.2-C: Soporte C.

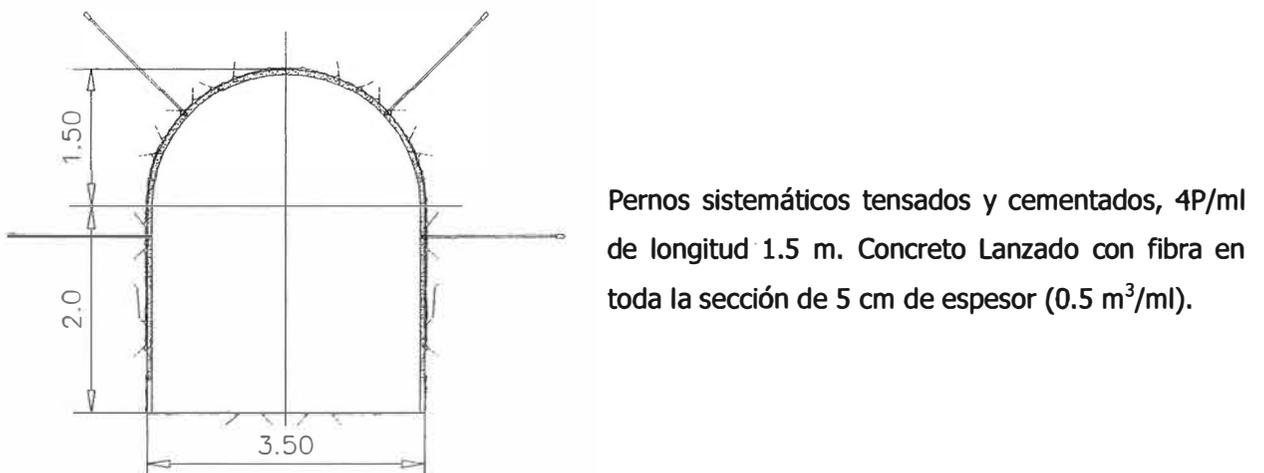
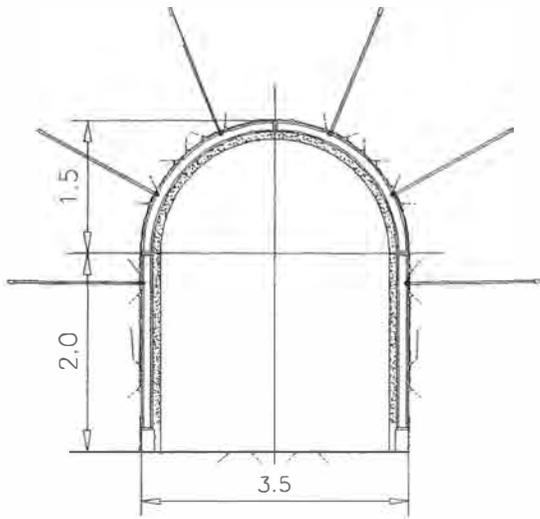
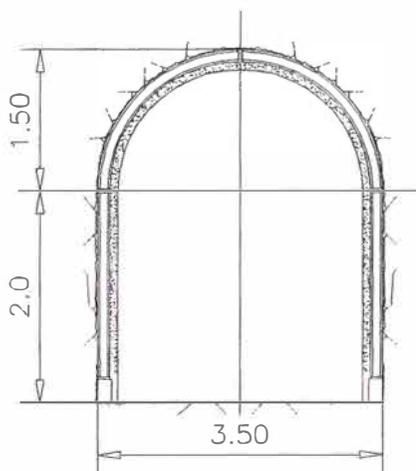


Figura 9.2-D: Soporte D.



Pernos sistemáticos tensados y cementados, 6P/ml de longitud 1.5 m. Concreto Lanzado con fibra en toda la sección de 10 cm de espesor (1.0 m³/ml).

Figura 9.2-E: Soporte E.



Cimbras Metálicas de perfil H, espaciadas cada 1 m. cubiertas con 25 cm de concreto lanzado o costilla de concreto.

9.3 Distribución de los Tipos de Soporte en los Túneles

A. Sostenimiento del Túnel Huarihuanca

Para el sostenimiento del Túnel Huarihuanca se determinó el tipo de macizo rocoso (continuo o discontinuo).

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	0+000 - 0+300		0+300 - 0+650		0+650 - 1+070		1+070 - 1+500	
Tramos (m)	300		350		420		430	
Litología	And.		And.		And.		And.	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
σ_{ci} (MPa)	100.00	150.00	150.00	200.00	50.00	100.00	150.00	200.00
RMi (discont.)	1.54	12.80	0.00	0.00	0.28	2.90	0.00	0.00
RMi (cont.)	-	-	75	100	-	-	75	100
Índice GSI	35.00	57.00	50.00	65.00	25.00	35.00	50.00	65.00
σ_{ma} (MPa)	8.318	26.680	13.463	31.741	2.844	8.318	22.063	52.019
Sobrecarga (m)	30.00	200.00	200.00	300.00	300.00	500.00	500.00	600.00
Dt (m)	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Db (m)	0.22	0.46	0.79	1.00	0.17	0.37	0.79	1.00
C.F	7.54	16.25	3.50	4.41	9.50	20.47	3.50	4.41
Co (pared)	2.00	2.00	-	-	2.00	2.00	-	-
Co (techo)	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	-
Nj	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	-
Sr (pared)	32.49	15.08	-	-	40.94	19.00	-	-
Sr (techo)	16.25	7.54	-	-	20.47	9.50	-	-
SL	0.50	1.00	-	-	1.00	1.50	-	-
C (pared)	5.00	5.00	-	-	5.00	5.00	-	-
C (techo)	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	-
Gc (pared)	3.85	63.99	-	-	1.40	21.77	-	-
Gc (techo)	25.03	96.50	-	-	5.72	27.58	-	-
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	-0.15	4.00	-1.00	6.00	-1.50	10.00	-2.50	12.00
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	3.00	36.00	20.00	54.00	30.00	90.00	50.00	108.00
Cg (pared)	-	-	12.50	-100.00	-	-	6.25	-40.00
Cg (techo)	-	-	1.39	5.00	-	-	0.69	2.00
Soporte Pared	70C-30D		100A		15C-80D-5E		100A	
Soporte Techo	30A-50B-20C		40A-60B		25B-70C-5D		60B-40C	
Soporte Promed.	40B-40C-20D		60A-40B		10B-45C-45D		70B-30C	

Tabla 9.3-A: Sostenimiento del Túnel Huarihuanca, progresivas 0+000 – 1+500, según el RMi.

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	1+500 - 1+700		1+700 - 1+990		1+990 - 2+310		2+310 - 2+590	
Tramos (m)	200		290		320		280	
Litología	And/Di		Di/To		And/Di		And	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
σ_{ci} (MPa)	100.00	150.00	140.00	180.00	100.00	150.00	150.00	200.00
RMi (discont.)	1.54	16.75	3.99	14.44	0.56	4.35	0.00	0.00
RMi (cont.)	-	-	-	-	-	-	75	100
Indice GSI	35.00	55.00	37.00	52.00	25.00	35.00	50.00	65.00
σ_{ma} (MPa)	8.318	26.680	12.565	28.567	5.689	12.477	22.063	52.019
Sobrecarga (m)	600.00	650.00	400.00	650.00	400.00	500.00	500.00	800.00
Dt (m)	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Db (m)	0.22	0.46	0.22	0.27	0.17	0.37	0.79	1.00
C.F	7.54	16.25	12.89	16.25	9.50	20.47	3.50	4.41
Co (pared)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	-	-
Co (techo)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
Nj	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
Sr (pared)	32.49	15.08	32.49	25.79	40.94	19.00	-	-
Sr (techo)	16.25	7.54	16.25	12.89	20.47	9.50	-	-
SL	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	-	-
C (pared)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	-	-
C (techo)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
Gc (pared)	11.55	125.62	29.92	108.30	4.19	32.66	-	-
Gc (techo)	25.03	126.30	64.80	186.19	11.45	41.37	-	-
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	-3.00	13.00	-2.00	13.00	-2.00	10.00	-2.50	16.00
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	60.00	117.00	40.00	117.00	40.00	90.00	50.00	144.00
Cg (pared)	-	-	-	-	-	-	4.69	-40.00
Cg (techo)	-	-	-	-	-	-	0.52	2.00
Soporte Pared	80C-20D		100C		70D-30C		100A	
Soporte Techo	40A-50B-10C		80A-20B		25B-70C-5D		50B-50C	
Soporte Promed.	20A-25B-45C-10D		40A-10B-50C		10B-50C-40D		50A-25B-25C	

Tabla 9.3-B: Sostenimiento del Túnel Huarihuanca, progresivas 1+500 – 2+590, según el RMi.

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	2+590 - 2+790		2+790 - 3+790		3+790 - 4+190		4+190 - 5+690	
Tramos (m)	200		1000		400		1500	
Litología	And/Di		Di/To		Di/Qz		Qz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
σ_{ci} (MPa)	100.00	150.00	140.00	180.00	70.00	120.00	180.00	250.00
RMi (discont.)	1.54	16.75	12.34	73.95	3.38	31.59	6.95	59.50
RMi (cont.)	–	–	70	90	35	60	90	125
Indice GSI	35.00	50.00	50.00	75.00	40.00	60.00	40.00	60.00
σ_{ma} (MPa)	8.318	22.063	20.593	68.460	7.041	25.810	18.106	53.772
Sobrecarga (m)	800.00	1000.00	600.00	800.00	400.00	600.00	300.00	400.00
Dt (m)	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Db (m)	0.22	0.46	0.37	1.03	0.43	0.93	0.49	1.17
C.F	7.54	16.25	3.39	9.50	3.77	8.12	2.99	7.10
Co (pared)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Co (techo)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Nj	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sr (pared)	32.49	15.08	19.00	6.78	16.25	7.54	14.19	5.98
Sr (techo)	16.25	7.54	9.50	3.39	8.12	3.77	7.10	2.99
SL	0.75	0.75	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.50
C (pared)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
C (techo)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Gc (pared)	5.78	62.81	92.55	554.63	25.38	236.90	34.73	446.23
Gc (techo)	25.03	126.30	117.24	250.73	27.49	119.09	49.29	178.04
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	-4.00	20.00	-3.00	16.00	-2.00	12.00	-1.50	8.00
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	80.00	180.00	60.00	144.00	40.00	108.00	30.00	72.00
Cg (pared)	–	–	4.38	-30.00	2.92	-30.00	11.25	-83.33
Cg (techo)	–	–	0.49	1.50	0.32	1.50	1.25	4.17
Soporte Pared	70C-30D		80A-5B-15C		60A-30B-10C		80A-20B	
Soporte Techo	50A-40B-10C		30B-70C		45A-15B-20C-20D		50A-50B	
Soporte Promed.	25A-20B-40C-15D		40A-20B-40C		50A-25B-15C-10D		65A-35B	

Tabla 9.3-C: Sostenimiento del Túnel Huarihuanca, progresivas 2+590 – 5+690, según el RMi.

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	5+690 - 6+090		6+090 - 6+270		-		-	
Tramos (m)	400		180		-		-	
Litología	Qz/Grd		Grd/QzMz		-		-	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
σ_{ci} (MPa)	70.00	120.00	140.00	180.00	-	-	-	-
RMi (discont.)	3.72	23.03	0.00	0.00	-	-	-	-
RMi (cont.)	-	-	70	90	-	-	-	-
Indice GSI	42.00	60.00	60.00	80.00	-	-	-	-
σ_{ma} (MPa)	7.597	25.810	30.112	82.785	-	-	-	-
Sobrecarga (m)	300.00	350.00	300.00	350.00	-	-	-	-
Dt (m)	3.50	3.50	3.50	3.50	-	-	-	-
Db (m)	0.46	0.67	1.36	1.71	-	-	-	-
C.F	5.23	7.54	2.05	2.58	-	-	-	-
Co (pared)	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-
Co (techo)	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-
Nj	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-
Sr (pared)	15.08	10.46	-	-	-	-	-	-
Sr (techo)	7.54	5.23	-	-	-	-	-	-
SL	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-
C (pared)	5.00	5.00	-	-	-	-	-	-
C (techo)	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-
Gc (pared)	18.60	115.15	-	-	-	-	-	-
Gc (techo)	28.05	120.41	-	-	-	-	-	-
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	-1.50	7.00	-1.50	7.00	-	-	-	-
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	30.00	63.00	30.00	63.00	-	-	-	-
Cg (pared)	-	-	10.00	-60.00	-	-	-	-
Cg (techo)	-	-	1.11	3.00	-	-	-	-
Soporte Pared	20A-75B-5C		100A		-		-	
Soporte Techo	90A-10B		10A-90B		-		-	
Soporte Promed.	55A-45B		55A-45B		-		-	

Tabla 9.3-D: Sostenimiento del Túnel Huarihuanca, progresivas 5+690 – 6+270, según el RMi.

Resumen de los tipos de soporte en el Túnel Huarihuanca:

Longitud = 6 270 m

Soporte A: 39 %	Roca Tipo I	(2450 m)
Soporte B: 31 %	Roca Tipo II	(1910 m)
Soporte C: 23 %	Roca Tipo III	(1443 m)
Soporte D: 7 %	Roca Tipo IV	(467 m)

B. Sostenimiento del Túnel Rancas

Para el sostenimiento del Túnel Rancas se determinó el tipo de macizo rocoso (continuo o discontinuo).

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL RANCAS								
Progresivas	0+000 - 0+430		0+430 - 1+200		1+200 - 1+610		1+610 - 2+220	
Tramos (m)	430		770		410		610	
Litología	Di/To		Di/To		Di/Qz/Pz		Qz/Pz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
σ_{ci} (MPa)	70.00	120.00	120.00	170.00	50.00	100.00	70.00	120.00
R _{Mi} (discont.)	0.56	6.38	0.00	0.00	0.56	5.46	0.56	8.43
R _{Mi} (cont.)	-	-	60	85	-	-	-	-
Indice GSI	30.00	45.00	55.00	75.00	35.00	50.00	30.00	50.00
σ_{ma} (MPa)	4.815	14.596	21.344	64.656	4.159	14.709	4.815	17.651
Sobrecarga (m)	20.00	150.00	150.00	200.00	150.00	250.00	300.00	450.00
D _t (m)	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
D _b (m)	0.22	0.46	0.67	0.89	0.17	0.31	0.22	0.46
C.F	7.54	16.25	3.94	5.23	11.26	20.47	7.54	16.25
Co (pared)	2.00	2.00	-	-	2.00	2.00	2.00	2.00
Co (techo)	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
N _j	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Sr (pared)	32.49	15.08	-	-	40.94	22.53	32.49	15.08
Sr (techo)	16.25	7.54	-	-	20.47	11.26	16.25	7.54
SL	0.50	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.50
C (pared)	5.00	5.00	-	-	5.00	5.00	5.00	5.00
C (techo)	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00

Gc (pared)	1.40	31.89	-	-	2.82	27.32	2.80	63.23
Gc (techo)	0.28	6.38	-	-	0.56	5.46	0.56	12.65
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	-0.10	3.00	-0.75	4.00	-0.75	5.00	-1.50	9.00
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	2.00	27.00	15.00	36.00	15.00	45.00	30.00	81.00
Cg (pared)	-	-	15.00	-113.33	-	-	-	-
Cg (techo)	-	-	1.67	5.67	-	-	-	-
Soporte Pared	40C-60D		100A		20C-80D		60C-40D	
Soporte Techo	20B-30C-50D		50A-50B		30C-70D		30B-40C-30D	
Soporte Promed.	10B-35C-55D		75A-25B		25C-75D		15B-50C-35D	

Tabla 9.4-E: Sostenimiento del Túnel Rancas, progresivas 0+000 – 2+220, según el RMI.

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL RANCAS								
Progresivas	2+220 - 4+620		4+620 - 5+020		-		-	
Tramos (m)	2400		400		-		-	
Litología	Qz		Grd/QzMz		-		-	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
σ_{ci} (MPa)	180.00	250.00	70.00	120.00	-	-	-	-
RMI (discont.)	6.95	59.50	3.72	23.03	-	-	-	-
RMI (cont.)	90	125	-	-	-	-	-	-
Indice GSI	45.00	65.00	40.00	60.00	-	-	-	-
σ_{ma} (MPa)	21.895	65.023	7.041	25.810	-	-	-	-
Sobrecarga (m)	450.00	850.00	250.00	300.00	-	-	-	-
Dt (m)	3.50	3.50	3.50	3.50	-	-	-	-
Db (m)	0.49	1.17	0.46	0.67	-	-	-	-
C.F	2.99	7.10	5.23	7.54	-	-	-	-
Co (pared)	2.00	2.00	2.00	2.00	-	-	-	-
Co (techo)	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-
Nj	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-
Sr (pared)	14.19	5.98	15.08	10.46	-	-	-	-
Sr (techo)	7.10	2.99	7.54	5.23	-	-	-	-
SL	1.50	1.50	1.00	1.00	-	-	-	-

C (pared)	5.00	5.00	5.00	5.00	-	-	-	-
C (techo)	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-
Gc (pared)	52.10	446.23	18.60	115.15	-	-	-	-
Gc (techo)	10.42	89.25	3.72	23.03	-	-	-	-
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	-2.25	17.00	-1.25	6.00	-	-	-	-
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	45.00	153.00	25.00	54.00	-	-	-	-
Cg (pared)	5.29	-55.56	-	-	-	-	-	-
Cg (techo)	0.59	2.78	-	-	-	-	-	-
Soporte Pared	90A-10B		25A-60B-15C		-		-	
Soporte Techo	10A-55B-35C		10A-90B		-		-	
Soporte Promed.	50A-35B-15C		20A-75B-5C		-		-	

Tabla 9.4-F: Sostenimiento del Túnel Rancas, progresivas 2+220 – 5+020, según el RMI.

Resumen de los tipos de soporte en el Túnel Rancas:

Longitud = 5 020 m

Soporte A: 37 % Roca Tipo I (1857 m)
 Soporte B: 29 % Roca Tipo II (1467 m)
 Soporte C: 19 % Roca Tipo III (937 m)
 Soporte D: 15 % Roca Tipo IV (759 m)

C. Sostenimiento del Túnel Sahuay

Para el sostenimiento del Túnel Sahuay se determino el tipo de macizo rocoso (continuo o discontinuo).

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL SAHUAY								
Progresivas	0+000 - 0+230		0+230 - 1+880		1+880 - 2+730		2+730 - 4+880	
Tramos (m)	230		1650		850		2150	
Litología	Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
σ_{ci} (MPa)	80.00	120.00	140.00	180.00	80.00	120.00	140.00	180.00
RMI (discont.)	1.25	10.08	0.00	0.00	1.56	26.03	0.00	0.00
RMI (cont.)	40	60	70	90	40	60	70	90
Índice GSI	30.00	37.00	55.00	85.00	30.00	55.00	55.00	85.00
σ_{ma} (MPa)	10.770	24.902	100.107	5.503	21.344	24.902	100.107	0.000

Sobrecarga (m)	30.00	200.00	200.00	500.00	500.00	600.00	500.00	700.00
Dt (m)	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Db (m)	0.46	0.89	0.74	2.47	0.46	0.89	0.74	2.47
C.F	3.94	7.54	1.42	4.75	3.94	7.54	1.42	4.75
Co (pared)	2.00	2.00	-	-	2.00	2.00	-	-
Co (techo)	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	-
Nj	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	-
Sr (pared)	15.08	7.88	-	-	15.08	7.88	-	-
Sr (techo)	7.54	3.94	-	-	7.54	3.94	-	-
SL	0.50	1.00	-	-	1.50	1.50	-	-
C (pared)	5.00	5.00	-	-	5.00	5.00	-	-
C (techo)	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	-
Gc (pared)	3.12	50.41	-	-	11.66	195.20	-	-
Gc (techo)	0.62	10.08	-	-	2.33	39.04	-	-
$\sigma_{\theta p}$ (MPa)	-0.15	4.00	-1.00	10.00	-2.50	12.00	-2.50	14.00
$\sigma_{\theta t}$ (MPa)	3.00	36.00	20.00	90.00	50.00	108.00	50.00	126.00
Cg (pared)	-266.67	15.00	-70.00	9.00	-16.00	5.00	-28.00	6.43
Cg (techo)	1.67	13.33	1.00	3.50	0.56	0.80	0.71	1.40
Soporte Pared	10A-60B-30C		100A		45A-50B-5C		100A	
Soporte Techo	100B		20A-80B		30A-70B		50B-50C	
Soporte Promed.	80B-20C		60A-40B		40A-60B		40A-30B-30C	

Tabla 9.4-G: Sostenimiento del Túnel Sahuay, progresivas 0+000 – 4+880, según el RMI.

Resumen de los tipos de soporte en el Túnel Sahuay:

Longitud = 4 880 m

Soporte A: 45 % Roca Tipo I (2190 m)
 Soporte B: 41 % Roca Tipo II (1999 m)
 Soporte C: 14 % Roca Tipo III (691 m)

El soporte promedio se ha tomado en cuenta debido a las dimensiones de los túneles (3.5 x 3.5 m), en los cuales no es adecuado la diferenciación de sostenimiento en paredes y sostenimiento en techo, que si se aplicaría para túneles con secciones mayores de 50 m².

10.0 CRITERIOS Y DISEÑOS DEL SOSTENIMIENTO SEGÚN EL SISTEMA GSI (HOEK, 1997)

10.1 Conceptos Básicos

Para la definición del soporte según el sistema GSI se ha relacionado con los sistemas Q y RMR, además del diseño de soporte según el Método Noruego de Tunelería, el mismo que se ha modificado para adecuarlo a la construcción de túneles en nuestro país (ver tabla 10.1-A).

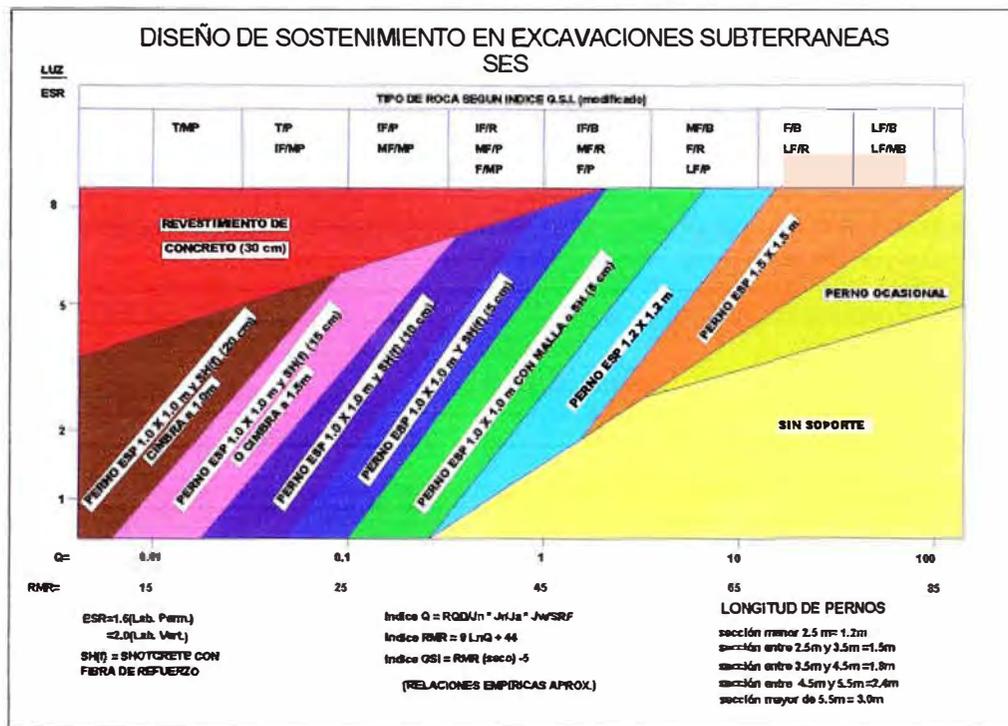


Tabla 10.1-A: Sostenimiento en excavaciones subterráneas (SES), según los sistemas Q y RMR (Vallejo, 2000).

La tabla de sostenimiento toma en cuenta la caracterización cualitativa del macizo rocoso según el GSI y las valoraciones según los sistemas Q y RMR incluyendo la correlación existente entre cada uno de ellos. Así mismo, el valor del diámetro equivalente (D_e) que relaciona el diámetro o altura (LUZ) de la excavación con el uso de la misma (ESR) cuyos valores se observan la tabla 10.1-B.

	Tipo de excavación	ESR
A	Labores mineras de carácter temporal, etc.	2 – 5
B	Labores mineras permanentes, túneles de centrales hidroeléctricas (excluyendo las galerías de alta presión), túneles piloto, galerías de avance en grandes excavaciones, cámaras de compensación hidroeléctrica.	1.6 – 2.0
C	Cavernas de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, túneles de carreteras secundarias y de ferrocarril, túneles de acceso.	1.2 – 1.3
D	Centrales eléctricas subterráneas, túneles de carreteras primarias y de	0.9 – 1.1

	ferrocarril, refugios subterráneos para defensa civil, portal de entrada e intersecciones de túneles.	
E	Centrales nucleares subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones públicas y deportivas, fabricas, túneles para tuberías principales de gas.	0.5 – 0.8

Tabla 10-1-B: Valores de ESR según su utilidad (Barton, 1974).

Para la determinación del soporte en los túneles Huarihuanca, Rancas y Sahuay se ha tomado en cuenta un diámetro de 3.5 m y un valor de ESR de 1.6 que es equivalente para túneles hidráulicos a presión (ver tabla 10.1-B), habiéndose obtenido un $De=2.2$. Los valores máximos y mínimos del GSI, considerados de acuerdo a los resultados de la zonificación geomecánica según este sistema, son 20 y 80 respectivamente, equivalentes a valores de RMR de 25 a 85. Todos estos valores se grafican sobre la tabla de sostenimiento con el objeto de definir los soportes que serán colocados.

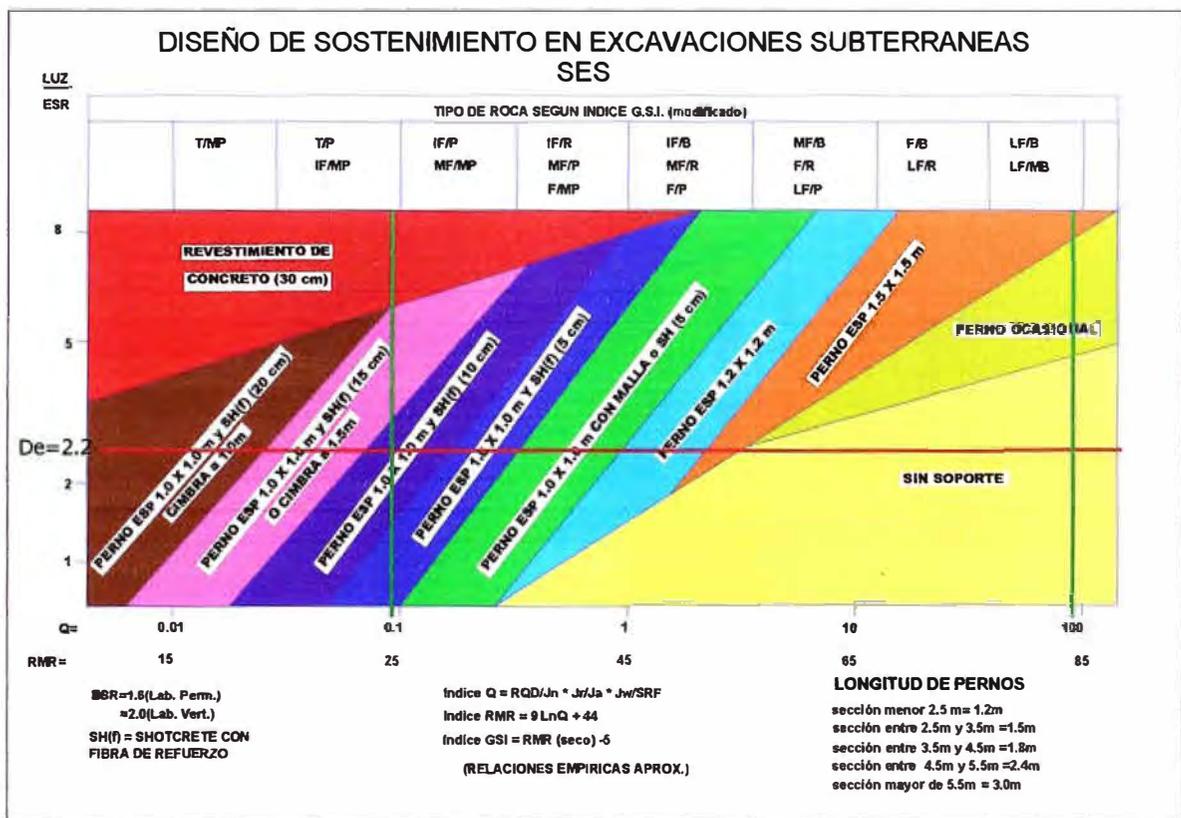


Tabla 10.1-C: Tipos de soporte A, B, C, D y E según la tabla de sostenimiento, SES.

De acuerdo a la tabla 10.1-C, se ha obtenido los siguientes tipos de soporte en función de los valores del GSI:

Soporte Tipo A: Sin soporte o perno ocasional.

Roca Tipo I: GSI entre 85 – 55.

- **Soporte Tipo B:** Empernado sistemático espaciados en reticulados de 1.2 x 1.2 m.

Roca Tipo II: GSI entre 45 – 55.

- **Soporte Tipo C:** Empernado sistemático espaciados en reticulados de 1.0 x 1.0 m con malla o concreto lanzado sin fibra de 5 cm de espesor.

Roca Tipo III: GSI entre 35 – 45.

- **Soporte Tipo D:** Empernado sistemático espaciados en reticulados de 1.0 x 1.0 m y concreto lanzado con fibra de 5 cm de espesor.

Roca Tipo IV: GSI entre 30 – 35.

- **Soporte Tipo E:** Empernado sistemático espaciados en reticulados de 1.0 x 1.0 m y concreto lanzado con fibra de 10 cm de espesor.

Roca Tipo V: GSI menor a 30.

En la tabla final de sostenimiento (ver tabla 10.1-D), se ha eliminado el sostenimiento de perno con malla debido a que esta última sufre deterioros en un túnel hidráulico a presión, reemplazándolo por el concreto lanzado con fibra de 5 cm de espesor y se ha incluido el sostenimiento con arcos metálicos para zonas de falla como soporte tipo E, en los cuales se obtengan valores de GSI menores de 25.

