

**CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL MACIZO ROCOSO CONTENIDO EN
EL SECTOR EXPLOTADO DEL SINCLINAL LA JAGUA, MUNICIPIO LA JAGUA
DE IBIRICO-CESAR.**

MAURICIO JOSÉ VÁSQUEZ PINEDA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2010

**CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL MACIZO ROCOSO CONTENIDO EN
EL SECTOR EXPLOTADO DEL SINCLINAL LA JAGUA, MUNICIPIO LA JAGUA
DE IBIRICO-CESAR.**

MAURICIO JOSÉ VÁSQUEZ PINEDA

**Proyecto de la modalidad pasantía de investigación presentado para optar el
título Geólogo**

DIRECTOR:

**ESP. LUIS EDUARDO MORENO TORRES
INGENIERO CIVIL UIS**

CODIRECTOR:

**MSc. DUBIER ANDRÉS CARDONA LÓPEZ
GEOTECNISTA PROYECTO LA JAGUA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2010

DEDICATORIA

A mi Abuela, que aunque ahora esté en el cielo, con su amor, confianza y amistad
siempre me orientó hacia el camino del éxito
A mis Padres que con su amor y apoyo incondicional hicieron posible la
realización de este logro.
A mis Hermanos que con sus orientaciones se convirtieron en un ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Carbones de La Jagua por haber confiado en mí para el desarrollar este proyecto, por haber permitido desarrollarme profesionalmente y por toda la experiencia allí adquirida, especialmente al grupo de Servicios Técnicos que de alguna u otra forma fueron de gran ayuda en el desarrollo de este trabajo.

A Dubier Cardona y a Herman Uribe, Geotecnistas de la empresa, que con sus orientaciones y correcciones siempre pertinentes fueron los guías para lograr los objetivos propuestos en esta tesis.

A el profesor Luis E Moreno, director de este trabajo, quien desde que le propuse ser mi director demostró interés y depositó su confianza en mí y me dio su respaldo.

A la escuela de geología, al equipo de profesores y personal administrativo quienes me formaron académicamente para convertirme en un profesional comprometido con el desarrollo del país.

A mis amigos y compañeros que en esta etapa estuvieron presentes, compartiendo los buenos y dándome apoyo en los malos momentos.

A Dios, quien me permitió realizar este proyecto, dándome la vida y las herramientas necesarias para avanzar día a día en este proceso.

Y por supuesto a nuestras queridas familias motores de nuestras vidas, impulso en nuestras carreras y motivación diaria para persistir en el logro de nuestros objetivos.

A cada uno muchas gracias y que Dios les bendiga

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	21
1.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	21
2. INFORMACIÓN BÁSICA EXISTENTE	22
2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y VÍAS DE ACCESO	22
2.2 CLIMA E HIDROLOGÍA	23
2.3 GEOLOGÍA	24
2.3.1 Geología regional.	24
2.3.2 Geomorfología.	25
2.3.3 Hidrogeología.	26
2.3.6 Geología estructural.	34
2.4 EXPLORACIONES	39
2.4.1 Registro litológico.	39
2.4.2 Registro geofísico.	41
2.5 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA	42
2.5.1 Ensayos de laboratorio.	42
3. MARCO TEÓRICO	45
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA	45
3.1.1 Identificación.	46
3.1.2 Meteorización de la matriz rocosa.	47
3.1.3 Resistencia.	48
3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES	54
3.2.1 Orientación.	55
3.2.2 Espaciado.	57
3.2.3 Continuidad.	58

3.2.4 Rugosidad.	59
3.2.5 Resistencia de las paredes de la discontinuidad.	60
3.2.6 Abertura.	61
3.2.7 Relleno.	62
3.2.8 Filtraciones.	63
3.3 PARÁMETROS DEL MACIZO ROCOSO	64
3.3.1 Número y orientación de familias de discontinuidades.	64
3.3.2 Fracturación.	66
3.3.3 Grado de meteorización del macizo rocoso.	68
3.4 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA Y CARACTERIZACIÓN GLOBAL DEL MACIZO ROCOSO	69
4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL MACIZO ROCOSO	74
4.1 RECOPILOCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO	74
4.1.1 Metodología.	74
4.1.2 Levantamientos geotécnicos y geológicos.	75
4.2 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN CON LA INFORMACIÓN EXISTENTE	129
4.2.1 Litología.	129
4.2.2 Ensayos de laboratorio Vs ensayos de campo.	131
4.2.3 Ensayos geofísicos sónicos Vs ensayos de laboratorio y ensayos de campo.	132
4.2.4 Correlación del ensayo de carga puntual a compresión uniaxial para las rocas del depósito.	135
4.4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	138
4.4.1 Descripción de parámetros del macizo rocoso.	138
4.4.2 Zonificación.	164
4.4.3 Resultado.	172
5. CONCLUSIONES	181
6. RECOMENDACIONES	183
BIBLIOGRAFÍA	184
ANEXOS	187

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Localización geográfica del SINCLINAL LA JAGUA	23
Figura 2.2. Rasgos estructurales cuenca Cesar-Ranchería.	25
Figura 2.3. Perfil geológico Fm Los Cuervos; miembro medio.	32
Figura 2.4. Mapa geológico sinclinal La Jagua.	33
Figura 2.5. Principales elementos estructurales del área de estudio.	34
Figura 2.6. Sinclinal La Jagua.	37
Figura 2.7. Falla La Victoria. Fotografía tomada en el tajo Tesoro, sector central del sinclinal La Jagua.	38
Figura 2.8. Porcentaje de litologías M0 – M45.	40
Figura 3.1. Ábaco de correlación de martillo de Schmid a compresión simple.	52
Figura 3.2. Esquema de los parámetros de las discontinuidades.	55
Figura 3.3. Perfil de rugosidad.	60
Figura 4.1. Códigos de descripción de Prodeco.	76
Figura 4.2. Columna generalizada de la poligonal 1.	79
Fuente: Autor del Proyecto.	81
Figura 4.3. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 1.	82
Figura 4.4. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 1.	83
Figura. 4.5. Porcentaje de litologías bajo manto 45.	84
Figura 4.6. Columna generalizada de la poligonal 2.	88
Figura 4.7. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 2	91
Figura 4.8. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 2.	92
Figura 4.9. Porcentaje de litologías en el interburden M10 – M15.	93
Figura 4.10. Porcentaje de litologías en el interburden M15 – M20.	93
Figura 4.11. Porcentaje de litologías en el interburden M20 – M25.	94
Figura 4.12. Columna generalizada de la poligonal 3.	98

Figura 4.13. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 3.	101
Figura 4.14. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 3.	102
Figura 4.15. Porcentaje de litologías en el interburden M25 – M30.	103
Figura 4.16. Porcentaje de litologías en el interburden M30 – M35.	103
Figura 4.17. Porcentaje de litologías en el interburden M35 – M40.	104
Figura 4.18. Porcentaje de litologías en el interburden M40 – M45.	104
Figura 4.19. Columna generalizada de la poligonal 4.	108
Figura. 4.20. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 4.	111
Figura 4.21. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 4.	112
Figura 4.22. Diagrama de densidad de polos de la familia 3 de la poligonal 4.	113
Figura 4.23. Porcentaje de litologías en el interburden M5 – M10.	114
Figura 4.24. Columna generalizada de la poligonal 5.	117
Figura 4.25. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 5.	119
Figura 4.26. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 5.	120
Figura 4.27. Porcentaje de litologías en el interburden M2 – M5.	121
Figura 4.28. Columna generalizada de la poligonal 6.	124
Figura 4.29. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 6.	126
Figura 4.30. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 6.	127
Figura 4.31. Diagrama de densidad de polos de la familia 3 de la poligonal 6.	128
Figura 4.32. Porcentaje de litologías en el interburden M0 – M2.	129
Figura 4.33. Línea de tendencia para las areniscas.	136
Figura 4.34. Línea de tendencia para las limolitas.	136
Figura 4.35. Línea de tendencia para el carbón.	137
Figura 4.36. Diagrama de densidad de polos de la zona de estudio.	139
Figura 4.37. Diagrama de densidad de polos de la familia A.	140
Figura 4.38. Continuidad de discontinuidades de la familia A.	141
Figura 4.39. Espaciamiento de discontinuidades de la familia A.	141
Figura4.40. Abertura de discontinuidades de la familia A.	142
Figura 4.41. Forma de discontinuidades de la familia A.	143
Figura 4.42. Rugosidad de discontinuidades de la familia A.	143

Figura 4.43. Relleno de discontinuidades de la familia A.	144
Figura 4.44. Infiltración de discontinuidades de la familia A.	145
Figura 4.45. Diagrama de densidad de polos de la familia B.	146
Figura 4.46. Continuidad de discontinuidades de la familia B.	147
Figura 4.47. Espaciamiento de discontinuidades de la familia B.	147
Figura 4.48. Aberturade discontinuidades de la familia B.	148
Figura 4.49. Forma de discontinuidades de la familia B.	149
Figura 4.50. Rugosidad de discontinuidades de la familia B.	150
Figura 4.51. Relleno de discontinuidades de la familia B.	150
Figura 4.52. Infiltración de discontinuidades de la familia B.	151
Figura 4.53. Diagrama de densidad de polos de la familia C.	152
Figura 4.54. Continuidad de discontinuidades de la familia C.	153
Figura 4.55. Espaciamiento de discontinuidades de la familia C.	153
Figura 4.56. Aberturade discontinuidades de la familia C.	154
Figura 4.57. Forma de discontinuidades de la familia C.	155
Figura 4.58. Rugosidad de discontinuidades de la familia C.	156
Figura 4.59. Relleno de discontinuidades de la familia C.	157
Figura 4.60. Infiltración de discontinuidades de la familia C.	158
Figura 4.61. Diagrama de densidad de polos de la familia D.	159
Figura 4.62. Continuidad de discontinuidades de la familia D.	159
Figura 4.63. Espaciamiento de discontinuidades de la familia D.	160
Figura 4.64. Aberturade discontinuidades de la familia D.	161
Figura 4.65. Forma de discontinuidades de la familia D.	161
Figura 4.66. Rugosidad de discontinuidades de la familia D.	162
Figura 4.67. Relleno de discontinuidades de la familia D.	163
Figura 4.68. Infiltración de discontinuidades de la familia D.	163
Figura 4.69. Distribución litológica de la zona 1.	165
Figura 4.70. Distribución litológica de la zona 2.	166
Figura 4.71. Distribución litológica de la zona 3.	167
Figura 4.72. Distribución litológica de la zona 4.	168

Tabla 4.32. Características de la matriz rocosa de la zona 4.	168
Figura 4.73. Distribución litológica de la zona 5.	169
Figura 4.74. Distribución litológica de la zona 6.	170
Figura 4.75. Distribución litológica de la zona 7.	171
Figura 4.76. Distribución litológica de la zona 8.	172

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Resumen de resultados de ensayos de pesos unitarios.	43
Tabla 2.2. Resumen de resultados de ensayos de compresión uniaxial.	43
Tabla 2.3. Resumen de resultados de ensayos de tracción indirecta.	44
Tabla 2.4. Resumen de resultados de ensayos de corte directo.	44
Tabla 4.1. Resultados de ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 1.	80
Tabla 4.2. Resultados ensayos de carga puntual en poligonal 1.	81
Tabla 4.3. Resultados ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 2.	89
Tabla 4.4. Resultados ensayos de carga puntual en la poligonal 2.	90
Tabla 4.5. Resultados ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 3.	99
Tabla 4.6. Resultados ensayos de carga puntual en la poligonal 3.	100
Tabla 4.7. Resultados ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 4.	109
Tabla 4.8. Resultados ensayos de carga puntual en la poligonal 4.	110
Fuente: Autor del Proyecto.	117
Tabla 4.9. Resultados ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 5.	118
Tabla 4.10. Resultados ensayos de carga puntual en la poligonal 5.	118
Tabla 4.11. Resultados ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 6.	125
Tabla 4.12. Resultados ensayos de carga puntual en la poligonal 6.	125
Tabla 4.13. Porcentajes de tipos de roca en los interburden para todo el depósito, (Exploración).	130
Tabla 4.14. Porcentajes de tipos de roca en los interburden para todo el depósito, (Información obtenida en el desarrollo de este trabajo).	130
Tabla 4.15. Tabla comparativa de ensayos de campo Vs ensayos de laboratorio.	131
Tabla 4.16. UCS de pozo JC4014	132
Tabla 4.17. UCS de pozo JC4015	132
Tabla 4.18. UCS de pozo JC4019	133

Tabla 4.19. UCS de pozo JC 4033	133
Tabla 4.20. UCS de pozo JC4034	133
Tabla 4.21. Promedio de UCS obtenido de los pozos.	134
Tabla 4.22. Resumen de resultados de la resistencia a la compresión simple de las rocas del depósito.	134
Tabla 4.23. Valores corregidos del ensayo de carga puntual.	137
Tabla 4.24. Características de las discontinuidades de la familia A.	145
Tabla 4.25. Características de discontinuidades de la familia B.	151
Tabla 4.26. Características de discontinuidades la familia C.	158
Tabla 4.27. Características de la familia D.	164
Tabla 4.28. Características de las familias de discontinuidades de la zona de estudio.	164
Tabla 4.29. Características de la matriz rocosa de la zona 1.	165
Tabla 4.30. Características de la matriz rocosa de la zona 2.	166
Tabla 4.31. Características de la matriz rocosa de la zona 3.	167
Tabla 4.32. Características de la matriz rocosa de la zona 4.	168
Tabla 4.33. Características de la matriz rocosa de la zona 5.	169
Tabla 4.34. Características de la matriz rocosa de la zona 6.	170
Tabla 4.35. Características de la matriz rocosa de la zona 7.	171
Tabla 4.36. Características de la matriz rocosa de la zona 8.	172
Tabla 4.37. Clasificación RMR de la zona 1.	173
Tabla 4.38. Clasificación RMR de la zona 2.	174
Tabla 4.39. Clasificación RMR de la zona 3.	175
Tabla 4.40. Clasificación RMR de la zona 4.	176
Tabla 4.41. Clasificación RMR de la zona 5.	177
Tabla 4.42. Clasificación RMR de la zona 6.	178
Tabla 4.43. Clasificación RMR de la zona 7.	179
Tabla 4.44. Clasificación RMR de la zona 8.	180

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 2.1. Resumen de porcentajes de litologías de los interburden para todo el depósito, (Exploración).	41
Cuadro 3.1. Propiedades de la matriz rocosa.	46
Cuadro 3.3. Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo.	48
Cuadro 3.5. Descripción del espaciado.	58
Cuadro 3.6. Descripción de la continuidad.	58
Cuadro 3.7. Descripción de la abertura.	62
Cuadro 3.8. Descripción del relleno.	62
Cuadro 3.9. Descripción de las filtraciones.	64
Cuadro 3.10. Clasificación de macizos rocosos por el número de familias de discontinuidades.	66
Cuadro 3.11. Clasificación de la calidad del macizo rocoso según el índice RQD.	67
Cuadro 3.12. Descripción del grado de meteorización.	68

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. MAPA GEOLÓGICO DEL SINCLINAL LA JAGUA	188
ANEXO B. MAPA CON LA UBICACIÓN DE LAS PERFORACIONES DE EXPLORACIÓN	189
ANEXO C. TABLAS DE PORCENTAJES DE LAS LITOLOGÍAS SEGÚN EXPLORACIÓN.	190
ANEXO D. MAPA CON LA UBICACIÓN DE LOS POZOS A LOS CUALES SE LES HIZO LA CORRELACIÓN DEL REGISTRO SÓNICO A VALORES DE UCS.	196
ANEXO E. MANUAL DE LA MÁQUINA DE CARGA PUNTUAL	197
ANEXO E. MAPA CON LA UBICACIÓN DE POLIGONALES REALIZADAS	206
ANEXO G. FORMATOS CON LA INFORMACIÓN Y ENSAYOS DE CAMPO.	207
ANEXO H. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 1.	253
ANEXO I. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 2.	255
ANEXO J. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 3.	257
ANEXO K. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 4.	259
ANEXO M. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 5.	261
ANEXO N. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 6.	263
ANEXO Ñ. REGISTROS DE COMPRESIÓN SIMPLE DE LOS POZOS CORRELACIONADOS	265

RESUMEN

TÍTULO: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL MACIZO ROCOSO CONTENIDO EN EL SECTOR EXPLOTADO DEL SINCLINAL LA JAGUA, MUNICIPIO LA JAGUA DE IBIRICO-CESAR*.

AUTOR: Vásquez, Mauricio J**.

PALABRAS CLAVES: Sinclinal la jagua, caracterización geotécnica, clasificación geomecánica RMR, estabilidad de taludes.

El Sinclinal La Jagua se encuentra dentro de la cuenca Cesar-Ranchería, localizado en la región central del departamento del Cesar, aproximadamente 110 km al sur de su capital Valledupar y 3 km al noreste de La Jagua de Ibirico, correspondiendo su jurisdicción a este municipio.