TABLA DE SOSTENIMIENTO SEGUN GSI PARA LOS TUNELES HUARIHUANCA, RANCAAS Y SAHUAY.		CONDICION SUPERFICIAL				
		MUY BUENA SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSA E INALTERADAS, CERRADAS.	BUENA DISCONTINUIDADES RAZGAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA	REGULAR DISCONTINUIDADES LUSAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS.	MALA SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRUCIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA	MUY MALA SUPERFICIE PULIDA Y ESTRADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS.
SOPORTE TIPO A: Sin soporte o perno ocasional. SOPORTE TIPO B: Empernado sistemático (1.2x1.2m). SOPORTE TIPO C: Empernado sistemático (1.0x1.0m) mas concreto lanzado con fibra(5cm) SOPORTE TIPO D: Empernado sistemático (1.0x1.0m) mas concreto lanzado con fibra(10cm) SOPORTE TIPO E: Arcos metálicos espaciados cada 1m. o concreto lanzado reforzado.						
ESTRUCTURA		90	85	80	75	70
	MASIVA (MASIVA O INTACTA) ROCA MASIVA CON DISCONTINUIDADES OCASIONALES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (ROD > 90)					
	LEVEMENTE FRACTURADA (FRACTURADA EN BLOQUES) MUY BIEN TRABADA, TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (ROD 75 - 90)					
	MODERADAMENTE FRACTURADA. (MUY FRACTURADA) BIEN TRABADA, POCO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (ROD 50 - 75)					
	MUY FRACTURADA. (FRACTURADA /PERTURBADA) MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (ROD 25 - 50)					
	INTENSAMENTE FRACTURADA. (DISINTEGRADA) PLEGAMIENTO Y FALDAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (ROD 0 - 25)					
	TRITURADA O BRECHADA. (FOLIADA/LAMINADA) LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS (SIN ROD)					

Tabla 10.1-D: Descripción de los tipos de soporte para los túneles según el GSI.

10.2 Sostenimiento del Túnel Huarihuanca

Para el sostenimiento del Túnel Huarihuanca se usó la tabla 10.1-D.

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	0+000 - 0+300		0+300 - 0+650		0+650 - 1+070		1+070 - 1+500	
Tramos (m)	300		350		420		430	
Litología	And.		And.		And.		And.	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Índice GSI	35.00	57.00	50.00	65.00	25.00	35.00	50.00	65.00
Soporte Promed.	60B-40C		65A-35B		100D		65A-35B	

Tabla 10.2-A: Sostenimiento del Túnel Huarihuanca, progresivas 0+000 – 1+500, según el GSI.

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	1+500 - 1+700		1+700 - 1+990		1+990 - 2+310		2+310 - 2+590	
Tramos (m)	200		290		320		280	
Litología	And/Di		Di/To		And/Di		And	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Índice GSI	35.00	55.00	37.00	52.00	25.00	35.00	50.00	65.00
Soporte Promed.	50B-50C		40B-60C		100D		65A-35B	

Tabla 10.2-B: Sostenimiento del Túnel Huarihuanca, progresivas 1+500 – 2+590, según el GSI.

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	2+590 - 2+790		2+790 - 3+790		3+790 - 4+190		4+190 - 5+690	
Tramos (m)	200		1000		400		1500	
Litología	And/Di		Di/To		Di/Qz		Qz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Índice GSI	35.00	50.00	50.00	75.00	40.00	60.00	40.00	60.00
Soporte Promed.	35B-65C		80A-20B		25A-50B-25C		25A-50B-25C	

Tabla 10.2-C: Sostenimiento del Túnel Huarihuanca, progresivas 2+590 – 5+690, según el GSI.

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL HUARIHUANCA								
Progresivas	5+690 - 6+090		6+090 - 6+270		-		-	
Tramos (m)	400		180		-		-	
Litología	Qz/Grd		Grd/QzMz		-		-	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Índice GSI	42.00	60.00	60.00	80.00	-	-	-	-
Soporte Promed.	30A-50B-20C		100A		-		-	

Tabla 10.2-D: Sostenimiento del Túnel Huarihuanca, progresivas 5+690 – 6+270, según el GSI.

Resumen de los tipos de soporte en el Túnel Huarihuanca:

Longitud = 6 270 m

Soporte A: 33 % Roca Tipo I (2081 m)
 Soporte B: 36 % Roca Tipo II (2272 m)
 Soporte C: 19 % Roca Tipo III (1177 m)
 Soporte D: 12 % Roca Tipo IV (740 m)

10.3 Sostenimiento del Túnel Rancas

Para el sostenimiento del Túnel Huarihuanca se uso la tabla 10.1-D.

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL RANCAS								
Progresivas	0+000 - 0+430		0+430 - 1+200		1+200 - 1+610		1+610 - 2+220	
Tramos (m)	430		770		410		610	
Litología	Di/To		Di/To		Di/Qz/Pz		Qz/Pz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Índice GSI	30.00	45.00	55.00	75.00	35.00	50.00	30.00	50.00
Soporte Promed.	55C-35D		100A		35B-65C		25B-50C-25D	

Tabla 10.3-A: Sostenimiento del Túnel Rancas, progresivas 0+000 – 2+220, según el GSI.

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL RANCAS								
Progresivas	2+220 - 4+620		4+620 - 5+020		-		-	
Tramos (m)	2400		400		-		-	
Litología	Qz		Grd/QzMz		-		-	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Índice GSI	45.00	65.00	40.00	60.00	-	-	-	-
Soporte Promed.	50A-50B		25A-50B-25C		-		-	

Tabla 10.3-B: Sostenimiento del Túnel Rancas, progresivas 2+220 – 5+020, según el GSI.

Resumen de los tipos de soporte en el Túnel Rancas:

Longitud = 5 020 m

Soporte A: 41 % Roca Tipo I (2070 m)
 Soporte B: 34 % Roca Tipo II (1695 m)
 Soporte C: 18 % Roca Tipo III (908 m)
 Soporte D: 7 % Roca Tipo IV (347 m)

10.4 Sostenimiento del Túnel Sahuay

Para el sostenimiento del Túnel Huarihuanca se uso la tabla 10.1-D.

DISTRIBUCION DEL SOPORTE								
TUNEL SAHUAY								
Progresivas	0+000 - 0+230		0+230 - 1+880		1+880 - 2+730		2+730 - 4+880	
Tramos (m)	230		1650		850		2150	
Litología	Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz		Grd/Qz-Mz	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Índice GSI	30.00	37.00	55.00	85.00	30.00	55.00	55.00	85.00
Soporte Promed.	20C-80D		100A		40B-40C-20D		100A	

Tabla 10.4-A: Sostenimiento del Túnel Sahuay, progresivas 0+000 – 4+880, según el GSI.

Resumen de los tipos de soporte en el Túnel Sahuay:

Longitud = 4 880 m

Soporte A: 78 % Roca Tipo I (3800 m)
 Soporte B: 7 % Roca Tipo II (340 m)
 Soporte C: 8 % Roca Tipo III (386 m)
 Soporte D: 7 % Roca Tipo III (354 m)

11.0 CONCLUSIONES

11.1 Geológicas

↓ Los túneles atravesarán los siguientes tipos de roca de acuerdo a las formaciones o unidades litológicas que se excaven.

- Túnel Huarihuanca (6270 m):

Progresivas	Longitud (m)	Tipo de Roca
0+000 a 1+600	1600	Andesitas (Grupo Calipuy)
2+200 a 2+700	500	
1+600 a 2+200	600	Dioritas/Tonalitas
2+700 a 4+050	1350	
4+050 a 5+900	1850	Cuarcitas (Form. Chimú)
5+900 a 6+270	370	Granodiorita/Cuarzomonzonita

- Túnel Rancas (5020 m):

Progresivas	Longitud (m)	Tipo de Roca
0+000 a 1+400	1400	Dioritas/Tonalitas
1+400 a 4+700	3300	Cuarcitas (Form. Chimú)
4+700 a 5+020	320	Granodiorita/Cuarzomonzonita

- Túnel Sahuay (4880 m):

Progresivas	Longitud	Tipo de Roca
0+000 – 4+880	4 880	Granodiorita/Cuarzomonzonita

↓ Se ha asumido, en base a localizaciones de escarpas o depresiones en el relieve morfológico, las siguientes zonas de falla o intenso corte en:

- Túnel Huarihuanca: Entre las progresivas 0+550 a 1+070 y 2+050 a 2+300.
- Túnel Rancas: Entre las progresivas 1+200 a 2+200.
- Túnel Sahuay: Entre las progresivas 1+800 a 2+800.

↓ Se ha asumido, en base a la cobertura litológica, relieve morfológico y a las orientaciones de esfuerzos compresivos, en relación con la dirección de los túneles, zonas con tensiones elevadas o anisotropía tensional:

- Túnel Huarihuanca: Anisotropía tensional entre las progresivas 0+760 a 0+960 y tensiones elevadas entre las progresivas 2+590 a 2+790.
- Túnel Rancas: Anisotropía tensional entre las progresivas 0+500 a 0+850.
- Túnel Sahuay: Anisotropía tensional entre las progresivas 2+500 a 3+500.

- Se ha relacionado los cursos de aguas superficiales, condiciones litológicas y estructurales determinando zonas con posible presencia de agua en:

Túnel Huarihuanca: Entre las progresivas 1+990 a 2+310 y 5+450 a 5+550.

Túnel Rancas: Entre las progresivas 1+150 a 1+250.

11.2 Geomecánicas

- De acuerdo a la condición de la valoración de resistencia del macizo rocoso, determinado por los sistemas de caracterización geomecánica $RMi = \sigma_{ci} \times JP$ (resistencia de la roca intacta y condición de las discontinuidades) y $\sigma_{ma} = 0.022 \times e^{(0.038 \cdot GSI)} \times \sigma_{ci}$ (en base al valor del GSI), se han obtenido los siguientes porcentajes de calidad en los diferentes túneles:

Túneles	Muy alto (%)	Alto (%)	Medio (%)
Huarihuanca	68	28	4
Rancas	50	35	15
Sahuay	60	40	-

Por lo tanto, el sostenimiento a ser colocado en los mencionados túneles dependerá, en forma notoria, de los factores influyentes que se presenten. En este caso, los factores influyentes están controlados por las sobretensiones (Túnel Sahuay) o anisotropía tensional (Túnel Rancas), la orientación de los túneles (Túnel Rancas), condiciones hidrológicas (Túnel Huarihuanca) y la metodología de excavación que se lleve a cabo, ya que por los altos valores de su resistencia los túneles tendrían un elevado porcentaje de sus tramos sin soporte o empernado ocasional y en menor proporción, empernado sistemático y con un mínimo uso de shotcrete con fibra.

- A partir de las tablas de sostenimiento, según los criterios aplicados a los índices RMi y el GSI, se ha definido la siguiente distribución de los tipos de soporte:

TUNEL HUARIHUANCA				
Progresivas	0+000 - 0+300	0+300 - 0+650	0+650 - 1+070	1+070 - 1+500
Tramos (m)	300	350	420	430
Soporte RMi	40B-40C-20D	60A-40B	10B-45C-45D	70B-30C
Soporte GSI	60B-40C	65A-35B	100D	65A-35B

TUNEL HUARIHUANCA				
Progresivas	1+500 - 1+700	1+700 - 1+990	1+990 - 2+310	2+310 - 2+590
Tramos (m)	200	290	320	280
Soporte RMi	20A-25B-45C-10D	40A-10B-50C	10B-50C-40D	50A-25B-25C
Soporte GSI	50B-50C	40B-60C	100D	65A-35B

TUNEL HUARIHUANCA				
Progresivas	2+590 - 2+790	2+790 - 3+790	3+790 - 4+190	4+190 - 5+690
Tramos (m)	200	1000	400	1500
Soporte RMi	25A-20B-40C-15D	40A-20B-40C	50A-25B-15C-10D	65A-35B
Soporte GSI	35B-65C	80A-20B	25A-50B-25C	25A-50B-25C

TUNEL HUARIHUANCA				
Progresivas	5+690 - 6+090	6+090 - 6+270	-	-
Tramos (m)	400	180	-	-
Soporte RMi	55A-45B	55A-45B	-	-
Soporte GSI	30A-50B-20C	100A	-	-

TUNEL RANCAS				
Progresivas	0+000 - 0+430	0+430 - 1+200	1+200 - 1+610	1+610 - 2+220
Tramos (m)	430	770	410	610
Soporte RMi	10B-35C-55D	75A-25B	25C-75D	15B-50C-35D
Soporte GSI	55C-35D	100A	35B-65C	25B-50C-25D

TUNEL RANCAS				
Progresivas	2+220 - 4+620	4+620 - 5+020	-	-
Tramos (m)	2400	400	-	-
Soporte RMi	50A-35B-15C	20A-75B-5C	-	-
Soporte GSI	50A-50B	25A-50B-25C	-	-

TUNEL SAHUAY				
Progresivas	0+000 - 0+230	0+230 - 1+880	1+880 - 2+730	2+730 - 4+880
Tramos (m)	230	1650	850	2150
Soporte R_{Mi}	80B-20C	60A-40B	40A-60B	40A-30B-30C
Soporte GSI	20C-80D	100A	40B-40C-20D	100A

Según la distribución de los tipos de soporte, la relación del sistema GSI con los sistemas Q y RMR, para la utilización del sostenimiento, presenta deficiencias al no considerar factores influyentes, por ser un sistema de caracterización del macizo rocoso.

↓ Cuadro resumen comparativo:

TUNELES	Long m.	Soporte A (%)		Soporte B (%)		Soporte C (%)		Soporte D (%)		Soporte E (%)	
		R _{Mi}	GSI								
HUARIHUANCA	6270	39	33	31	36	23	19	7	12	-	-
RANCAS	5020	37	41	29	34	19	18	15	7	-	-
SAHUAY	4880	45	78	41	7	14	8	-	7	-	-

De acuerdo al cuadro resumen comparativo, la diferencia más significativa con respecto al tipo de soporte a ser colocado se observa en el Túnel Sahuay, excavado íntegramente en rocas intrusivas masivas a levemente fracturadas y se debe a las sobre-tensiones existentes entre las progresivas 2+500 a 3+500, las cuales son consideradas para el diseño de soporte según el R_{Mi} y no en el GSI original, ya que es un sistema de caracterización.

Para corregir el soporte según este factor influyente se utiliza los "Conceptos y Aplicación del GSI modificado" (vallejo, 2000), en el cual se menciona que ante la presencia de factores influyentes que afecten al macizo rocoso, el sostenimiento a colocarse deberá ser mas robusto, por ejemplo en el caso del Túnel Sahuay. En este tramo, el sostenimiento corresponde 100% Tipo A y por la sobretensión deberá ser 100% Tipo B, con lo cual los porcentajes de soporte Tipo A disminuye notablemente, acercándose al porcentaje definido con los criterios de diseño del sistema R_{Mi}.

11.3 Generales

↓ La aplicación del R_{Mi} en la evaluación de la estabilidad y el sostenimiento en una excavación subterránea va a depender del comportamiento del terreno, si es continuo o discontinuo, ya que son comportamientos completamente diferentes, esto queda reflejado en las dos aproximaciones

para la evaluación del sostenimiento. No obstante, la utilización del RMI para caracterizar la composición y las propiedades inherentes del terreno es común en las dos aproximaciones.

- ↓ La influencia de las tensiones es diferente tanto para los continuos como para los discontinuos. Para los primeros, se aplica la magnitud de las tensiones tangenciales, σ_{θ} , existentes en el terreno que circunda la excavación, mientras que para terrenos discontinuos se ha seleccionado un factor de nivel de tensiones.
- ↓ En terrenos continuos, el efecto del agua subterránea se puede incluir en las tensiones efectivas para el cálculo de las tensiones tangenciales en los macizos rocosos que circundan la excavación. En terrenos discontinuos, el efecto directo del agua subterránea es, con frecuencia, reducido, por lo que, generalmente, no se ha incluido esta característica. Sin embargo, el factor de nivel de tensiones deberá ajustarse en aquellos casos en los que la presión de agua tenga una influencia relevante en la estabilidad.
- ↓ El volumen de bloque, V_b , es el parámetro más importante aplicado en los ábacos de sostenimiento, ya que determina la continuidad del terreno, es decir, si se puede considerar continuo o no. En terrenos discontinuos se incluye V_b , tanto en el factor de estado de terreno como en la relación de tamaños.
- ↓ El método que utiliza el RMI para determinar el sostenimiento difiere de otros sistemas de clasificación existentes. Mientras que los métodos anteriores combinan todos los parámetros seleccionados para llegar directamente a una calidad o valor para el estado del terreno, el método RMI aplica un índice (RMI) para caracterizar al macizo rocoso. Este índice se aplica entonces como entrada para determinar la calidad del terreno. La forma de dividir este en material continuo y discontinuo y la introducción de la relación de tamaños (tamaño del túnel/tamaño del bloque) también son características nuevas del método RMI de sostenimiento. La aplicación del RMI en el sostenimiento supone una recopilación y una aplicación más sistemática de los datos geológicos de entrada. El RMI, así mismo, hace uso de una definición más clara de los diferentes tipos de terreno. Probablemente abarca un mayor rango de estados del terreno que incluye un mayor número de variables que los dos sistemas principales de clasificación de sostenimientos, el RMR y el sistema Q.
- ↓ Para el sistema de evaluación del sostenimiento, debido a que las ecuaciones matemáticas se dan para todos los parámetros y factores, se ha implementado el método en una hoja de cálculo en las que se efectuaron todos éstos. Estas hojas de cálculo pueden servir de base para ser aplicados en otros proyectos de túneles en nuestro país. No obstante, las descripciones y la

toma de datos de entrada requiere la intervención de profesionales experimentados como en la mayor parte de proyectos de Ingeniería.

- ✚ El ábaco de sostenimiento para terrenos discontinuos puede indicar la cantidad media de sostenimiento a aplicar. Por lo tanto, se debe considerar como una expresión del *producto estadístico* del sostenimiento apropiado. Además, un ábaco de sostenimiento puede dar, tan solo, la cantidad y el método basándose en las reglamentaciones de sostenimiento y en la experiencia adquirida en la región. En otras zonas donde se han desarrollado otras aplicaciones y métodos, el ábaco de sostenimiento debería revisarse basándose en la práctica real y en los principios, aplicados para el sostenimiento. De acuerdo a estos criterios, el sostenimiento final que se ha utilizado en los túneles Huarihuanca, Rancas y Sahuay incluye el uso de cimbras metálicas para calidades de roca Tipo V, que se utiliza en la excavación de túneles en nuestro país, reemplazando por el soporte con empernado sistemático y 15 cm. de shotcrete con fibra que se incluye en el ábaco de sostenimiento del RMi.

Para terrenos continuos, el ábaco se basa en problemas de elevadas tensiones en terrenos frágiles (masivas a levemente fracturadas, resistentes a muy resistentes) y problemas de convergencia en terrenos deformables (blandas o intensamente fracturadas), sin embargo, su control durante la excavación con instrumentación adecuada (equipo de convergencia y medición de tensiones) permitirá que el soporte recomendado, mediante el uso de los ábacos de sostenimiento del RMi, sea adecuado o que se requiera el reforzamiento del mismo.

Los ábacos de sostenimientos tienen como objetivo evitar los desprendimientos y caídas de bloques o los grandes fragmentos. El tiempo adecuado de instalación del sostenimiento constituye un requisito previo para la aplicación de los ábacos.

- ✚ El sistema GSI no tiene una capacidad de diseño de sostenimiento, su función es solamente la estimación de las propiedades del macizo rocoso. Se basa en la evaluación litológica, estructura y estado de las superficies de discontinuidades en el macizo rocoso y es estimado a partir de un examen visual del macizo rocoso expuesto en afloramientos.
- ✚ Cuando se tiene rocas duras a grandes profundidades (mas de 1000 m) la estructura del macizo rocoso está tan compactado o apretada que el comportamiento del macizo rocoso se aproxima al de la roca intacta, en este caso el valor del GSI se aproxima a 100 y la aplicación del sistema GSI no sería suficientemente significativa.
- ✚ El GSI tiene un potencial considerable de utilización en ingeniería geológica debido a que permite el manejo de aspectos de las rocas a ser cuantificadas intensificando la lógica geológica y disminuyendo la incertidumbre ingenieril.

12.0 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se efectúan están dirigidas a realizar un trabajo geotécnico de túneles de la forma más práctica:

12.1 Recopilación de datos en campo (ver tabla 6.2-A)

- ↓ Seleccionar las zonas de afloramientos de roca a lo largo de los ejes de los túneles (Es muy necesario definir si son macizos rocosos in-situ y no grandes bloques sueltos o desplazados por fallas de relajamiento gravitacional).
- ↓ Definir en cada afloramiento seleccionado: Su ubicación (coordenadas UTM y cotas), tipo de roca y características geotécnicas del mismo (grado de fracturamiento, resistencia y alteración).
- ↓ Identificar las principales familias de discontinuidades (Dip y DDip).
- ↓ Determinación de las características geomecánicas máximas y mínimas de cada una de las familias seleccionadas (factor de rugosidad (j_R), factor de persistencia (j_L), factor de alteración (j_A) y espaciamiento entre fracturas de un mismo sistema).
- ↓ Determinación de la resistencia de la roca con golpes de picota o con equipo de carga puntual con verificación de ensayos de laboratorio.

12.2 Procesamiento de Datos (ver tablas 6.2-B, 6.2-C y 6.2-D)

- ↓ En la hoja de cálculo (tabla 6.2-B), se ingresa los datos de factor de rugosidad, persistencia y alteración obteniéndose de manera inmediata los factores de estado de las diaclasas según el RM_i y GSI.
- ↓ Luego se realiza las proyecciones estereográficas con el programa DIP v.5.1, utilizando las mediciones de las discontinuidades (DIP/DDIP), hallando los planos principales (tabla 6.2-C).
- ↓ Con los planos principales se determina los espaciamientos máximos y mínimos, medidos en el campo, para luego hallar el volumen de bloque (V_b).
- ↓ Con el factor de estado de las diaclasas (J_C) y el volumen de bloque (V_b) se halla el parámetro de diaclasado (J_P), que multiplicado con la resistencia de la roca intacta nos da como resultado el índice RM_i .
- ↓ Para el cálculo del GSI se utiliza el tabla 6.2-D, proyectando los valores máximos y mínimos de los factores de estado de diaclasas (j_C) y volumen de bloque (V_b), determinando el máximo y mínimo valor del GSI.

- ✚ Para determinar la resistencia del macizo rocoso se usa la relación de éste con el GSI, cuyo resultado será comparado con el índice R_{Mi}, ya que ambos son resistencia del macizo rocoso.

12.3 Aplicación de resultados

- ✚ Para determinar el sostenimiento según el R_{Mi} se debe conocer el factor de continuidad, CF, el cual nos indicara el tipo de macizos rocosos: continuos o discontinuos. En el caso de macizos rocosos continuos se determinara el factor de competencia, C_g, utilizando la respectiva tabla de sostenimiento. Para macizos rocosos discontinuos se determinara el factor de estado del terreno, G_c, y la relación de tamaños, S_r, el primero se encuentra en función del R_{Mi}, el factor de nivel de tensiones (SL) y el factor por inclinación de techo y paredes (C) y el segundo en función del ancho del túnel (Dt), el diámetro del bloque (Db), factor por orientación de sistemas (Co) y factor por numero de sistemas (Nj), aplicando de igual manera su respectiva tabla de sostenimiento.

13.0 BIBLIOGRAFIA

- ↓ Arlandi M, Gonzales del Tanango J. 2006. "Comportamiento Geotécnico del Terreno durante la Construcción de Túneles Profundos (Squeezing y RockBurst). Aplicación Túneles de Pajares" – Ingeotuneles. Libro 11. Cap. 4, Pág. 97 – 109.
- ↓ Barton, N. 2000. "El Sistema Q para la Selección del Sostenimiento con el Método Noruego de Excavación de Túneles". Ingeotuneles. Libro 3. Cap. 3.
- ↓ Bieniawski Z.T. 1998. "Engineering Rock Mass Classifications". John Wiley and Sons.
- ↓ Boletín N° 10 del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, con tema: "Estudio Geológico de la Cordillera Occidental del Norte del Perú". Por: J. Cobbing; W. Pitcher; J. Wilson; J. Baldock; W. Taylor; W. McCourt y N.J. Snelling. Agosto 1981.
- ↓ Boletín N° 58 de la Sociedad Geológica Americana, sobre estratigrafía y estructuras del cretáceo en los Andes Occidentales del Perú por Myers.
- ↓ Boletín N° 26 del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). "Geología de los Cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaraz y Canta". Julio 1973.
- ↓ Boletín N° 8. Serie D. Estudios Especiales del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). "Estudio Geológico de los Andes del Perú Central". Noviembre 1979.
- ↓ Boletín N° 8a. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). "Estudio Geodinámico de la Cuenca del río Pativilca". Abril 1985.
- ↓ Gavilánes H, Andrade B. 2004. "Introducción a la Ingeniería de Túneles". Asociación de Ingenieros de Minas del Ecuador.
- ↓ Gonzáles de Vallejo L. 2002. Ingeniería Geológica – Ed. Prentice Hall.
- ↓ Gonzáles de Vallejo L. 1991. "Las Tensiones Naturales en las Rocas". Monografía N° 6. Master de Ingeniería Geológica. Universidad Complutense de Madrid.
- ↓ Hoek E, Brown E.T. 1997. "Practical Estimates of Rock Mass Strength" – Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. Elsevier, vol. 34, N° 8, Pág. 1165 – 1186.

- ↓ Hoek E, Kaiser P.K, Bawden W.F.1998. "Support of Underground Excavations in Hard Rock". A.A. Balkema.
- ↓ Marinos V, Marinos P, Hoek E. 2007. "El Índice de Resistencia Geológica, GSI: Aplicaciones y Limitaciones" – Ingeotuneles. Libro 12. Cap. 2, Pág. 77 – 92.
- ↓ Palmstrom A. 2000. "Caracterización del Macizo Rocososo mediante el RMI y su Aplicación en Mecánica de Rocas (Parte 2)" - Ingeotuneles. Libro 3. Cap. ---, Pág. 59 - 95.
- ↓ Palmstrom A. 1995. "RMI, a Rock Mass Characterization System for Rock Engineering Purpose". Thesis Dr. University of Oslo Norway.
- ↓ Vallejo C. 2007. "Elementos Prácticos de Geomecánica para el Sostenimiento de Minas Subterráneas". Rev. Colegio de Ingenieros del Perú. Capitulo de Ingeniería Geológica.
- ↓ Vallejo C. 2008. "Estado Actual de las Clasificaciones Geomecánicas y la Influencia Tensional". Conf. Ined. Colegio de Ingenieros del Perú.

ANEXO

ANEXO - A
MEDICIONES DE CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO
TOMADOS EN EL CAMPO

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN LOS SISTEMAS RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: -- FECHA: 04/10/08 HOJA N°: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	Portal de entrada - Tunel Huarihuanca	Andesitas	
8 854 653	283 681	3 753			

TRAMO (m)	N° DISC.		TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - σ _c (MPa)		
				ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - S (m)				FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)				
				DIP	(°)	D DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO			
2.20	0	6	SD	8	5	10	3	2	0	10	0.20	0.70	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	4.0	R5	R6
2.00	0	6	SD	8	5	10	0	1	0	10	0.20	0.80	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	4.0	R5	R6
2.00	0	5	SD	4	5	10	1	3	0	10	0.20	0.80	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	4.0	R5	R6
2.00	0	5	SD	5	0	10	2	1	5	10	0.30	0.50	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	4.0	R5	R6
3.00	0	4	SD	6	5	10	3	2	0	10	0.30	1.20	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	4.0	R5	R6
1.80	0	5	SD	7	0	10	0	1	0	10	0.20	0.60	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	4.0	R5	R6
2.50	0	5	SD	7	5	10	3	2	0	10	0.30	1.00	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	4.0	R5	R6
2.00	0	6	SD	3	0	10	1	4	0	10	0.20	0.50	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	4.0	R5	R6
2.00	0	6	SD	6	5	10	0	1	0	10	0.20	0.50	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	4.0	R5	R6
2.00	0	7	SD	6	5	10	3	0	0	10	0.10	0.60	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	1	2	SD	6	0	10	0	1	0	10	0.10	0.40	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	1	2	SD	8	0	10	1	9	0	10	0.10	0.40	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.00	0	7	SD	8	0	10	2	6	0	10	0.05	0.20	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.00	0	7	SD	8	0	10	0	8	0	10	0.05	0.20	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	0	5	SD	7	5	10	2	9	0	10	0.30	0.80	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON. (*)
MUY RUGOSO	3	4	6	7.5	8	ESTRATO O FOLEACION	< 0.5 m	MUY CORTA	3	6
RUGOSO	2	3	4	5	6	FRACTURAS	0.5 - 1.0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1.5	2	3	4	4.5		1.0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1.5	2	2.5	3	CON RELLENO O CORTE (**)	> 30 m	MUY LARGA	0.5	1
PULIDO	0.75	1	1.5	2	2.5	(*) JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA				
ESTRIAS DE FALLA	0.6 - 1.5	1 - 2	1.5 - 3	2 - 4	2.6 - 5	(**) CUANDO SON ZONAS DE CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE				

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=6

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)							
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES	CONDICIONES DE LAS PAREDES	CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO	
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA	0.75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG. NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC.	6	6-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8	12
		OXIDACION MAS INTENSA	4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO	8-12	13-20
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS (CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).			
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.	4				

RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA							
ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R6	>250	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 5 GOLPES	R5	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 5 GOLPES	R4	50-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA			UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO			REALIZADO: RGM			REVISADO: --			
COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION				OBSERVACIONES				FECHA: 04/10/08			HOJA N°: 1/1	
NORTE		ESTE		COTA (msnm)		Portal de entrada - Tunel Huarihuanca						
8 854 653		283 661		3 753								

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

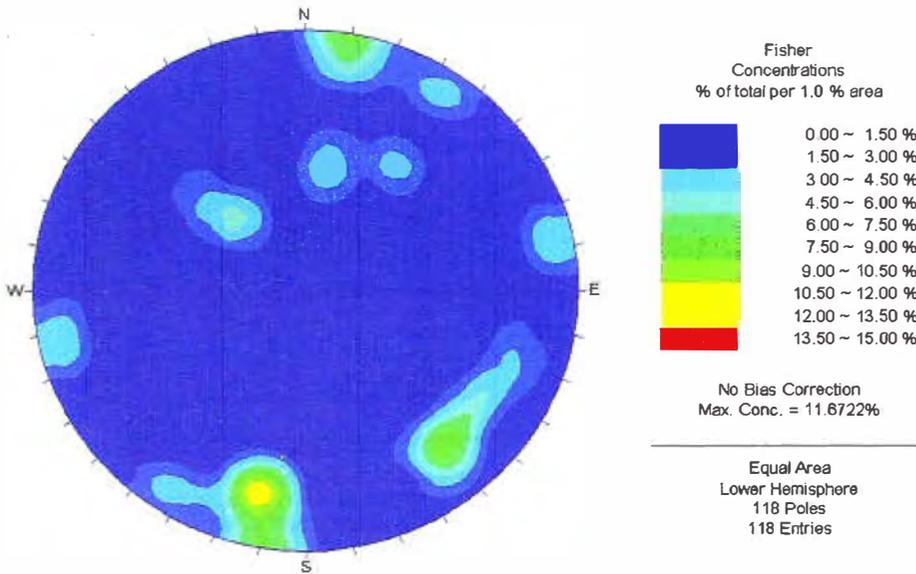
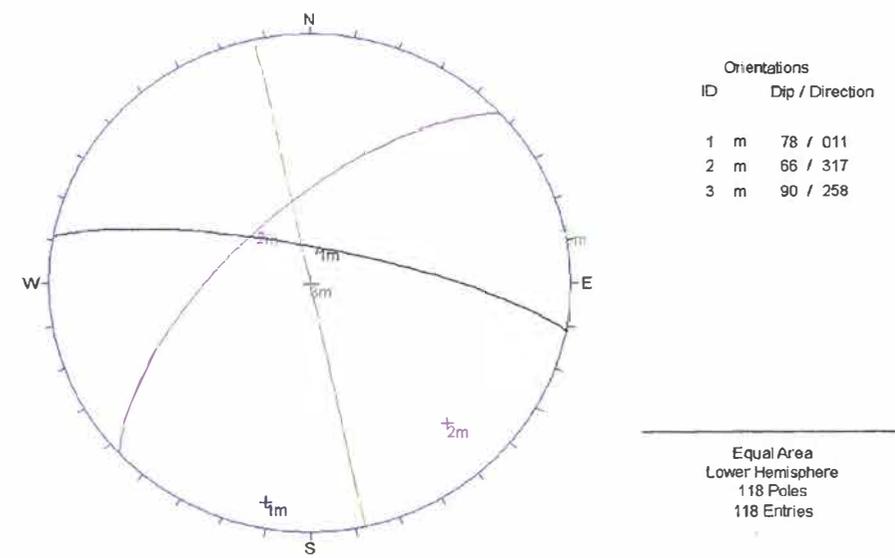


GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA		DIP		D DIP		
	1	7	8	0	1	1	
	2	6	6	3	1	7	
	3	9	0	2	5	8	

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN LOS SISTEMAS RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA	UBICACION: PROVINCIA DE CAJATAMBO	REALIZADO: RGM	REVISADO: -	FECHA: 03/10/08	HOJA N°: 1/1
-----------------------------	-----------------------------------	----------------	-------------	-----------------	--------------

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (manm)			
8 854 310	281 893	3 840	MI Qda Cachca.	Roca Tonaltica-Granodioritica, levemente alterada.	