Debido a que el proceso de profundización de una mina viene acompañado de problemas de inestabilidad en los taludes, a veces importantes, es en este sentido en el que el desarrollo de una caracterización geotécnica del depósito proporcionará un importante aporte para el conocimiento y desarrollo de las actividades mineras a futuro.

Para hacer la caracterización geotécnica se utilizó la clasificación geomecánica RMR, por medio de la cual se estimó las propiedades geomecánicas y la calidad del macizo rocoso.

En la zona de estudio fueron identificadas ocho zonas con características geomecánicas y clasificación RMR diferentes, dentro de las cuáles se identifican como las más problemáticas las zonas 5 y 7 ubicadas por debajo de manto 45, siendo clasificadas como macizos de calidad muy mala.

En el macizo rocoso se definieron cuatro familias de discontinuidades principales. Las familias A y B corresponden a la superficie de estratificación y las familia C y D corresponden a sistemas de diaclasas.

Se hicieron correlaciones para los ensayos de carga puntual y para el registro sísmico, con el cual se pudieron establecer procedimientos de estimar el valor a la compresión simple de las rocas del depósito de manera rápida y confiable.

* Pasantía de Investigación

** Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas, Escuela de Geología, Director. Ing. MORENO TORRES, Luis Eduardo. Coodirector MSc. DUBIER ANDRÉS CARDONA LÓPEZ, GEOTECNISTA PROYECTO LA JAGUA

ABSTRACT

TITLE: GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION OF ROCK MASS CONTAINED IN EXPLOITED SECTORS AT LA JAGUA SYNCLINE, JAGUA DE IBIRICO TOWN-CESAR*.

AUTHOR: Vásquez, Mauricio J**.

KEYWORDS: La Jagua Syncline, geotechnical characterization, RMR classification methods, slope stability

DESCRIPTION

La Jagua Syncline is within the Cesar-Rancheria basin, located in the central region of the department of Cesar, about 110 km south of its capital Valledupar and 3 km northeast of La Jagua de Ibirico, corresponding to this county jurisdiction.

Because the deepening process of a mine is accompanied by problems of instability in the slopes, sometimes significant, it is in this sense that the development of a geotechnical characterization of the deposit will provide an important contribution to knowledge and development of future mining activities.

In order to make the geotechnical characterization, the geomechanical RMR classification methods were used, through which the geomechanical properties and rock mass quality were estimated.

In the studied area, eight areas with different geomechanical characteristics and RMR classifications were found, within what is identified as the most problematic zones 5 and 7 located below the mantle 45 being classified as very poor quality beds.

Four principals families of discontinuities were identified in the rock mass. The A and B families corresponds to stratification surface and the C and D families are a system of joints.

Correlations were calculated for point load test and sound log, and the procedures could be established to estimate the simple compression value of the rocks in the tank quickly and safely.

* Internship of Investigation

** Faculty of Physicochemical Engineerings, School of Geology, The Director. Ing. MORENO TORRES, Luis Eduardo. Coodirector MSc. DUBIER ANDRÉS CARDONA LÓPEZ, GEOTECNISTA I PROJECT THE JAGUA

INTRODUCCIÓN

El objeto de este trabajo es desarrollar un estudio de las propiedades físicas y mecánicas más relevantes del macizo rocoso de la Formación Los Cuervos (Miembro superior), que aflora en la mina Proyecto La Jagua (PLJ) la cual se encuentra ubicada en el municipio La Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar.

Este trabajo es una Pasantía de investigación presentada para optar el título Geólogo y fue desarrollada en la compañía Proyecto La Jagua bajo la supervisión del departamento de geotecnia.

La mecánica de rocas se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamiento mecánico de los materiales rocosos, y de su respuesta ante la acción de fuerzas aplicadas en su entorno físico.

Debido a que el proceso de profundización de una mina viene acompañado de problemas de inestabilidad en los taludes, a veces importantes, es en este sentido en el que el desarrollo de una clasificación geomecánica del depósito proporcionará un importante aporte para el conocimiento y desarrollo de las actividades mineras a futuro.

El método utilizado para determinar la clasificación geomecánica del macizo rocoso objeto de estudio de este trabajo es el propuesto por Bieniaswski (1972), conocido como Rock Mass Rating (RMR). Este método permite estimar la calidad del macizo rocoso, mediante la cuantificación de parámetros de fácil medición, los cuales se establecen en campo y con costos económicos relativamente bajos. El método RMR utiliza los siguientes parámetros:

- ✓ Resistencia a la compresión simple del material.

- ✓ El RQD (Rock Quality Designation).
- ✓ El espaciamiento de las discontinuidades.
- ✓ El estado de las discontinuidades.
- ✓ La presencia de agua.
- ✓ La orientación de las discontinuidades.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la clasificación geomecánica del macizo rocoso que compone el depósito carbonífero de la mina PROYECTO LA JAGUA, utilizando la metodología RMR (rock mass rating).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Revisar la información geológica y geotécnica relacionada con la zona de estudio y la información existente en la mina obtenida de núcleos de perforación.
- ✓ Realizar poligonales en los sitios más representativos de la mina, donde se involucre la mayor parte de la columna estratigráfica del sector explotado de mina PROYECTO LA JAGUA.
- ✓ Realizar ensayos y reconocimientos de campo de la matriz y el macizo rocoso respecto a su litología, resistencia y discontinuidades.
- ✓ Procesar los resultados de las pruebas realizadas y correlacionarlas con información existente y con resultados de pruebas directas.
- ✓ Clasificar geomecánicamente el macizo rocoso utilizando la metodología RMR (rock mass rating).

2. INFORMACIÓN BÁSICA EXISTENTE

2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y VÍAS DE ACCESO

El SINCLINAL LA JAGUA se encuentra localizado aproximadamente 3 km. al noreste del municipio de La Jagua de Ibirico, el cual a su vez se encuentra en la región central del departamento del Cesar.

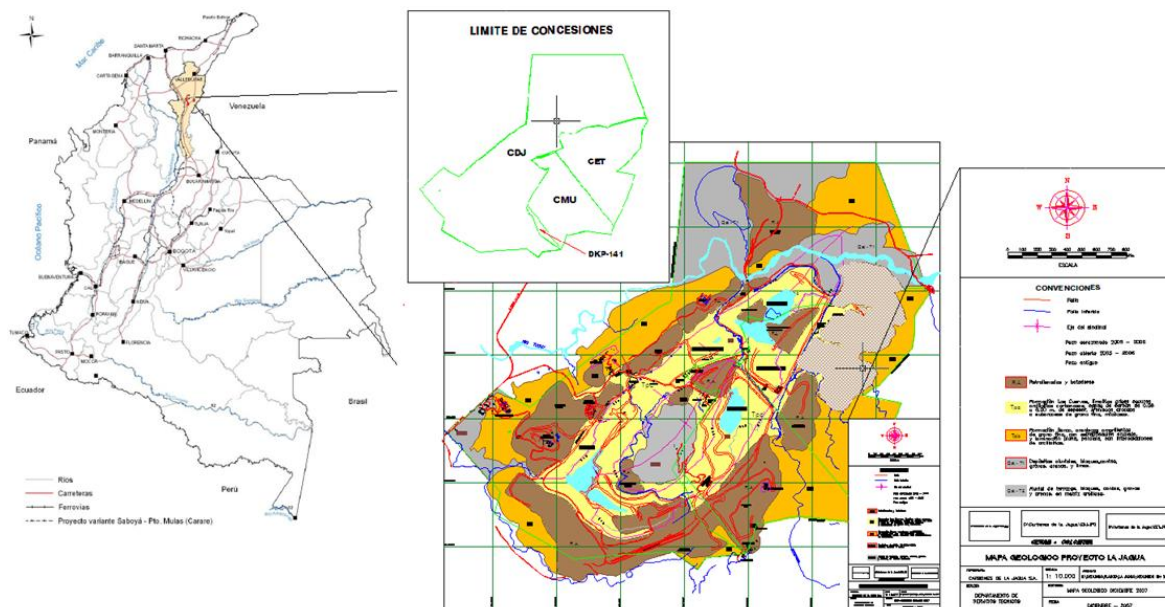
Dentro de este sinclinal se ubica el Proyecto La Jagua, explotado por cuatro concesiones mineras denominadas Consorcio Minero Unido (CMU), Carbones de La Jagua (CDJ), Carbones El Tesoro (CET) y Tres Hectáreas (3HKT), las cuales se encuentran distribuídas dentro del sinclinal tal como se muestra en la figura 2.1.

El área del proyecto se encuentra dentro un polígono cuyos vértices vienen dados por las siguientes coordenadas:

$X_1= 1083000.0000$	$Y_1=1548000.0000$
$X_2= 1083000.0000$	$Y_2=1555000.0000$
$X_3= 1091000.0000$	$Y_3=1548000.0000$
$X_4= 1091000.0000$	$Y_4=1555000.0000$

La principal vía de comunicación es la carretera que de Valledupar conduce a Codazzi-La Jagua-Bucaramanga. Esta se comunica con la troncal del oriente que viene del interior del País hacia las ciudades de Santa Marta, Barranquilla y Cartagena. También a unos 30 Km pasa el Ferrocarril del Atlántico que une a Bogotá con Santa Marta.

Figura 2.1. Localización geográfica del SINCLINAL LA JAGUA.



Fuente: Modificado de Ingeominas, 1996.

2.2 CLIMA E HIDROLOGÍA

En la región existe una serie de climas locales que no pueden ser considerados como un macroclima regional único, sino que constituyen una serie de características que enmascaran el clima regional. Una característica del área, es su alta precipitación con respecto a otras zonas ubicadas a la misma altura, debido a una depresión en la Serranía de Perijá que deja pasar mayor concentración de nubes y contribuye a la generación de lluvias. La características climáticas de la zona son precipitaciones medias con un promedio anual de 1.941,5 mm y precipitación máxima de 2.250,3 mm. El régimen de lluvias es bimodal con dos períodos de invierno entre abril y junio, en los que se presenta el 31% y entre agosto y noviembre que corresponde al 53% de la precipitación anual. Los períodos de verano están comprendidos entre los meses de diciembre a marzo (9,8%) y julio (6,9%). Los valores de temperatura presentan niveles altos, con un promedio entre 28,2° y 30,1°. La evaporación anual es alta, oscila entre

1.900 y 2.000 mm. De igual forma, los valores de brillo solar son altos para casi todo el año con un valor medio multianual de 2.432 horas (CORPOCESAR, 1997)

2.3 GEOLOGÍA

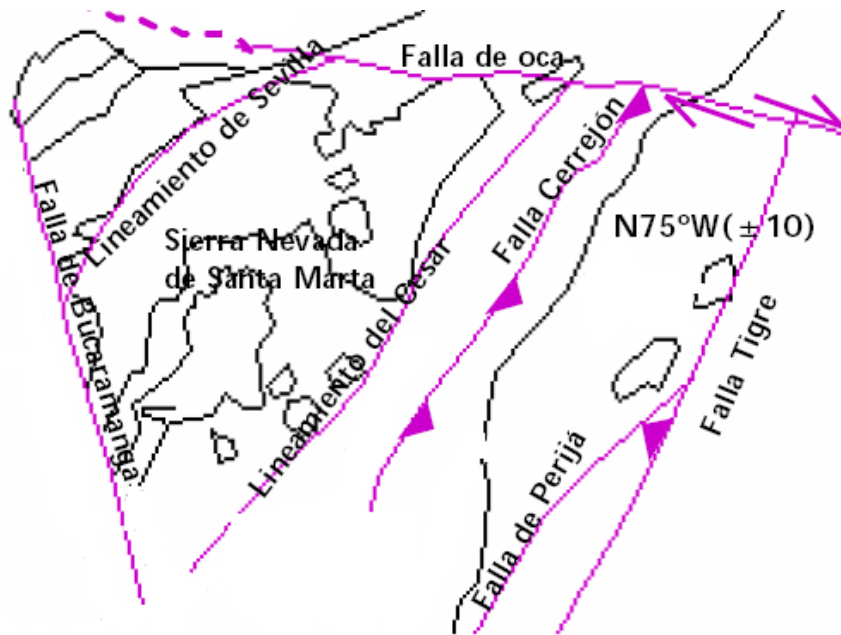
2.3.1 Geología regional. La Zona Carbonífera Cesar pertenece a la denominada cuenca del Cesar - Ranchería, la cual se encuentra limitada al norte, por la Falla Oca de dirección este - oeste y de desplazamiento lateral derecho; al oeste - suroeste, por el sistema de fallas de Bucaramanga - Santa Marta, principalmente, de rumbo e inclinación hacia el oriente; el complejo ígneo - metamórfico de la Sierra Nevada de Santa Marta, al noroeste y la Serranía Perijá o de Los Motilones, al sureste. (Hernández, 2003). Figura 2.2.

En cuanto a las estructuras tectónicas regionales, la zona carbonífera del Cesar la conforman cuatro estructuras carboníferas definidas y otras potenciales, determinadas por interpretación de perforaciones exploratorias.

Estas estructuras son una serie de sinclinales y anticlinales con dirección NE–SW, formando un gran sinclinorio elongado con dirección N35E, separadas por fallas de cabalgamiento y anticlinales deformados, comprimidos y alargados, con igual tendencia regional, como producto de una fuerte compresión con sentido SE-NW.

La zona de estudio se encuentra enclavada en el sinclinal de La Jagua, donde afloran rocas con edades que varían entre el Paleoceno y el Holoceno. La estratigrafía se relaciona con la de las cuencas de Maracaibo y el Valle Medio del Magdalena. La unidad que contiene los carbones es la Formación Los Cuervos de edad Paleoceno – Eoceno temprano, definida por Notestein *et al* (1944), tomado de Hernández, M, 2003, en la quebrada Los Cuervos, afluente del río Catatumbo, en el Departamento de Norte de Santander.

Figura 2.2. Rasgos estructurales cuenca Cesar-Ranchería.



Fuente: Modificado de Duque-Caro 1991

2.3.2 Geomorfología. La región presenta dos zonas geomorfológicamente contrastantes: la Serranía del Perijá, localizada al oriente, caracterizada por altas pendientes, y el área de llanura al oeste de la plancha, caracterizada por un relieve más suave, con colinas y planicies. La zona montañosa de la serranía está conformada por rocas desde el Paleozoico hasta el Cretácico Superior, con relieves de pliegues y pendientes estructurales, enmarcadas en una topografía de capas potentes con un marcado buzamiento hacia el oeste. Se observa cómo las características litológicas afectan el paisaje, ya que las variaciones en composición del material sedimentario originan suaves depresiones entre las más abruptas pendientes, y forman valles suaves, de suelos muy fértiles. La expresión de las fallas y algunas estructuras plegadas sobre el terreno son otro rasgo geomorfológico importante dentro de la plancha. Es así como se observan algunas pendientes fuertes por la generación de facetas triangulares, interrupción de la pendiente topográficamente por sillas de falla, la torsión de divisorias de

agua que originan ganchos, control de algunos drenajes, generación de deslizamientos y un trazado rectilíneo marcado, que evidencian la zona de fallamiento. Un control estructural adicional es el diaclasamiento que permite la entrada de agua y, por consiguiente, su acción más fuerte. Este factor de diaclasamiento es también causante de la erosión diferencial presente, ya que la densidad de diaclasamiento varía en toda la zona y, por ende, el efecto de las aguas es diferente, y origina unas zonas más alteradas que otras. La zona acrecional de relieve plano a ondulado está asociada a la llanura de inundación de sus afluentes, en donde se deposita el material aluvial erodado de la serranía. El cambio hacia la parte montañosa es gradual en algunos sitios y abrupto en otros y evidencia, probablemente, la Falla de Perijá. Se observan pequeños cerros de presión como el de El Piñal, al sur de La Jagua de Ibirico. En esta área se ve claramente el Sinclinorio de La Jagua con una sucesión de sinclinales y anticlinales que chocan en forma abrupta con la serranía, y forman numerosas facetas triangulares a lo largo de la Falla de Perijá. Los numerosos abanicos conservan su forma y producen suaves pendientes que pasan gradualmente hacia la planicie de inundación. En las planicies se presentan cerros alineados. (Hernández, 2003).

2.3.3 Hidrogeología. Desde un punto de vista regional, en el área de estudio se han desarrollado diversos estudios hidrogeológicos generales de carácter exploratorio, principalmente por parte de entidades gubernamentales como el Ingeominas, el Ideam y Corpocesar, en las cuales se ha evaluado a diversos niveles la relación existente entre las corrientes superficiales y el agua subterránea que se presenta en la región y su calidad teniendo en cuenta las diferentes unidades de interés hidrogeológico. Sin embargo los anteriores estudios se han concentrado principalmente en las zonas planas y valle del río Cesar, relegando las áreas montañosas y de piedemonte; esto debido a que el agua superficial en estos sectores es abundante y se alcanza una sobreoferta del recurso, lo que limita el interés para la utilización de métodos artesanales de extracción de agua

subterránea (pozos y aljibes) por parte de los pobladores. De estos estudios se concluye que las rocas con mejores posibilidades acuíferas, corresponden a los depósitos cuaternarios de origen aluvial y rocas calcáreas de edad cretácica con alta porosidad secundaria, en aquellos sitios donde las mismas conforman estructuras adecuadas para el almacenamiento del agua subterránea. (SGI, 2008, Modelo hidrogeológico y conceptual para el complejo carbonífero sinclinal de la jagua, La jagua de Ibirico.)

Los depósitos cuaternarios ofrecen posibilidades de abastecimiento para poblaciones menores de 10.000 habitantes, toda vez que ellos producen caudales bajos (menores de 5 litros por segundo). El agua de estos depósitos, presenta en general mayores concentraciones de iones de bicarbonato, sodio y cloruros, proporcionalmente hablando, con tiempos de permanencia largos. En cuanto a los estratos consolidados de las demás unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona; tales como las unidades Paleozoicas, Mesozoicas y Terciarias, basan sus posibilidades de almacenar agua en la porosidad secundaria que se haya desarrollado en cada caso, debido al importante grado de fracturamiento que ofrecen algunos de sus estratos. Teniendo en cuenta lo anterior, en el área se presentan depósitos cuaternarios y rocas sedimentarias del Cretácico, susceptibles de almacenar recursos de agua subterránea, y que se transforman en alternativas potenciales (en muchos casos reales), para la satisfacción de la demanda de agua desde el punto de vista doméstico, agro-industrial y de riego, entre otras actividades. (SGI, 2008, Modelo hidrogeológico y conceptual para el complejo carbonífero sinclinal de la jagua, La jagua de Ibirico.)

2.3.4.1 Caracterización de unidades hidrogeológicas. SGI, 2008, en su informe MODELO “HIDROGEOLOGICO Y CONCEPTUAL PARA EL COMPLEJO CARBONIFERO SINCLINAL DE LA JAGUA” propone la siguiente clasificación hidrogeológica de las principales unidades presentes en la zona.

Unidad de acuíferos en depósitos inconsolidados (UDI)

En el área de estudio existen sedimentos no consolidados que presentan porosidad primaria y buenas posibilidades como acuíferos; sin embargo los acuíferos son de extensión local, carácter discontinuo, de productividad moderada a baja, conformado por sedimentos cuaternarios inconsolidados y terciarios poco consolidados, principalmente de matriz arenosa a arenolimososa. Estos sedimentos pueden tener sectores que divergen en su comportamiento, por variaciones locales en composición, origen, edad y por la presencia de rasgos estructurales como fallas, anticlinales o sinclinales. Esta unidad forma sistemas de acuíferos en depósitos terciarios como la Formación Cuesta y Cuaternarios aluviales recientes (Qal), terrazas (Qt), de llanura aluvial (Qll), de abanico ápice, medio y distal (Qap1 y Qap3) y coluviales (Qc), asociados a los principales cuerpos hídricos del área como lo son los ríos Tucuy y Sororia, y los arroyos Santa Cruz, Salatiel y Canime, entre otros. Estos acuíferos aparecen influenciados por el sistema estructural del área, principalmente por los sinclinales (que favorecen la concentración y acumulación del agua), y los anticlinales y fallas (que actúan como estructura frontera que limitan la extensión lateral de los acuíferos). En el área, estos acuíferos cuentan con una capacidad específica promedio media a baja (2 a 0.05 l/s/m).

Unidad de acuíferos en rocas con flujo por porosidad secundaria (UFPS)

Para el presente estudio se identificaron rocas carbonatadas cretácicas, consolidadas, de ambiente marino, altamente fracturadas y carstificadas (Formación Molino, Formación La Luna y Grupo Cogollo), lo cual favorece la conformación de acuíferos por porosidad secundaria; de carácter continuo, de extensión regional y local, de productividad moderada (entre 2 y 5 l/s/m), conformando acuíferos confinados con agua de buena calidad. De igual forma, estos acuíferos están controlados por el estilo estructural de la zona,

primordialmente del buzamiento de las capas, fallas, sinclinales, anticlinales (como el de la Estancia) y del sistema de diaclasas y fracturas.

Unidad de sedimentos y rocas con limitados recursos de aguas subterráneas (ULR)

Bajo esta categoría se agrupan unidades con granulometría generalmente fina y media a conglomerática de matriz arcillosa, con permeabilidad general baja, asociada con las Formaciones Rionegro (K1r), Cuervos (Tpc), Barco (Tpb) y Mirador (E2m). En estas formaciones, el recurso subterráneo está limitado por la alta cementación de la unidad y por la presencia de gran cantidad de estratos de granulometría fina; por lo cual se depende de la porosidad secundaria (que en términos generales no es tan alta); existiendo algunas excepciones específicas como en el caso de algunos de los mantos de carbón de la Formación Cuervos como lo son el manto 45 y 15; que en presencia de conexiones hidráulicas con otros acuíferos o corrientes superficiales tienen la facultad de transmitir volúmenes de agua considerables; sin embargo no brindan aguas de óptima calidad dado el constante lixiviado de sulfuros y otros compuestos). En general, estas unidades dan capacidades específicas promedio bajas, menores a 0.05 l/s/m.

Unidad de rocas sin interés hidrogeológico (RSI)

En esta categoría se han incluido unidades de tipo sedimentario a metasedimentario con alto nivel de cementación, muy compactadas y con muy baja a ninguna productividad; asociada a la unidad metasedimentaria de la Virgen (Pzmv) y con la Formación La Quinta. En este caso el recurso de aguas subterráneas se considera escaso dada la muy baja transmisibilidad de estas unidades y la ausencia de estructuras que faciliten la acumulación de agua y la conformación de acuíferos.

2.3.5 Geología del depósito

2.3.5.1 Estratigrafía. En el área de estudio afloran rocas sedimentarias de edad terciaria y Cuaternaria. En el anexo 1 se muestra el mapa geológico del Sinclinal La Jagua.

- **Terciario**

Dentro de las formaciones descritas en el terciario, más específicamente en el Paleógeno - Neógeno, en el área de estudio sólo aflora la formación Los Cuervos.

Formación Los Cuervos (Tpc)

Esta Formación es una de la que mayores y mejores afloramientos exhibe en la zona de estudio, teniendo en cuenta que es la unidad donde se ubican los mantos de Carbón que actualmente se explotan en el área. Esta unidad es reportada por primera vez por Notestein et al. (1944); Peña (1983), tomado de Hernández 2003, los que designan a esta secuencia como Formación Los Cuervos Inferior, Medio y Superior. Aunque esta unidad litoestratigráfica consta de tres miembros (Inferior, de carácter lodoso; Medio, de carácter arenoso y Superior, de carácter lodoarenoso), para el objeto de esta caracterización solo se describirá en detalle el miembro medio, el cual contiene los mantos de carbón y es la unidad que aflora en el área de la operación minera.

Edad: Según Mejía & Mateus (1978) y Ruíz et al. (1993) en Hernández (2003), la edad de la Formación Cuervos en los alrededores de La Jagua es del Paleoceno.

Ambiente de sedimentación: El ambiente de depósito de la Formación Los Cuervos está regido por varias fases de medio deltaico y por períodos de influencia marina. Con base en las características litológicas del área, como son la presencia de mantos de carbón, estratificación de varios tipos en las areniscas,

canales, nódulos de limonita y siderita, y la presencia de restos de plantas y fósiles, en los miembros Inferior y Superior, se puede deducir que en general, el ambiente de deposición que predominó, es un ambiente deltaico transicional, sin descartar un ambiente tipo lagunar. (Acevedo & Pérez, 1990).

Horne et al. (1978) y Serra (1986 en Hernández & Maldonado, 1995) caracterizan el frente deltaico como una secuencia principalmente arenosa, de alta energía. El Miembro Medio de carácter arenoso puede corresponder a esta parte del delta. Según Horne et al. (1978), los carbones de planicie deltáica baja alta son gruesos, con un alto grado de continuidad lateral y usualmente bajos en sulfuros influenciados, principalmente, por agua dulce. El miembro carbonoso corresponde a un medio de transición entre planicie deltaica baja y alta que permitió la deposición de los mantos de carbón de mayor interés económico.

Formación Los Cuervos – Miembro Medio (Tpcm)

Descripción litológica: Aunque presenta un alto contenido de finos (arcillolitas y limolitas), tiene como característica distintiva la presencia de espesos paquetes arenosos, con niveles ferruginosos muy característicos (de 70 cm de espesor) a través de las capas y mantos de Carbón que oscilan entre 0,3 y 5,2 metros de espesor, los cuales son económicamente rentables para la explotación y en los cuales se basan actualmente las actividades mineras del Consorcio Minero. Los niveles arenosos corresponden a areniscas cuarzosas con altos contenidos de hierro y es muy común la presencia de niveles ferruginosos y la formación de gruesas costras de hierro por intemperismo.

En términos generales se puede describir este Miembro como conformado por capas de areniscas en gruesos paquetes que se intercalan con niveles arcillosos y limosos y presencia de delgados niveles de siderita en nódulos. Las areniscas

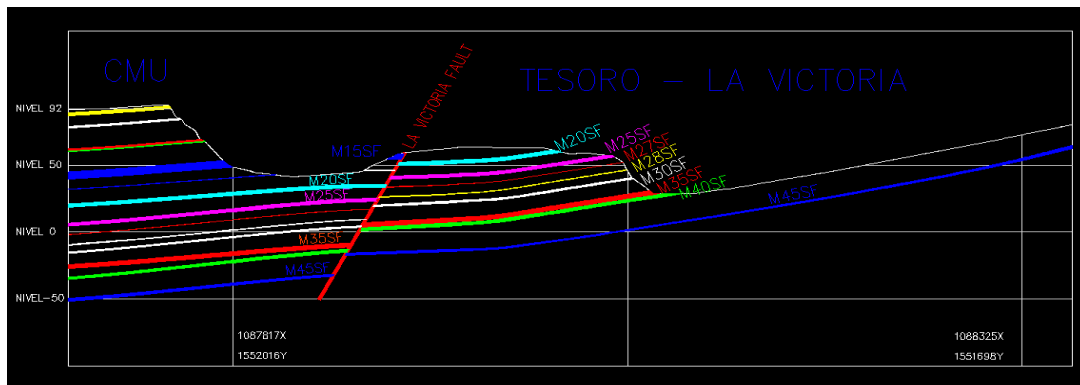
varían de grano fino a medio, en colores gris claro a gris verdoso con tonalidades rojizas por alteración; con laminación planoparalela a ondulosa, con estratificación cruzada y lenticular. Las arcillolitas se caracterizan por presentar laminación plana a ondulosa, son de color gris, variando desde una tonalidad clara hasta oscura, a veces rojiza debido a la alteración. Presentan estratificación plano-paralela, un moderado grado de meteorización, algunas de estas capas son carbonosas y otras presentan nódulos ferruginosos, de color rojizo que varían su diámetro entre 1 y 3 cm. Las limolitas tienen laminación plana a ondulosa, son de color gris, variando desde tonos claros hasta oscuros, presentan estratificación plano-paralela y un moderado grado de meteorización.

Espesor: En el área se han reportado espesores de 480 m (Carbones De la Jagua, 2007).

Afloramientos: Ocupa la mayor parte del área de estudio (toda la parte central), y aflora sobre todo el espacio de la Mina de Carbones de La Jagua (CDJ), Consorcio Minero Unido (CMU), Carboandes y Carbones El Tesoro.

En la figura 2.3 se muestra un perfil geológico de este el miembro medio de la Formación Los Cuervos.

Figura 2.3. Perfil geológico Fm Los Cuervos; miembro medio.



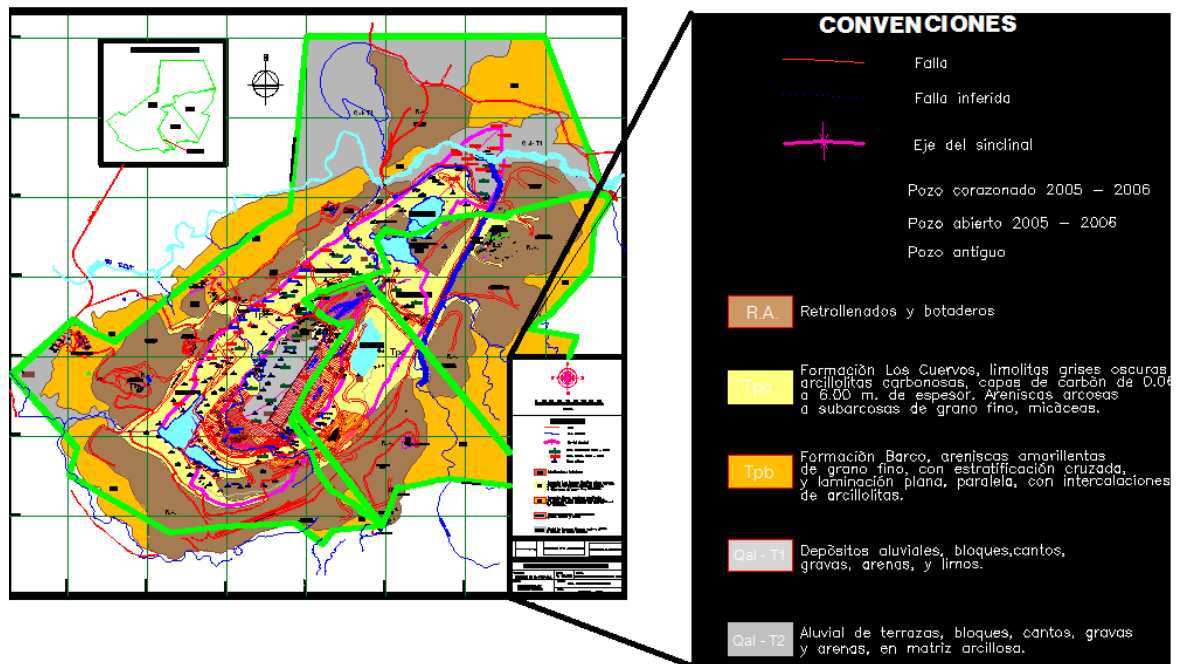
Fuente: Departamento de modelamiento de la mina proyecto la Jagua.

- Cuaternario

Depósitos aluviales recientes (Qal)

Se han incluido bajo esta categoría los depósitos recientes que se encuentran en los valles intramontanos de las corrientes mayores del área y sus afluentes (ríos Tucuy y Sororia), formados por acumulación de sedimentos aluviales. Son moderadamente profundos a profundos (presentan espesores medidos mediante geoelectrónica de 10 a 30 metros, pero en general no superan los 18 metros), formando valles estrechos y de extensión lateral limitada. Composicionalmente, se puede afirmar que se forman principalmente, por bloques, guijos, guijarros, gravas, arenas, limos y arcillas; presentando composición y textura heterogénea dependiendo del área fuente que aporta los materiales y los regímenes de las corrientes que los han depositado. (SGI, 2008). En la Figura 2.4, y anexo 1 se observa el mapa geológico del Sinclinal La Jagua.

Figura 2.4. Mapa geológico sinclinal La Jagua.



Fuente: Departamento de Geología mina proyecto la Jagua.

2.3.6 Geología estructural. El sinclinal La Jagua hace parte de la Cuenca Cesar – Ranchería, la cual está limitada geográfica y tectónicamente por la Serra Nevada de Santa Marta al noroeste, la Serranía de Perijá al este, la Falla de Oca al norte y la Falla Bucaramanga - Santa Marta al suroeste. Este sinclinal hace parte de un gran sinclinorio y forma localmente un bloque estructural definido de dirección N35E. Figura 2.5.

Figura 2.5. Principales elementos estructurales del área de estudio.



Fuente: Asesoría hidrogeológica para el manejo de aguas subterráneas y superficiales en la mina la Jagua, Hidrogeocol 2009.

2.3.6.1 Estilo estructural. El estilo estructural de la zona está relacionado principalmente con la evolución tectónica de la Serranía de Perijá y la Cuenca

Cesar - Ranchería. La Serranía de Perijá está estructuralmente levantada entre la Cuenca de Maracaibo y los valles de los ríos Cesar y Ranchería; es una continuación de la Cordillera Oriental y comienza en un cambio de la alineación estructural. El modelo tectónico es principalmente compresional, causado por los movimientos de diferentes fallas de tipo regional. El estilo estructural está definido por la conjunción del movimiento de las placas tectónicas de Suramérica, Nazca y Caribe, cuya colisión originó sistemas estructurales tipo “wrench” como las fallas transcurrentes Bucaramanga - Santa Marta y Oca y el levantamiento de los sistemas montañosos Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía de Perijá (Cáceres et al., 1980, tomado de Hernández 2003).

Cáceres et al. (1980, tomado de Hernández 2003), con base en un estudio sobre frecuencias de orientación de fallas, lineamientos y pliegues en la Cuenca Cesar – Ranchería, determinó dos sistemas principales de esfuerzos comprensivos $N40^{\circ}W + 5^{\circ}$ y $N75^{\circ}W + 10^{\circ}$. Otros desplazamientos y movimientos reportados son: 46 km para Falla Perijá, y 50 km para Falla Boconó, que evidencian el acortamiento ocurrido en la Cordillera Oriental en por lo menos 200 km.