TRAMO (m)	N° DISC.	TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - σ _{ci} (MPa)			
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - S (m)		FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)							
			DIP	(°)	D DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO		
3.00	0	7	SD	8	0	10	3	4	0	10	0.30	1.20	3.0	4.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	0	7	SD	8	0	10	1	6	0	10	0.30	1.20	3.0	4.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	0	4	SD	8	0	10	0	5	0	10	0.50	1.00	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	0	4	SD	8	0	10	2	3	0	10	0.50	1.00	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.00	0	4	SD	6	0	10	3	1	0	10	0.20	0.60	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.00	0	3	SD	6	5	10	0	8	0	10	0.30	0.60	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	1	2	SD	8	0	10	0	2	0	10	0.10	0.30	2.0	3.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	1	2	SD	8	0	10	2	0	0	10	0.10	0.30	2.0	3.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
3.00	0	8	SD	5	5	10	2	8	5	10	0.20	0.90	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.00	0	3	SD	8	0	10	3	3	5	10	0.20	0.80	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.00	0	3	SD	8	0	10	1	4	5	10	0.20	0.80	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
3.00	1	2	SD	5	0	10	2	8	5	10	0.10	0.30	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R6
1.50	1	0	SD	8	0	10	1	8	5	10	0.10	0.40	3.0	4.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
1.50	1	0	SD	8	0	10	0	1	0	10	0.10	0.40	3.0	4.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	0	4	SD	7	5	10	2	2	0	10	0.60	1.00	3.0	4.0	1.00	0.00	3.0	4.0	R4	R5

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON.(*)
MUY RUGOSO	3	4	6	7.5	9	ESTRATO O FOLEACION	< 0.5 m	MUY CORTA	3	8
RUGOSO	2	3	4	5	8	FRACTURAS	0.5 - 1.0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1.5	2	3	4	4.5		1.0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1.5	2	2.5	3	CON RELLENO O CORTE(**)	> 30 m	MUY LARGA	0.5	1
PULIDO	0.75	1	1.5	2	2.5	(*)JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA				(**)CUANDO SON ZONAS DE
ESTRIAS DE FALLA	0.8 - 1.5	1 - 2	1.5 - 3	2 - 4	2.5 - 5	CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE				

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=5

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)							
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES	CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA	0.75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG. NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,	6	8-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8	12
OXIDACION MAS INTENSA		4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO	8-12	13-20	
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS (CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).			
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.	4				

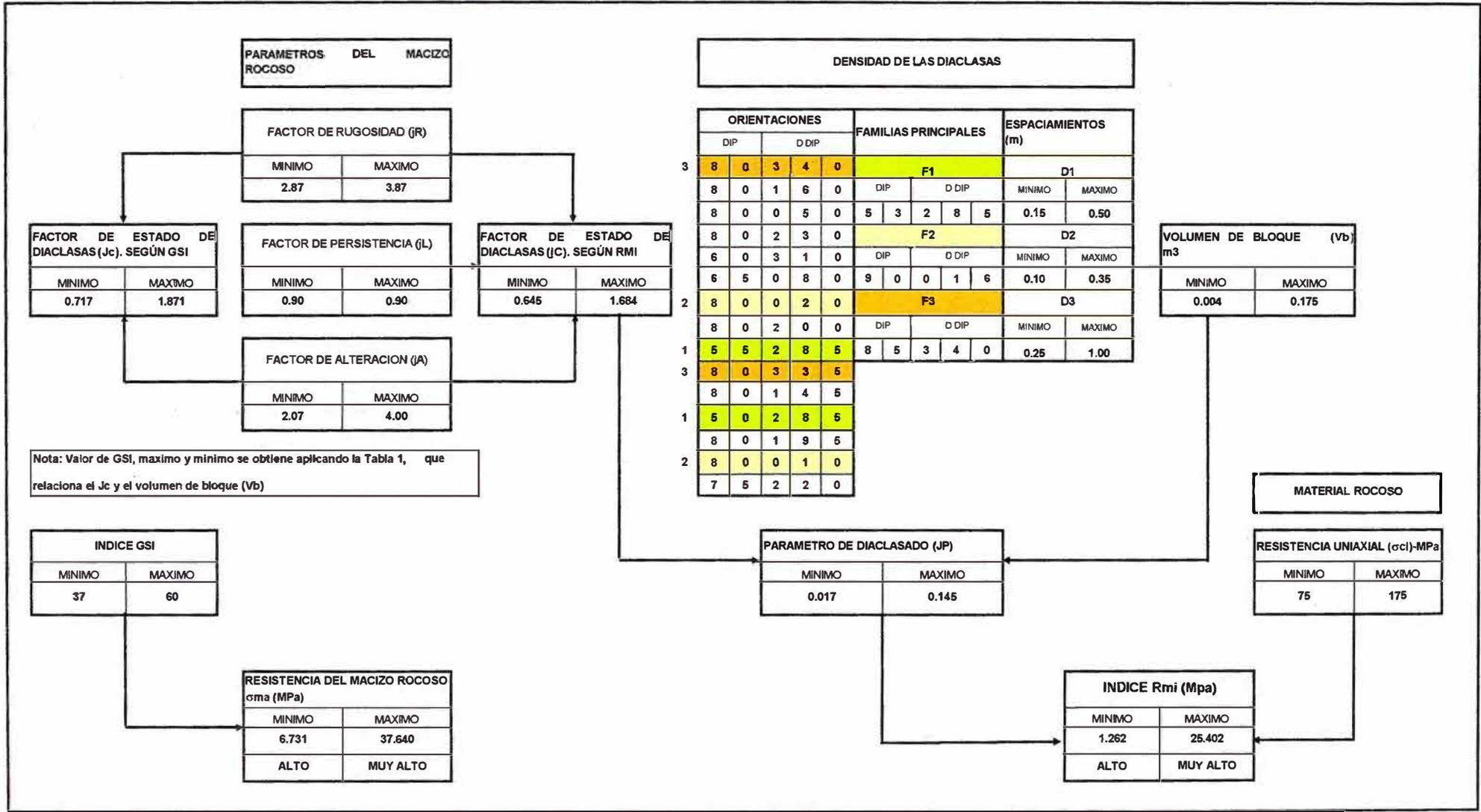
RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA

ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R8	>250	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 5 GOLPES	R6	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 5 GOLPES	R4	60-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES Rmi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: - FECHA: 03/10/08 HOJA Nº: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA
NORTE	ESTE	COTA (msnm)		
8 854 310	281 883	3 840	MI Qda Cachca.	Roca Tonalltica-Granodioritica, levemente alterada.



OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM

REVISADO: --

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

NORTE
8 854 310

ESTE
281 883

CO TA (m s n m)
3 840

MI Qda Cachca.

FECHA: 03/10/08

HOJA Nº: 1/1

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

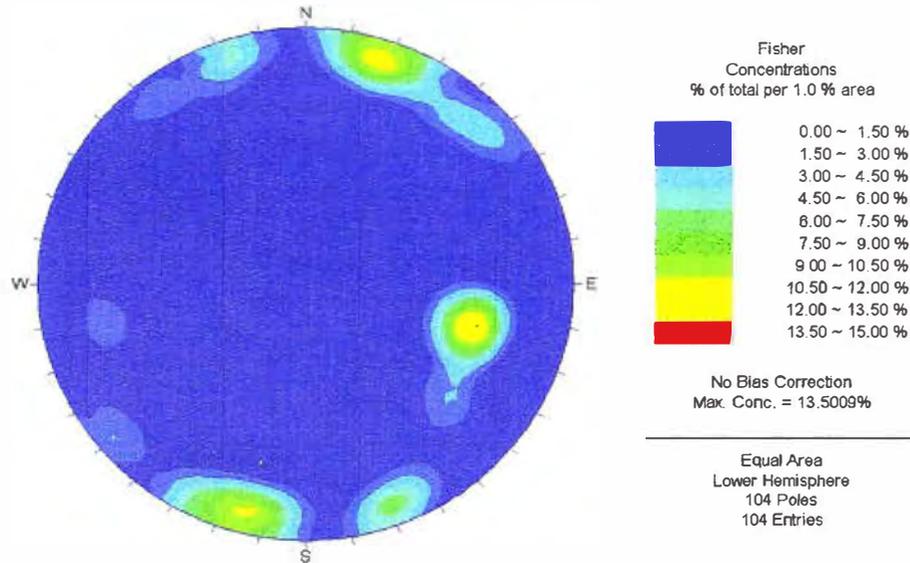
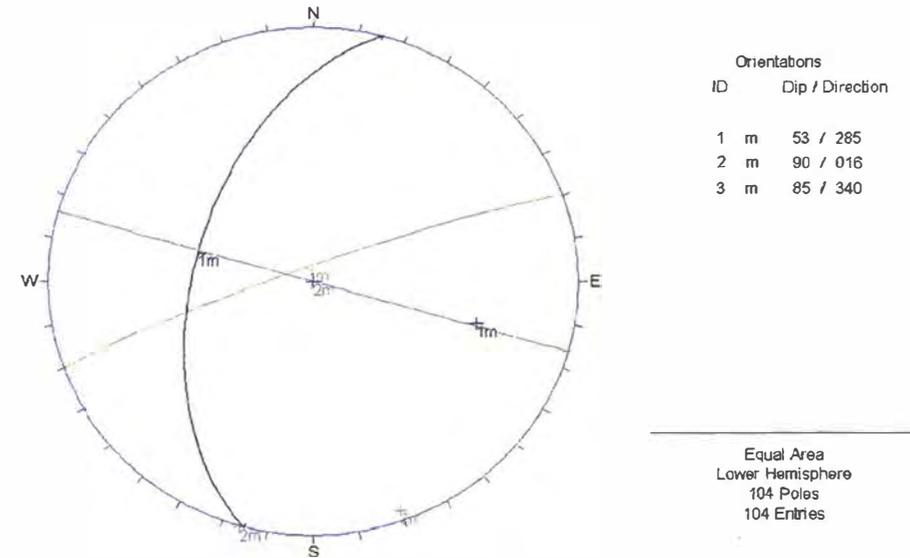
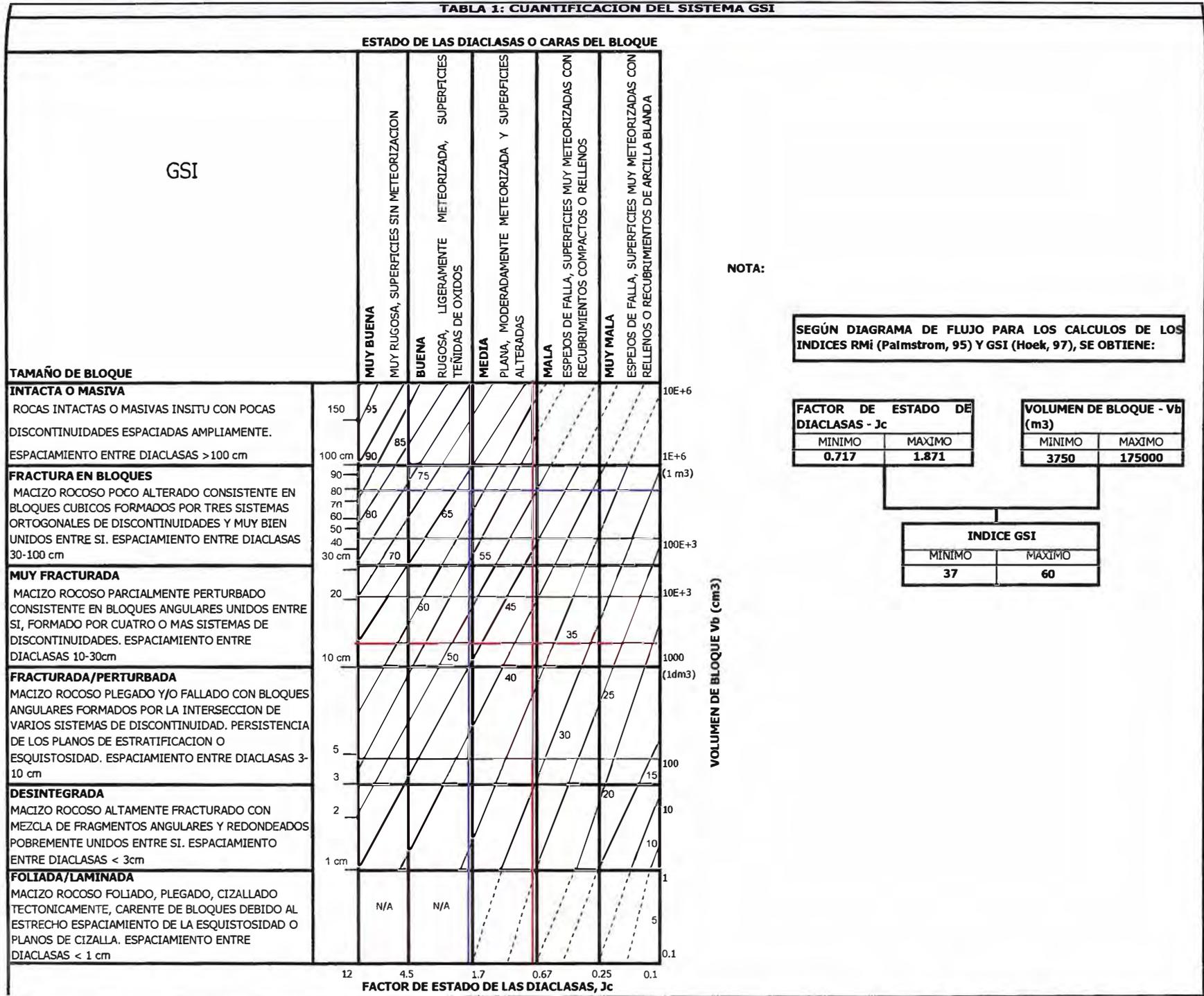


GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA	DIP		D DIP		
	1	5	3	2	8	5
	2	9	0	0	1	6
	3	8	5	3	4	0

TABLA 1: CUANTIFICACION DEL SISTEMA GSI



MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN LOS SISTEMAS RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA UBICACION: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: -- FECHA: 04/10/08 HOJA Nº: 1/2

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	Mi río Huayllapa.	Roca Granodiorítica, levemente alterada.	
8 853 834	280 463	3 379			

TRAMO (m)	Nº DISC.		TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - σci (MPa)		
				ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - S (m)		FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)						
				DIP	(°)	DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO			
2.00	0	4	SD	2	0	10	1	5	0	10	0.15	1.20	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
3.00	0	4	SD	3	5	10	3	0	0	10	0.70	1.50	2.0	3.0	0.75	0.00	2.0	4.0	R4	R5
3.00	0	4	SD	8	0	10	0	2	0	10	0.80	1.20	2.0	3.0	0.75	0.00	2.0	4.0	R4	R5
3.00	0	4	SD	8	0	10	2	0	0	10	0.60	1.20	2.0	3.0	0.75	0.00	2.0	4.0	R4	R5
4.00	0	3	SD	8	0	10	1	4	0	10	0.80	1.20	2.0	3.0	0.75	0.00	2.0	4.0	R4	R5
4.00	0	3	SD	8	0	10	3	2	0	10	0.80	1.20	2.0	3.0	0.75	0.00	2.0	4.0	R4	R5
3.00	0	4	SD	7	5	10	3	1	0	10	0.40	1.30	2.0	3.0	0.75	0.00	2.0	4.0	R4	R5
3.00	0	4	SD	7	5	10	1	3	0	10	0.40	1.30	2.0	3.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	0	8	SD	8	5	5	1	8	0	10	0.30	0.70	2.0	3.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	0	6	SD	8	5	5	0	1	0	10	0.30	0.70	2.0	3.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	0	6	SD	8	0	10	3	5	0	10	0.20	0.50	2.0	3.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	0	6	SD	8	0	10	1	7	0	10	0.20	0.50	2.0	3.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
2.50	0	5	SD	8	0	10	2	9	0	10	0.40	1.00	2.0	3.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
2.50	0	5	SD	8	0	10	1	1	0	10	0.40	1.00	2.0	3.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5
2.50	0	5	SD	2	5	10	0	8	0	10	0.30	0.80	2.0	3.0	0.75	1.00	2.0	4.0	R4	R5

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	ONDULACION					TIPO				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	ESTRATO O FOLEACION	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON. (*)
MUY RUGOSO	3	4	6	7.5	9	FRACTURAS	< 0.8 m	MUY CORTA	3	6
RUGOSO	2	3	4	5	8		0.6 - 1.0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1.5	2	3	4	4.5		1.0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1.5	2	2.5	3		10 - 30 m	LARGA	0.75	1.5
PULIDO	0.75	1	1.5	2	2.5	CON RELLENO O CORTE (**)	> 30 m	MUY LARGA	0.5	1
ESTRIAS DE FALLA	0.6 - 1.6	1 - 2	1.5 - 3	2 - 4	2.5 - 5	(*) JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA				
PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=8						CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE				

(**) CUANDO SON ZONAS DE

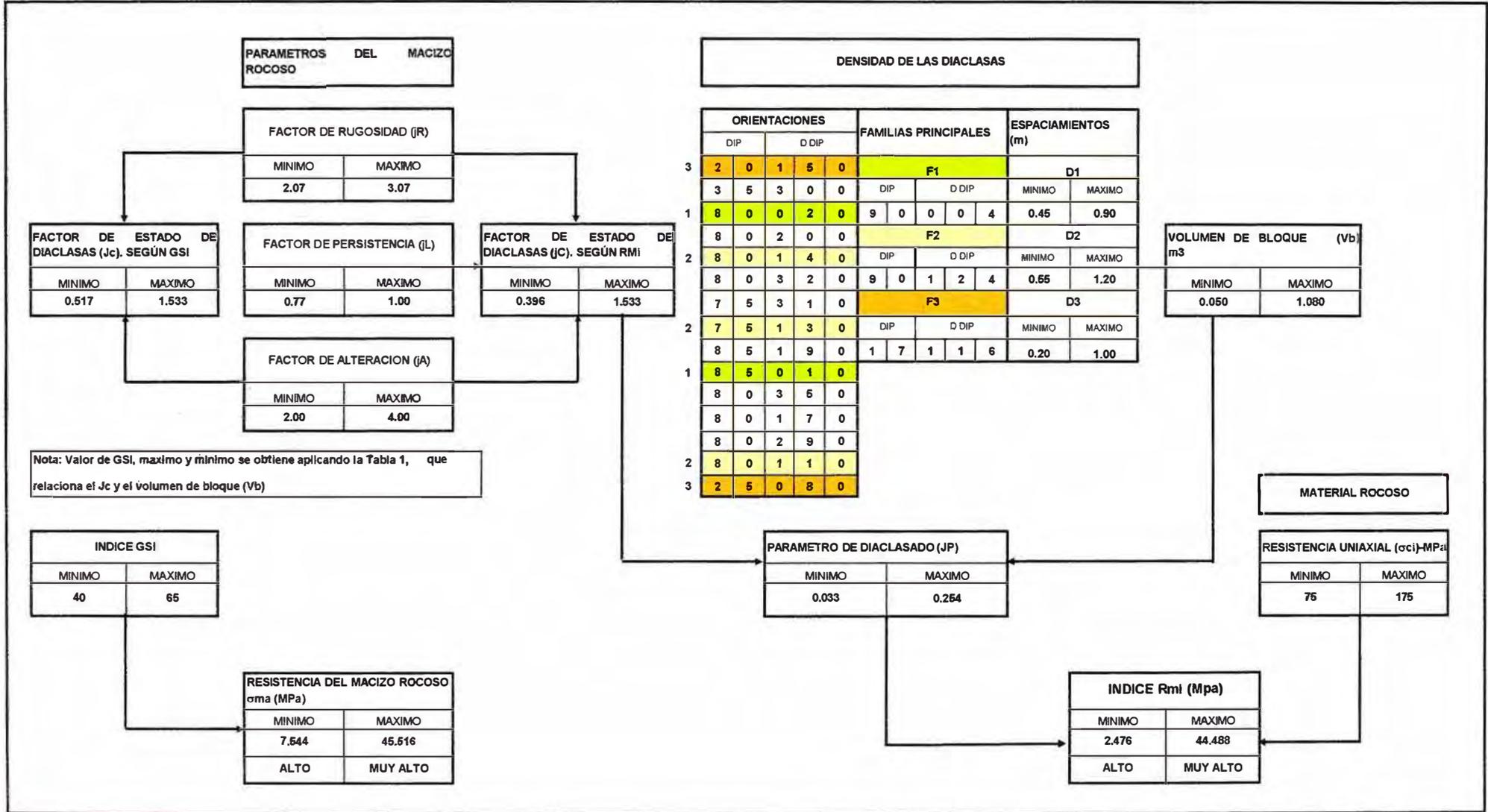
FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)							
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES	CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTACT. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA	0.75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG. NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,	6	6-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8	12
OXIDACION MAS INTENSA		4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO	8-12	13-20	
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD ABIERTAS CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).			
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.	4				

RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA							
ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R6	>260	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 6 GOLPES	R5	100-260	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 5 GOLPES	R4	50-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES RMI (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: -- FECHA: 04/10/08 HOJA Nº: 1/2

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	
NORTE	ESTE	COTA (msnm)			
8 853 934	280 463	3 379	MI río Huayllapa.	Roca Granodiorítica, levemente alterada.	



OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA			UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO			REALIZADO: RGM			REVISADO: --			
COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION				OBSERVACIONES				FECHA: 04/10/08			HOJA N°: 1/2	
NORTE		ESTE		COTA (msnm)		MI rio Huayllapa.						
8 853 934		280 463		3 379								

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

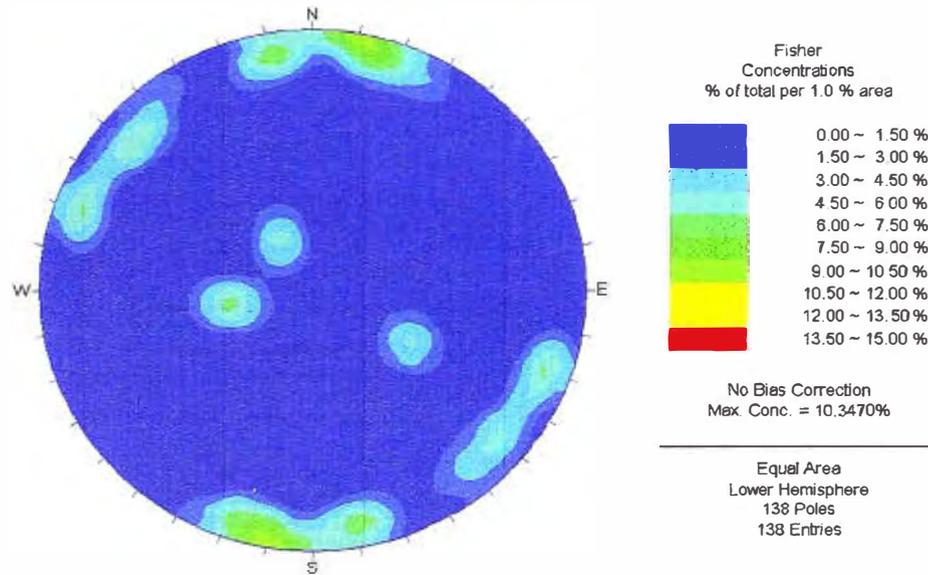
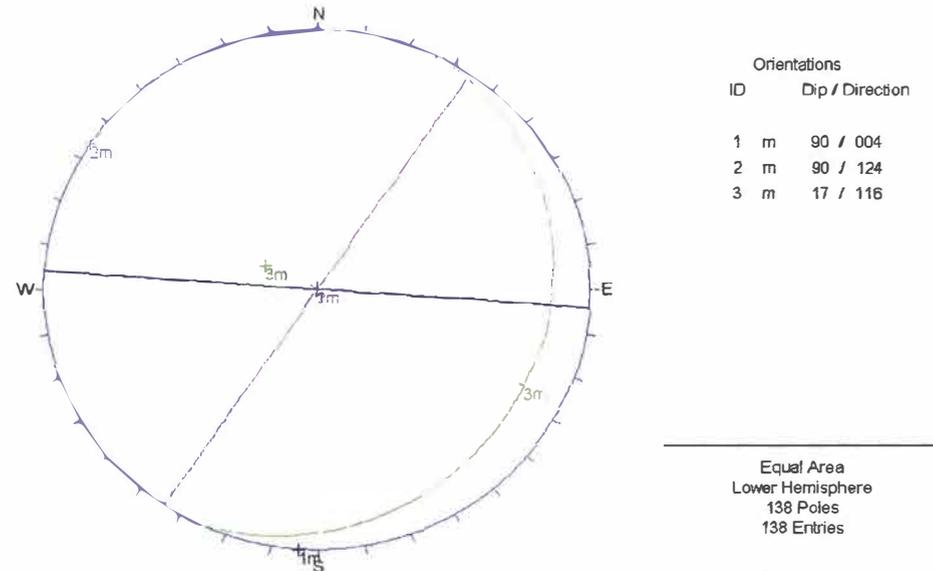


GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



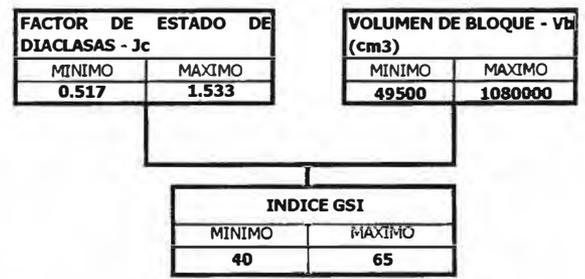
PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA		DIP		D DIP	
	1	9	0	0	0	4
	2	9	0	1	2	4
	3	1	7	1	1	6

TABLA 1: CUANTIFICACION DEL SISTEMA GSI

GSI		ESTADO DE LAS DIACLASAS O CARAS DEL BLOQUE					
		MUY BUENA MUY RUGOSA, SUPERFICIES SIN METEORIZACION	BUENA RUGOSA, LIGERAMENTE METEORIZADA, SUPERFICIES TENIDAS DE OXIDOS	MEDIA PLANA, MODERADAMENTE METEORIZADA Y SUPERFICIES ALTERADAS	MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RECUBRIMIENTOS COMPACTOS O RELLENOS	MUY MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS DE ARCILLA BLANDA	
TAMAÑO DE BLOQUE							
INTACTA O MASIVA ROCAS INTACTAS O MASIVAS INSITU CON POCAS DISCONTINUIDADES ESPACIADAS AMPLIAMENTE. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS > 100 cm	150 100 cm	95 85					10E+6 1E+6
FRACTURA EN BLOQUES MACIZO ROCOSO POCO ALTERADO CONSISTENTE EN BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS ORTOGONALES DE DISCONTINUIDADES Y MUY BIEN UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 30-100 cm	90 80 70 60 50 40 30 cm	60 75 65	75 65				(1 m ³) 100E+3
MUY FRACTURADA MACIZO ROCOSO PARCIALMENTE PERTURBADO CONSISTENTE EN BLOQUES ANGULARES UNIDOS ENTRE SI, FORMADO POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 10-30cm	20 10 cm	70 50	50	45	35		10E+3
FRACTURADA/PERTURBADA MACIZO ROCOSO PLEGADO Y/O FALLADO CON BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR LA INTERSECCION DE VARIOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDAD. PERSISTENCIA DE LOS PLANOS DE ESTRATIFICACION O ESQUISTOSIDAD. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 3-10 cm	5 3 10 cm		50	40	30	25	1000 (1dm ³)
DESINTEGRADA MACIZO ROCOSO ALTAMENTE FRACTURADO CON MEZCLA DE FRAGMENTOS ANGULARES Y REDONDEADOS POBREMENTE UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 3cm	2 1 cm					20	100 10
FOLIADA/LAMINADA MACIZO ROCOSO FOLIADO, PLEGADO, CIZALLADO TECTONICAMENTE, CARENTE DE BLOQUES DEBIDO AL ESTRECHO ESPACIAMIENTO DE LA ESQUISTOSIDAD O PLANOS DE CIZALLA. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 1 cm		N/A	N/A				1 5 0.1
		12	4.5	1.7	0.67	0.25	0.1
		FACTOR DE ESTADO DE LAS DIACLASAS, Jc					

NOTA:

SEGÚN DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES RMI (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97), SE OBTIENE:



VOLUMEN DE BLOQUE Vb (cm³)

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN LOS SISTEMAS RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA	UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO	REALIZADO: RGM	REVISADO: -	FECHA: 06/10/08	HOJA N°: 1/1
-----------------------------	-----------------------------------	----------------	-------------	-----------------	--------------

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	Qda. Copan.	Rocas Dioríticas-Granodioríticas.	
6 851 638	281 326	4 225			

TRAMO (m)	N° DISC.	TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - Gci (MPa)			
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - S (m)		FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)							
			DIP	(°)	D DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO				
2.00	0	8	SD	8	0	10	2	1	5	10	0.10	0.50	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	1	1	SD	8	5	10	2	7	0	10	0.10	0.60	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	1	0	SD	6	0	10	1	9	0	10	0.10	0.40	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	1	4	SD	7	5	10	0	1	0	10	0.10	0.80	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	1	3	SD	7	0	10	2	8	5	10	0.15	0.40	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.50	1	0	SD	8	0	10	2	2	0	10	0.10	0.60	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.50	1	2	SD	8	0	10	3	0	0	10	0.10	0.40	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	1	4	SD	5	0	10	3	1	0	10	0.10	0.40	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.50	0	3	SD	7	5	10	2	8	0	10	0.50	1.30	2.0	3.0	0.75	0.00	2.0	4.0	R4	R5
3.00	0	8	SD	8	0	10	0	1	0	10	0.50	1.20	2.0	3.0	0.75	0.00	2.0	4.0	R4	R5
3.00	0	8	SD	8	0	10	1	9	0	10	0.50	1.20	2.0	3.0	0.75	0.00	2.0	4.0	R4	R5
2.00	0	5	SD	4	5	10	2	8	0	10	0.30	0.90	2.0	3.0	0.75	0.00	2.0	4.0	R4	R5
0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0	0

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	ONDULACION					TIPO				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	ESTRATO O FOLEACION	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON.(*)
MUY RUGOSO	3	4	6	7.5	9	FRACTURAS	< 0.6 m	MUY CORTA	3	8
RUGOSO	2	3	4	5	6		0.6 - 1.0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1.5	2	3	4	4.5		1.0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1.5	2	2.5	3	CON RELLENO O CORTE(**)	> 30 m	MUYLARGA	0.5	1
PULIDO	0.75	1	1.5	2	2.5	(*)JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA				
ESTRIAS DE FALLA	0.8 - 1.5	1 - 2	1.5 - 3	2 - 4	2.5 - 5	CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE				

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=5

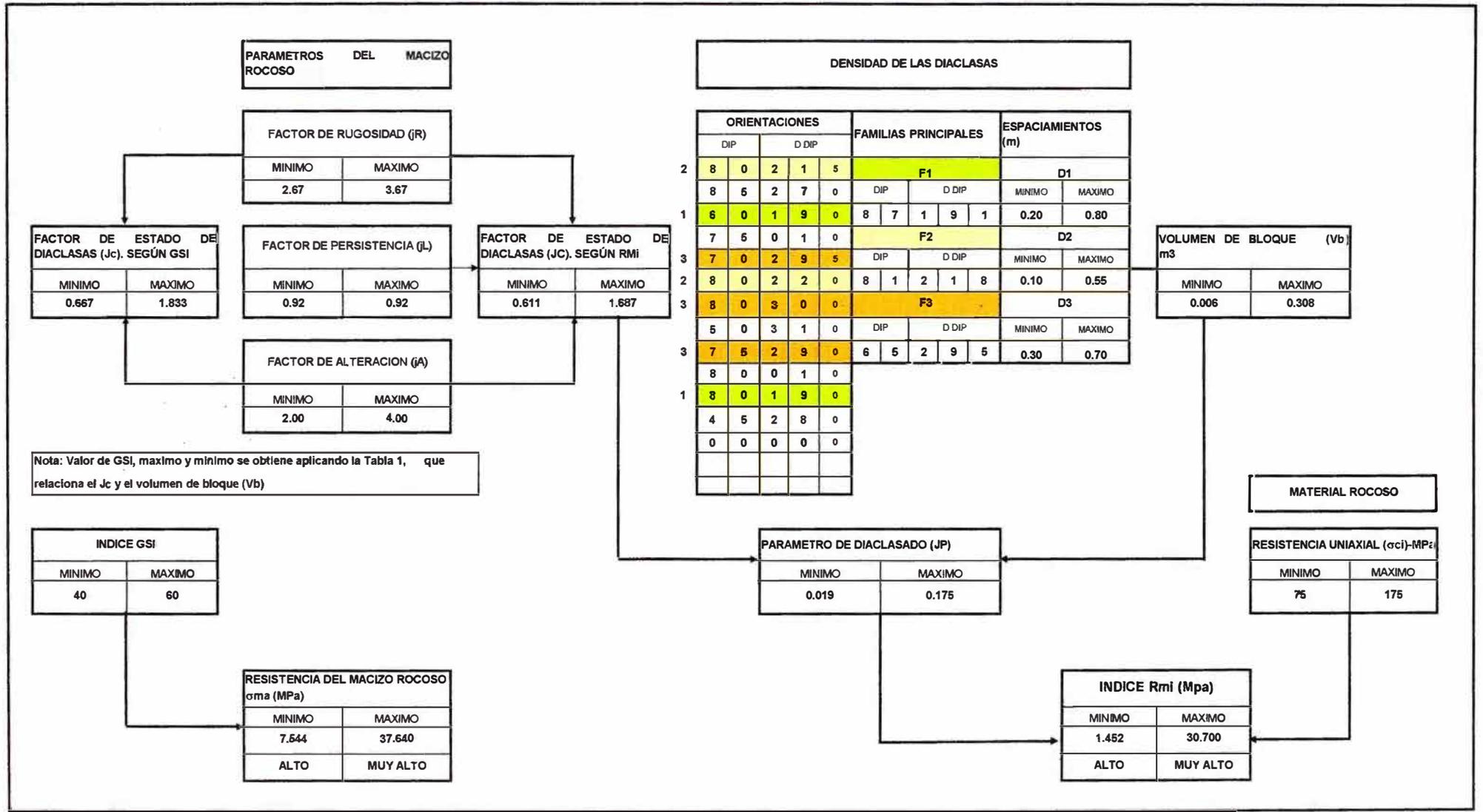
FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)								
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES		CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA		0.75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG.NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO		1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,	6	8-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL		2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8	12
		OXIDACION MAS INTENSA		4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO	8-12	13-20
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA		3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS (CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).			
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.		4				

RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA							
ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R8	>250	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 5 GOLPES	R5	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 5 GOLPES	R4	50-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES Rmi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA	UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO	REALIZADO: RGM	REVISADO: -	FECHA: 05/10/08	HOJA N°: 1/1
-----------------------------	-----------------------------------	----------------	-------------	-----------------	--------------

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	Qda. Copan.	Rocas Diorticas-Granodioriticas.
8 851 638	281 326	4 226		



OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM

REVISADO: --

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

NORTE
8 851 638

ES TE
281 326

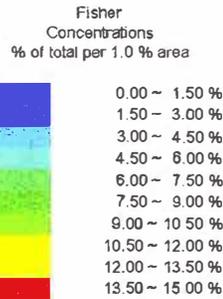
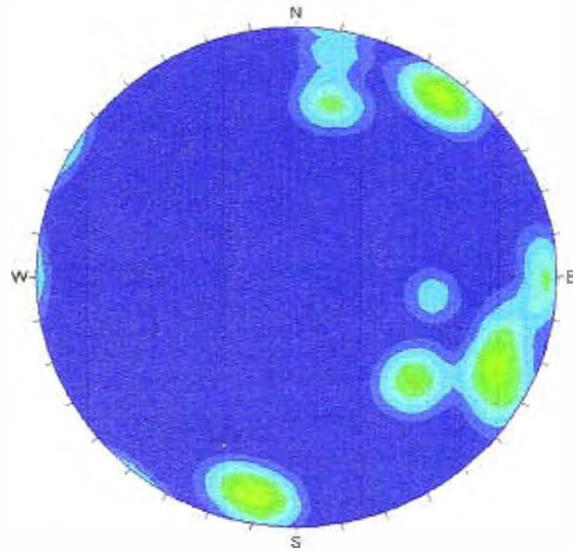
COTA (m s n m.)
4 225

Qda. Copan.

FECHA: 05/10/08

HOJA N°: 1/1

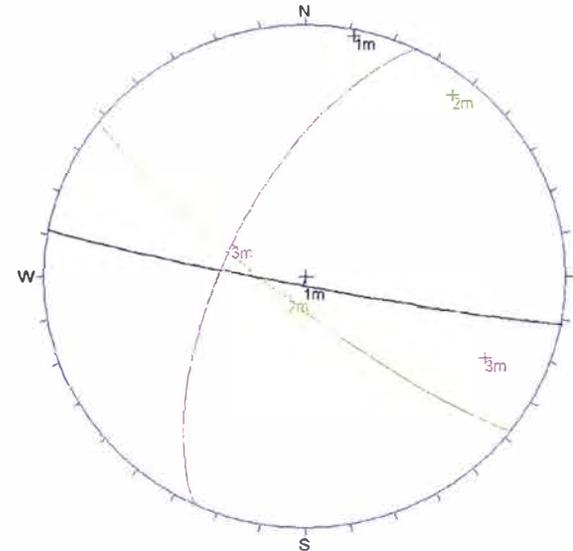
GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS



No Bias Correction
Max. Conc = 10 8243%

Equal Area
Lower Hemisphere
112 Poles
112 Entries

GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



Orientations

ID	Dip / Direction
1 m	87 / 191
2 m	81 / 218
3 m	65 / 295

Equal Area
Lower Hemisphere
112 Poles
112 Entries

PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA		DIP		D DIP	
	1	8	7	1	9	1
	2	8	1	2	1	8
	3	6	5	2	9	5

TABLA 1: CUANTIFICACION DEL SISTEMA GSI

GSI	ESTADO DE LAS DIACLASAS O CARAS DEL BLOQUE					
	MUY BUENA MUY RUGOSA, SUPERFICIES SIN METEORIZACION	BUENA RUGOSA, LIGERAMENTE METEORIZADA, SUPERFICIES TENIDAS DE OXIDOS	MEDIA PLANA, MODERADAMENTE METEORIZADA Y SUPERFICIES ALTERADAS	MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RECUBRIMIENTOS COMPACTOS O RELLENOS	MUY MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS DE ARCILLA BLANDA	
TAMAÑO DE BLOQUE						
INTACTA O MASIVA ROCAS INTACTAS O MASIVAS INSITU CON POCAS DISCONTINUIDADES ESPACIADAS AMPLIAMENTE. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS >100 cm	150	95				10E+6
	100 cm	90	85			1E+6 (1 m³)
FRACTURA EN BLOQUES MACIZO ROCOSO POCO ALTERADO CONSISTENTE EN BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS ORTOGONALES DE DISCONTINUIDADES Y MUY BIEN UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 30-100 cm	90		75			
	80			65		
	70	80				
	60					
	50					
	40					
	30 cm	70		55		100E+3
MUY FRACTURADA MACIZO ROCOSO PARCIALMENTE PERTURBADO CONSISTENTE EN BLOQUES ANGULARES UNIDOS ENTRE SI, FORMADO POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 10-30cm	20		60	45		10E+3
	10 cm		50		35	1000 (1dm³)
FRACTURADA/PERTURBADA MACIZO ROCOSO PLEGADO Y/O FALLADO CON BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR LA INTERSECCION DE VARIOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDAD. PERSISTENCIA DE LOS PLANOS DE ESTRATIFICACION O ESQUISTOSIDAD. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 3-10 cm	5			40		
	3				30	
	2				25	
	1 cm				20	100
DESINTEGRADA MACIZO ROCOSO ALTAMENTE FRACTURADO CON MEZCLA DE FRAGMENTOS ANGULARES Y REDONDEADOS POBREMENTE UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 3cm	2					10
	1					10
FOLIADA/LAMINADA MACIZO ROCOSO FOLIADO, PLEGADO, CIZALLADO TECTONICAMENTE, CARENTE DE BLOQUES DEBIDO AL ESTRECHO ESPACIAMIENTO DE LA ESQUISTOSIDAD O PLANOS DE CIZALLA. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 1 cm		N/A	N/A			1
						5
						0.1
		12	4.5	1.7	0.67	0.25
						0.1

NOTA:

SEGÚN DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES RMi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97), SE OBTIENE:

FACTOR DE ESTADO DE DIACLASAS - Jc	
MINIMO	MAXIMO
0.667	1.833

VOLUMEN DE BLOQUE - Vb (cm³)	
MINIMO	MAXIMO
6000	308000

INDICE GSI	
MINIMO	MAXIMO
40	60

VOLUMEN DE BLOQUE Vb (cm³)

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN LOS SISTEMAS RMI (Paistrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA	UBICACION: PROVINCIA DE CAJATAMBO	REALIZADO: RGM	REVISADO: -	FECHA: 03/10/08	HOJA N°: 1/1
-----------------------------	-----------------------------------	----------------	-------------	-----------------	--------------

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	Zona alterada-Hornfels en MI del rio Huayllapa	Hornfels muy fracturado, silicificado.	_____
8 854 150	282 500	3 885			

TRAMO (m)	N° DISC.	TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - σc (MPa)			
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - S (m)		FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)							
			DIP	(°)	D DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO				
2.00	0	8	SD	7	0	10	3	1	0	10	0.80	1.00	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.00	0	5	SD	8	0	10	1	5	0	10	0.10	0.30	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.00	0	5	SD	8	0	10	3	4	0	10	0.10	0.30	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.00	0	4	SD	8	0	10	0	5	0	10	0.10	0.50	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.00	0	4	SD	8	0	10	2	3	0	10	0.10	0.50	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.50	0	7	SD	6	0	10	2	8	0	10	0.20	0.80	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.50	0	6	SD	8	0	10	3	5	0	10	0.10	0.80	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.50	1	0	SD	8	5	10	2	7	0	10	0.10	0.50	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
1.20	0	6	SD	2	0	10	2	7	0	10	0.10	0.60	1.5	2.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5
0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0	0

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON.(*)
MUY RUGOSO	3	4	8	7.5	9	ESTRATO O FOLEACION	< 0.5 m	MUY CORTA	3	6
RUGOSO	2	3	4	5	8	FRACTURAS	0.5 - 1.0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1.5	2	3	4	4.5		1.0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1.5	2	2.5	3	CON RELLENO O CORTE(**)	10 - 30 m	LARGA	0.75	1.5
PULIDO	0.75	1	1.5	2	2.5		> 30 m	MUY LARGA	0.5	1
ESTRIAS DE FALLA	0.8 - 1.5	1 - 2	1.5 - 3	2 - 4	2.5 - 5	(*)JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA (**)CUANDO SON ZONAS DE CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE				

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=6

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)									
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES					
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES		CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS		CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS		SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA	0.75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG.NO PLASTICOS		4	8
	PAREDES FRESCAS		SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,		8	8-10
	SUPERFICIES AL TERADAS		OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS		8	12
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES		ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO		8-12	13-20
	MAT. COHESIVOS		ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.	4					

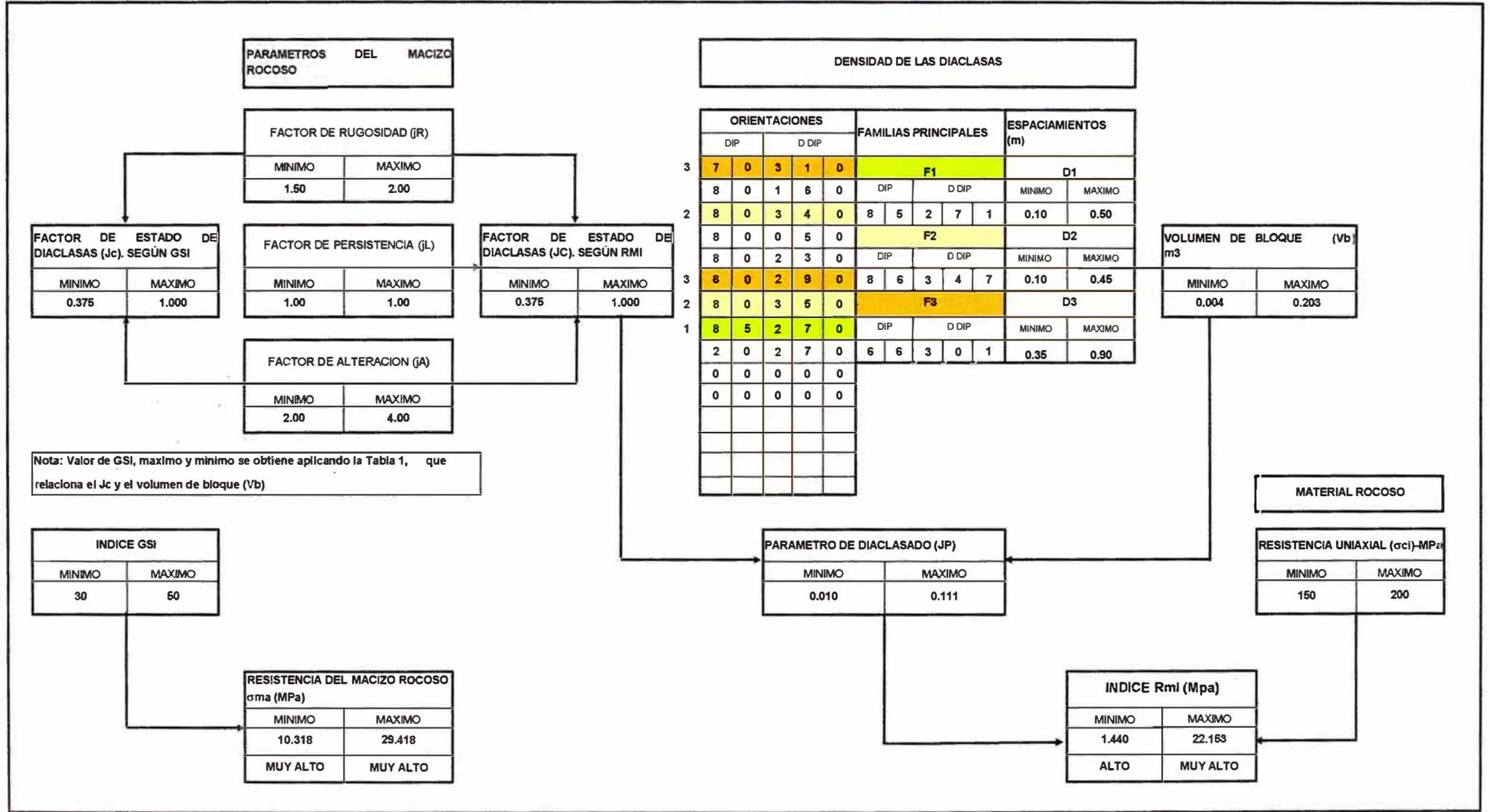
RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA

ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R8	>250	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 5 GOLPES	R5	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 5 GOLPES	R4	50-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES Rmi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: - FECHA: 03/10/08 HOJA Nº: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	
NORTE	ESTE	COTA (msnm)			
8 854 160	282 500	3 865	Zona alterada-Hornfels en MI del rio Huayllapa		Hornfels muy fracturado, silicificado.



OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL HUARIHUANCA

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM

REVISADO: --

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

FECHA: 03/10/08

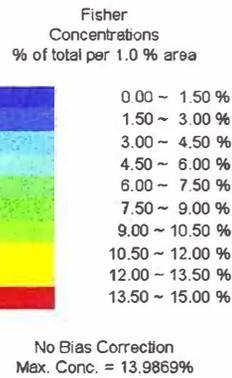
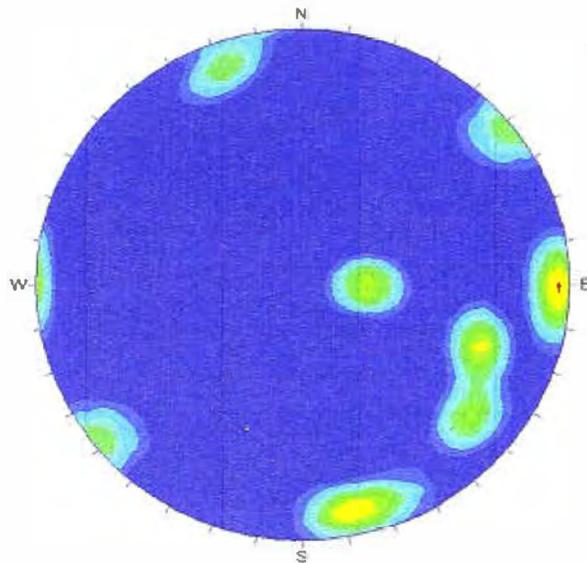
HOJA Nº: 1/1

NORTE	ESTE	COTA (msnm)
8 854 150	282 500	3 865

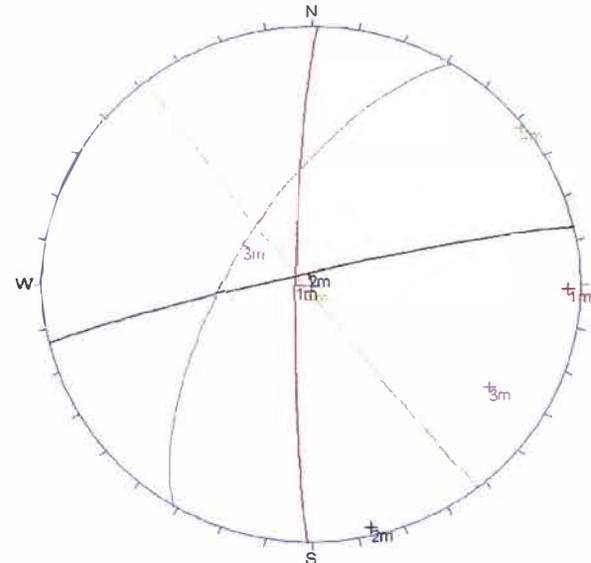
Zona alterada-Hornfels en MI del rio Huayllapa

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



Equal Area
Lower Hemisphere
106 Poles
106 Entries



Orientations

ID	Dip	Direction
1	m	85 / 271
2	m	86 / 347
3	m	66 / 301
4	m	88 / 232

Equal Area
Lower Hemisphere
106 Poles
106 Entries

PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA	DIP		D DIP		
	1	8	5	2	7	1
	2	8	6	3	4	7
	3	6	6	3	0	1

TABLA 1: CUANTIFICACION DEL SISTEMA GSI

GSI		ESTADO DE LAS DIACLASAS O CARAS DEL BLOQUE					
		MUY BUENA MUY RUGOSA, SUPERFICIES SIN METEORIZACION	BUENA RUGOSA, LIGERAMENTE METEORIZADA, SUPERFICIES TENIDAS DE OXIDOS	MEDIA PLANA, MODERADAMENTE METEORIZADA Y SUPERFICIES ALTERADAS	MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RECUBRIMIENTOS COMPACTOS O RELLENOS	MUY MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS DE ARCILLA BLANDA	
TAMAÑO DE BLOQUE							
INTACTA O MASIVA ROCAS INTACTAS O MASIVAS INSITU CON POCAS DISCONTINUIDADES ESPACIADAS AMPLIAMENTE. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS >100 cm	150 100 cm	95 85					10E+6 1E+6
FRACTURA EN BLOQUES MACIZO ROCOSO POCO ALTERADO CONSISTENTE EN BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS ORTOGONALES DE DISCONTINUIDADES Y MUY BIEN UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 30-100 cm	90 80 70 60 50 40 30 cm	80	75 65				(1 m ³)
MUY FRACTURADA MACIZO ROCOSO PARCIALMENTE PERTURBADO CONSISTENTE EN BLOQUES ANGULARES UNIDOS ENTRE SI, FORMADO POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 10-30cm	20 10 cm	70	60	55			100E+3 10E+3
FRACTURADA/PERTURBADA MACIZO ROCOSO PLEGADO Y/O FALLADO CON BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR LA INTERSECCION DE VARIOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDAD. PERSISTENCIA DE LOS PLANOS DE ESTRATIFICACION O ESQUISTOSIDAD. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 3-10 cm	5 3 10 cm		50	45	35		1000 (1dm ³)
DESINTEGRADA MACIZO ROCOSO ALTAMENTE FRACTURADO CON MEZCLA DE FRAGMENTOS ANGULARES Y REDONDEADOS POBREMENTE UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 3cm	2 1 cm			40	30	25	100 10
FOLIADA/LAMINADA MACIZO ROCOSO FOLIADO, PLEGADO, CIZALLADO TECTONICAMENTE, CARENTE DE BLOQUES DEBIDO AL ESTRECHO ESPACIAMIENTO DE LA ESQUISTOSIDAD O PLANOS DE CIZALLA. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 1 cm		N/A	N/A			20	1 10 5 0.1
		12	4.5	1.7	0.67	0.25	0.1

NOTA:

SEGÚN DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES R_{Mi} (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97), SE OBTIENE:

FACTOR DE ESTADO DE DIACLASAS - J _c	
MINIMO	MAXIMO
0.375	1.000

VOLUMEN DE BLOQUE - V _b (m ³)	
MINIMO	MAXIMO
3500	202500

INDICE GSI	
MINIMO	MAXIMO
30	50

VOLUMEN DE BLOQUE V_b (cm³)

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN LOS SISTEMAS RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS	UBICACION: PROVINCIA DE CAJATAMBO	REALIZADO: RGM	REVISADO: -	FECHA: 30/09/08	HOJA N°: 1/1
------------------------	-----------------------------------	----------------	-------------	-----------------	--------------

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	MD rio Pumarrinri - Paraje Rancas	Cuarcita blanquecina a gris, levemente fracturada, fragiles con fracturas cerradas.	
8 847 566	280 595	3 886			

TRAMO (m)	N° DISC.	TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - Gc1 (MPa)			
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - S (m)		FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)							
			DIP	(°)	D DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO				
5.00	0	5	Estrato	4	0	10	2	6	0	10	0.15	1.60	1.0	1.5	0.50	0.00	1.0	2.0	R5	R6
5.00	0	6	SD	7	0	10	0	4	5	10	0.30	1.20	1.0	1.5	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
1.50	0	4	SD	7	5	10	1	1	0	10	0.10	0.60	1.0	1.5	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
2.00	0	6	Estrato	4	5	10	2	7	0	10	0.20	0.60	1.5	2.0	0.50	0.00	1.0	2.0	R5	R6
3.00	0	6	SD	7	0	10	1	6	0	10	0.20	0.50	1.0	1.5	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
3.00	0	5	SD	7	0	10	0	6	0	10	0.20	1.20	1.0	1.5	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
2.00	0	2	Estrato	5	0	10	2	5	0	10	0.60	1.60	3.0	4.0	0.50	0.00	1.0	2.0	R5	R6
2.00	0	7	SD	8	0	10	3	5	0	10	0.20	0.50	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
2.00	0	7	SD	8	0	10	1	7	0	10	0.20	0.50	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
2.00	0	6	SD	3	5	10	0	7	0	10	0.30	0.80	1.5	2.0	0.50	0.00	1.0	2.0	R5	R6
0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0	0

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON. (*)
MUY RUGOSO	3	4	6	7.5	8	ESTRATO O FOLEACION	< 0.6 m	MUY CORTA	3	6
RUGOSO	2	3	4	5	6	FRACTURAS	0.5 - 1.0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1.5	2	3	4	4.5		1.0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1.5	2	2.5	3	CON RELLENO O CORTE(**)	10 - 30 m	LARGA	0.75	1.5
PULIDO	0.75	1	1.5	2	2.5	(*)JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA	> 30 m	MUY LARGA	0.5	1
ESTRIAS DE FALLA	0.8 - 1.5	1 - 2	1.5 - 3	2 - 4	2.5 - 6	CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE	(**)CUANDO SON ZONAS DE			

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=5

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)							
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES	CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA	0.75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG. NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC.	6	6-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8	12
OXIDACION MAS INTENSA		4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO	8-12	13-20	
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS (CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).			
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.	4				

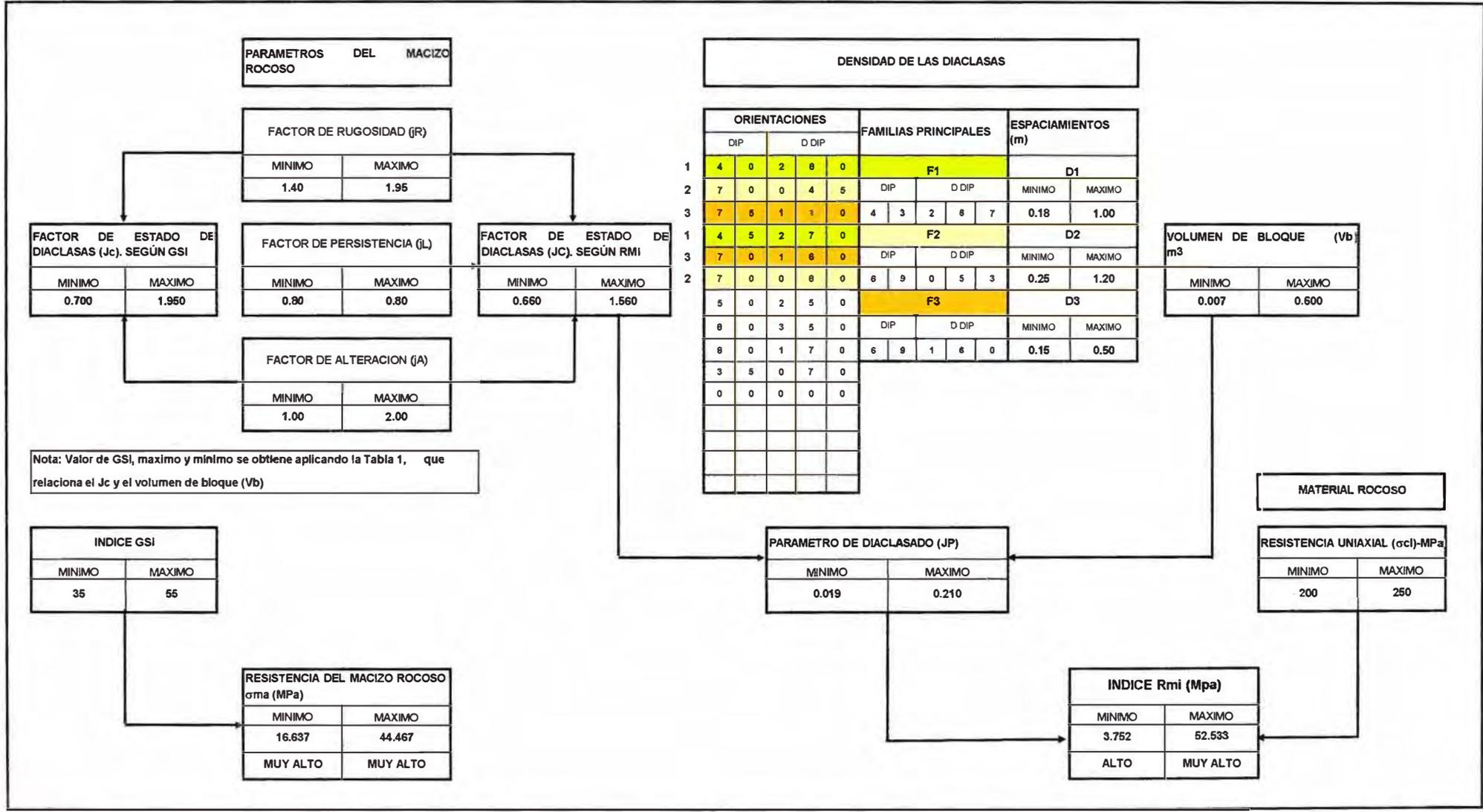
RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA

ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R6	>250	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 6 GOLPES	R5	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 5 GOLPES	R4	50-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES Rmi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: - FECHA: 30/09/08 HOJA N°: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	MD río Pumarrinri - Paraje Rancas	Cuarcita blanquecina a gris, levemente fracturada, fragiles con fracturas cerradas.
8 847 568	280 695	3 986		



OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL RANÇAS

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM

REVISADO: -

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

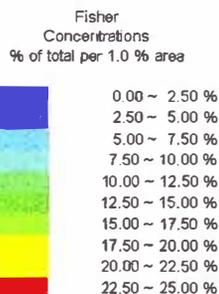
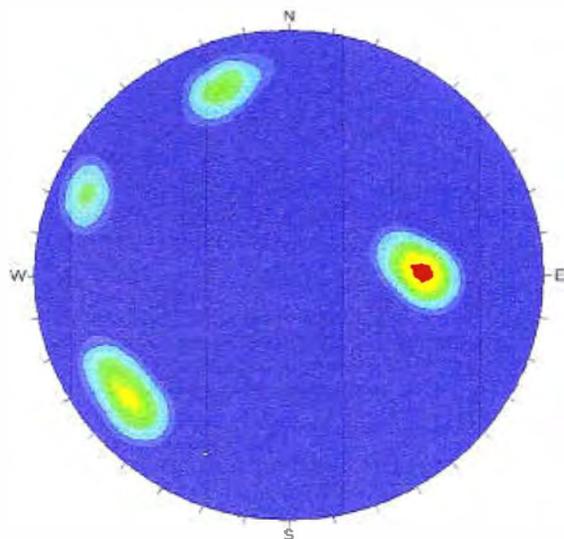
FECHA: 30/09/08