.La falla Bucaramanga - Santa Marta

Es una falla transcurrente de desplazamiento sinistral, de dirección NNW-SSE, con una expresión topográfica notablemente recta y una longitud de 580 km (Irving, 1975, tomado de Hernández 2003) y corroborado con información estratigráfica a partir de núcleos de perforación (Kellogg, 1984, tomado de Hernández 2003); se le ha calculado un desplazamiento lateral de 110 a 115 kilómetros. Constituye la margen suroccidental de los macizos de Santa Marta y Santander.

.La falla Oca

Es una falla rumbodeslizante lateral derecha de dirección este-oeste (EW), sirve de límite norte a la Sierra Nevada de Santa Marta y a la Serranía de Perijá. No se conoce evidencia directa de su deslizamiento (Irving, 1975, tomado de Hernández 2003) sin embargo este autor menciona desplazamientos de 20 km en análisis de núcleos de perforación sobre rocas sedimentarias del post-Eoceno en el extremo venezolano.

El estilo estructural predominante es de plegamiento donde el fallamiento está subordinado a éste.

2.3.6.2 Estructuras. En el área de estudio las estructuras principales contenidas son el sinclinal La Jagua, falla Canime, falla La Victoria y un sistema de fallas NE-SW.

Sinclinal La Jagua: Ubicado al Noreste del casco urbano del Municipio de La Jagua de Ibirico, se trata de una estructura de forma elipsoidal de carácter asimétrico, con el eje más alargado hacia el norte, y con un cabeceo evidente hacia el Oeste. Presenta dimensiones de 10,4 km para el semieje mayor y de 4 km para el semieje menor. Esta estructura es un sinclinal abierto con un buzamiento en sus dos flancos entre 10° y 32° . El eje mayor del sinclinal varía su rumbo desde $N 85^{\circ} E \pm 5^{\circ}$ hasta $N 33^{\circ} E \pm 5^{\circ}$, presentando su mayor punto de inflexión en el sector de Cerro de Piedra. En el sector Sur, la estructura es amplia y se cierra al norte con un cabeceo al W. El sinclinal afecta principalmente rocas de la Formación Los Cuervos Miembro Inferior (Tpci) y Miembro Medio (Tpcm), y es el principal rasgo estructural que controla los depósitos que son objeto de la explotación actual minera en el área. (Hernández, 2003), figura 2.6.

Figura 2.6. Fotografía del Sinclinal La Jagua, donde se muestra su estructura y su eje.



Fuente: Autor del proyecto.

.Falla Canime: Ubicada al E de Loma de Corazones, es una falla de cabalgamiento, afecta los miembros superior y medio de la Fm Los Cuervos. De poco desplazamiento y de dirección N35°E (± 10). Hacia el N desaparece mostrando una disminución en la magnitud de los esfuerzos en este sector.

.Falla La Victoria: En el sector del sinclinal de la Jagua, se observa la secuencia estratigráfica correspondiente al nivel medio de la formación los Cuervos afectada por una falla de tipo normal, con una pequeña componente en rumbo, la cual se ha denominado Falla la Victoria. Figura 2.7.

La falla La Victoria presenta una disposición entre N60° - 80°E buzando entre 45° - 60° al NW. La zona de influencia de la falla tiene un ancho entre 35m a 50 m, en donde se presenta un fuerte plegamiento de los estratos, fracturamiento del material y un descenso del bloque occidental entre 25m y 35m. En la zona de falla

se ha identificado un trazo principal ubicado en el sector oriental de la zona de falla y algunas fallas satélites que se manifiestan con plegamientos de los estratos afectados y en algunas ocasiones con el fracturamiento y desplazamientos de los mismos, dependiendo de las características mecánicas de los materiales.

De acuerdo con la información recolectada en campo durante la operación minera en las concesiones del Proyecto La Jagua (CMU y CET), se aprecia que esta falla corresponde a una pequeña estructura en flor negativa, cuya proyección hacia el sur occidente afecta el polígono HKT-08031 en el flanco oriental.

Figura 2.7. Falla La Victoria. Fotografía tomada en el tajo Tesoro, sector central del sinclinal La Jagua.



Fuente: Departamento de modelamiento mina Proyecto La Jagua.

Sistema de fallas NE-SW: Este sistema está conformado por fallas con orientación aproximadamente Norte hasta Este, encontrándose primordialmente en el área de la Serranía del Perijá. Al igual que el sistema de falla NW-SE (con el cual conforma grupos de bloques casi ortogonales), se presenta controlando el drenaje del área, lo cual se hace evidente en los análisis de fotografías aéreas, imágenes de satélite y modelos digitales del terreno de Google Earth. De acuerdo con Hernández y Clavijo (2002) estas fallas sugieren un componente vertical y un movimiento dextral en sentido E-W.

2.4 EXPLORACIONES

En la mina se han realizado perforaciones triconadas y perforaciones corazonadas, las cuales son un punto de partida importante para realizar la caracterización geotécnica del depósito. A continuación se describe la información obtenida de las estas exploraciones realizadas hasta este momento en el sinclinal de la Jagua. En el anexo 2 se muestra un mapa del sinclinal donde se encuentran ubicadas estas perforaciones.

2.4.1 Registro litológico. En los programas de exploración se adquiere información geológica detallada del depósito como litología, estructuras sedimentarias, diaclasamiento, RQD, etc. De manera general, se ha identificado que el miembro medio de la formación Los Cuervos donde se encuentran los mantos de carbón explotables, está conformado principalmente por areniscas (32.43%), limolitas (25.10%), arcillolitas (23.39%) y carbón (19.08%).

Las areniscas son de color gris, variando su tono de claro hasta oscuro y también presentando coloraciones rojizas y verdosas debido a la alteración, el grano fluctúa de fino a medio, tienen estructura masiva y un RQD promedio de 85%.

Las limolitas son de color gris, variando su tono de claro hasta oscuro, tienen tamaño de grano limo, estructura masiva y un RQD promedio de 80%.

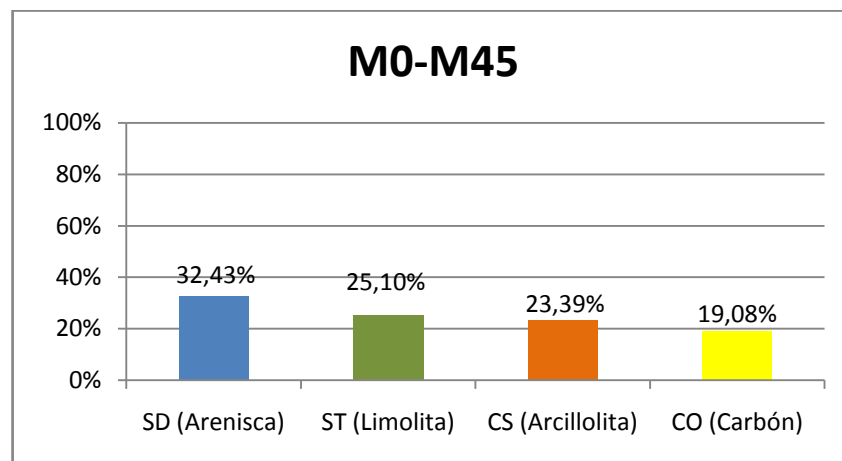
Las arcillolitas son de color gris, variando su tono de claro hasta oscuro, tienen tamaño de grano arcilla, estructura masiva y un RQD promedio de 45%.

El carbón es de color negro, presenta una estructura masiva y un RQD promedio de 80%.

Basados en las perforaciones realizadas en esta campaña de exploración se pudo establecer las proporciones entre los tipos de roca que hay entre mantos de carbón. Estas proporciones se muestran como diagramas de barras con el fin de dar información acerca de los porcentajes de las litologías que hay entre los mantos de carbón y se pueden observar en el anexo 3.

En la figura 2.8 se muestra los porcentajes de las litologías a lo largo de todo el depósito, desde manto 0 hasta manto 45.

Figura 2.8. Porcentaje de litologías M0 – M45.



Fuente: Autor del Proyecto.

El cuadro 2.1 contiene el resumen de los porcentajes de las litologías que hay entre mantos de carbón anteriormente propuestos.

Cuadro 2.1. Resumen de porcentajes de litologías entre mantos de carbón para todo el depósito, (Exploración).

INTERVALO	%SD(Arenisca)	%ST(Limolita)	%CS(Arcillolita)	%CO(Carbón)
M0-M2	28,54	25,55	31,76	14,15
M2-M5	28,3	25,79	31,35	14,56
M5-M10	43,72	25,55	22,04	8,69
M10-M15	28,1	17,86	17,22	36,82
M15-M20	57,93	16,76	9,72	15,59
M20-M25	35,57	23,22	23,6	17,61
M25-M30	29,64	32,96	25,35	12,05
M30-M35	15,64	27,22	28,31	28,83
M35-M40	24,2	9,75	21,19	44,86
M40-M45	30,15	33,34	20,24	16,27
BAJO M45	34,16	37,43	25,87	2,54
TOTAL	32,43	25,10	23,39	19,08

Fuente: Autor del Proyecto.

2.4.2 Registro geofísico. En la fase de exploración se realizaron registros de pozos entre los cuales se ejecutaron registros sísmicos, los cuales miden la velocidad de la onda P. Por medio de este registro es posible hacer una correlación con la resistencia a la compresión simple basado en la velocidad de esta onda cada 20 cm, Oylar 2008.

Con el fin de establecer la resistencia a la compresión simple de las rocas del depósito por medio del registro sísmico, fueron escogidos cinco pozos exploratorios que tuvieran este registro y que además estuvieran cercanos a los lugares donde fueron realizadas las poligonales con el fin de comparar estos resultados con los obtenidos en los ensayos de campo. Los pozos escogidos para realizar esta

correlación fueron: JC4014, JC4015, JC4019, JC4030 Y JC4033, y su ubicación dentro del depósito se muestra en el anexo 4.

2.5 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA

En 1995, CARBONES DEL CARIBE S.A solicitó a GEOMINAS S.A la evaluación geotécnica de los yacimientos carboníferos conocidos como integrales Norte y Sur ubicados dentro del sinclinal La Jagua. Las características geotécnicas del macizo rocoso afectado por la explotación minera se obtuvieron a partir de actividades de campo y laboratorio. El objeto de este informe fue describir las características de las discontinuidades, el comportamiento de los taludes de las explotaciones actuales, y un muestreo de suelos y núcleos representativos de los distintos grupos litológicos que conforman el depósito, para determinar sus propiedades geomecánicas mediante ensayos de laboratorio.

CONSORCIO MINERO UNIDO S.A (CMU) solicitó a ROCAS Y MINERALES LTDA una consultoría geotécnica del depósito carbonífero que lleva su mismo nombre (CMU). En general, en esta consultoría se desarrollaron los análisis de estabilidad de las paredes altas y bajas de la mina, para tal efecto se realizaron observaciones de campo, perforaciones y ensayos de laboratorio que permitieran evaluar las propiedades geomecánicas de los materiales de la zona.

2.5.1 Ensayos de laboratorio. Parte de la información geotécnica existente en la empresa corresponde a ensayos de laboratorio realizados a muestras de roca que representan interés geotécnico. Se realizaron ensayos de pesos unitarios con el fin de obtener las densidades de las rocas del depósito, ensayos de compresión uniaxial con el objeto de estimar la resistencia a la compresión simple de las rocas, ensayos de tracción indirecta para conocer el esfuerzo de tracción axial y ensayos de corte directo con el fin de obtener el ángulo de fricción y la cohesión de las rocas del depósito. Parte de estos ensayos fueron realizados por Carbones

del Caribe y los demás fueron realizados en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional sede Medellín, obteniéndose los siguientes resultados.

Pesos unitarios

En la tabla 2.1 se muestra el resumen de los resultados de los ensayos hechos para la estimación de los pesos unitarios de las rocas del depósito.

Tabla 2.1. Resumen de resultados de ensayos de pesos unitarios.

LITOLÓGÍA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	PROMEDIO ARITMÉTICO	NÚMERO DE MUESTRAS
SD (Arenisca)	2,47	2,76	2,60	25
CS (Arcillolita)	1,24	2,61	2,34	21
ST (Limolita)	2,10	2,81	2,51	31
CO (carbón)	1,16	2,32	1,35	15

Fuente: Autor del Proyecto.

Compresión uniaxial

En la tabla 2.2 se muestra el resumen de los resultados de los ensayos hechos para la estimación de la resistencia a la compresión simple de las rocas del depósito.

Tabla 2.2. Resumen de resultados de ensayos de compresión uniaxial.

LITOLÓGÍA	VALOR MÍNIMO(MPa)	VALOR MÁXIMO(MPa)	PROMEDIO ARITMÉTICO(MPa)	NÚMERO DE MUESTRAS
SD (Arenisca)	9,32	127,51	57,9	21
CS (Arcillolita)	1,08	49,03	0,6	19
ST (Limolita)	1,18	51,42	21,1	33
CO (carbón)	1,92	50,30	11,64	15

Fuente: Autor del Proyecto.

Tracción indirecta

En la tabla 2.3 se muestra el resumen de los resultados de los ensayos de tracción indirecta realizados con el fin de conocer el esfuerzo de tracción axial de las rocas del depósito.

Tabla 2.3. Resumen de resultados de ensayos de tracción indirecta.

LITOLOGÍA	VALOR MÍNIMO(MPa)	VALOR MÁXIMO(MPa)	PROMEDIO ARITMÉTICO(MPa)	NÚMERO DE MUESTRAS
SD (Arenisca)	2,80	8,20	4,74	12
CS (Arcillolita)	0,60	4,90	2,13	7
ST (Limolita)	2,70	2,80	2,76	3

Fuente: Autor del Proyecto.

Corte Directo

En la tabla 2.4 se muestra el resumen de los resultados de los ensayos de corte directo con el objeto de determinar el ángulo de fricción pico y el valor de la cohesión pico de las rocas del depósito.

Tabla 2.4. Resumen de resultados de ensayos de corte directo.

LITOLOGÍA	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)			COHESIÓN (MPa)			NÚMERO DE MUESTRAS
	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	PROMEDIO ARITMÉTICO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	PROMEDIO ARITMÉTICO	
SD (Arenisca)	12,34	62,40	34,66	0,12	3,63	1,42	6
CS (Arcillolita)	10,79	35,00	22,63	1,61	25,00	8,30	4
ST (Limolita)	0,76	42,26	27,72	0,30	4,35	2,34	6

Fuente: Autor del Proyecto.

3. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se muestra la información recolectada de los principales autores sobre mecánica de rocas y la clasificación geomecánica RMR, la cual es necesaria e indispensable para el desarrollo de este trabajo.

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

Con el objeto de ambientar al lector y facilitar el entendimiento del tema fue considerado definir algunos conceptos básicos.

Matriz rocosa

Material rocoso sin discontinuidades, o bloques de roca entre discontinuidades. (Se caracteriza por su densidad, deformabilidad y resistencia; por su localización geográfica; y por su litología, ya sea ésta única o variada).

Discontinuidad

Cualquier plano de origen mecánico o sedimentario en un macizo rocoso, con una resistencia a la tracción nula o muy baja. (Genera comportamiento no continuo de la matriz rocosa, y normalmente anisótropo).

Macizo rocoso

Conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, que condicionan su comportamiento geomecánico e hidráulico.

Propiedades de la matriz rocosa

La matriz rocosa posee unas propiedades que permiten su identificación y clasificación, y otras propiedades mecánicas que permiten conocer sus características geotécnicas. Estas propiedades son resumidas en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Propiedades de la matriz rocosa.

	Propiedades	Métodos de determinación
Propiedades de identificación y clasificación	Composición mineralógica	Descripción visual Microscopía óptica y electrónica Difracción de rayos x
	Fábrica y textura	
	Tamaño de grano color	
	Porosidad	Técnicas de laboratorio
	Peso específico	
	Contenido en humedad	
	Permeabilidad	Ensayos de permeabilidad
Alterabilidad	Ensayos de alterabilidad	
Propiedades mecánicas	Resistencia a compresión simple	Ensayo de compresión uniaxial Ensayo de carga puntual Martillo de Schmidt
	Resistencia a tracción	Ensayo de tracción indirecta Ensayo de tracción directa
	Velocidad de ondas sísmicas	Técnicas de laboratorio
	Deformabilidad	Ensayo de compresión uniaxial Ensayo de velocidad sísmica

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

Los aspectos que deben describirse de la matriz rocosa en campo son:

- ✓ Identificación litológica.
- ✓ Meteorización o alteración.
- ✓ Resistencia a compresión simple.

3.1.1 Identificación litológica. Debido a que todas las rocas que se encuentran contenidas en el depósito son sedimentarias, este aspecto se reduce a identificar

qué tipo de roca sedimentaria es, y esto se hace revisando los propiedades de identificación de rocas sedimentarias tales como tamaño y forma de los granos, color, textura, estructura y dureza de dichas rocas.