HOJA N°: 1/1

NORTE	ESTE	COTA (msnm)
8 847 568	280 595	3 986

MD rio Pumarrinri - Paraje Rancas

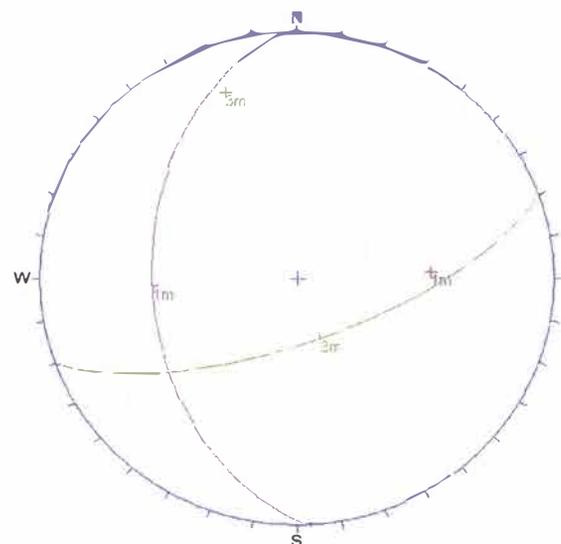
GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS



No Bias Correction
Max. Conc. = 24.4041%

Equal Area
Lower Hemisphere
96 Poles
96 Entries

GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



Orientations
ID Dip / Direction

1	m	43 / 267	Estrato
2	m	69 / 053	
3	m	69 / 160	

Equal Area
Lower Hemisphere
96 Poles
96 Entries

PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA	DIP		D DIP		
	1	4	3	2	6	7
2	6	9	0	5	3	
3	6	9	1	6	0	

TABLA 1: CUANTIFICACION DEL SISTEMA GSI

GSI		ESTADO DE LAS DIACLASAS O CARAS DEL BLOQUE					
		MUY BUENA MUY RUGOSA, SUPERFICIES SIN METEORIZACION	BUENA RUGOSA, LIGERAMENTE METEORIZADA, SUPERFICIES TENIDAS DE OXIDOS	MEDIA PLANA, MODERADAMENTE METEORIZADA Y SUPERFICIES ALTERADAS	MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RECUBRIMIENTOS COMPACTOS O RELLENOS	MUY MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS DE ARCILLA BLANDA	
TAMAÑO DE BLOQUE		VOLUMEN DE BLOQUE V _b (cm ³)					
INTACTA O MASIVA ROCAS INTACTAS O MASIVAS INSITU CON POCAS DISCONTINUIDADES ESPACIADAS AMPLIAMENTE. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS >100 cm	150 100 cm	95 85					10E+6 1E+6
FRACTURA EN BLOQUES MACIZO ROCOSO POCO ALTERADO CONSISTENTE EN BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS ORTOGONALES DE DISCONTINUIDADES Y MUY BIEN UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 30-100 cm	90 80 70 60 50 40 30 cm	80 75 65 55	75 65				(1 m ³) 100E+3
MUY FRACTURADA MACIZO ROCOSO PARCIALMENTE PERTURBADO CONSISTENTE EN BLOQUES ANGULARES UNIDOS ENTRE SI, FORMADO POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 10-30cm	20 10 cm	70 60 50	55 45				10E+3 1000
FRACTURADA/PERTURBADA MACIZO ROCOSO PLEGADO Y/O FALLADO CON BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR LA INTERSECCION DE VARIOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDAD. PERSISTENCIA DE LOS PLANOS DE ESTRATIFICACION O ESQUISTOSIDAD. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 3-10 cm	5 3 2	50 40	35 25				(1dm ³) 100 10
DESINTEGRADA MACIZO ROCOSO ALTAMENTE FRACTURADO CON MEZCLA DE FRAGMENTOS ANGULARES Y REDONDEADOS POBREMENTE UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 3cm	1 cm		30 20				10 10
FOLIADA/LAMINADA MACIZO ROCOSO FOLIADO, PLEGADO, CIZALLADO TECTONICAMENTE, CARENTE DE BLOQUES DEBIDO AL ESTRECHO ESPACIAMIENTO DE LA ESQUISTOSIDAD O PLANOS DE CIZALLA. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 1 cm		N/A	N/A				1 5 0.1
		12	4.5	1.7	0.67	0.25	0.1
		FACTOR DE ESTADO DE LAS DIACLASAS, J_c					

NOTA:

SEGÚN DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES RMi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97), SE OBTIENE:

FACTOR DE ESTADO DE DIACLASAS - J _c	
MINIMO	MAXIMO
0.700	1.950

VOLUMEN DE BLOQUE - V _b (cm ³)	
MINIMO	MAXIMO
6750	600000

INDICE GSI	
MINIMO	MAXIMO
35	55

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN EL SISTEMA RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS	UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO	REALIZADO: RGM	REVISADO: -	FECHA: 28/10/08	HOJA N°: 1/1
------------------------	-----------------------------------	----------------	-------------	-----------------	--------------

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (manm)	MD río Pumarrini - Aguas abajo del paraje Rancas	Cuarzitas levemente fracturadas y fragiles.	
8 846 780	281 437	3 869			

TRAMO (m)	N° DISC.	TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - Gci (MPa)		
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - S (m)				FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)				
			DIP	(°)	DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	
8.00	1 0	Estrato	4	5	10	2	3	0	10	0.40	2.00	3.0	4.0	0.60	0.00	1.0	0.0	R5	R8
4.00	0 8	SD	8	0	10	3	8	0	10	0.25	1.20	1.0	1.5	0.75	1.00	1.0	0.0	R5	R8
4.00	0 8	SD	8	0	10	1	8	0	10	0.25	1.20	1.0	1.5	0.75	1.00	1.0	0.0	R5	R8
6.50	0 8	SD	7	0	10	0	8	0	10	0.30	2.00	1.0	1.5	0.75	1.00	1.0	0.0	R5	R8
3.30	0 5	Estrato	5	0	10	2	0	0	10	0.20	1.00	3.0	4.0	0.60	0.00	1.0	0.0	R5	R8
3.00	0 6	SD	8	0	10	1	2	0	10	0.30	0.80	1.0	1.5	0.75	1.00	1.0	0.0	R5	R8
2.20	0 5	SD	8	0	10	3	3	0	10	0.20	0.90	1.0	1.5	0.75	1.00	1.0	0.0	R5	R8
2.20	0 6	SD	8	0	10	1	5	0	10	0.20	0.90	1.0	1.5	0.75	1.00	1.0	0.0	R5	R8
0.00	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0	0

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON.(*)
MUY RUGOSO	3	4	6	7.5	8	FRACTURAS	< 0.5 m	MUY CORTA	3	6
RUGOSO	2	3	4	5	6		0.5 - 1.0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1.5	2	3	4	4.5		1.0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1.5	2	2.5	3	CON RELLENO O CORTE(**)	> 30 m	MUY LARGA	0.5	1
PULIDO	0.75	1	1.5	2	2.5	(*)JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA				(**)CUANDO SON ZONAS DE
ESTRIAS DE FALLA	0.6 - 1.5	1 - 2	1.5 - 3	2 - 4	2.5 - 5	CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE				

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=5

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)							
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES	CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA	0.75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG.NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,	6	6-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8	12
OXIDACION MAS INTENSA		4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO	8-12	13-20	
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS (CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).			
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.	4				

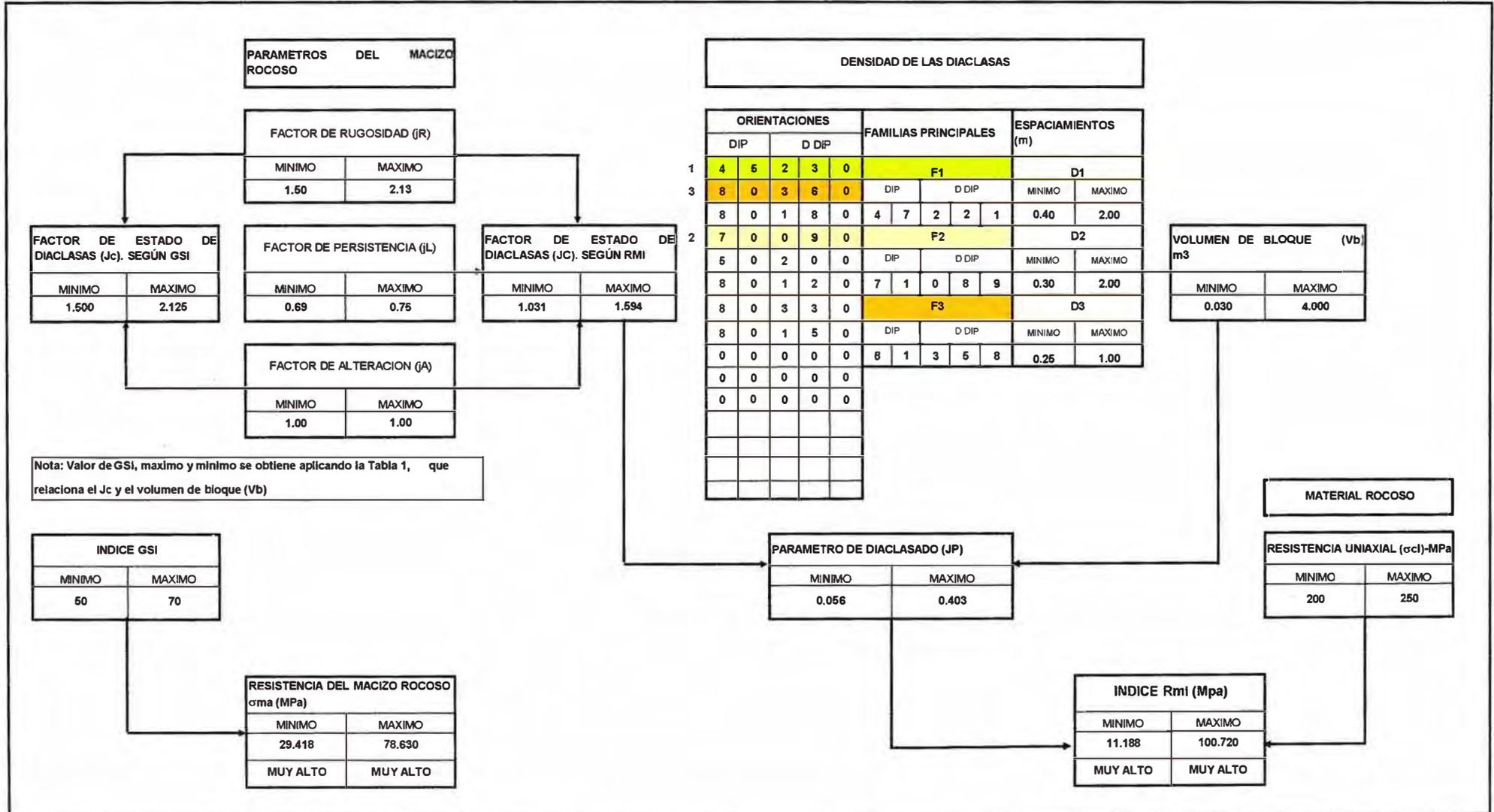
RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA

ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R6	>250	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 5 GOLPES	R5	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 5 GOLPES	R4	50-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES Rmi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: - FECHA: 29/10/08 HOJA Nº: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	MD rio Pumarrini - Aguas abajo del paraje Rancas	Cuarccitas levemente fracturadas y fragiles.
8 846 780	281 437	3 869		



OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL RANCAS

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM

REVISADO: --

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

NORTE
8 846 780

ESTE
281 437

COTA (msnm)
3 869

MD rio Pumarrlnri - Aguas abajo del paraje Rancas

FECHA: 29/10/08

HOJA N°: 1/1

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

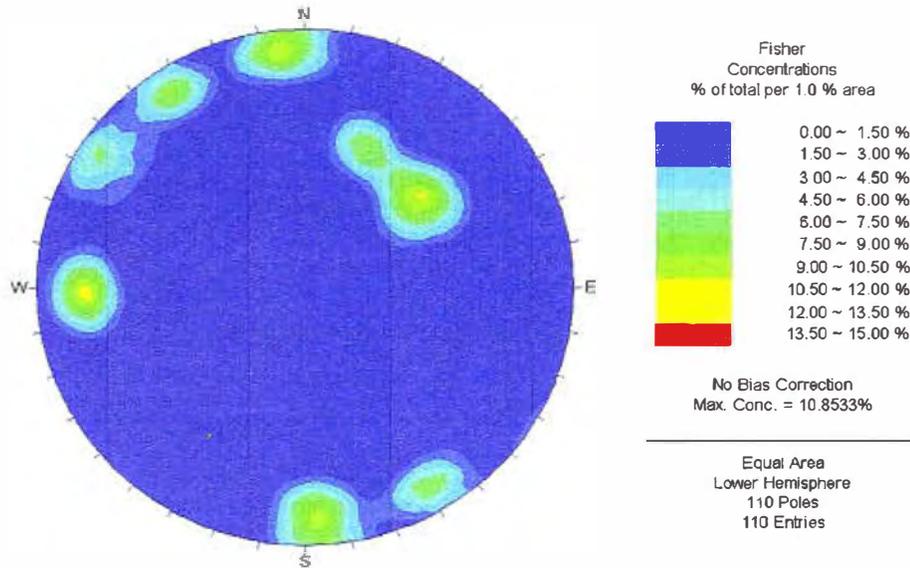
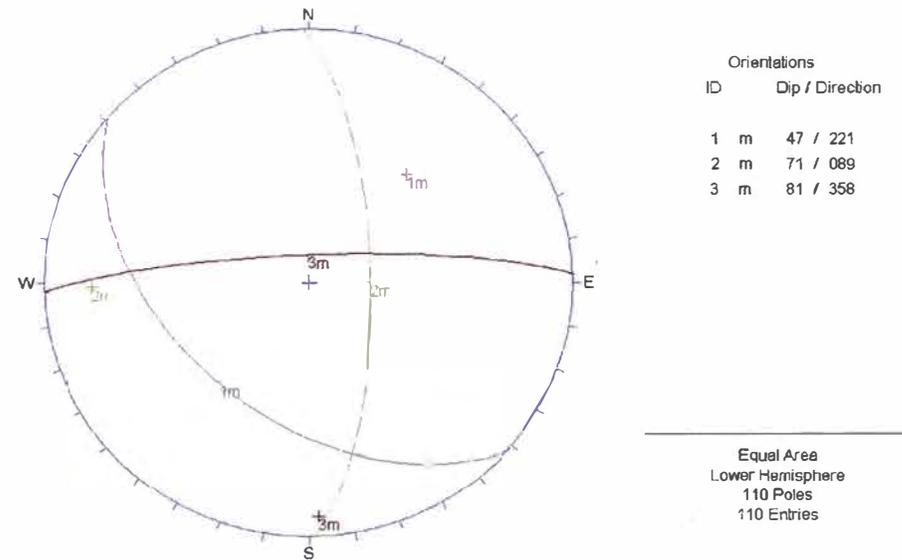


GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA		DIP		D DIP		
	1	4	7	2	2	1	
	2	7	1	0	8	9	
	3	8	1	3	5	8	

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN EL SISTEMA RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS	UBICACION: PROVINCIA DE CAJATAMBO	REALIZADO: RGM	REVISADO: -	FECHA: 28/09/08	HOJA N°: 1/1
------------------------	-----------------------------------	----------------	-------------	-----------------	--------------

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (manm)	Parte alta del valle glaciar colgado-MD río Pumarrinri.	Cuarcitas fracturadas, fragiles con vetas de cuarzo.	
8 847 160	281 882	4 070			

TRAMO (m)	N° DISC.	TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - Rci (MPa)			
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - S (m)		FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)							
			DIP	(°)	D DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO				
3.00	0	4	Estrato	3	5	10	2	3	0	10	0.80	1.50	3.0	4.0	0.50	0.00	1.0	2.0	R5	R6
2.00	0	5	SD	7	5	10	1	1	0	10	0.20	1.00	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
2.00	0	7	SD	8	0	10	3	3	0	10	0.15	0.50	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
2.00	0	4	SD	4	0	10	1	5	0	10	0.40	1.00	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
3.00	1	0	Estrato	3	5	10	2	4	0	10	0.20	0.50	3.0	4.0	0.50	0.00	1.0	2.0	R5	R6
2.00	0	6	SD	7	0	10	0	4	0	10	0.20	0.50	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
3.00	1	2	SD	8	0	10	1	4	0	10	0.10	0.50	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
2.00	0	6	Estrato	4	5	10	2	6	0	10	0.10	1.00	3.0	4.0	0.50	0.00	1.0	2.0	R5	R6
3.00	1	2	SD	8	0	10	1	8	0	10	0.10	0.30	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
3.00	1	2	SD	8	0	10	3	8	0	10	0.10	0.30	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
3.00	1	0	SD	8	0	10	3	2	0	10	0.10	0.30	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
3.00	1	0	SD	8	0	10	1	4	0	10	0.10	0.30	1.5	2.0	1.00	0.00	1.0	2.0	R5	R6
0.00	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0	0

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	ONDULACION					TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON. (*)
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	ESTRATO O FOLEACION	< 0.5 m	MUY CORTA	3	6
MUY RUGOSO	3	4	6	7.5	8	FRACTURAS	0.5 - 1.0 m	CORTA	2	4
RUGOSO	2	3	4	5	8		1.0 - 10 m	MEDIANA	1	2
LIG. RUGOSO	1.5	2	3	4	4.5		10 - 30 m	LARGA	0.75	1.5
SUAVE	1	1.5	2	2.5	3	CON RELLENO O CORTE (**)	> 30 m	MUY LARGA	0.5	1
PULIDO	0.75	1	1.5	2	2.5	(*) JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA				(**) CUANDO SON ZONAS DE
ESTRIAS DE FALLA	0.8 - 1.5	1 - 2	1.5 - 3	2 - 4	2.5 - 5	CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE				

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=5

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)									
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES					
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES		CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS		CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA		0.75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG.NO PLASTICOS		4	8
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO		1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,		8	6-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL.		2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS		8	12
		OXIDACION MAS INTENSA		4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO		8-12	13-20
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA		3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).				
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.		4					

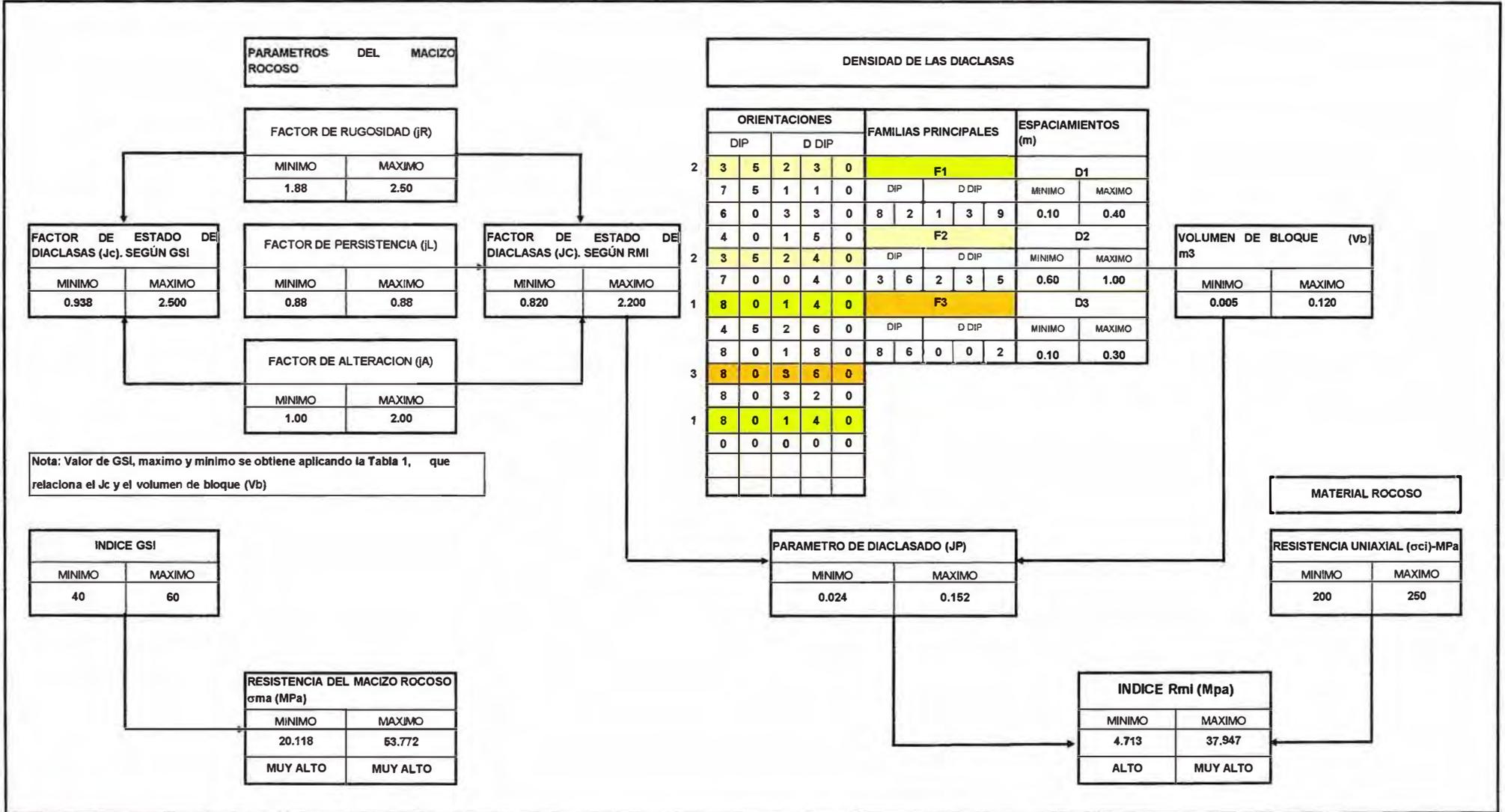
RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA

ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R8	>250	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 5 GOLPES	R5	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 5 GOLPES	R4	50-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES Rmi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: - FECHA: 29/09/08 HOJA N°: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	Parte alta del valle glaciar colgado-MD río Pumarrinri.	Cuarcitas fracturadas, fragiles con vetas de cuarzo.
8 847 150	281 882	4 070		



Nota: Valor de GSI, maximo y minimo se obtiene aplicando la Tabla 1, que relaciona el Jc y el volumen de bloque (Vb)

OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL RANCAS			UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO		REALIZADO: RGM	REVISADO: --
COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES		FECHA: 29/09/08	HOJA N°: 1/1
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	Parte alta del valle glaciar colgado-MD río Pumarrinri.			
8 847 150	281 882	4 070				

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

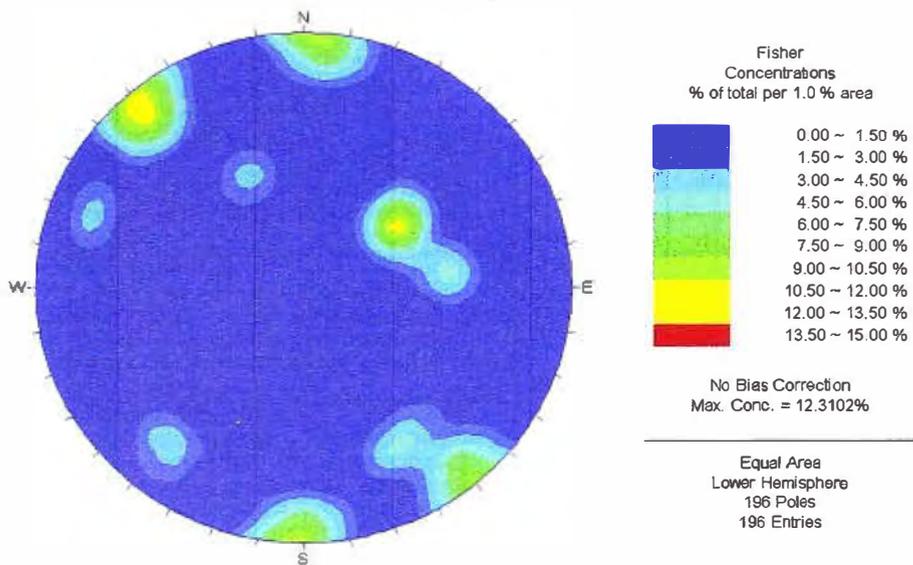
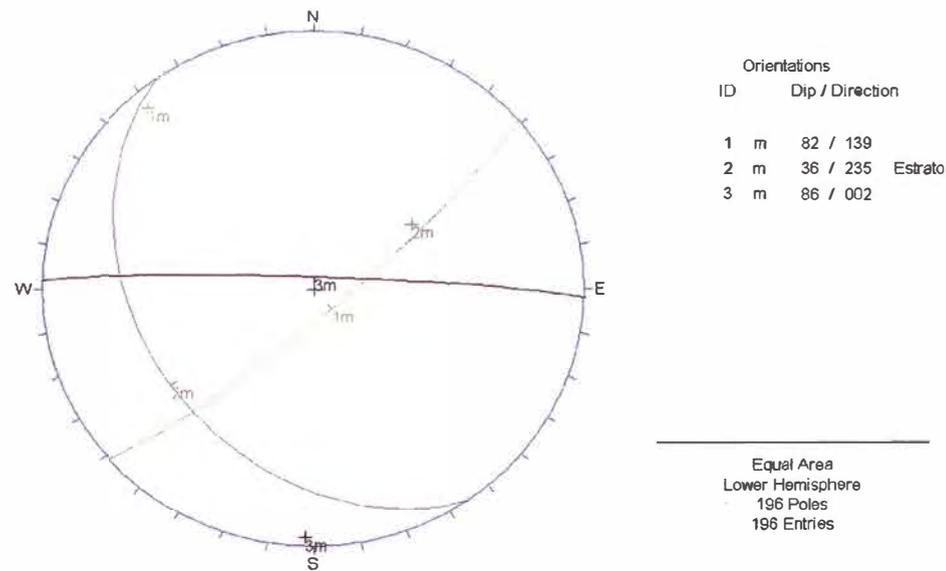


GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA		DIP		D DIP		
	1	8	2	1	3	9	
	2	3	6	2	3	5	
	3	8	6	0	0	2	

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN EL SISTEMA RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS	UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO	REALIZADO: RGM	REVISADO: -	FECHA: 29/09/08	HOJA Nº: 1/1
------------------------	-----------------------------------	----------------	-------------	-----------------	--------------

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	MD del río Pumarrinri.	Roca intrusiva diorítica-tonalítica, verdusca, ligeramente alterada.	
8 846 462	281 564	3 800			

TRAMO (m)	Nº DISC.	TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - σci (MPa)	
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - S (m)				FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)			
			DIP	(°)	DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO				
1.00	0 4	SD	8 0 10	2 3 0 10	0.10	0.30	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
1.00	0 4	SD	8 0 10	0 5 0 10	0.10	0.30	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
2.00	0 5	SD	6 0 10	3 1 0 10	0.30	1.20	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
2.00	0 4	SD	8 0 10	3 1 0 10	0.50	1.00	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
2.00	0 4	SD	8 0 10	1 3 0 10	0.50	1.00	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
5.00	0 5	SD	7 0 10	0 8 0 10	0.20	1.00	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
3.00	0 3	SD	8 5 10	3 0 0 10	0.20	1.20	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
2.00	0 8	SD	8 0 10	1 8 0 10	0.10	0.50	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
2.00	0 6	SD	8 0 10	3 6 0 10	0.10	0.50	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
2.00	0 5	SD	5 0 10	3 0 0 10	0.10	0.50	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
2.00	0 8	SD	5 5 10	0 4 0 10	0.10	0.50	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
3.00	1 0	SD	6 0 10	3 0 0 10	0.20	1.00	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
2.00	0 5	SD	8 0 10	3 6 0 10	0.20	0.50	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
2.00	0 5	SD	8 0 10	1 8 0 10	0.20	0.50	3.0	4.0	1.00	0.00	2.0	4.0	R4	R5				
0.00	0 0	0	0 0 0	0 0 0 0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0	0				

(°): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON.(*)
MUY RUGOSO	3	4	8	7.5	8	ESTRATO O FOLEACION	< 0.5 m	MUY CORTA	3	6
RUGOSO	2	3	4	5	6	FRACTURAS	0.5 - 1.0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1.5	2	3	4	4.5		1.0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1.5	2	2.5	3	CON RELLENO O CORTE(**)	> 30 m	MUY LARGA	0.5	1
PULIDO	0.75	1	1.5	2	2.5	(*)JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA				(**)CUANDO SON ZONAS DE
ESTRIAS DE FALLA	0.8 - 1.5	1 - 2	1.5 - 3	2 - 4	2.5 - 6	CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE				

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=5

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)						
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES	CONDICIONES DE LAS PAREDES	CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	0.75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG.NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,	6	6-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8
OXIDACION MAS INTENSA		4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO	8-12	13-20
RECURBIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).			
	MAT. COHESIVOS	4				

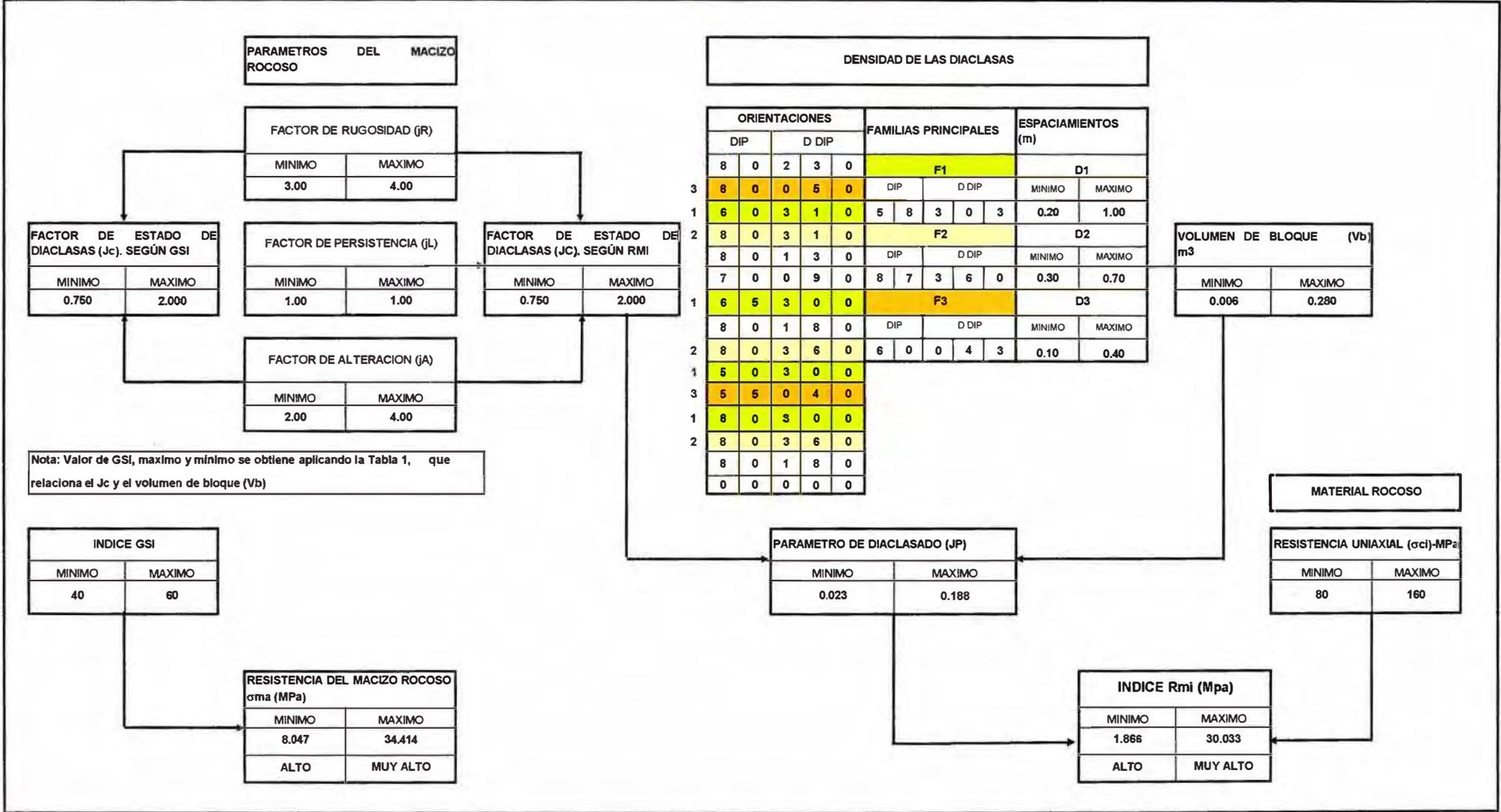
RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA

ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM DURA	SOLO SE ASTILLA	R6	>250	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 6 GOLPES	R5	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 6 GOLPES	R4	50-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES Rmi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: - FECHA: 29/09/08 HOJA Nº: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	MD del rio Pumarrini.	Roca Intrusiva dloritica-tonalitica, verdusca, ligeramente alterada.
8 846 462	281 564	3 800		



OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL RANCAS

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM

REVISADO: --

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

NORTE

ESTE

COTA (msnm)

MD del rio Pumarrinri.

FECHA: 28/09/08

HOJA Nº: 1/1

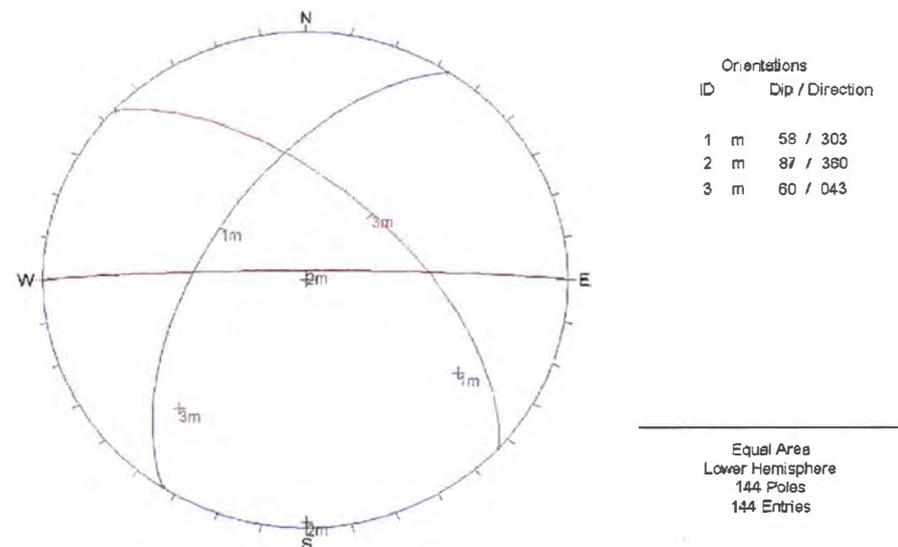
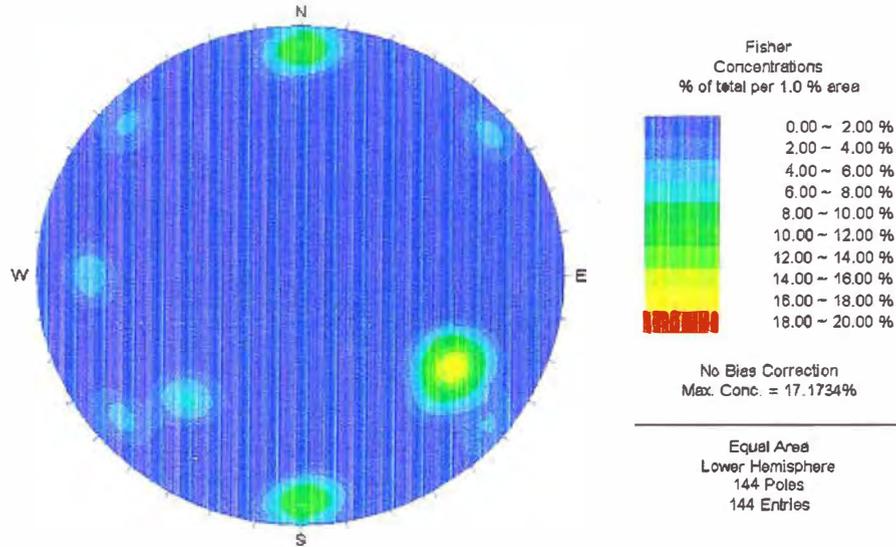
8 848 482

281 564

3 800

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA	DIP		D DIP		
	1	5	8	3	0	3
	2	8	7	3	6	0
	3	6	0	0	4	3

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN EL SISTEMA Rmi (Palstrom, 95) Y GSi (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS UBICACION: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: - FECHA: 30/09/08 HOJA N°: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (manm)			
8 846 274	281 791	3 881	MD rio Pumarrinri.	Zona afectada por metamorfismo de contacto entre intruso y cuarcitas.	

TRAMO (m)	N° DISC.	TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - σ_{ci} (MPa)			
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - S (m)				FACTOR DE RUGOSIDAD (jR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (jL)		FACTOR DE ALTERACION (jA)					
			DIP	(°)**	D DIP	(°)**	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO				
2,00	0	7	SD	4	0	10	0	9	0	10	0,10	0,60	1,5	2,0	0,00	1,00	0,75	2,0	R4	R5
2,00	0	4	SD	7	5	10	2	1	0	10	0,60	1,00	1,5	2,0	0,00	1,00	0,75	2,0	R4	R5
2,00	0	3	SD	8	0	10	0	0	0	10	0,60	1,60	1,5	2,0	0,00	1,00	0,75	2,0	R4	R5
2,00	0	3	SD	8	0	10	1	8	0	10	0,60	1,50	1,5	2,0	0,00	1,00	0,75	2,0	R4	R5
2,00	0	3	SD	6	0	10	0	3	0	10	1,00	1,60	1,5	2,0	0,00	1,00	0,75	2,0	R4	R5
2,00	0	5	SD	7	5	10	0	1	0	10	0,30	1,20	1,5	2,0	0,00	1,00	0,75	2,0	R4	R5
2,00	0	3	SD	7	5	10	2	8	0	10	0,60	1,60	1,5	2,0	0,00	1,00	2,00	3,0	R4	R5
4,00	0	8	SD	7	5	10	1	0	0	10	0,60	1,00	1,5	2,0	0,00	0,75	0,75	2,0	R4	R5
5,00	1	2	SD	4	5	10	0	1	0	10	0,20	0,80	1,5	2,0	0,00	1,00	0,75	2,0	R4	R5
3,00	0	4	SD	4	5	10	2	9	0	10	0,60	1,50	1,5	2,0	0,00	0,75	0,75	2,0	R4	R5
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0	0

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (jR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (jL)					
	ONDULACION					TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON.(*)	
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO						
MUY RUGOSO	3	4	6	7,5	9	ESTRATO O FOLEACION	< 0,5 m	MUY CORTA	3	6	
RUGOSO	2	3	4	5	6		FRACTURAS	0,5 - 1,0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1,5	2	3	4	4,5			1,0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1,5	2	2,5	3	CON RELLENO O CORTE (**)	> 30 m	MUY LARGA	0,5	1	
PULIDO	0,75	1	1,5	2	2,5	(*) JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA					
ESTRIAS DE FALLA	0,8 - 1,5	1 - 2	1,5 - 3	2 - 4	2,5 - 5	CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE					

PARA FRACTURAS CON RELLENO jR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES jR=5

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (jA)								
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES					
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES	CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTACT. PARC.	SIN CONTACTO	
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS		SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA	0,75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG.NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS		SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,	6	6-10
	SUPERFICIES ALTERADAS		OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8	12
OXIDACION MAS INTENSA			4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO	8-12	13-20	
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES		ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS (CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).			
	MAT. COHESIVOS		ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.	4				

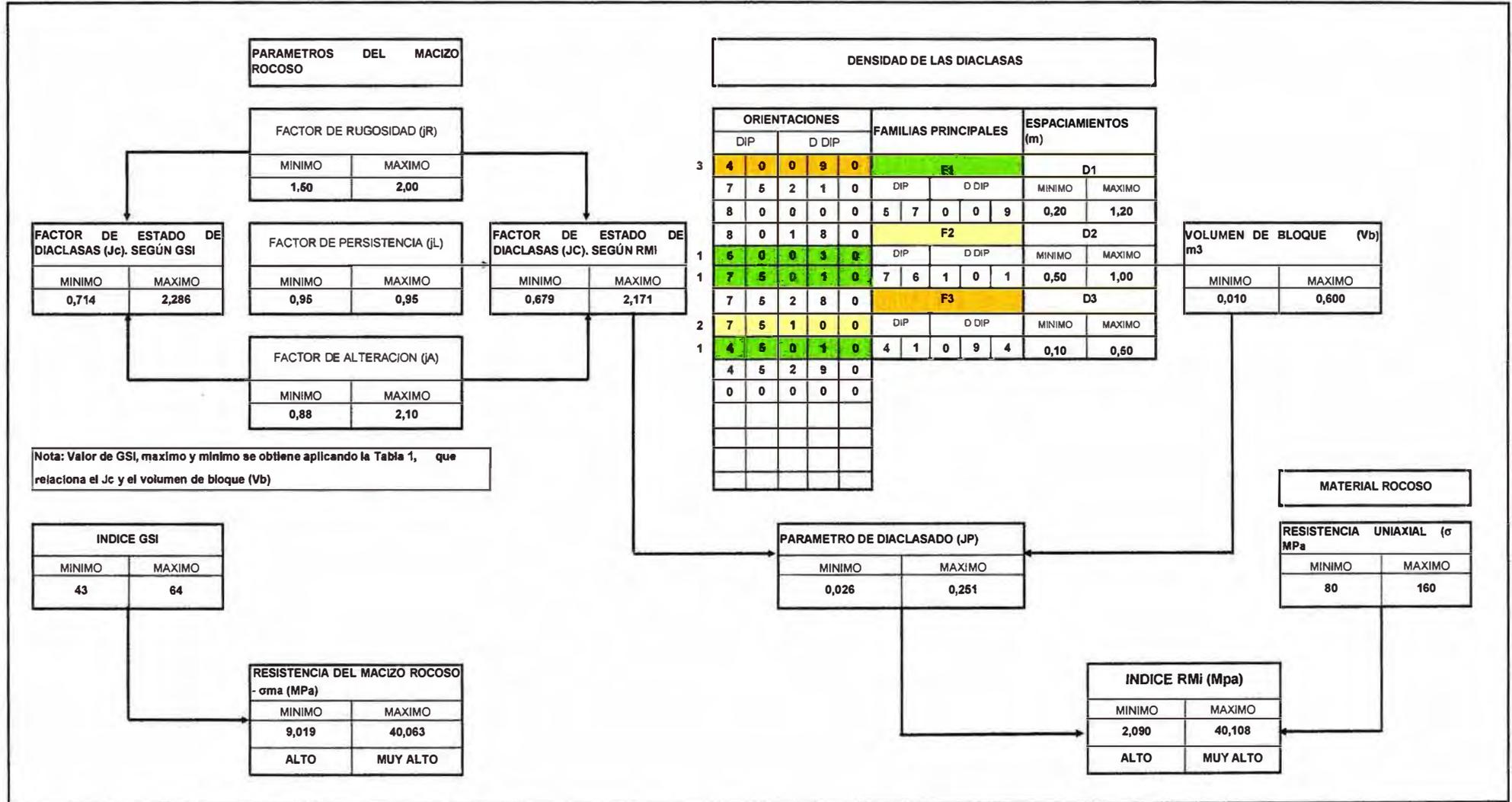
RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA

ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R6	>250	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 6 GOLPES	R5	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 5 GOLPES	R4	50-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES Rmi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: -- FECHA: 30/09/08 HOJA Nº: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	MD río Pumarriní.	Zona afectada por metamorfismo de contacto entre Intruso y cuarcitas.
8 846 274	281 791	3 881		



OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL RANCAS

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM

REVISADO: --

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

NORTE
8 846 274

ESTE
281 791

COTA (msnm)
3 881

MD río Pumarrinri.

FECHA: 30/09/08

HOJA N°: 1/1

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

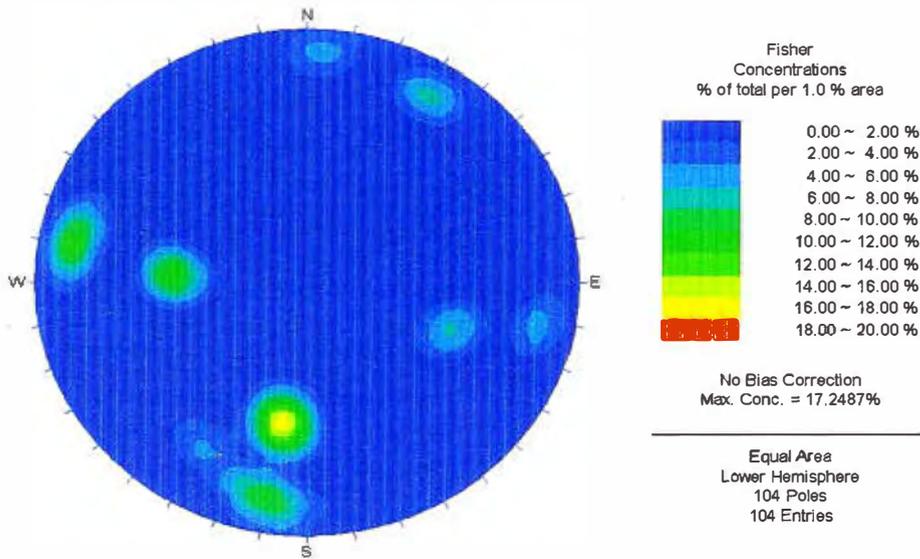
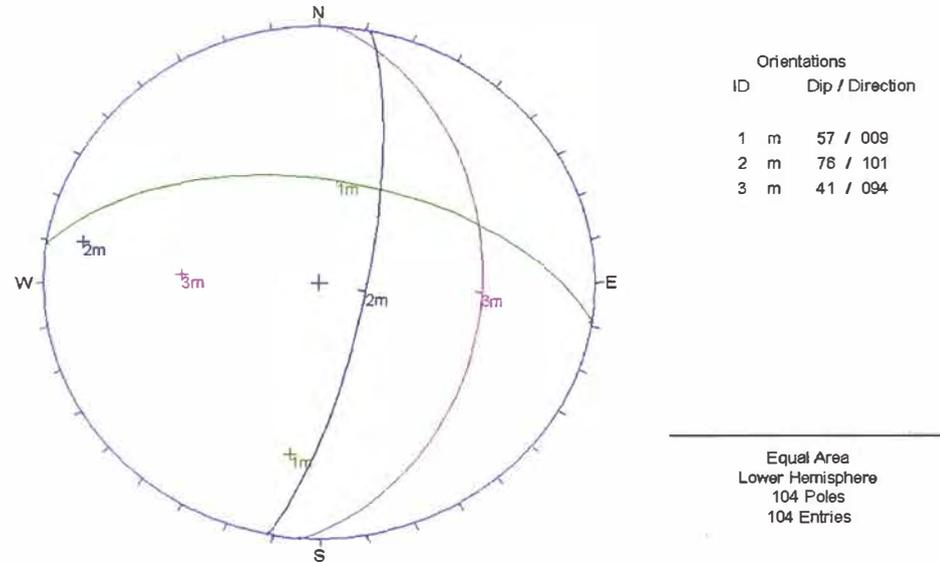


GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA	DIP		D DIP		
	1	5	7	0	0	9
	2	7	6	1	0	1
	3	4	1	0	9	4

TABLA 1: CUANTIFICACION DEL SISTEMA GSI

ESTADO DE LAS DIACLASAS O CARAS DEL BLOQUE

GSI

MUY BUENA
MUY RUGOSA, SUPERFICIES SIN METEORIZACION

BUENA
RUGOSA, LIGERAMENTE METEORIZADA, SUPERFICIES TENIDAS DE OXIDOS

MEDIA
PLANA, MODERADAMENTE METEORIZADA Y SUPERFICIES ALTERADAS

MALA
ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RECUBRIMIENTOS COMPACTOS O RELLENOS

MUY MALA
ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS DE ARCILLA BLANDA

TAMAÑO DE BLOQUE

INTACTA O MASIVA
ROCAS INTACTAS O MASIVAS INSITU CON POCAS DISCONTINUIDADES ESPACIADAS AMPLIAMENTE. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS >100 cm

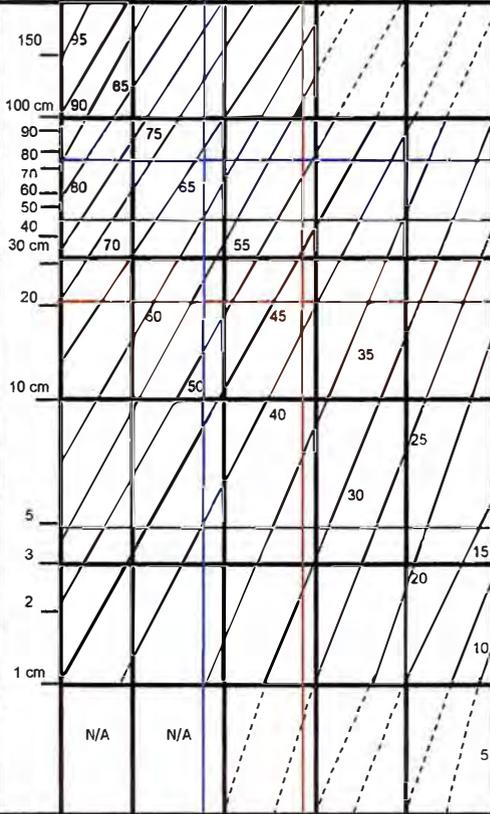
FRACTURA EN BLOQUES
MACIZO ROCOSO POCO ALTERADO CONSISTENTE EN BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS ORTOGONALES DE DISCONTINUIDADES Y MUY BIEN UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 30-100 cm

MUY FRACTURADA
MACIZO ROCOSO PARCIALMENTE PERTURBADO CONSISTENTE EN BLOQUES ANGULARES UNIDOS ENTRE SI, FORMADO POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 10-30cm

FRACTURADA/PERTURBADA
MACIZO ROCOSO PLEGADO Y/O FALLADO CON BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR LA INTERSECCION DE VARIOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDAD. PERSISTENCIA DE LOS PLANOS DE ESTRATIFICACION O ESQUISTOSIDAD. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 3-10 cm

DESINTEGRADA
MACIZO ROCOSO ALTAMENTE FRACTURADO CON MEZCLA DE FRAGMENTOS ANGULARES Y REDONDEADOS POBREMENTE UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 3cm

FOLIADA/LAMINADA
MACIZO ROCOSO FOLIADO, PLEGADO, CIZALLADO TECTONICAMENTE, CARENTE DE BLOQUES DEBIDO AL ESTRECHO ESPACIAMIENTO DE LA ESQUISTOSIDAD O PLANOS DE CIZALLA. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 1 cm



FACTOR DE ESTADO DE LAS DIACLASAS, Jc

NOTA:

SEGÚN DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES R_{Mi} (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97), SE OBTIENE:

FACTOR DE ESTADO DE DIACLASAS - Jc	
MINIMO	MAXIMO
0,71	2,29

VOLUMEN DE BLOQUE - Vb (m³)	
MINIMO	MAXIMO
10000	600000

INDICE GSI	
MINIMO	MAXIMO
43	64

VOLUMEN DE BLOQUE Vb (cm³)

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL SISTEMA RMi (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: -- FECHA: 06/09/08 HOJA N°: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	MD río Pumarrini-Paraje de Uramaza.	Roca Granodiorítica, levemente fracturada y alterada.	Ensayos de Carga Puntual
8 861 374	279 897	3 550			

TRAMO (m)	N° DISC.	TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - σ_{ci} (MPa)			
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - s (m)		FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)							
			DIP	(°)	D DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO				
5,00	0	6	SD	8	0	10	3	1	0	10	0,80	1,80	3,00	4,00	0,0	1,0	3,0	4,0	R4	R6
4,20	0	7	SD	8	0	10	2	2	0	10	0,60	1,20	3,00	4,60	0,0	1,0	3,0	4,0	R4	R6
3,60	0	6	SD	2	0	10	2	8	0	10	0,40	0,80	3,00	4,60	0,0	1,0	3,0	4,0	R4	R6
3,60	0	4	SD	7	6	10	2	3	0	10	0,80	1,60	3,00	4,60	0,75	1,0	4,0	8,0	R4	R6
6,60	0	4	SD	7	6	10	3	0	5	10	1,00	1,90	3,00	4,60	0,75	1,0	4,0	8,0	R4	R6
4,00	0	6	SD	1	6	10	2	9	0	10	0,30	1,20	3,00	4,60	0,0	1,0	3,0	4,0	R4	R6
1,30	0	3	SD	7	6	10	1	1	5	10	0,60	0,70	3,00	4,60	0,0	1,0	3,0	4,0	R4	R6
4,00	0	6	SD	1	6	10	2	4	0	10	0,30	1,00	3,00	4,60	0,0	1,0	3,0	4,0	R4	R6
6,00	0	6	SD	8	0	10	3	4	0	10	0,80	1,70	3,00	4,00	0,0	1,0	4,0	8,0	R4	R6
6,00	0	8	SD	7	0	10	2	2	5	10	0,80	2,00	3,00	4,00	0,0	1,0	4,0	8,0	R4	R6
3,60	0	6	SD	8	0	10	0	1	0	10	0,60	1,40	3,00	4,60	0,0	1,0	3,0	4,0	R4	R6
3,60	0	6	SD	8	0	10	1	9	0	10	0,60	1,40	3,00	4,60	0,0	1,0	3,0	4,0	R4	R6
2,00	0	4	SD	2	0	10	2	7	0	10	0,20	0,80	2,00	3,00	0,0	1,0	1,0	2,0	R4	R6
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0

(**): INTERVALO DE LAVARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON.(*)
MUY RUGOSO	3	4	6	7,5	9	ESTRATO O FOLEACION	< 0,6 m	MUY CORTA	3	6
RUGOSO	2	3	4	6	6	FRACTURAS	0,6 - 1,0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1,5	2	3	4	4,5		1,0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1,5	2	2,5	3	CON RELLENO O CORTE(**)	10 - 30 m	LARGA	0,75	1,5
PULIDO	0,75	1	1,5	2	2,5	(*)JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA	> 30 m	MUY LARGA	0,5	1
ESTRIAS DE FALLA	0,6 - 1,6	1 - 2	1,5 - 3	2 - 4	2,5 - 5	DE CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE	(**)CUANDO SON ZONAS			

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=5

CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES		CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA		0,75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG.NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO		1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,	6	8-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL		2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8	12
OXIDACION MAS INTENSA		4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO	8-12	13-20		
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA		3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS (CONTACTO PARCIAL 1 - 6 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 6 mm).			
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.		4				

RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA

ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R6	>260	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 6 GOLPES	R5	100-260	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 6 GOLPES	R4	60-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL RANCAS			UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO			REALIZADO: RGM			REVISADO: --			
COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION				OBSERVACIONES				FECHA: 06/09/08			HOJA N°: 1/1	
NORTE		ESTE		COTA (msnm)		MD rio Pumarrirni-Paraje de Uramaza.						
8 861 374		279 897		3 650								

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLO

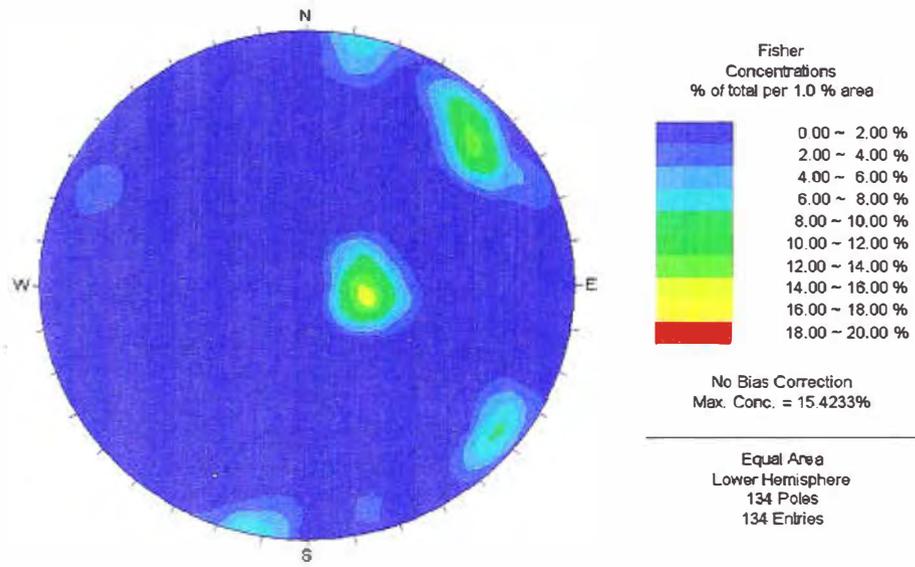
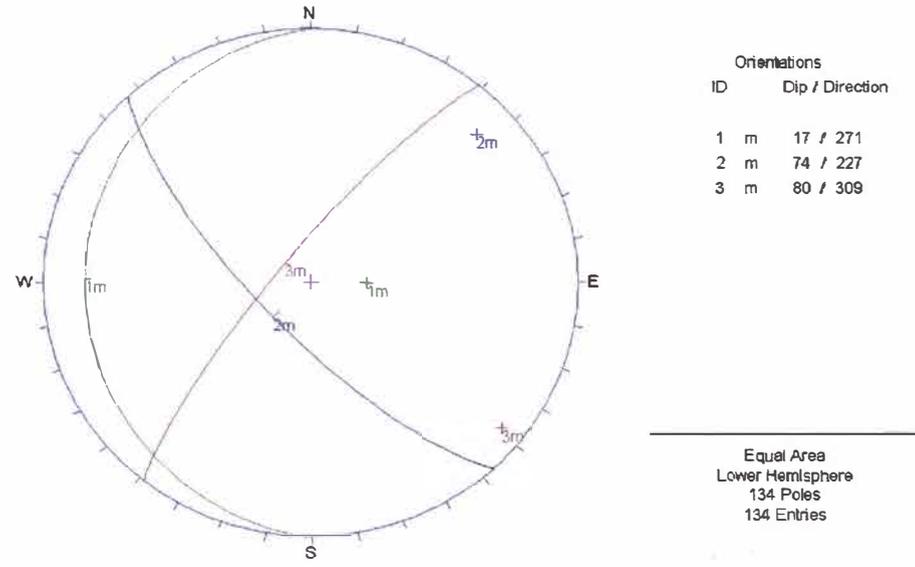
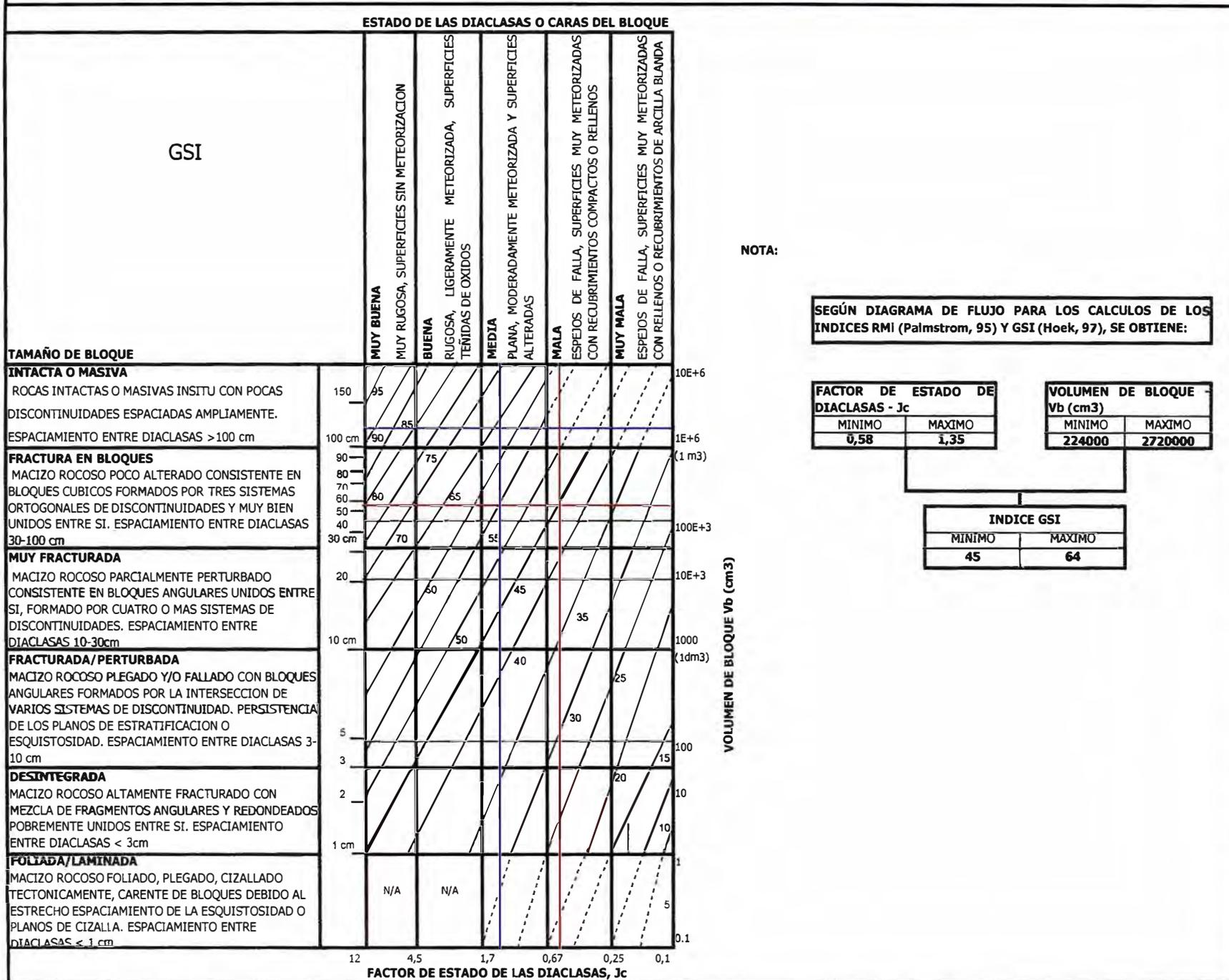


GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA		DIP		D DIP		
	1	1	7	2	7	1	
	2	7	4	2	2	7	
	3	8	0	3	0	9	

TABLA 1: CUANTIFICACION DEL SISTEMA GSI



MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL SISTEMA RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANGAS UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: -- FECHA: 30/09/08 HOJA Nº: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (mm)			
8 845 992	282 104	3 834	MD río Pumarrinri.	Roca intrusiva Granodiorítica, levemente fracturada y masiva.	