3.1.2 Meteorización de la matriz rocosa. Gonzales de Vallejo, 2004, sostiene que el grado de meteorización de la roca es una observación importante en cuanto que condiciona de forma definitiva sus propiedades mecánicas. Según avanza el proceso de meteorización aumenta la porosidad, permeabilidad y deformidad del material rocoso, al tiempo que disminuye su resistencia. La definición del estado o grado de meteorización de la matriz rocosa se puede realizar de forma sistemática de acuerdo al cuadro 3.2.

Los distintos tipos de rocas son afectados desigualmente por los procesos de meteorización siendo estos más intensos cuanto mayor es el tiempo de exposición a los agentes atmosféricos.

Cuadro 3.2. Descripción del grado de meteorización, basade en la de D. G: Moye.

Código	TERMINO	DESCRIPCIÓN	GRADO
F	Fresca (Fresh)	No presenta señales visibles de meteorización en la roca; tal vez puede presentar ligeras decoloraciones sobre superficies de discontinuidad mayores.	I
SW	Ligeramente meteorizada (Slightly weathered)	Se presenta decoloración del material de roca y superficies de discontinuidad. Todo el material de roca esta decolorado por la meteorización y tal vez algunos pueden ser más débiles externamente que en su condición fresca.	II
MW	Moderadamente meteorizada (Moderately weathered)	Menos de la mitad del material rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La roca fresca o decolorada está presente continuamente.	III
HW	Altamente Meteorizada (Highly weathered)	Más de la mitad del material rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La roca fresca o decolorada está presente discontinuamente.	IV
CW	Completamente	Todo el material rocoso está descompuesto	V

Código	TERMINO	DESCRIPCIÓN	GRADO
	Meteorizada (Completely Weathered)	y/o desintegrado a suelo. La estructura de la masa original permanece intacta.	
RS	Suelo Residual (Residual soil)	Todo el material esta convertido en suelo. La estructura de la masa y fábrica de los materiales esta destruida. Hay grandes cambios en volumen, pero el suelo no ha sido transportado.	VI

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

3.1.3 Resistencia. La resistencia de la matriz rocosa puede ser estimada en el afloramiento mediante índices de campo a partir de correlaciones con datos proporcionados por sencillos ensayos de campo, como el ensayo de carga puntual PLT, el martillo de Schmidt o correlación con el registro sísmico

Los índices de campo permiten una estimación del rango de resistencia de la roca. Los criterios para su identificación aparecen escritos en el cuadro 3.3, y deben ser aplicados sobre la roca una vez limpiada la capa de alteración superficial.

Cuadro 3.3. Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo.

Clase	Descripción	Identificación de campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión simple (Mpa)
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25 - 1
R1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo	1 - 5
R2	Roca blanda	Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas	5 - 25
R3	Roca moderadamente dura	Puede fracturarse con un golpe fuerte de martillo	25 - 50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe de martillo para fracturarla	50 - 100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes de martillo para fracturarla	100 - 250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo solo saltan esquirlas	> 250

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

El ensayo de carga puntual, PLT, permite tener un índice, I_s , correlacionable con la resistencia a compresión simple. Mediante el martillo Schmidt o esclerómetro se mide la resistencia al rebote de una superficie rocosa, que se correlaciona con la resistencia a compresión simple. En los anexos 5 y 6 se describen ambos ensayos y sus aplicaciones. En ambos casos es recomendable tomar un número elevado de medidas y realizar su análisis estadístico. Con los valores de resistencia obtenidos con estos métodos se puede clasificar la matriz rocosa con base a los criterios de Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Clasificación con base a la resistencia de la roca.

Resistencia a la compresión simple (Mpa)	Descripción
1 - 5	Muy blanda
5 - 25	Blanda
25 - 50	Moderadamente dura
50 - 100	Dura
100 - 250	Muy dura
> 250	Extremadamente dura

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

3.1.3.1 Ensayos para determinar la resistencia de las rocas. Aquí se ilustran los ensayos que permiten determinar la resistencia de las rocas a los cuales se tuvo acceso para el desarrollo del presente trabajo.

Ensayo de carga puntual (PLT)

Se utiliza para determinar la resistencia a la compresión simple de fragmentos irregulares de roca o a núcleos de perforación, a partir del índice I_s obtenido de este ensayo.

El procedimiento consiste en romper una muestra entre dos puntas cónicas mecánicas accionadas por una prensa portátil. En un manómetro que tiene la máquina aparece el valor P que es la carga de rotura de la muestra y a partir se obtiene el Índice I_s usando la siguiente ecuación:

$$I_s = P/D^2, \text{ siendo D el diámetro de la muestra.}$$

El índice I_s se correlaciona con la resistencia a la compresión simple mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_c = f \cdot I_s, \text{ donde f depende del diámetro de la muestra.}$$

Para un diámetro de 50 mm el valor de f es 23, y si el diámetro es diferente es necesario realizar la corrección de esta constante.

Este ensayo se realizó bajo la norma ASTM D5731. A cada estrato se le realizaron diez ensayos con orientación perpendicular y diez ensayos con orientación paralela a la estratificación, estos ensayos fueron hechos a muestras irregulares y a núcleos de roca obtenidos con la máquina nucleadora GEAR REDUCED CORE DRILL, MODEL 02, marca STIHL. Para el cálculo del índice de carga puntual se descartaban el mayor y menor valor y se promediaban los ocho restantes.

Martillo de Schmidt

Con este instrumento se puede estimar en forma aproximada el valor de la resistencia a la compresión simple de las rocas por medio de una simple correlación, pudiendo aplicarse principalmente a matriz rocosa, pero también a discontinuidades. El uso de este instrumento es muy extenso debido a su facilidad y rapidez de ejecución.

El martillo de Schmidt consiste en un pequeño aparato cilíndrico metálico que dispone de un muelle en su interior y de una punta retráctil, la cual, al ser presionada contra la roca hace que el muelle se dispare. La roca sobre la cual se va a realizar este ensayo debe estar libre de fisuras o grietas y se le debe quitar la pátina de material meteorizado. Este ensayo se realizó bajo la norma ASTM D5873. Se tomaron diez valores de rebote del martillo, se descartan los cinco menores y se promedian los cinco mayores.

Los valores de rebote del martillo obtenidos se correlacionan a valores de resistencia a compresión simple por medio de la figura 3.1, la cual está en términos de la densidad de la roca y de la inclinación del martillo en el momento de realizar el ensayo.

Para la correlación a compresión simple se digitalizó la gráfica de correlación de Martillo de Schmidt a compresión simple con el fin de establecer funciones que permitan un fácil y rápido cálculo de este valor. Se establecieron tres ecuaciones, una para cada orientación de martillo y son mostradas a continuación:

$$\sigma_c = 10 * e^{(0.0505 + ((\rho - 25) * 0.0021) * R)}$$

orientación ↙ (R²=0.999)

$$\sigma_c = 10 * e^{(0.0485 + ((\rho - 25) * 0.0019) * R)}$$

orientación ← (R²=0.991)

$$\sigma_c = 10 * e^{(0.0464 + ((\rho - 25) * 0.0021) * R)}$$

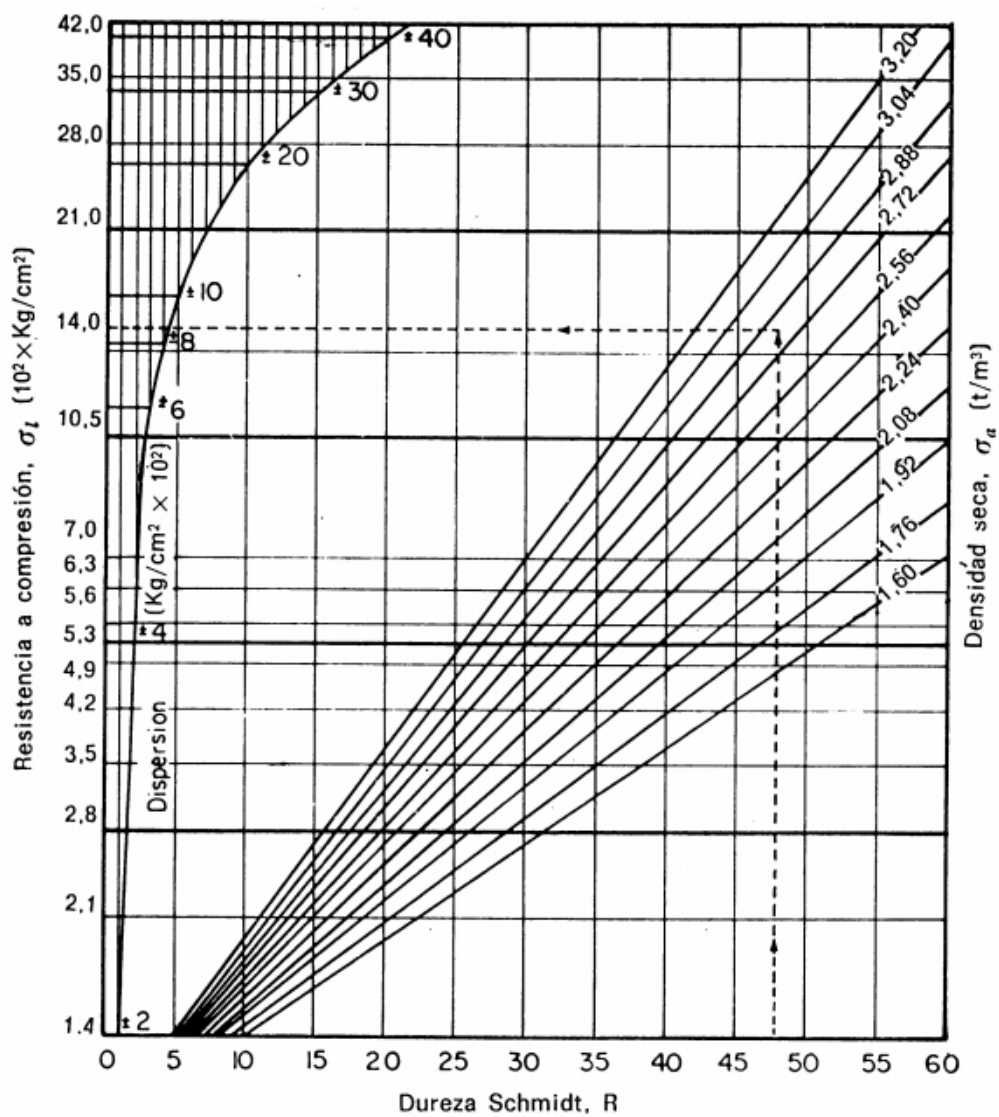
orientación ↘ (R²=0.965)

Donde:

σ_c : Resistencia a compresión simple (MPa).

ρ : Densidad de la roca (KN/m³)

Figura 3.1. Ábaco de correlación de martillo de Schmid a compresión simple.



Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

Correlación con registro sísmico

David C. Oylar en el artículo '*Correlation of Sonic Travel Time to the Uniaxial Compressive Strength of U.S. Coal Measure Rocks*' propone que la velocidad de la onda P cada 20 segundos obtenido en el registro sísmico es correlacionable con la resistencia a la compresión simple de las rocas por medio de la siguiente ecuación:

$$UCS = 5785 * e^{-17374/VL2F}$$

Corte directo

El ensayo de corte directo se realiza con el objetivo principal de determinar el valor de la cohesión, así como el ángulo de fricción interna de un suelo o una roca sometido a esfuerzo cortante. Este ensayo indica la ocurrencia de una falla a través de un plano de localización predeterminado. Sobre este plano actúan dos fuerzas, una normal por una carga vertical aplicada y un esfuerzo cortante debido a la acción de una carga horizontal. Como el esfuerzo cortante y el esfuerzo normal tienen el mismo significado en la construcción del círculo de Mohr, en lugar de resolver una serie de ecuaciones para c y $\tan \phi$, es posible dibujar en un plano de ejes coordenados estos valores para los diferentes ensayos y proponer promedio del valor de la cohesión en el corte en Y y ϕ por la pendiente de esta recta. En este ensayo también se puede obtener los parámetros de resistencia residual c_R y ϕ_R

Normalmente el ensayo se realiza sobre tres probetas de una misma roca, sometida cada una de ellas a una presión normal diferente, obteniéndose la relación entre la tensión tangencial de rotura y la tensión normal aplicada.

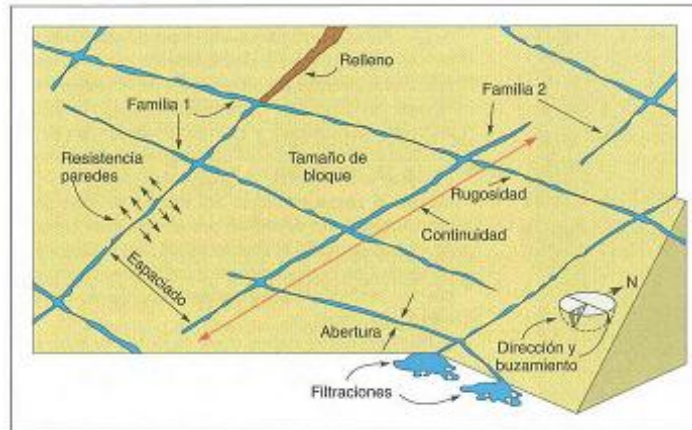
Para determinar los parámetros resistentes, c y ϕ de un suelo, se utiliza un equipo de corte directo en el que una probeta de suelo de forma cilíndrica o rectangular que se encuentra restringida lateralmente por una pared rígida, se corta a lo largo de un plano horizontal mientras se encuentra sometida a una presión normal a dicho plano.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES

Gonzalez, 2004, afirma que las discontinuidades condicionan de una forma definitiva las propiedades y el comportamiento resistente, deformacional e hidráulico de los macizos rocosos. La resistencia al corte de las discontinuidades es el aspecto más importante en la determinación de la resistencia de los macizos rocosos duros fracturados, y para su estimación es necesario definir las características y propiedades de los planos de discontinuidad. A cada familia de discontinuidades la descripción y medida de los siguientes parámetros debe ser realizada en campo (Figura 3.2):

- ✓ Orientación.
- ✓ Espaciado.
- ✓ Continuidad y persistencia.
- ✓ Rugosidad.
- ✓ Resistencia de las paredes.
- ✓ Abertura.
- ✓ Relleno.
- ✓ Filtraciones.

Figura 3.2. Esquema de los parámetros de las discontinuidades.



Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

Algunos de estos parámetros, como la rugosidad, resistencia de las paredes, apertura y relleno, determinan el comportamiento mecánico y la resistencia al corte de las discontinuidades.

3.2.1 Orientación. Las discontinuidades sistemáticas se presentan en familias con orientación y características más o menos homogéneas. La orientación relativa y el espaciado de las diferentes familias de un macizo rocoso definen la forma de los bloques que conforman al macizo. La orientación de las discontinuidades con respecto a las estructuras u obras de ingeniería condiciona la presencia de inestabilidades y roturas a su favor.

La orientación de una discontinuidad en el espacio queda definida por su dirección de buzamiento (inclinación respecto a la horizontal de dicha línea). Su medida se realiza mediante la brújula con clinómetro o con el diaclasímetro.

La dirección de buzamiento se mide siguiendo la dirección de las agujas del reloj desde el norte, y varía entre 0° y 360° . El buzamiento se mide mediante el clinómetro, con valores entre 0° (capa horizontal) y 90° (capa vertical). Los valores de dirección de buzamiento y buzamiento se suelen registrar en este

orden en los formatos, indicando el tipo de discontinuidad al que corresponden los valores. Por ejemplo la notación $270^{\circ}/60^{\circ}$ indica un plano de estratificación con un buzamiento de 60° según una dirección de 270° .

También puede definirse la orientación de un plano de discontinuidad por su rumbo o dirección (ángulo que forma una línea horizontal trazada sobre el plano de discontinuidad con el norte magnético, midiendo hacia el este) y su buzamiento, debiendo indicar en este caso el sentido de buzamiento (norte, sur, este, oeste). La dirección del plano y la dirección del buzamiento forman un ángulo de 90°

Es aconsejable medir un número suficiente de orientaciones de discontinuidades para definir adecuadamente cada familia. El número de medidas dependerá de la dimensión de la zona estudiada, de la aleatoriedad de las orientaciones de los planos y del detalle de análisis. Si las orientaciones son constantes se puede reducir el número de medidas. La representación gráfica de la orientación de las diferentes familias de las discontinuidades puede realizarse mediante:

- ✓ Proyección estereográfica, representando los polos o planos con valores medios de las diferentes familias.
- ✓ Diagramas de rosetas, que permiten un gran número de medidas de orientación de forma cuantitativa.
- ✓ Bloques diagrama, permitiendo una visión general de las familias y sus orientaciones respectivas.
- ✓ Símbolos en mapas geológicos, que indican todos los valores medios de dirección y la dirección del valor del buzamiento para los diferentes tipos de discontinuidades (juntas, fallas, foliación, etc.).

3.2.2 Espaciado. El espaciado entre los planos de discontinuidad condiciona el tamaño de los bloques de matriz rocosa y, por tanto, define el papel que ésta tendrá en el comportamiento mecánico del macizo rocoso y, su importancia con respecto a la influencia de las discontinuidades. En macizos rocosos con espaciados grandes, de varios metros, en los procesos de deformación y rotura prevalecerán las propiedades de la matriz rocosa o de los planos de discontinuidad según la escala de trabajo considerada y la situación de la obra de ingeniería con respecto a las discontinuidades; si los espaciados son menores de varios decímetros de 1 ó 2 metros, el comportamiento del macizo lo determinarán los planos de debilidad; por último, si el espaciado es muy pequeño el macizo estará muy fracturado y presentará un comportamiento “isótropo”, controlado por las propiedades del conjunto de bloques más o menos uniformes.

El espaciado se define como la distancia entre dos planos de discontinuidad de una misma familia, medida en la dirección perpendicular a dichos planos. Normalmente este valor se refiere al espaciado medio o modal de los valores medios para las discontinuidades de una misma familia.

La medida del espaciado se realiza con una cinta métrica, en una longitud suficientemente representativa de la frecuencia de discontinuidades, al menos de tres metros. Como norma general, la longitud de medida debe ser unas 10 veces mayor al espaciado. La cinta debe colocarse perpendicularmente a los planos, registrándose la distancia entre discontinuidades adyacentes.

Por lo general, las superficies expuestas de los afloramientos rocosos no permiten realizar las medidas del espaciado en la dirección perpendicular a las superficies, y lo que se miden son espaciados aparentes, debiéndose aplicar las correcciones

necesarias para obtener el espaciado real. El espaciado se describe los según los términos del cuadro 3.5.

Cuadro 3.5. Descripción del espaciado.

Código	Espaciamiento	Descripción
1	< 20 mm	Extremadamente junto
2	20 – 60 mm	Muy junto
3	60 – 200 mm	Junto
4	200 – 600 mm	Moderadamente junto
5	600 – 2000 mm	Separado
6	2000 – 6000 mm	Muy separado
7	> 6000 mm	Extremadamente separado

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

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

La medida de la discontinuidad se realiza con una cinta métrica. Si el afloramiento permite la observación tridimensional en los planos de discontinuidad, deberán medirse las longitudes a lo largo de la dirección y del buzamiento. Las discontinuidades pueden o no terminar en contra de otra discontinuidad, debiendo indicarse en la descripción. Es importante destacar las familias más continuas, ya que por lo general serán éstas las que condicionen principalmente los planos de rotura del macizo rocoso. La continuidad se describe mediante el cuadro 3.6.

Cuadro 3.6. Descripción de la continuidad.

Código	Continuidad	Descripción
I	Muy baja continuidad	< 1 m
II	Baja continuidad	1 – 3 m
III	Continuidad media	3 – 10 m

IV	Alta continuidad	10 – 20 m
V	Muy alta continuidad	> 20 m

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

Por lo general, las discontinuidades singulares, como las fallas y los diques, suelen ser muy continuas, y respetan los mayores planos de debilidad en el macizo rocoso, por lo que deben ser caracterizadas y descritas con especial atención.

3.2.4 Rugosidad. La descripción y medida de la rugosidad tiene como principal finalidad la evaluación de la resistencia al corte de los planos que para discontinuidades sin cohesión puede ser estimada a partir de datos de campo y de expresiones empíricas. La rugosidad aumenta la resistencia al corte, que decrece con el aumento de la abertura y, por lo general, con el espesor de relleno.

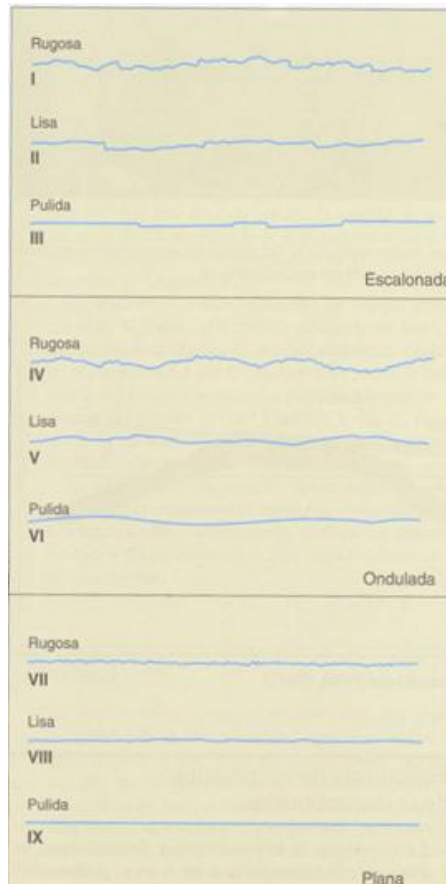
El término de rugosidad se emplea en sentido amplio para hacer referencia tanto a la ondulación de las superficies de discontinuidad, como a las irregularidades o rugosidades a pequeña escala de los planos, definidas en ocasiones como de 1° y 2°. Orden respectivamente. La descripción de la rugosidad requiere, pues, dos escalas de observación:

- ✓ Escala decimétrica y métrica para la ondulación de las superficies: superficies planas, onduladas o escalonadas.
- ✓ Escala milimétrica y centimétrica para la rugosidad o irregularidad: superficies pulidas, lisas o rugosas.

La rugosidad puede ser medida en campo con diversos métodos, dependiendo de la exactitud requerida, de la escala de medida o de la accesibilidad al afloramiento, incluyendo desde estimaciones cualitativas. El método más sencillo y rápido es la

comparación visual de la discontinuidad con los perfiles estándar de rugosidad de la figura 3.3. Cuantitativamente un plano de discontinuidad puede ser, por ejemplo, ondulado-liso, plano-rugoso u ondulado-rugoso.

Figura 3.3. Perfil de rugosidad.



Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

3.2.5 Resistencia de las paredes de la discontinuidad. La resistencia de la pared de una discontinuidad influye en su resistencia al corte y en su deformabilidad. Depende del tipo de matriz rocosa, del grado de alteración y de la existencia o no de relleno. En discontinuidades sanas y limpias, la resistencia sería la misma de la matriz rocosa, pero generalmente es menor debido a la meteorización de las paredes: los procesos de alteración afectan en mayor grado

a los planos de discontinuidad que a la matriz rocosa. Por este motivo, junto a la medida de la resistencia de las paredes de la discontinuidad debe ser estimado el grado de meteorización de la matriz rocosa, según el cuadro 3.3.

La resistencia puede estimarse en campo a partir de los índices de campo del cuadro 3.3, donde, en general, la resistencia de la pared rocosa estará comprendida entre los grados R0 y R6.

Debe realizarse sobre paredes representativas del estado de alteración de las discontinuidades, considerando también las discontinuidades más frecuentes o más significativas en el macizo rocoso.

3.2.6 Abertura. La abertura es la distancia perpendicular que separa las paredes de la discontinuidad cuando no existe relleno. Este parámetro puede ser muy variable en diferentes zonas de un mismo macizo rocoso: mientras que en superficie la abertura puede ser alta, ésta se reduce con la profundidad, pudiendo llegar a cerrarse. La influencia de la abertura en la resistencia al corte de la discontinuidad es importante incluso en discontinuidades muy cerradas, al modificar las tensiones efectivas que actúan sobre las paredes. Los procesos de desplazamiento en la discontinuidad o de disolución pueden dar lugar a aberturas importantes.

Su medida se realiza directamente con una regla guardada en milímetros. Cuando la separación es muy pequeña se puede emplear un calibre que se introduce en la abertura. Debe indicarse si la abertura de una discontinuidad presenta variaciones, realizándose medidas a lo largo al menos de 3m. La descripción se realiza según la terminología del cuadro 3.7. Las medidas han de realizarse para cada familia de discontinuidades, adoptando los valores medios más representativos de cada una de ellas.

Cuadro 3.7. Descripción de la abertura.

Código	Abertura	Descripción
VC	< 0.1 mm	Muy cerrada
C	0.1 – 0.25 mm	Cerrada
PO	0.25 – 0.5 mm	Parcialmente abierta
O	0.5 – 2.5 mm	Abierta
MW	2.5 – 10 mm	Moderadamente ancha
W	> 10 mm	Ancha

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

3.2.7 Relleno. Las discontinuidades pueden aparecer rellenas de un material de naturaleza distinta a la roca de las paredes. Existe gran variedad de materiales de relleno con propiedades físicas y mecánicas muy variables. La presencia de relleno gobierna el comportamiento de la discontinuidad, por lo que deben ser reconocidos y descritos todos los aspectos referentes a sus propiedades y estado. Debe tenerse en cuenta que si se trata de materiales blando o alterados, éstos pueden sufrir variaciones importantes en sus propiedades resistentes a corto plazo si cambia su contenido en humedad o si tiene lugar a algún movimiento a lo largo de las juntas. La descripción se realiza según la terminología del cuadro 3.8

Cuadro 3.8. Descripción del relleno.

Código	Descripción
N	Sin relleno
ST	Limo
CL	Arcilla
CA	Calcita
PY	Pirita
SF	Sulfatos
QZ	Cuarzo
FG	Relleno ferruginoso

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

Las características principales de relleno que deben describirse en el afloramiento son su naturaleza, espesor o anchura, resistencia al corte y permeabilidad (los dos últimos parámetros de forma indirecta o cualitativa):

- ✓ La anchura se mide directamente con una regla graduada en mm.
- ✓ La descripción del relleno incluye identificación del material, descripción mineralógica y tamaño del grano. Si el relleno proviene de la descomposición o alteración del material de las paredes de discontinuidad, deberá ser evaluado su grado de meteorización, que normalmente será descompuesto o desintegrado.
- ✓ La resistencia se puede estimar en campo utilizando del esclerómetro o martillo de Schmidt.
- ✓ Debe indicarse el grado de humedad, y estimarse cualitativamente la permeabilidad del material de relleno.

En caso de poder reconocerlo, se indicará si ha existido desplazamiento por corte a favor del relleno, cuyo caso sus propiedades y estructuras mineralógica habrán sufrido cambios con respecto al estado inicial.

3.2.8 Filtraciones. El agua en el interior de un macizo rocoso procede generalmente del flujo que circula de las discontinuidades, aunque en ciertas rocas permeables de las filtraciones a través de la matriz rocosa pueden ser también importantes. Las observaciones respecto a las filtraciones en discontinuidades, tanto si se presentan rellenas como si aparecen limpias pueden seguir las descripciones del cuadro 3.9.

Cuadro 3.9. Descripción de las filtraciones.

Símbolo	Descripción
1	Discontinuidad seca
2	Discontinuidad húmeda
3	Discontinuidad con goteo
4	Discontinuidad con flujo continuo de agua

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

3.3 PARÁMETROS DEL MACIZO ROCOSO

Según González de Vallejo, 2004, para la caracterización global del macizo rocoso a partir de datos de afloramientos, además de la descripción de sus componentes, la matriz rocosa y las discontinuidades, deben ser considerados otros factores representativos del conjunto, como son:

- ✓ Número y orientación de las familias de discontinuidades.
- ✓ Tamaño de bloque e intensidad de fracturación.
- ✓ Grado de meteorización.

3.3.1 Número y orientación de familias de discontinuidades. El comportamiento mecánico del macizo rocoso, su modelo de deformación y sus mecanismos de rotura están condicionados por el número de familia de discontinuidades. La orientación de las diferentes familias con respecto a una obra o instalación sobre el terreno puede determinar, además, la estabilidad de la misma.

La intensidad o grado de fracturación y el tamaño de los bloques de matriz rocosa vienen dados por el número de familias de discontinuidades y por el espacio de cada familia. Cada una de las familias queda caracterizada por su orientación en el espacio y por las propiedades y características de los planos.

En los reconocimientos de campo de los macizos rocosos deben ser registradas todas las familias presentes, y evaluar su grado de importancia relativa. Este grado puede expresarse mediante la asignación de números correlativos para las familias de mayor a menor importancia. Así, la familia principal sería la familia número 1.

La orientación media de una familia se evalúa mediante la proyección estereográfica o mediante la construcción de diagramas de rosetas con los datos de las orientaciones medidas para cada discontinuidad. Actualmente existen programas informáticos para realizar estos trabajos de una forma rápida y exacta.

El macizo puede clasificarse por el número de familias según el cuadro 3.10, variando entre macizos rocosos masivos o con una única familia de discontinuidades, por ejemplo un macizo rocoso granítico, y macizos con cuatro o más familias de discontinuidades, como puede ser un afloramiento de pizarras plegado e intensamente fracturado. La presencia de tres familias principales de discontinuidades ortogonales entre si es frecuente en los macizos rocosos sedimentarios, siendo una de las familias la estratificación.

Las familias de discontinuidades se pueden representar gráficamente mediante bloques diagrama, permitiendo así la visualización espacial de su orientación relativa y del tamaño y forma de los bloques de matriz rocosa.

Cuadro 3.10. Clasificación de macizos rocosos por el número de familias de discontinuidades.

Tipo de macizo rocoso	Número de familias
I	Masivo, discontinuidades ocasionales
II	Una familia de discontinuidades
III	Una familia de discontinuidades mas otras ocasionales
IV	Dos familias de discontinuidades
V	dos familias de discontinuidades mas otras ocasionales
VI	Tres familias de discontinuidades
VII	Tres familias de discontinuidades mas otras ocasionales
VIII	Cuatro o mas familias de discontinuidades
IX	Brechificado

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

3.3.2 Fracturación. La fracturación del macizo rocoso está definida por el número, espaciado y condiciones de las discontinuidades, cualquiera que sea su origen y clase. El grado de fracturación se expresa habitualmente por el valor del índice RQD (rock quality designation), que se mide en testigos de sondeos. Con base en su valor se clasifica la calidad del macizo rocoso según el cuadro 3.11.

Cuadro 3.11. Clasificación de la calidad del macizo rocoso según el índice RQD.

RQD (%)	Calidad
< 25	Muy mala
25 - 50	Mala
50 - 75	Media
75 - 90	Buena
90 - 100	Muy buena

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

A pesar de su utilidad, este índice no considera aspectos como la orientación, separación, y rellenos y de más condiciones de las discontinuidades, por lo que no es suficiente para describir las características de la fracturación de los macizos rocosos; estos aspectos adicionales deben quedar cubiertos por descripciones de campo y de los núcleos de perforación.

La descripción de la fracturación a partir de datos de afloramientos puede referirse al número de familias de discontinuidades y al tamaño de los bloques, como se ha descrito en los párrafos anteriores. El índice RQD puede estimarse en afloramientos a partir de correlaciones empíricas como la Palmstrom, 1975 (en ISRM, 1981; tomado de González de Vallejo 2004):

$$\begin{array}{ll}
 \text{RQD} = 115 - 3,3 J_v & \text{para } J_v > 4,5 \\
 \text{RQD} = 100 & \text{para } J_v \leq 4,5
 \end{array}$$

Por ejemplo, para un macizo rocoso de calidad aceptable con un RQD de 65%, el valor correspondiente de J_v es de 15, mientras que para un macizo rocoso de calidad pobre, con RQD de 30, J_v vale 26.

3.3.3 Grado de meteorización del macizo rocoso. La evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso se realiza por observación directa del afloramiento y comparación con los índices estándares recogidos en el cuadro 3.12. En ocasiones, puede ser necesario fragmentar un poco de roca para observar la meteorización de la matriz rocosa.

Cuadro 3.12. Descripción del grado de meteorización.

Grado de Meteorización	Denominación	Criterios de Reconocimiento
I	Sana	Roca no meteorizada. Conserva el color y el lustre en toda la masa.
II	Sana con juntas teñidas de óxidos	Las caras de las juntas están manchadas de óxidos pero el bloque unitario entre ellas mantiene el color y el lustre de la roca sana.
III	Moderadamente Meteorizada	Claramente meteorizada a través de la petrofábrica reconociéndose el cambio de color respecto de la roca sana. El cambio de color puede ser desde simples manchas a variación de color en toda la masa, generalmente a colores típicos de óxidos de hierro, la resistencia de la roca puede variar desde muy análoga a la roca grado II a bastante más baja, pero tal que trozos de 25 cm ² de sección no pueden romperse a mano.
IV	Muy Meteorizada	Roca intensamente meteorizada, que puede desmenuzarse y romperse a mano, aunque sus elementos son perfectamente reconocibles.
V	Completamente Meteorizada	Material con aspecto de suelo, completamente descompuesto por meteorización "in-situ", pero en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original. Los elementos constitutivos de la roca se encuentran diferenciados, aunque totalmente diferenciados

Fuente: Basada en la de D. G: Moye, 1995.

3.4 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA Y CARACTERIZACIÓN GLOBAL DEL MACIZO ROCOSO

Como se ha dicho anteriormente, el objetivo de este trabajo es realizar la clasificación geomecánica del macizo rocoso contenido en el sinclinal La Jagua, usando la metodología Rock Mass Rating (RMR).

Este sistema de clasificación fue desarrollado por Z.T. Bieniawski durante los años 1972- 73, y ha sido modificado en 1976 y 1979, con base en más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. Actualmente se usa la edición de 1989, que coincide sustancialmente con la de 1979. Para determinar el índice RMR de calidad de la roca se hace uso de los seis parámetros del terreno siguientes:

- ✓ La resistencia a compresión simple del material
- ✓ El RQD (Rock Quality Designation)
- ✓ El espaciamiento de las discontinuidades
- ✓ El estado de las discontinuidades
- ✓ La presencia de agua
- ✓ La orientación de las discontinuidades

El RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los valores de cada uno de los seis parámetros enumerados (cuadro 3.13). El valor del RMR oscila entre 0 y 100, y es mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. Bieniawski distingue cinco tipos o clases de roca según el valor del RMR:

CLASE I: $RMR > 80$, Roca muy buena

CLASE II: $80 < RMR < 60$, Roca buena

CLASE III: $60 < RMR < 40$, Roca media

CLASE IV: $40 < RMR < 20$, Roca mala

CLASE V: $RMR < 20$, Roca muy mala

Cuadro 3.13. Clasificación geomecánica RMR.

PARAMETRO		ESCALA DE VALORES						
Resistencia de la roca inalterada	Resistencia a compresión diametral (kg/cm^2)	Mayor a 80	40 a 80	20 a 40	10 a 20			
	Resistencia a compresión uniaxial (kg/cm^2)	Mayor a 2000	1000 a 2000	500 a 1000	250 a 500	100 a 250	30 a 100	10 a 30
	Valoración	15	12	7	4	2	1	0
R.Q.D.	Recuperación (%)	90 a 100	75 a 90	50 a 75	25 a 50	Menor a 25		
	Valoración	20	17	13	8	3		
Espaciamento entre las juntas	(m)	Mayor a 3	1 a 3	0.3 a 1	0.05 a 0.3	Menor a 0.05		
	Valoración	30	25	20	10	5		
Estado de las fracturas		Superficies muy rugosas, sin continuidad sin separación, roca adyacente sana	Superficies algo rugosas separación menor a 1mm, roca adyacente ligeramente meteorizada	Superficies algo rugosas separación menor a 1mm, roca muy meteorizada	Superficies pulidas, relleno menor a 5 mm, fisuras abiertas de 1 a 5 mm, fracturas continuas	Relleno blando con espesor mayor a 5 mm, fisuras abiertas mayores a 5 mm, fisuras continuas		
	Valoración	25	20	12	6	0		
Agua subterráneas	Flujo en 10 m de túnel (lit/min)	Nada	Menor a 10	10 a 25	25 a 125	Mayor a 125		
	Relación entre la presión de agua en la fractura y la tensión principal mayor	0	0 a 0.1	0.1 a 0.2	0.2 a 0.5	Mayor a 0.5		
	Descripción	Totalmente seca	Húmeda	Mojada	Goteos	Flujo		
	Valoración	10	10	7	4	0		

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

Hay que hacer las siguientes consideraciones:

Resistencia de la roca. Tiene una valoración máxima de 15 puntos, y puede utilizarse como criterio el resultado del Ensayo de Resistencia a Compresión Simple o bien el Ensayo de Carga Puntual.

RQD. Se define como el número de fisuras por metro cúbico, determinadas al realizar el levantamiento litológico-estructural en el área o zona predeterminada de la operación minera.

$RQD = 115 - 3.3 (J_v)$, Siendo J_v el número de fisuras por metro cúbico.

Separación entre discontinuidades. Tiene una valoración máxima de 20 puntos. El parámetro considerado es la separación en metros entre juntas de la familia principal de diaclasas de la roca.

Estado de las discontinuidades. Es el parámetro que más influye, con una valoración máxima de 30 puntos. Este estado de las diaclasas se descompone en otros cinco parámetros: persistencia, apertura, rugosidad, relleno y alteración de la junta.

Presencia de agua. La valoración máxima es de 15 puntos. En este parámetro se mide el estado de las discontinuidades respecto a la presencia de agua, si está seca, húmeda o si tiene un caudal de agua.

Orientación de las discontinuidades. Este parámetro tiene una valoración negativa, y oscila para taludes entre 0 y -60 puntos. En función del buzamiento de la familia de diaclasas y de su rumbo se establece una clasificación de la

discontinuidad en cinco tipos: desde muy favorable hasta muy desfavorable. según el tipo.

A pesar de que hay varias clasificaciones geomecánicas, se optó por utilizar la clasificación de Bieniawski debido a que este método permite determinar de forma sencilla la calidad del macizo rocoso mediante la cuantificación de los parámetros anteriormente mencionados, los cuales son de fácil medición en campo y con costos económicos mínimos. Otra ventaja que brinda este método es que es correlacionable con otras clasificaciones geomecánicas y con otros parámetros que dan información acerca de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso.

La clasificación Q fue propuesta por Barton et al, 1974, la cual tiene en su principal propósito establecer un índice para determinar la calidad del macizo rocoso en túneles. El sistema Q es correlacionable con la clasificación RMR mediante la siguiente ecuación:

$$\text{RMR} = 9 \ln Q + 44, \text{ según Bieniawski 1976.}$$

La clasificación geomecánica Slope Mass Rating (SMR) propuesta por Romana (1985) para taludes en roca se obtiene por la adición al RMR básico de una serie de factores de ajuste dependientes de la relación geométrica existente entre la discontinuidad y el talud, así como de la suma de un factor dado por el método de excavación, atendiendo a la expresión siguiente:

$$\text{SMR} = \text{RMR} + (F1.F2.F3) + F4$$

F1 depende del paralelismo entre las direcciones de las discontinuidades (o de la línea de intersección de los planos de rotura, en el caso cuñas) y del talud. F2 se refiere al buzamiento de la discontinuidad en roturas planas y de la inmersión de la línea de intersección en roturas por cuña, para la rotura por vuelco, F2 toma

siempre el valor 1.0. F3 se refiere a la relación entre el buzamiento del talud y el buzamiento de la discontinuidad (rotura plana o por vuelco) o la inmersión de la línea de intersección (rotura en cuña). F4 es un factor de ajuste por el método de excavación empleado.

La clasificación geomecánica GSI índice de resistencia geológica desarrollada por Hoek , 1995, busca determinar la resistencia del macizo rocoso, y se relaciona con la clasificación RMR por la siguiente ecuación:

$$GSI = RMR - 5, \text{ para valores } RMR > 30.$$

Teniendo el valor RMR también es posible establecer los parámetros para el criterio de rotura de Hoek y Brown m y s ; y el módulo de deformación de la roca E_m mediante las siguientes ecuaciones:

$$m = m_i e^{(RMR-100)/14}$$

$$s = e^{(RMR-100)/6}$$

$$E_m = 2.RMR - 100, \text{ para } RMR > 55$$

4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL MACIZO ROCOSO

4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

4.1.1 Metodología. Para la recopilación de la información de campo se realizaron levantamientos de poligonales geológicas en zonas estratégicas de la mina con el fin de realizar una descripción geológica y geotécnica detallada del macizo rocoso.

Los aspectos descritos son los siguientes:

Descripción general del Afloramiento.

Identificación del afloramiento.

Fotografías e imágenes.

Descripción geológica general.

División en Zonas y descripción general de cada Zona.

Identificación de zonas generales y singulares.

Descripción general de Cada Zona.

Descripción de la matriz rocosa.

Identificación de la roca.

Tamaño de grano, dureza, color, etc.

Meteorización.

Resistencia.

PLT Martillo Schmidt.

Carga puntual.

Descripción de las Discontinuidades.

Orientación.

Espaciado.

Continuidad.
Rugosidad.
Resistencia de las paredes.
Abertura.
Relleno.
Filtraciones.

Comportamiento Hidrogeológico.
Filtraciones y surgencias.

Para facilitar y estandarizar la descripción de estos parámetros fueron utilizados los códigos de descripción de Prodeco, los cuales fueron establecidos por esta empresa y se muestran en la figura 4.1.

Para determinar la resistencia a la compresión simple de las rocas fueron realizados ensayos de campo con el martillo de Schmidt (esclerómetro) y con la máquina de carga puntual.

4.1.2 Levantamientos geotécnicos y geológicos. Fueron realizadas seis poligonales geológicas, de las cuales se obtuvo la información necesaria para el desarrollo de este trabajo.

Figura 4.1. Códigos de descripción de Prodeco.

MAIN LITHOLOGY CODE				LITHOLOGICAL QUALIFIER CODE				LOG BASIS CODE		GRAIN SIZE CODE		STRENGTH CODE		BEDDING SPACING CODE	
AL	Aluvium	GA	Granite	AM	Amygdaloidal	KO	Kaolinitic	C	chips from openhole	B	Boulders	S ₁	Arcilla muy blanda	0	Thinly laminated < 6mm
BO	Boulders	GB	Gabbro	AP	Aphanitic	LM	Laminated	D	core from diamond drill	C	Cobbles	S ₂	Arcilla débil	1	Thickly Laminated 6 < 20 mm
BR	Breccia	GR	Grit	BA	Banded	LN	Lenses	G	geophysical log	CF	Coarse to Fine Grained	S ₃	Arcilla firme	2	Very Thinly Bedded 20-60 mm
BOW	Base of Weathering	GV	Gravel	BC	Broken Core	MA	Massive	O	Openhole and Geoph log	CG	Coarse Gravel	S ₄	Arcilla rígida	3	Thinly Bedded 60-200 mm
BOA	Base of Alluvium	IG	Igneous Rock	BI	Bioturbated	MD	Muddy	X	core and geophysical log	CM	Coarse to Medium Grained	S ₅	Arcilla muy rígida	4	Medium Bedded 200-600 mm
CO	Coal	KL	Core Loss	BL	Blocky	MI	Micaceous		SHADE CODE	CR	Coarse Grained	S ₆	Arcilla dura	5	Thickly Bedded 600-2000 mm
0	Coal Dull	LS	Limestone	BO	Boulders	ML	Medium Laminated	D	Dark	CS	Coarse Sand	R ₀	Roca extremadamente blanda	6	Thickly Bedded > 2000 mm
10	COAL 10% Bright	LV	Lava	CA	Calclitic	MN	Managanesa diss.	L	Light	CY	Clay	R ₁	Roca muy blanda		ABUNDANCE
20	COAL 20% Bright	MR	Metamorphic Rock	CB	Carbonaceous	MX	Medium Crystalline	M	Medium	F	Fine	R ₂	Roca blanda	A	abundant
30	COAL 30% Bright	MS	Mudstone	CF	Coal Laminae	ND	Nodules	P	Pale	FG	Fine Gravel	R ₃	Roca moderadamente dura	F	few
40	COAL 40% Bright	NL	Not Logged/No Record	CH	Cherty	NP	Non-Porphyrinic	S	Speckled	FR	Fine Grained	R ₄	Roca dura	O	occasional
50	COAL 50% Bright	NR	No Recovery	CL	Lustrous	OO	Oolitic	V	Variegated	FS	Fine Sand	R ₅	Roca muy dura	R	rare
60	COAL 60% Bright	OA	Alluvial Soil	CM	Conglomeratic	PC	Chert pebbles		COLOUR CODE	M	Medium	R ₆	Roca extremadamente dura	S	scattered
70	COAL 70% Bright	OI	Oil shale	CO	Chilled Contacts	PU	Puggy	B	Brown	MF	Medium to Fine Grained		SEDIMENTARY STRUCT.		FOSILES
80	COAL 80% Bright	OR	Residual Soil	CN	Coaly	PO	Porphyritic	C	Cream	MG	Medium Gravel	BH	horizontal burrows	PL	plant fragments
90	COAL 90% Bright	OS	Secondary Soil	CR	Calcareous	PW	Powdery	E	Green	MR	Medium Grained	BI	with bioturbation	FO	fossils
C	COAL 100% Bright	OW	Old Workings	CS	Cobbles	PY	Pyritic	F	Buff	MS	Medium Sand	EC	erosive contact at base	FI	fish remainig
CW	Coal Weathered	PE	Pebble Bad	CT	Torbanitic	QT	Quartzitic	G	Grey	O	Coarse	GC	gradational contact at base		
YC	Stony Coal	PO	Polymictite	CY	Clayey	QZ	Quartz	K	Black	SI	Silt	HB	horizontal bedded		
CC	Coal Cinderead	PY	Pyrite	DI	Diamictitic	RB	Rubble	L	Blue	VC	Very Coarse to Coarse Grained	HC	horizontal contact at base		MINERAL
CR	Coal Shaly	QZ	Quartzite	DM	Dolomitic	SA	Sandy	O	Orange	VF	Very Coarse to Fine Grained	IB	interbedded	AC	amorphorous clay
CA	Calclite	RB	Rubble	EQ	Equigranular	SC	Schistoze	P	Pink	VG	Very Coarse Grained	IC	inclined contact	AN	ankerite
CE	Cobbles	RH	Rhythmite	FE	Ferruginous	SD	Sandy	R	Red	VM	Very Coarse to Medium Grained	IL	interlaminated	BI	biotite
CG	Conglomerate	SA	Sand	FI	Fissile	SH	Shaly	U	Purple		WEATHERING CODE	LA	laminae	CA	calcite
CL	Clinker	SC	Sandstone Coarse	FL	Thinly Laminated	SI	Siliceous	W	White	CW	Completely Weathered	LE	lenticular	CH	chlorite
CM	Carbonaceous Mudstone	SD	Sandstone	FO	Fossiliferous	SL	Silty	X	Black and	F	Fresh	MA	massive	FE	ferruginous
CS	Claystone	SF	Sandstone Fine	FP	Feldspathic	SP	Spars	Y	Yellow	HW	Highly Weathered	MB	medium bedded	FO	fossils
CT	Chert	SH	Shale	FX	Finely Crystalline	SQ	Scattered		HUE CODE	MW	Moderately Weathered	MI	micaceous bedding planes	GL	glauconite
CY	Clay	SI	Sinter	GL	Glauconitic	SR	Sideritic	B	Brownish	SW	Slightly Weathered	RX	ripple cross laminated	GP	graphite
CX	Carbonaceous Shale	SM	Sandstone Medium	GN	Granular	SA	Sandy	E	Greenish		MECHANICAL STATE CODE	SB	thin bedded	HE	hematite
CZ	Coaly Shale	SN	Undiff Stone	GR	Gritty	ST	Silty	G	Greyish	S1	Solid Core	SK	stacked sets	LI	limonite
DB	Diabase	SO	Soil	HD	Hardpan	SY	Slightly	K	Blackish	S2	Broken Core	SU	slump structures	MU	muscovite
DI	Diamictite	SR	Siderite	HI	Highly	TL	Thickly Laminated	L	Bluish	S3	Very Broken Core	TB	thick bedded	PL	plant fragments
DM	Dolomite	ST	Siltstone	HM	Heavy Materials	VQ	Quartz Vein	O	Orange	S4	Fragmented Core	TX	trough cross bedded	PY	pyrite
DO	Dolerite	TS	Silt	ID	Indurated	XX	Coarsely Crystalline	P	Pinkish			UC	coarsening up	QT	quartz
FE	Ironstone	TU	Tuff					R	Reddish			UF	fining up	RO	rosetts
FS	Felsite	UN	Unconsolidated					U	Purplish			VB	with vertical burrows	SR	siderite
								W	Whitish					XB	cross bedded
								Y	Yellowish					XL	cross laminated

MINERAL HABITAT	DEFECT TYPE	FORMA DEFECTO	RELLENO	ESPACIAMIENTO		ORIGIN			
BN	bands	C Cleats	P Plana	N	Sin relleno	1	Extremadamente junto < 20 mm	N	Natural
BS	on bedding surfaces	JT joints	U Ondulada	ST	Limo	2	Muy junto. 20 – 60 mm	M	Manual
CE	on cleats	GJ Group of joints	S Escalonada	CL	Arcilla	3	Junto. 60 – 200 mm	DI	Fractura inducida
DS	dissaminated	BD Bedding	RUGOSIDAD	CA	Calclita	4	Moderadamente junto. 200 – 600 mm		
FD	on fault plains	SH Cizalla	RO Rugosa	PY	Pinta	5	Separado. 600 – 2000 mm		
FR	fragments	DC Zona descompuesta	MR Moderadamente rugosa	SF	Sulfatos	6	Muy separado. 2000 – 6000 mm		
LA	laminae	BK Fracturas mecánicas o inducidas	MS Moderadamente lisa	QZ	Cuarzo	7	Extremadamente separado. > 6000 mm		
LN	lenses	FT Fallas	SM Lisa	FG	Relleno ferruginoso				

Fuente: Departamento de Geología mina Proyecto La Jagua.

4.1.2.1 Poligonal 1

Localización

Este levantamiento se realizó en el sector oriental de la mina, flanco oriental del sinclinal, sobre la pared sur de la laguna de pre-sedimentación que está al inicio de la canalización de la Quebrada Canime. El trazo de esta poligonal está dado por las siguientes coordenadas:

X	Y	Z
1088420,0	1550792,0	146
1088404,3	1550786,3	146
1088402,7	1550785,7	146
1088384,3	1550779,0	146
1088370,7	1550781,4	146
1088361,6	1550784,2	146
1088360,6	1550784,6	146
1088353,0	1550789,0	146
1088348,9	1550791,9	146
1088345,2	1550795,1	146
1088341,4	1550798,6	146
1088331,6	1550808,4	146
1088336,4	1550817,9	146

En el anexo 6 se observa la localización de la poligonal en la mina.

Descripción

Para este levantamiento fueron descritas 17 capas de roca, de las cuales 9 capas son de arcillolita con un espesor acumulado de 24.2 mts; 4 capas de arenisca con un espesor acumulado de 19.2 mts; 3 capas de carbón con un espesor acumulado de 0.75 mts y una capa de limolita con un espesor de 0.5 mts.

En esta poligonal se observa una clara predominancia tanto en espesores como en número de capas de las arcillolitas y las areniscas, notándose una menor proporción de capas de carbón y de limolitas.

Las arcillolitas se caracterizan por ser laminadas, esta laminación es plana a ondulosa, son de color gris variando desde una tonalidad clara hasta oscura, a veces rojiza debido a la alteración. Los espesores varían entre 0.5 y 7 mts, presentan estratificación plano-paralela, un moderado grado de meteorización y un RQD muy pobre. Algunas de estas capas son carbonosas y otras presentan nódulos ferruginosos de color rojizo que varían su diámetro entre 1 y 3 cm.

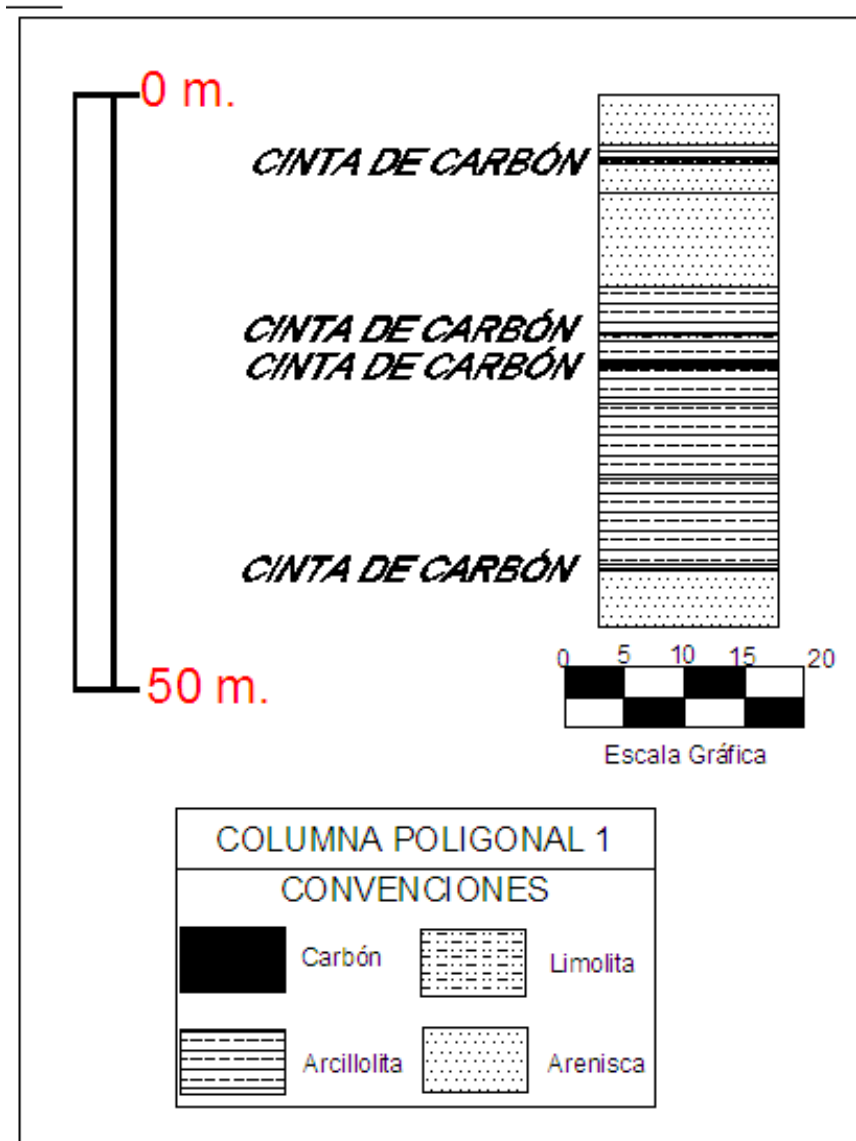
Las areniscas por su parte son de color gris variando desde tonos claros rojizos, el tamaño de grano va de fino a medio. Los espesores varían entre 2.4 y 7.8 mts, presentan estratificación plano-paralela a cruzada, un RQD regular (70% aprox) y un grado de meteorización que fluctúa entre ligero y moderado. Es notorio un alto contenido de mica moscovita, también la presencia de minerales oscuros y feldespatos.

Las capas de carbón en este sector del depósito no son explotadas debido a que son muy delgadas y la relación de descapote es muy alta, son de color negro, presentan un RQD regular (60% aprox), una estructura laminar, esta laminación es plana y sus espesores varían entre 0.15 y 0.4 mts.

En cuanto a limolitas, se encontró solo una capa de 0.5 mts de espesor, es de color gris, presenta una estructura laminar, un RQD muy pobre y se le puede observar que tanto la disposición de estratificación como la laminación son paralelas.

En la figura 4.2 se muestra la columna generalizada para este sector del depósito, en el anexo 7 se muestran los formatos con toda la información detallada recolectada en campo y en el anexo 8 se muestra un plano que contiene el desarrollo de la poligonal y la columna estratigráfica que se involucra en este levantamiento.

Figura 4.2. Columna generalizada de la poligonal 1.



Fuente: Autor del Proyecto.

Ensayos de campo

Martillo de Schmidt

Los resultados de los ensayos con el martillo de Schmidt son mostrados en la tabla 4.1.

Carga Puntual.

Los resultados de los ensayos con la máquina de carga puntual son mostrados en la tabla 4.2.

Tabla 4.1. Resultados de ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 1.

	MUESTRA	DENSIDAD KN/m ³ (ρ)	REBOTE MARTILLO (R)	COMP SIMLE(Mpa)	LITOLÓGÍA
	I1M45	25,29	35	59,81	ARENISCA
	I3M45	25,29	43,6	92,82	ARENISCA
	I12M45	25,29	34	56,83	ARENISCA
	I13M45	25,29	17,2	24,08	ARENISCA
	I17M45	25,29	42,8	89,10	ARENISCA
MÍNIMA			17,2	24,08	
MÁXIMA			43,6	92,82	
PROM ARIT			34,52	64,53	
	I10M45	12,55	19,2	15,96	CARBÓN

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.2. Resultados ensayos de carga puntual en poligonal 1.

	MUESTRA	IS(50)(Mpa)		COMP SIMLE(Mpa)		LITOLÓGÍA
		PERPENDICULAR	PARALELO	PERPENDICULAR	PARALELO	
	I1M45	0,15	0,081	3,48	1,87	ARENISCA
	I3M45	2,21	1,74	50,74	40,04	ARENISCA
	I12M45	2,35	1,53	54,16	35,10	ARENISCA
	I13M45	0,28	0,03	6,56	0,80	ARENISCA
	I17M45	1,62	1,03	37,34	23,60	ARENISCA
MÍNIMA		0,15	0,03	3,48	0,80	
MÁXIMA		2,36	1,74	54,16	40,04	
PROM ARIT		1,32	0,88	30,46	20,28	
	I9M45	0,97	0,49	22,23	11,24	LIMOLITA
	I4M45	0,55	0,40	12,68	9,28	LIMOLITA

Fuente: Autor del Proyecto.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados con el martillo de Schmidt y la máquina de carga puntual están en el anexo 7 y el resumen de resultados es mostrado en las tablas 4.1 y 4.2.

Número y orientación de familias de discontinuidades

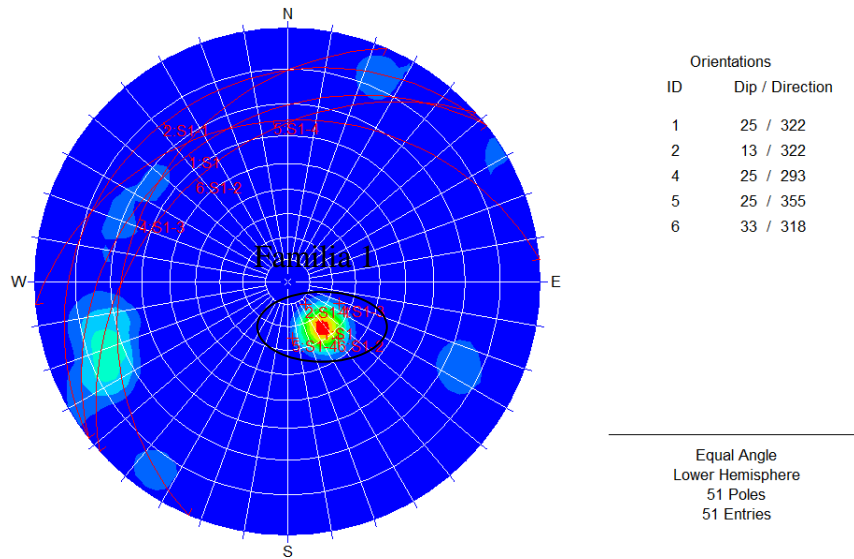
En esta poligonal fueron encontradas dos familias de discontinuidades principales, las cuales son descritas a continuación.

Familia 1

Esta familia de discontinuidades corresponde a la estratificación del flanco oriental del sinclinal, presentando un buzamiento promedio de 25°, variando entre 13° y

33°; y dirección de buzamiento promedio de 322°, variando entre 293° y 355°, lo cual se observa en la figura 4.3 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.3. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 1.

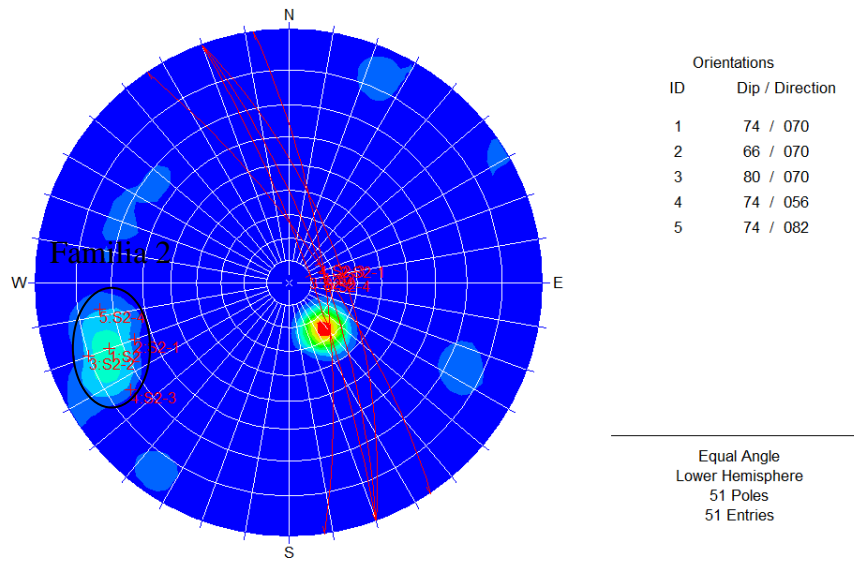


Fuente: Autor del Proyecto.

Familia 2

Esta familia de discontinuidades fueron medidas en el flanco oriental del sinclinal y corresponden a diaclasas; presentan un buzamiento promedio de 74°, variando entre 66° y 80°; y dirección de buzamiento promedio de 70°, variando entre 56° y 82°, lo cual se presenta en la figura 4.4 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.4. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 1.



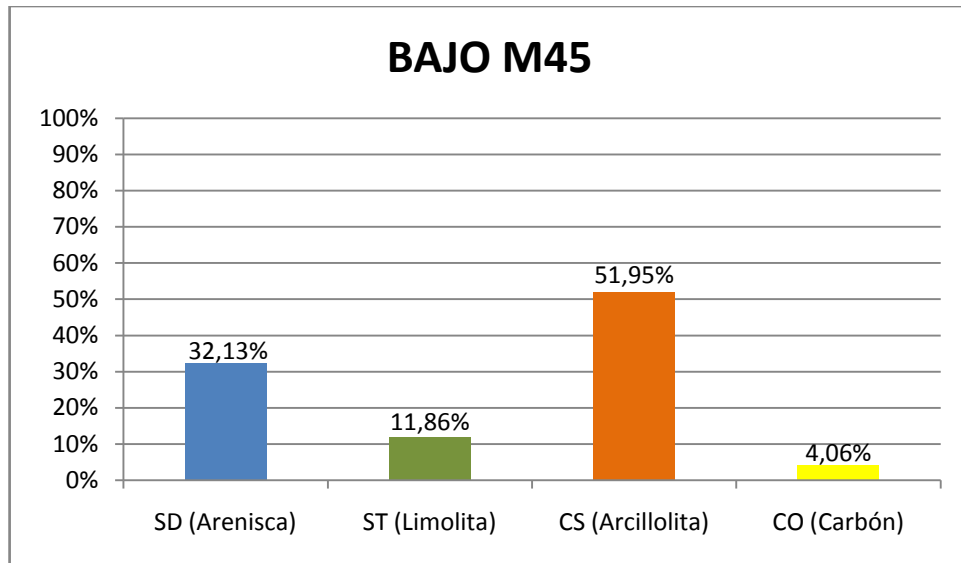
Fuente: Autor del Proyecto.

Zonificación

Dada la similitud de las características que presentan las rocas de una misma litología dentro del depósito es conveniente usar la litología como criterio para realizar la zonificación.

En la figura 4.5 se observa un diagrama de barras con los porcentajes de las litologías presentes bajo M45.

Figura. 4.5. Porcentaje de litologías bajo manto 45.



Fuente: Autor del Proyecto.

Basados en las asociaciones litológicas observadas en este levantamiento es posible identificar tres zonas geotécnicamente diferentes, las cuales tienen las siguientes características:

Zona 1: Ubicada topográficamente en la parte más superior dentro de este levantamiento, esta zona subyace a manto 45; está compuesta casi en su totalidad por areniscas y las características mecánicas son las siguientes:

UCS (MPa)	RQD(%)
41,60	50-75

Zona 2: Esta zona infrayace a la zona 1 y está compuesta casi en su totalidad por arcillolitas y las características mecánicas son las siguientes:

UCS (MPa)	RQD(%)
1,33	< 25

Zona 3: Esta zona infrayace a la zona 2 y está compuesta en su totalidad por areniscas y las características mecánicas son las siguientes:

UCS (MPa)	RQD(%)
45,22	75-90

4.1.2.2 Poligonal 2

Localización

Este levantamiento se realizó en el sector occidental de la mina, flanco occidental del sinclinal, sobre la pared que está a la izquierda de la vía que conduce del cuello de ganso el caucho a Pit Sur, en esta poligonal se hizo el levantamiento geológico del sector comprendido entre los mantos 11 y 25. El trazo de esta poligonal está dado por las siguientes coordenadas:

X	Y	Z
1086169.484	1551256.655	164.529
1086186.614	1551241.709	162.841
1086188.462	1551237.645	162.374
1086192.844	1551233.617	161.641
1086205.277	1551216.591	160.414
1086228.642	1551196.461	157.036
1086232.507	1551186.292	156.169
1086244	1551159.231	152.281
1086261.628	1551137.02	148.711
1086278.068	1551123.066	147.153
1086286.001	1551108.45	147.078

1086281.011	1551093.987	145.376
1086275.67	1551064.696	142.877

Descripción

Para este levantamiento fueron descritas 22 capas de roca, de las cuales 9 capas son de arenisca con un espesor acumulado de 33.6 mts; 5 capas de limolita con un espesor acumulado de 14.3 mts; 5 capas de carbón con un espesor acumulado de 11.2 mts y tres capas de arcillolita con un espesor acumulado de 5 mts.

En esta poligonal se observa una clara predominancia de las areniscas, notándose una menor proporción de limolitas, carbón y arcillolitas.

Las areniscas se caracterizan por ser laminadas, son de grano fino generalmente aunque en algunas capas el grano varía a medio, color gris con tonalidades claras y oscuras, a veces rojiza debido a la alteración. Los espesores varían entre 0.5 y 10.2 mts, presentan estratificación plano-paralela, la laminación es plana a ondulosa, poseen un ligero grado de meteorización y un RQD moderadamente alto (85% aprox). En algunas capas se observan intercalaciones con niveles milimétricos de arcillolita. La composición mineralógica está dada en su mayoría por mica moscovita, minerales oscuros y feldespato.

Las limolitas son laminares, con laminación plana a ondulosa, son de color gris variando desde tonos claros hasta oscuros. Los espesores varían entre 1.4 y 3.7 m, presentan estratificación plano-paralela, un RQD muy pobre y un moderado grado de meteorización.