TRAMO (m)	Nº DISC.	TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - σ_{ci} (MPa)			
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - S (m)		FACTOR DE RUGOSIDAD (R)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)							
			DIP	(°±)	D DIP	(°±)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO				
2,00	0	8	SD	2	0	10	1	8	0	10	0,20	0,50	2,0	3,0	0,75	1,00	2,0	4,0	R4	R5
2,00	0	3	SD	7	5	10	2	7	0	10	0,50	1,50	2,0	3,0	0,75	1,00	2,0	4,0	R4	R5
2,00	0	6	SD	7	0	10	0	1	0	10	0,20	0,80	2,0	3,0	0,75	1,00	2,0	4,0	R4	R5
3,00	0	3	SD	8	0	10	1	0	0	10	1,00	2,00	2,0	3,0	0,75	0,00	2,0	4,0	R4	R5
3,00	0	3	SD	8	0	10	2	9	0	10	1,00	2,00	2,0	3,0	0,75	0,00	2,0	4,0	R4	R5
3,00	0	3	SD	8	5	5	2	7	0	10	1,00	1,80	2,0	3,0	0,75	0,00	2,0	4,0	R4	R5
2,00	0	3	SD	2	0	10	0	1	0	10	0,50	1,00	2,0	3,0	0,75	0,00	2,0	4,0	R4	R5
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0	0

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)						FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON.(*)	
MUY RUGOSO	3	4	6	7,5	9	ESTRATO O FOLEACION	< 0,5 m	MUY CORTA	3	6	
RUGOSO	2	3	4	5	6	FRACTURAS	0,5 - 1,0 m	CORTA	2	4	
LIG. RUGOSO	1,8	2	3	4	4,5		1,0 - 10 m	MEDIANA	1	2	
SUAVE	1	1,5	2	2,5	3		10 - 30 m	LARGA	0,75	1,5	
PULIDO	0,75	1	1,5	2	2,5	CON RELLENO O CORTE(**)	> 30 m	MUY LARGA	0,5	1	
ESTRIAS DE FALLA	0,8 - 1,5	1 - 2	1,5 - 3	2 - 4	2,5 - 5	(*)JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA				(**)CUANDO SON ZONAS DE	

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=5

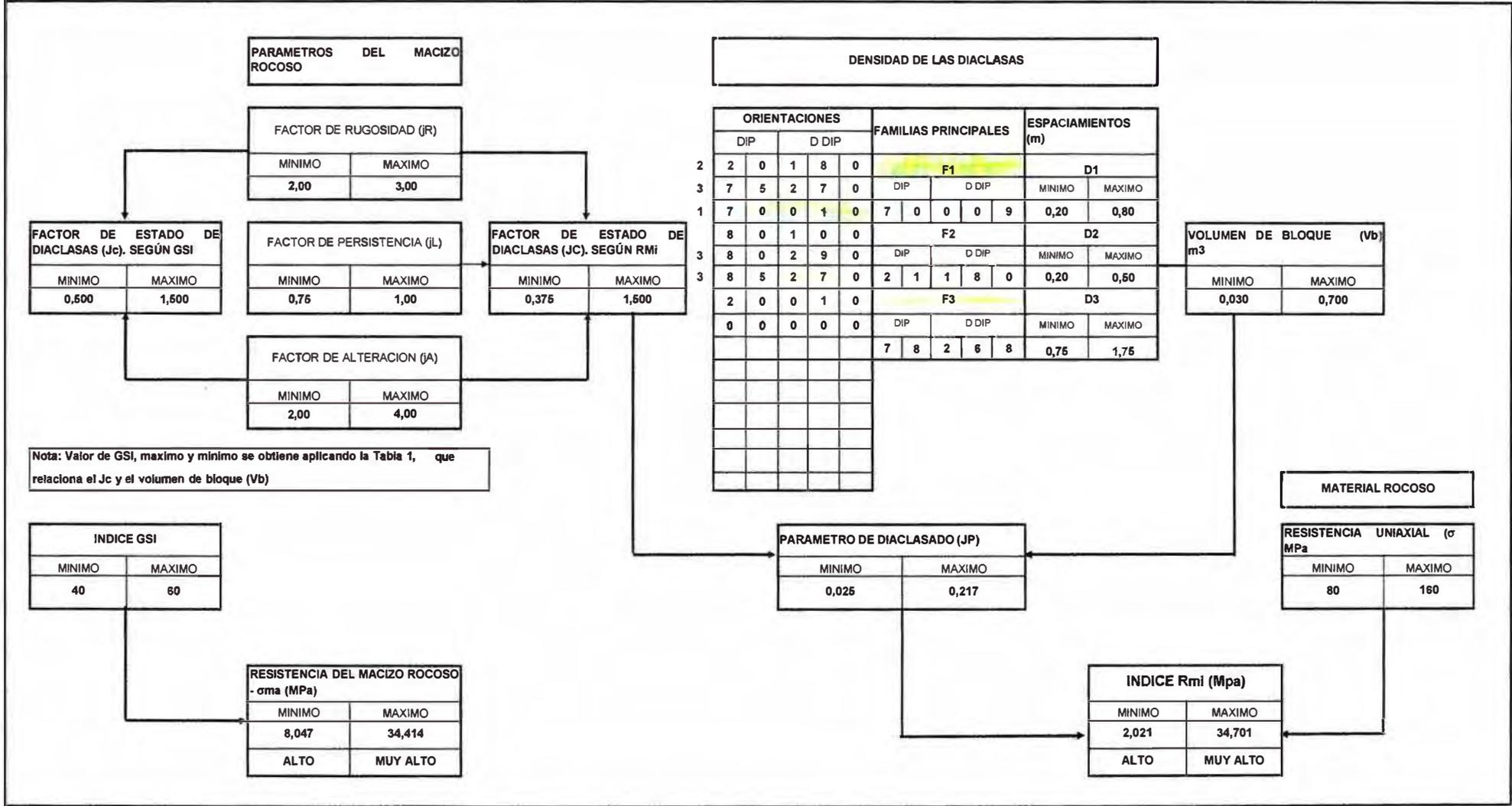
FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)							
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES		CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	
						CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA		0,75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG.NO PLASTICOS	
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO		1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,	
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL		2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	
OXIDACION MAS INTENSA		4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO			
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA		3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS (CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).		
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.		4			

RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA							
ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R6	>200	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 5 GOLPES	R5	100-200	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 5 GOLPES	R4	50-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES Rmi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS
UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO
REALIZADO: RGM
REVISADO: --
FECHA: 30/09/08
HOJA N°: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	MD río Pumarrinri.	Roca intrusiva Granodiorítica, levemente fracturada y masiva.
8 845 992	282 104	3 934		



Nota: Valor de GSI, maximo y minimo se obtiene aplicando la Tabla 1, que relaciona el Jc y el volumen de bloque (Vb)

OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL RANCAS

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM

REVISADO: --

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

FECHA: 30/09/08

HOJA N°: 1/1

NORTE	ESTE	COTA (msnm)
8 845 992	282 104	3 934

MD rio Pumarrinri.

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

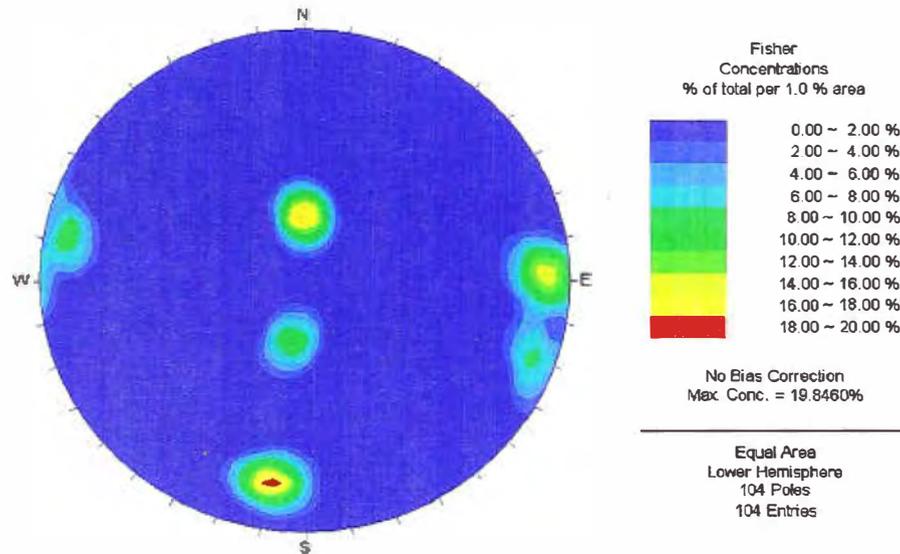
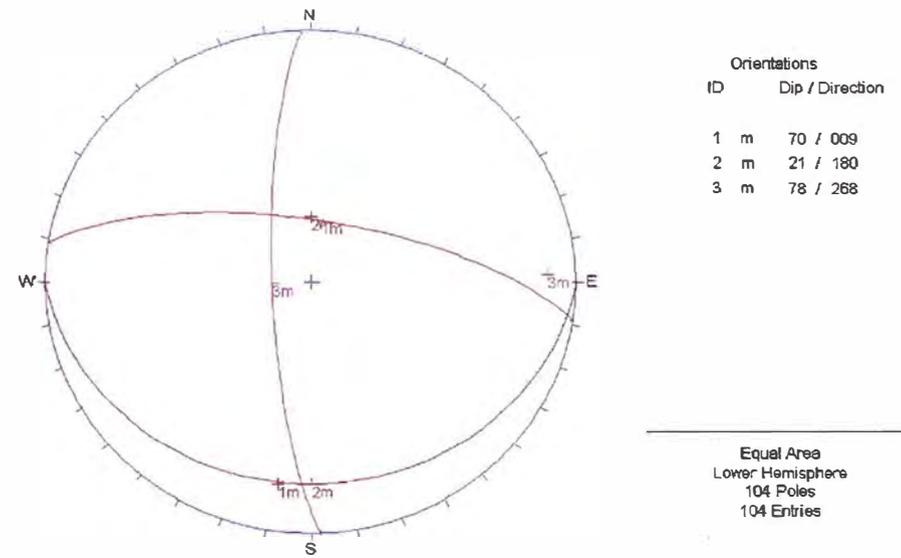


GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



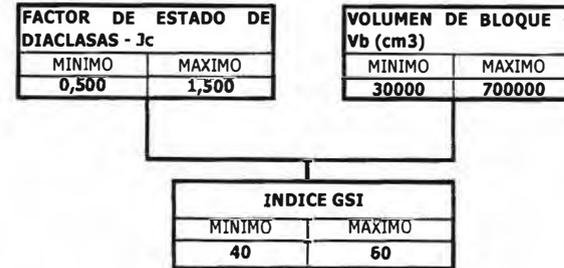
PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA	DIP		D DIP		
	1	7	0	0	0	9
	2	2	1	1	8	0
	3	7	8	2	6	8

TABLA 1: CUANTIFICACION DEL SISTEMA GSI

ESTADO DE LAS DIACLASAS O CARAS DEL BLOQUE		GSI					
		MUY BUENA MUY RUGOSA, SUPERFICIES SIN METEORIZACION	BUENA RUGOSA, LIGERAMENTE METEORIZADA, SUPERFICIES TEÑIDAS DE OXIDOS	MEDIA PLANA, MODERADAMENTE METEORIZADA Y SUPERFICIES ALTERADAS	MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RECUBRIMIENTOS COMPACTOS O RELLENOS	MUY MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS DE ARCILLA BLANDA	
TAMAÑO DE BLOQUE							
INTACTA O MASIVA ROCAS INTACTAS O MASIVAS INSITU CON POCAS DISCONTINUIDADES ESPACIADAS AMPLIAMENTE. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS >100 cm	150 100 cm	95 85					10E+6 1E+6
FRACTURA EN BLOQUES MACIZO ROCOSO POCO ALTERADO CONSISTENTE EN BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS ORTOGONALES DE DISCONTINUIDADES Y MUY BIEN UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 30-100 cm	90 80 70 60 50 40 30 cm	80 75 65	70	55			(1 m3) 100E+3
MUY FRACTURADA MACIZO ROCOSO PARCIALMENTE PERTURBADO CONSISTENTE EN BLOQUES ANGULARES UNIDOS ENTRE SI, FORMADO POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 10-30 cm	20 10 cm	60 50	45	35			10E+3 1000
FRACTURADA/PERTURBADA MACIZO ROCOSO PLEGADO Y/O FALLADO CON BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR LA INTERSECCION DE VARIOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDAD. PERSISTENCIA DE LOS PLANOS DE ESTRATIFICACION O ESQUISTOSIDAD. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 3-10 cm	5 3 2		40	30	25		(1dm3) 100 10
DESINTEGRADA MACIZO ROCOSO ALTAMENTE FRACTURADO CON MEZCLA DE FRAGMENTOS ANGULARES Y REDONDEADOS POBREMENTE UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 3cm	1 cm			20			10 10
FOLIADA/LAMINADA MACIZO ROCOSO FOLIADO, PLEGADO, CIZALLADO TECTONICAMENTE, CARENTE DE BLOQUES DEBIDO AL ESTRECHO ESPACIAMIENTO DE LA ESQUISTOSIDAD O PLANOS DE CIZALLA. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 1 cm		N/A	N/A				1 5 0.1
		12	4,5	1,7	0,67	0,25	0,1
		FACTOR DE ESTADO DE LAS DIACLASAS, Jc					

NOTA:

SEGÚN DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES RmI (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97), SE OBTIENE:



VOLUMEN DE BLOQUE Vb (cm3)

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL SISTEMA RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS	UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO	REALIZADO: RGM	REVISADO: --	FECHA: 07/09/08	HOJANº: 1/1
------------------------	-----------------------------------	----------------	--------------	-----------------	-------------

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (manm)	Margen derecha del rio Pumarrinri- Uramaza.	Roca Granodiorítica, masiva a levemente fracturada, fresca.	Ensayos de Carga Puntual.
8 860 842	278 820	2970			

TRAMO(m)	Nº DISC.		TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)							CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - σ_{ci} (MPa)			
				ORIENTACION							ESPACIAMIENTO - S (m)		FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)				FACTOR DE ALTERACION (JA)	
				DIP	(°)	DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO			MAXIMO	
4,00	0	6	SD	5	5	10	2	3	0	10	0,20	1,00	2,0	3,0	0,00	1,00	2,0	4,0	R4	R5
3,00	0	4	SD	8	0	10	2	9	0	10	1,00	2,00	2,0	3,0	0,75	1,00	2,0	4,0	R4	R5
3,00	0	4	SD	8	0	10	1	1	0	10	1,00	2,00	2,0	3,0	0,75	1,00	2,0	4,0	R4	R5
6,00	0	4	SD	8	0	10	0	2	0	10	1,50	3,00	2,0	3,0	0,75	1,00	2,0	4,0	R4	R5
6,00	0	4	SD	8	0	10	2	0	0	10	1,50	3,00	2,0	3,0	0,75	1,00	2,0	4,0	R4	R5
6,00	0	3	SD	8	0	10	2	0	0	10	2,00	3,00	2,0	3,0	0,75	1,00	2,0	4,0	R4	R5
3,00	0	3	SD	5	0	10	2	5	0	10	1,00	2,00	2,0	3,0	0,75	1,00	2,0	4,0	R4	R5
7,00	0	5	SD	7	5	10	2	7	0	10	1,50	4,00	2,0	3,0	0,75	1,00	2,0	4,0	R4	R5
3,00	0	5	SD	6	0	10	3	4	0	10	0,20	1,00	2,0	3,0	0,50	0,75	2,0	4,0	R4	R5
8,00	0	6	SD	7	0	10	2	1	0	10	0,70	2,00	2,0	3,0	0,75	1,00	2,0	4,0	R4	R5
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0	0

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON.(*)
MUY RUGOSO	3	4	6	7,5	9	ESTRATO O FOLEACION	< 0,5 m	MUY CORTA	3	6
RUGOSO	2	3	4	5	6	FRACTURAS	0,5 - 1,0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1,5	2	3	4	4,5		1,0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1,5	2	2,5	3	CON RELLENO O CORTE(**)	10 - 30 m	LARGA	0,75	1,5
PULIDO	0,75	1	1,5	2	2,5	(*)JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA	> 30 m	MUY LARGA	0,5	1
ESTRIAS DE FALLA	0,6 - 1,6	1 - 2	1,5 - 3	2 - 4	2,5 - 5	CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE	(**)CUANDO SON ZONAS DE			

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=5

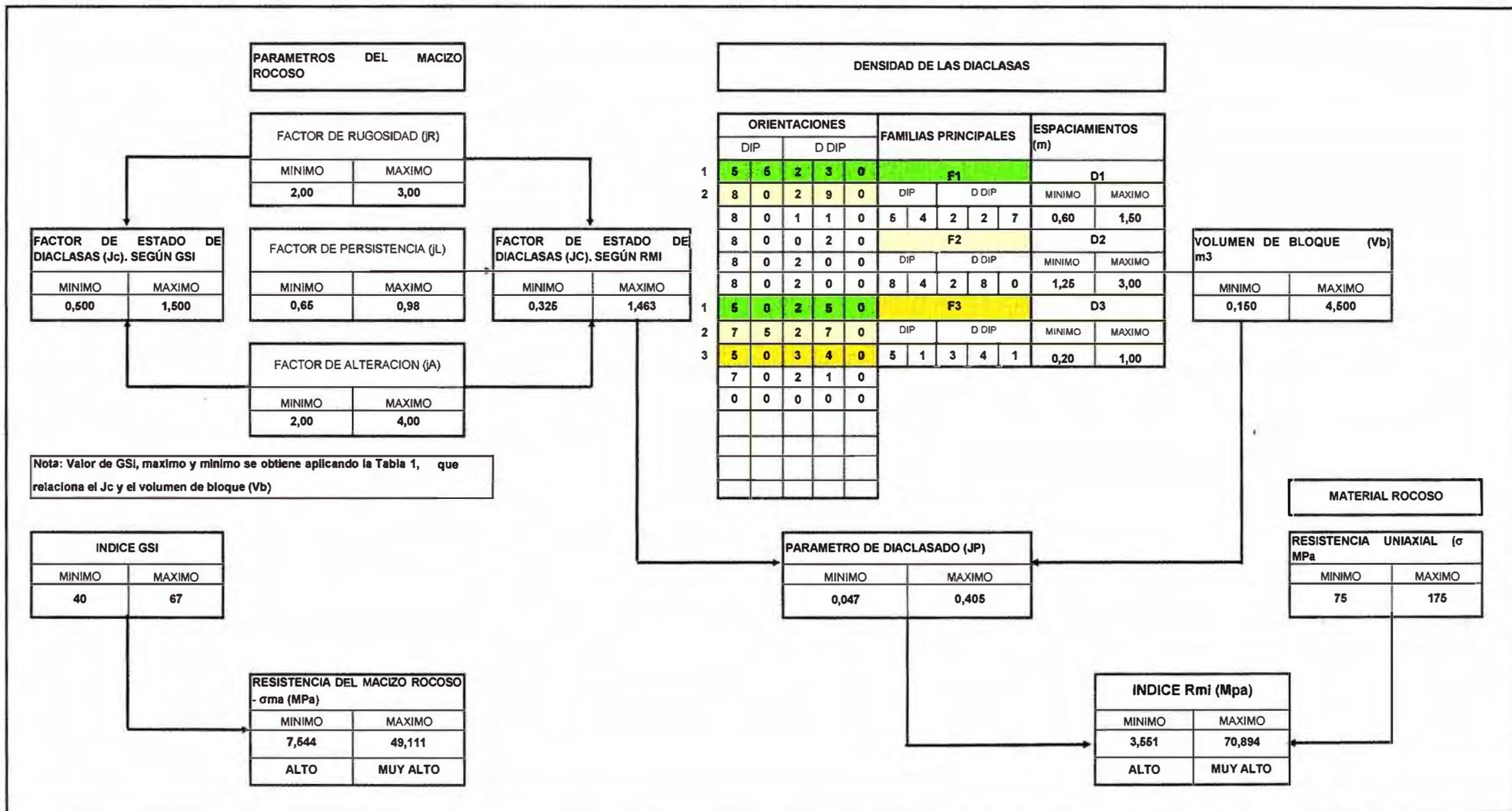
FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)								
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES					
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES	CONDICIONES DE LAS PAREDES	CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS		CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO	
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	0,75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG.NO PLASTICOS		4	8	
	PAREDES FRESCAS	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,		6	6-10	
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS		8	12
OXIDACION MAS INTENSA		4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO		8-12	13-20	
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS					
	MAT. COHESIVOS	4	CONTACTO PARCIAL 1 - 8 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).					

RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA							
ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R6	>250	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 5 GOLPES	R6	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 5 GOLPES	R4	50-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES Rmi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL RANCAS UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: -- FECHA: 07/09/08 HOJA Nº: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	
NORTE	ESTE	COTA (msnm)			
8 850 842	278 520	2970	Margen derecha del río Pumarrinri- Uramaza.	Roca Granodiorítica, masiva a levemente fracturada, fresca.	



OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (vb)

PROYECTO: TUNEL RANCAS

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM

REVISADO: --

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

NORTE
8 850 842

ESTE
278 520

COTA (msnm)
2970

Margen derecha del rio Pumarrinrl- Uramaza.

FECHA: 07/09/08

HOJA Nº: 1/1

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

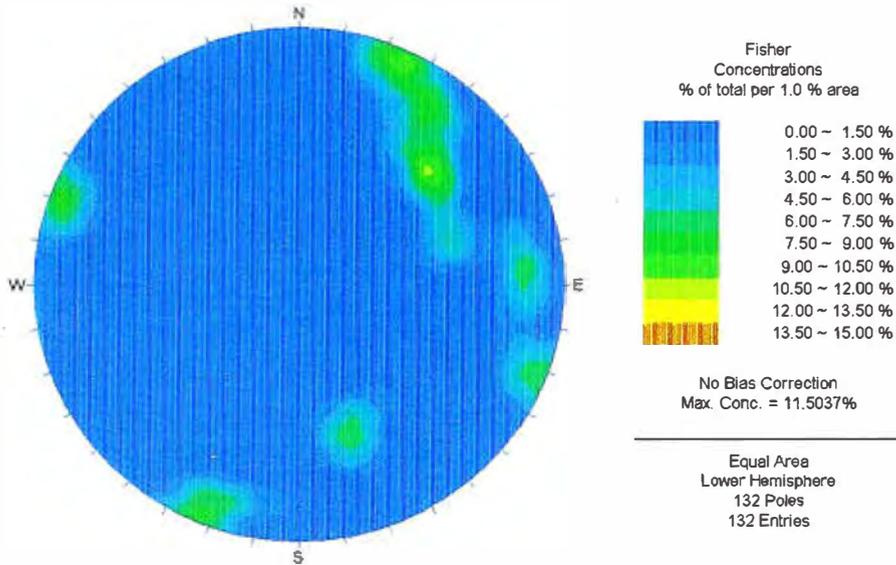
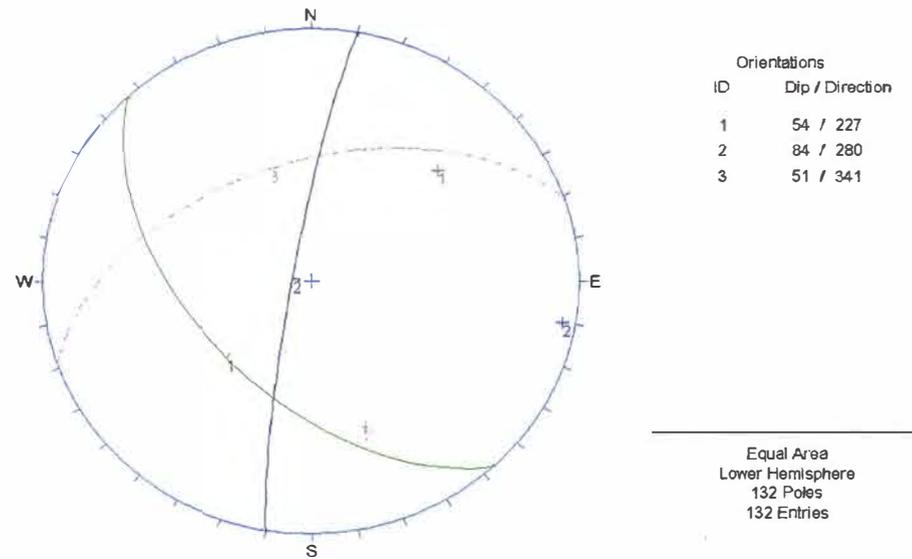


GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA		DIP		D DIP		
	1	5	4	2	2	7	
	2	8	4	2	8	0	
	3	5	1	3	4	1	

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN LOS SISTEMAS RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL SAHUAY	UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO	REALIZADO: RGM-VMC	REVISADO: CVC	FECHA: 29/08/08	HOJA N°: 1/1
------------------------	-----------------------------------	--------------------	---------------	-----------------	--------------

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	MI del rio Pumarrinri-Sahuay	Roca Granodioritica con mayor porcentaje de cuarzo, levemente fracturada y fresca	Ensayos de carga puntual
8 860 842	278 520	2 960			

TRAMO (m)	N° DISC.		TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)						CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - σ_{ci} (MPa)				
				ORIENTACION			ESPACIAMIENTO - s (m)			FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)						
				DIP	(°)	D DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO					
6,00	2	0	SD	8	0	10	0	9	0	10	0,10	0,80	3,0	4,0	0,75	1,00	1,0	3,0	R5	R6
7,00	0	7	SD	7	0	10	1	8	0	10	0,30	2,00	3,0	4,0	0,75	1,00	1,0	4,0	R5	R6
4,00	0	4	SD	4	0	10	2	7	0	10	0,60	2,00	3,0	4,0	1,00	0,00	1,0	4,0	R5	R6
3,00	1	5	SD	8	0	10	1	0	5	10	0,15	0,80	3,0	0,0	1,00	0,0	4,0	8,0	R3	R5
2,50	0	4	SD	7	0	10	2	1	0	10	0,60	1,50	3,0	0,0	1,00	0,0	4,0	8,0	R3	R5
2,40	1	2	SD	8	0	10	2	7	0	10	0,10	0,40	2,0	3,0	0,00	1,0	4,0	8,0	R4	R5
3,30	0	5	SD	5	0	10	3	3	5	10	0,20	0,80	2,0	3,0	0,00	1,0	6,0	10,0	R4	R5
6,00	0	4	SD	8	0	10	2	7	0	10	0,30	0,70	2,0	3,0	0,00	1,0	4,0	8,0	R4	R5
6,00	0	7	SD	6	0	10	3	6	0	10	0,30	1,20	2,0	3,0	0,00	1,0	4,0	8,0	R4	R5
6,00	0	3	SD	1	5	10	2	6	0	10	0,70	2,30	2,0	3,0	0,75	1,0	4,0	8,0	R4	R5
7,00	0	6	SD	8	0	10	2	7	0	10	0,40	0,80	2,0	3,0	0,00	1,0	4,0	8,0	R4	R5
7,00	0	4	SD	5	5	10	1	8	0	10	0,60	1,10	2,0	3,0	0,00	1,0	4,0	8,0	R4	R5
2,00	0	5	SD	7	5	10	0	3	0	10	0,25	0,70	2,0	3,0	0,00	1,0	4,0	8,0	R4	R5
2,80	0	7	SD	6	0	10	0	2	0	10	0,25	0,80	2,0	3,0	0,00	1,0	4,0	8,0	R4	R5
1,60	0	4	SD	7	0	10	2	0	0	10	0,30	0,70	2,0	3,0	0,00	1,0	4,0	8,0	R4	R5

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON.(*)
MUY RUGOSO	3	4	6	7,5	9	ESTRATO O FOLEACION	< 0,5 m	MUY CORTA	3	6
RUGOSO	2	3	4	5	6	FRACTURAS	0,5 - 1,0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1,5	2	3	4	4,8		1,0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1,5	2	2,5	3	CON RELLENO O CORTE(**)	> 30 m	MUY LARGA	0,5	1
PULIDO	0,75	1	1,5	2	2,5	(*)JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA				(**)CUANDO SON ZONAS
ESTRIAS DE FALLA	0,5 - 1,5	1 - 2	1,5 - 3	2 - 4	2,5 - 5	DE CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE				

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=5

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)							
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES	CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA	0,75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG.NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,	6	6-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8	12
OXIDACION MAS INTENSA		4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO	8-12	13-20	
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS (CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).			
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.	4				

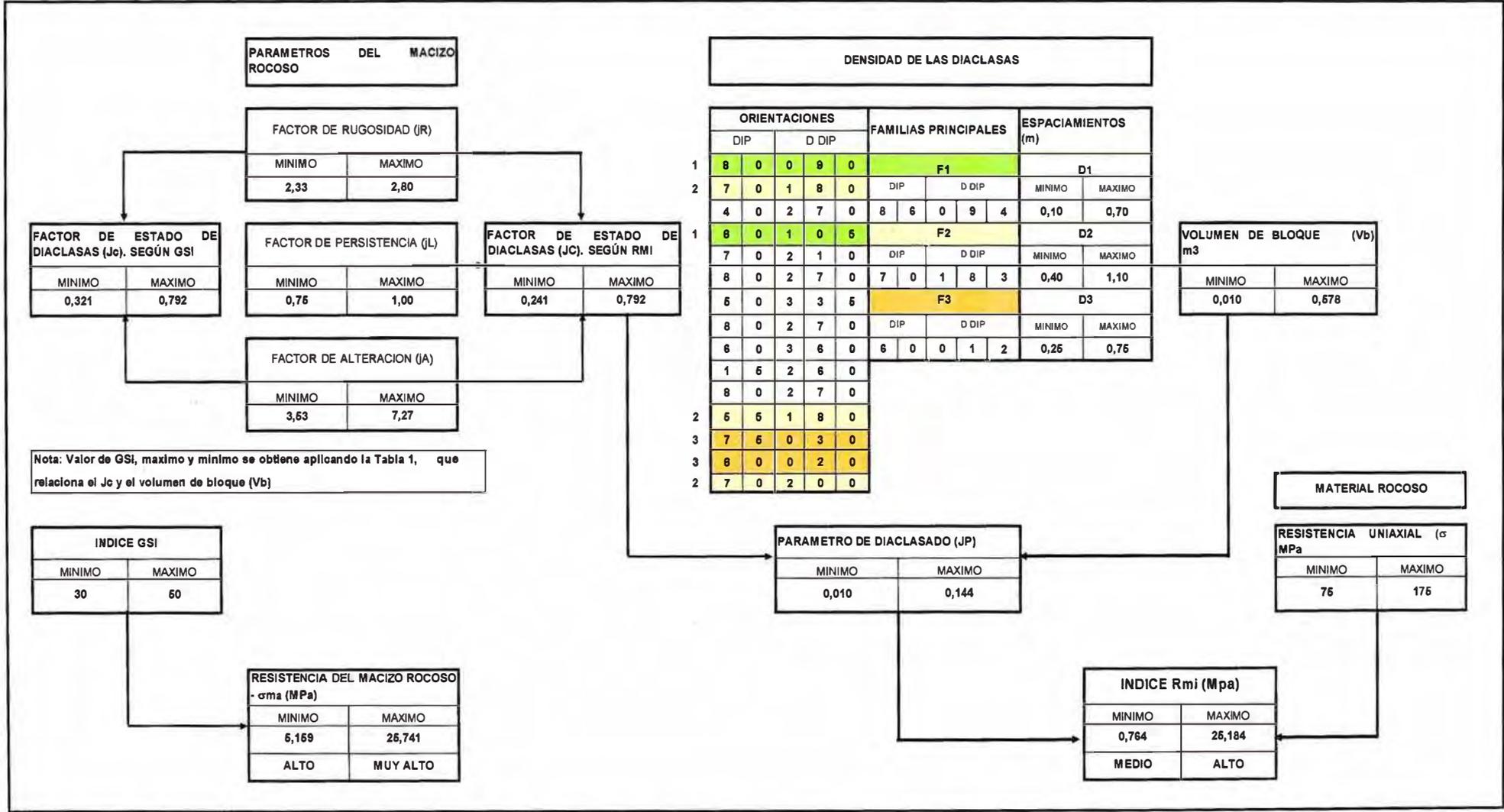
RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA

ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R6	>260	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	26-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 5 GOLPES	R5	100-260	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	6-26
DURA	SE ROMPE CON 3 A 6 GOLPES	R4	60-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-6

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES RMI (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL SAHUAY UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM-VMC REVISADO: CVC FECHA: 29/08/08 HOJA Nº: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	MI del rio Pumarrinri-Sahuay	Roca Granodioritica con mayor porcentaje de cuarzo, levemente fracturada y fresca
8 850 842	278 520	2 960		



OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL SAHUAY

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM-VMC

REVISADO: CVC

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

NORTE
8 850 842

ESTE
278 520

COTA (msnm)
2 960

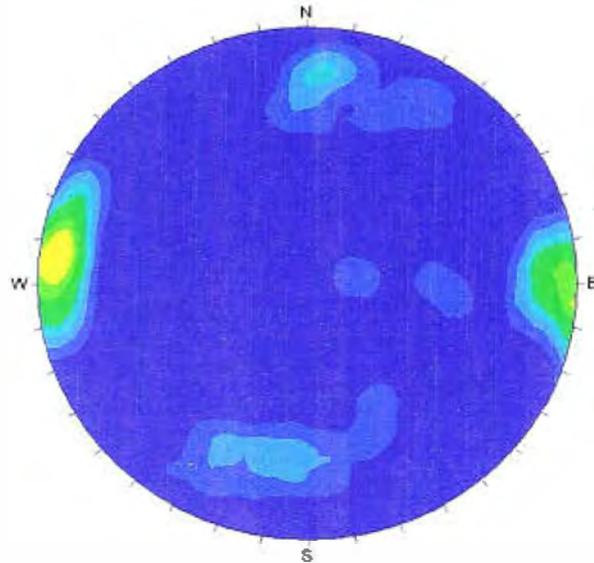
MI del rio Pumarrinri-Sahuay

FECHA: 29/08/08

HOJA N°: 1/1

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES

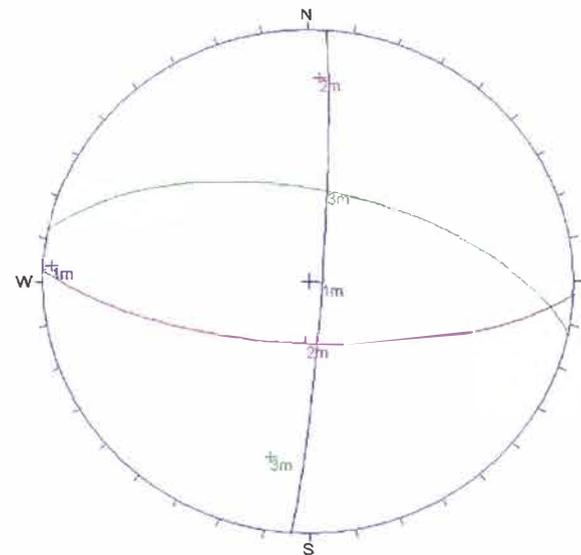


Fisher
Concentrations
% of total per 1.0 % area

0.00 ~ 1.50 %
1.50 ~ 3.00 %
3.00 ~ 4.50 %
4.50 ~ 6.00 %
6.00 ~ 7.50 %
7.50 ~ 9.00 %
9.00 ~ 10.50 %
10.50 ~ 12.00 %
12.00 ~ 13.50 %
13.50 ~ 15.00 %

No Bias Correction
Max. Conc. = 13.0535%

Equal Area
Lower Hemisphere
106 Poles
106 Entries



Orientations	
ID	Dip / Direction
1 m	86 / 094
2 m	70 / 183
3 m	60 / 012

Equal Area
Lower Hemisphere
106 Poles
106 Entries

PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA	DIP		D DIP		
	1	8	6	0	9	4
	2	7	0	1	8	3
	3	6	0	0	1	2

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN LOS SISTEMAS RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL SAHUAY UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: -- FECHA: 30/08/08 HOJA N°: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	Margen Izquierda del rio Rapay	Roca Grandiorítica, masiva a levemente fracturada, fresca (sobretensionada).	Ensayos de Carga Puntual
8 851 064	278 179	2 960			

TRAMO (m)	N° DISC.	TIPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)						CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - R _{ci} (MPa)					
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - s (m)		FACTOR DE RUGOSIDAD (j _R)		FACTOR DE PERSISTENCIA (j _L)		FACTOR DE ALTERACION (j _A)							
			DIP	(°)	D DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO						
5,00	0	4	SD	8	0	10	2	9	0	10	0,60	2,00	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
5,00	0	4	SD	8	0	10	1	1	0	10	0,60	2,00	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
3,00	0	3	SD	8	0	10	1	7	0	10	0,80	2,10	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
8,00	0	5	SD	8	0	10	2	1	0	10	0,80	2,20	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
8,00	0	5	SD	6	0	10	0	3	0	10	0,80	2,20	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
3,00	0	3	SD	6	0	10	1	7	0	10	0,90	2,10	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
3,00	0	4	SD	8	0	10	0	3	0	10	0,70	2,00	3,0	0,0	0,75	1,0	1,0	3,0	R5	R6
2,50	0	4	SD	8	0	10	2	1	0	10	0,60	1,60	3,0	0,0	0,75	1,0	1,0	3,0	R5	R6
8,00	0	5	SD	8	0	10	1	0	5	10	1,00	6,00	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
8,00	0	5	SD	8	0	10	3	0	0	10	1,00	6,00	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
3,00	0	4	SD	3	0	10	0	1	0	10	0,40	1,80	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
3,80	0	5	SD	8	0	10	0	6	0	10	0,30	1,30	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
2,00	0	6	SD	7	0	10	1	6	0	10	0,25	1,00	3,0	4,0	0,75	1,0	4,0	8,0	R4	R5
16,00	1	4	SD	8	0	10	2	5	0	10	0,30	1,70	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	3,0	R4	R5
10,00	0	3	SD	4	0	10	3	4	0	10	1,00	3,00	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	3,0	R4	R5

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (j _R)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (j _L)				
	ONDULACION					TIPO	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON. (*)
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	ESTRATO O FOLEACION				
MUY RUGOSO	3	4	6	7,5	9	FRACTURAS	< 0,5 m	MUY CORTA	3	6
RUGOSO	2	3	4	5	6		0,5 - 1,0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1,5	2	3	4	4,5		1,0 - 10 m	MEDIAÑA	1	2
SUAVE	1	1,5	2	2,5	3	CON RELLENO O CORTE (**)	10 - 30 m	LARGA	0,75	1,5
PULIDO	0,75	1	1,5	2	2,5		> 30 m	MUY LARGA	0,5	1
ESTRIAS DE FALLA	0,6 - 1,5	1 - 2	1,5 - 3	2 - 4	2,5 - 6	(*) JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA (**) CUANDO SON ZONAS DE CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE				

PARA FRACTURAS CON RELLENO j_R=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES j_R=3

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (j _A)							
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES	CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA	0,75	MATERIAL FRICCIONANTE	ARENAS, FRAG. NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC.	6	6-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8	12
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICCIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS (CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).			
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.	4				

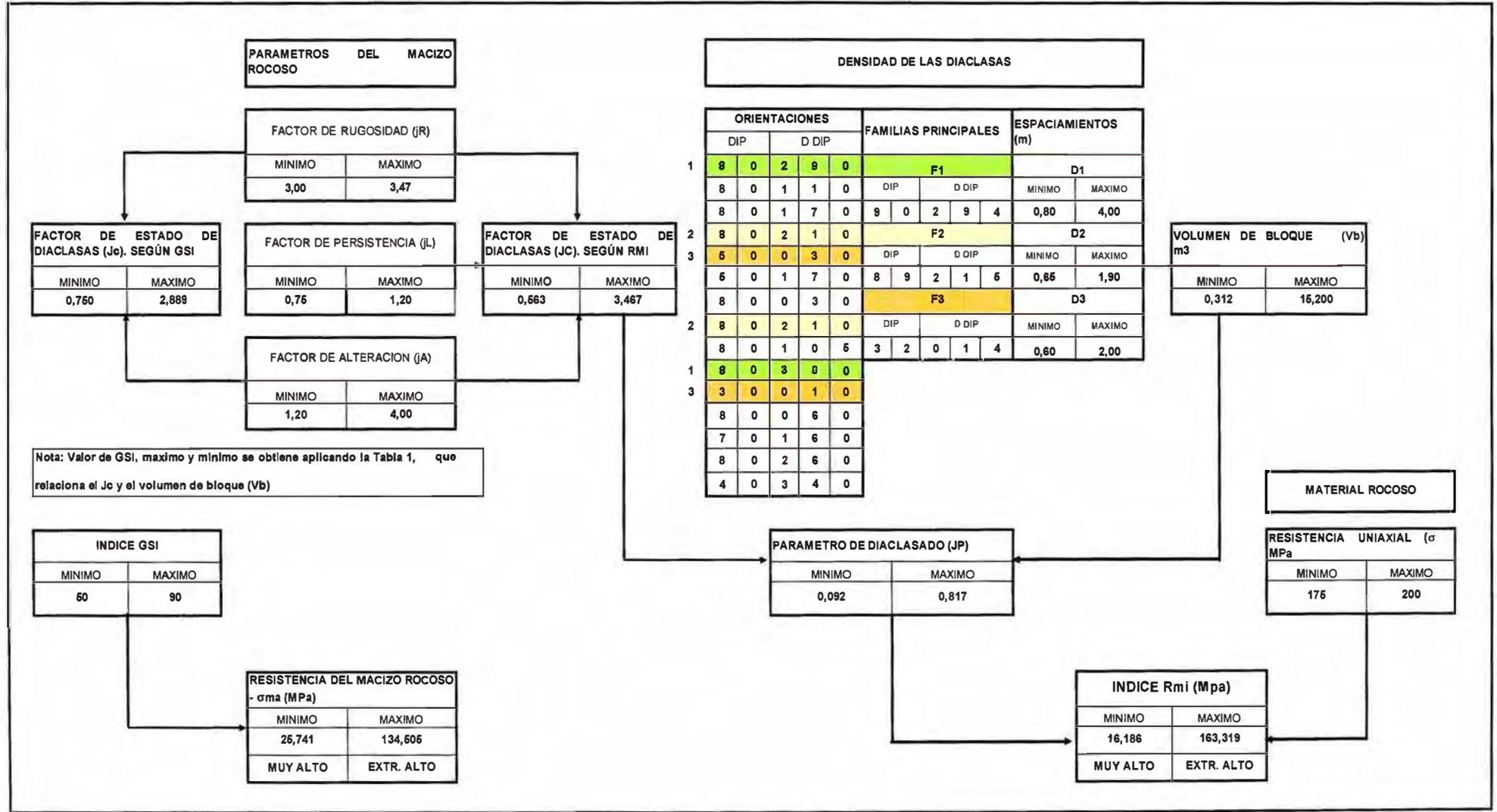
RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA

ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R6	>250	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 5 GOLPES	R5	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 6 GOLPES	R4	60-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES RMI (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL SAHUAY UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: -- FECHA: 30/08/08 HOJA Nº: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	Margen Izquierda del río Rapay	Roca Granodiorítica, masiva a levemente fracturada, fresca (sobretensionada).
8 861 064	278 179	2 960		



OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL SAHUAY

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM

REVISADO: --

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

NORTE
8 861 064

ESTE
278 179

COTA (msnm)
2 960

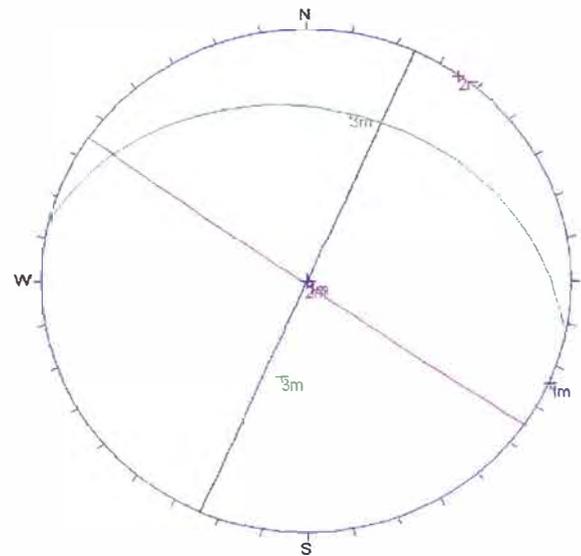
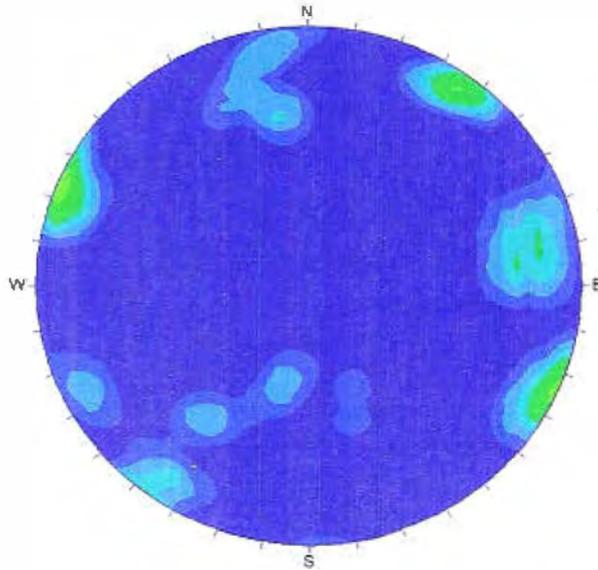
Margen Izquierda del rio Rapay

FECHA: 30/08/08

HOJA N°: 1/1

GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS

GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



Orientations

ID	Dip	Direction
1	m	90 / 294
2	m	89 / 215
3	m	32 / 014

Equal Area
Lower Hemisphere
148 Poles
148 Entries

PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA	DIP		D DIP		
	1	9	0	2	9	4
	2	8	9	2	1	5
	3	3	2	0	1	4

MEDICION DE CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN LOS SISTEMAS RMI (Palstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL SAHUAY UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: -- FECHA: 30/08/08 HOJA Nº: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TPO Y CONDICION DE ROCA	MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	Margen Izquierda del río Rapay	Roca Granodiorítica, masiva a levemente fracturada, fresca (sobretensionada).	Ensayos de Carga Puntual
8 851 064	278 179	2 960			

TRAMO (m)	Nº DISC.	TPO	VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)								CONDICION DE DISCONTINUIDADES						RESISTENCIA ROCA INTACTA - σ_{ci} (MPa)			
			ORIENTACION				ESPACIAMIENTO - s (m)				FACTOR DE RUGOSIDAD (JR)		FACTOR DE PERSISTENCIA (JL)		FACTOR DE ALTERACION (JA)					
			DIP	(°)	D DIP	(°)	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO						
5,00	0	4	SD	8	0	10	2	9	0	10	0,60	2,00	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
5,00	0	4	SD	8	0	10	1	1	0	10	0,60	2,00	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
3,00	0	3	SD	8	0	10	1	7	0	10	0,90	2,10	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
8,00	0	5	SD	8	0	10	2	1	0	10	0,80	2,20	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
8,00	0	5	SD	5	0	10	0	3	0	10	0,80	2,20	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
3,00	0	3	SD	5	0	10	1	7	0	10	0,90	2,10	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
3,00	0	4	SD	8	0	10	0	3	0	10	0,70	2,00	3,0	0,0	0,75	1,0	1,0	3,0	R5	R6
2,50	0	4	SD	8	0	10	2	1	0	10	0,50	1,50	3,0	0,0	0,75	1,0	1,0	3,0	R5	R6
8,00	0	5	SD	8	0	10	1	0	5	10	1,00	6,00	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
8,00	0	5	SD	8	0	10	3	0	0	10	1,00	6,00	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
3,00	0	4	SD	3	0	10	0	1	0	10	0,40	1,80	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
3,50	0	5	SD	8	0	10	0	5	0	10	0,30	1,30	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	4,0	R5	R6
2,00	0	5	SD	7	0	10	1	5	0	10	0,25	1,00	3,0	4,0	0,75	1,0	4,0	5,0	R4	R5
10,00	1	4	SD	6	0	10	2	5	0	10	0,30	1,70	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	3,0	R4	R5
10,00	0	3	SD	4	0	10	3	4	0	10	1,00	3,00	3,0	4,0	0,75	1,0	1,0	3,0	R4	R5

(**): INTERVALO DE LA VARIACION DEL DIP Y DDIP EN EL TRAMO DE MEDICION

RUGOSIDAD	FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (JR)					FACTOR DE PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES (JL)				
	ONDULACION					TIPO				
	PLANO	LEV. OND.	ONDULADO	ESCALONADO	ENTRELAZADO	ESTRATO O FOLEACION	LONGITUD	TAMAÑO	JUNTAS CONTIN.	JUNTAS DISCON.(*)
MUY RUGOSO	3	4	6	7,5	9	FRACTURAS	< 0,5 m	MUY CORTA	3	6
RUGOSO	2	3	4	5	6		0,5 - 1,0 m	CORTA	2	4
LIG. RUGOSO	1,5	2	3	4	4,5		1,0 - 10 m	MEDIANA	1	2
SUAVE	1	1,5	2	2,5	3	CON RELLENO O CORTE(**)	> 30 m	MUY LARGA	0,5	1
PULIDO	0,75	1	1,5	2	2,5	(*)JUNTAS DISCONTINUAS EN ROCA MASIVA	(**)CUANDO SON ZONAS			
ESTRIAS DE FALLA	0,5 - 1,5	1 - 2	1,5 - 3	2 - 4	2,5 - 5	DE CORTE AISLADAS SE LE DEBE TRATAR SEPARADAMENTE				

PARA FRACTURAS CON RELLENO JR=1, PARA FRACTURAS IRREGULARES JR=5

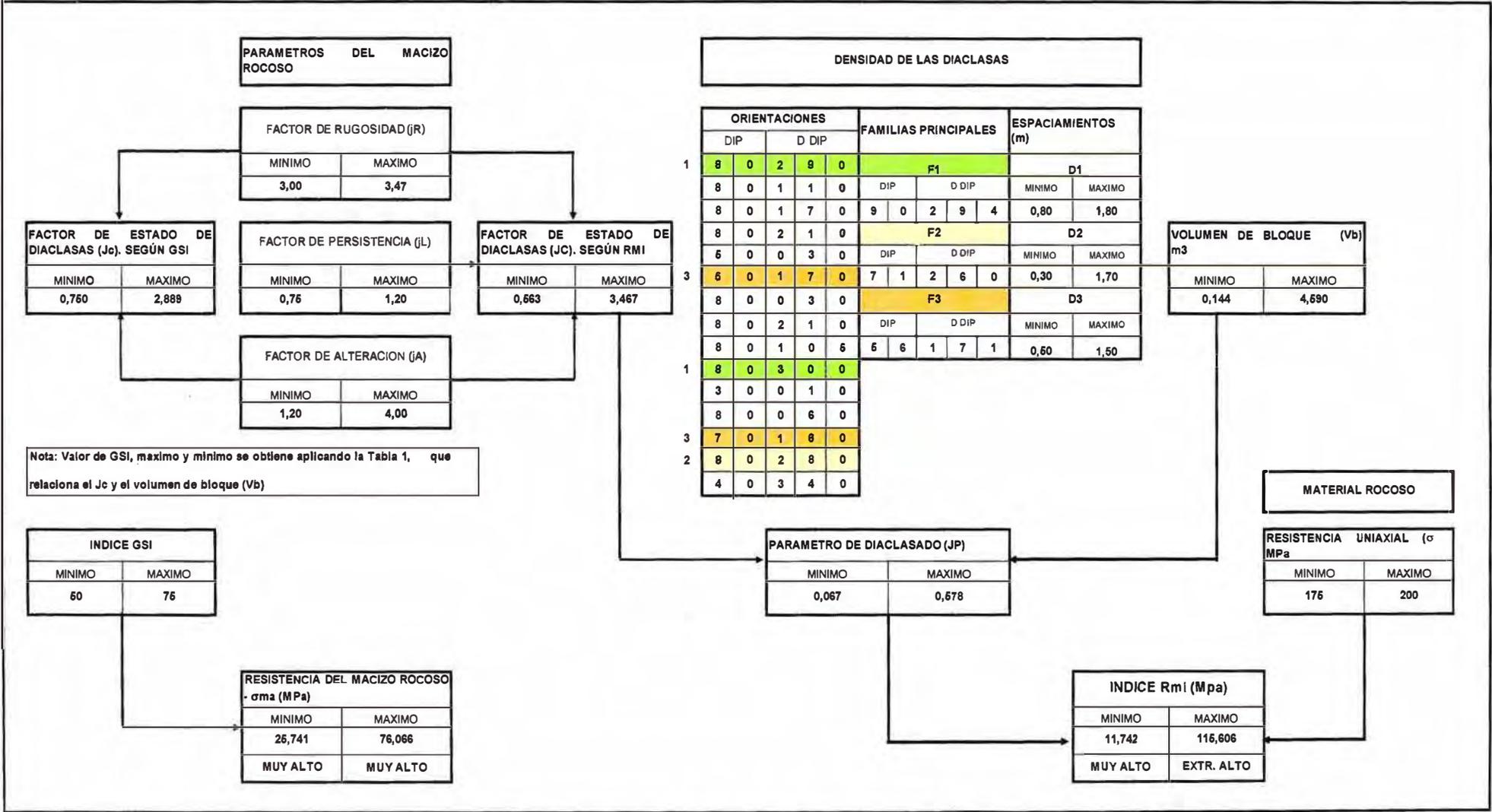
FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES (JA)							
CUANDO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES			CUANDO NO EXISTE CONTACTO ENTRE PAREDES				
CARACTERISTICAS DE LAS PAREDES		CONDICIONES DE LAS PAREDES	CONTACTO	RELLENO DE	TIPOS	CONTAC. PARC.	SIN CONTACTO
PAREDES FRESCAS	PAREDES SOLDADAS	SELLADAS SON CUARZO O EPIDOTA	0,75	MATERIAL FRICIONANTE	ARENAS, FRAG.NO PLASTICOS	4	8
	PAREDES FRESCAS	SIN RECUBRIMIENTO NI RELLENO	1	MATERIAL COHESIVO, DURO	LIMOS, ARCILLAS, YESO, CLORITA, ETC. COMPAC,	6	6-10
	SUPERFICIES ALTERADAS	OXIDACION SUPERFICIAL	2	MATERIAL COHESIVO, BLANDO	ARCILLAS, YESO, TALCO, CLORITA, ETC. SUELTOS	8	12
		OXIDACION MAS INTENSA	4	ARCILLAS EXPANSIVAS	MATERIAL ARCILLOSO EXPANSIVO	8-12	13-20
RECUBRIM. RELLENO	MAT. FRICIONANTES	ARENAS, FRAGMENTOS, ETC. SIN ARCILLA	3	OBSERVACIONES: POR ABERTURA SE CONSIDERAN LAS DISCONTINUIDADES EN: CERRADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (<1mm), MOD. ABIERTAS (CONTACTO PARCIAL 1 - 5 mm) Y MUY ABIERTAS (SIN CONTACTO > 5 mm).			
	MAT. COHESIVOS	ARCILLAS, CLORITAS, TALCO, YESO, ETC.	4				

RESISTENCIA DE CAMPO DE LA ROCA INTACTA							
ROCA	USO DE PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)	ROCA	USO DE LA PICOTA	TIPO	RESISTENCIA (MPa)
EXTREM. DURA	SOLO SE ASTILLA	R5	>260	MOD. DURA	SE ROMPE CON 1 A 2 GOLPES	R3	25-50
MUY DURA	SE ROMPE CON MAS DE 5 GOLPES	R5	100-250	BLANDA	SE INDENTA SUPERFICIALMENTE	R2	5-25
DURA	SE ROMPE CON 3 A 6 GOLPES	R4	60-100	MUY BLANDA	SE INDENTA PROFUNDAMENTE	R1	1-5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES RMI (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97)

PROYECTO: TUNEL SAHUAY UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO REALIZADO: RGM REVISADO: -- FECHA: 30/08/08 HOJA Nº: 1/1

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION			OBSERVACIONES	TIPO Y CONDICION DE ROCA
NORTE	ESTE	COTA (msnm)	Margen izquierda del río Rapay	Roca Granodiorítica, masiva a levemente fracturada, fresca (sobretensionada).
8 861 064	278 179	2 960		



Nota: Valor de GSI, maximo y minimo se obtiene aplicando la Tabla 1, que relaciona el Jc y el volumen de bloque (Vb)

OBSERVACIONES:

PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE BLOQUE (Vb)

PROYECTO: TUNEL SAHUAY

UBICACIÓN: PROVINCIA DE CAJATAMBO

REALIZADO: RGM

REVISADO: --

COORDENADAS DE LINEA DE MEDICION

OBSERVACIONES

NORTE
8 861 064

ESTE
278 179

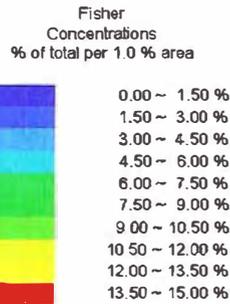
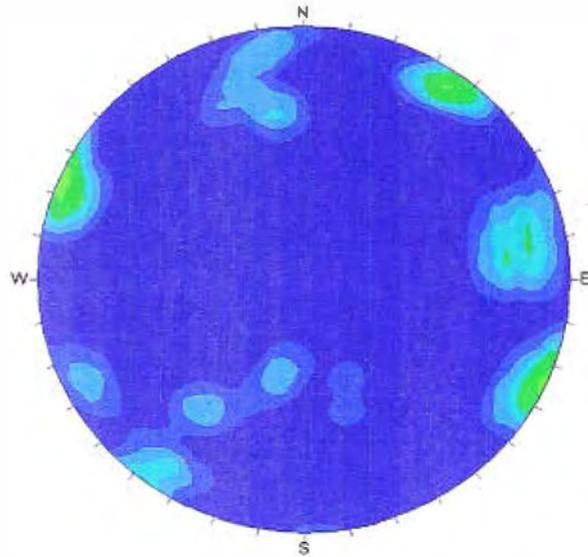
COTA (msnm)
2 960

Margen Izquierda del rio Rapay

FECHA: 30/08/08

HOJA N°: 1/1

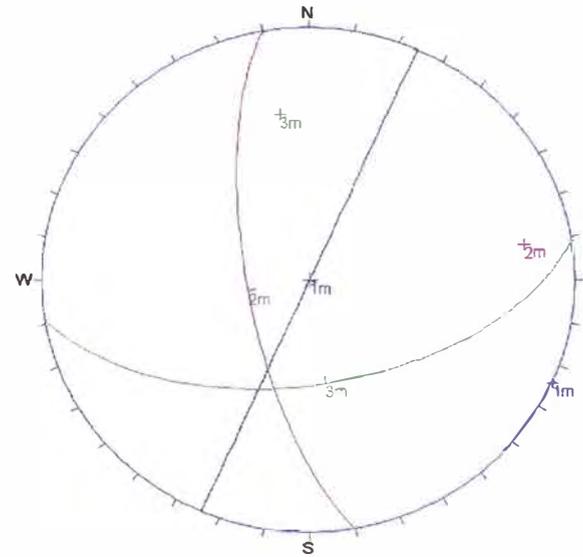
GRAFICO 1: CONCENTRACION DE POLOS



No Bias Correction
Max. Conc. = 10.2538%

Equal Area
Lower Hemisphere
148 Poles
148 Entries

GRAFICO 2: PLANOS PRINCIPALES



Orientations

ID	Dip / Direction
1 m	90 / 294
2 m	71 / 260
3 m	56 / 171

Equal Area
Lower Hemisphere
148 Poles
148 Entries

PLANOS PRINCIPALES	FAMILIA	DIP		D DIP		
	1	9	0	2	9	4
	2	7	1	2	6	0
	3	5	6	1	7	1

TABLA 1: CUANTIFICACION DEL SISTEMA GSI

GSI		ESTADO DE LAS DIACLASAS O CARAS DEL BLOQUE						
		MUY BUENA MUY RUGOSA, SUPERFICIES SIN METEORIZACION	BUENA RUGOSA, LIGERAMENTE METEORIZADA, SUPERFICIES TENIDAS DE OXIDOS	MEDIA PLANA, MODERADAMENTE METEORIZADA Y SUPERFICIES ALTERADAS	MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RECUBRIMIENTOS COMPACTOS O RELLENOS	MUY MALA ESPEJOS DE FALLA, SUPERFICIES MUY METEORIZADAS CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS DE ARCILLA BLANDA		
TAMAÑO DE BLOQUE								
INTACTA O MASIVA ROCAS INTACTAS O MASIVAS INSITU CON POCAS DISCONTINUIDADES ESPACIADAS AMPLIAMENTE. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS >100 cm	150 100 cm	95 90						10E+6 1E+6
FRACTURA EN BLOQUES MACIZO ROCOSO POCO ALTERADO CONSISTENTE EN BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS ORTOGONALES DE DISCONTINUIDADES Y MUY BIEN UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 30-100 cm	90 80 70 60 50 40 30 cm		75 65					(1 m3) 100E+3
MUY FRACTURADA MACIZO ROCOSO PARCIALMENTE PERTURBADO CONSISTENTE EN BLOQUES ANGULARES UNIDOS ENTRE SI, FORMADO POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 10-30cm	20 10 cm		60 50	45				10E+3 1000
FRACTURADA/PERTURBADA MACIZO ROCOSO PLEGADO Y/O FALLADO CON BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR LA INTERSECCION DE VARIOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDAD. PERSISTENCIA DE LOS PLANOS DE ESTRATIFICACION O ESQUISTOSIDAD. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS 3-10 cm	5 3 2			40				(1dm3) 100 10
DESINTEGRADA MACIZO ROCOSO ALTAMENTE FRACTURADO CON MEZCLA DE FRAGMENTOS ANGULARES Y REDONDEADOS POBREMENTE UNIDOS ENTRE SI. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 3cm	1 cm							10 1
FOLIADA/LAMINADA MACIZO ROCOSO FOLIADO, PLEGADO, CIZALLADO TECTONICAMENTE, CARENTE DE BLOQUES DEBIDO AL ESTRECHO ESPACIAMIENTO DE LA ESQUISTOSIDAD O PLANOS DE CIZALLA. ESPACIAMIENTO ENTRE DIACLASAS < 1 cm		N/A	N/A					5 0.1
		12	4,5	1,7	0,67	0,25	0,1	
		FACTOR DE ESTADO DE LAS DIACLASAS, Jc						

NOTA:

SEGÚN DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS CALCULOS DE LOS INDICES Rmi (Palmstrom, 95) Y GSI (Hoek, 97), SE OBTIENE:

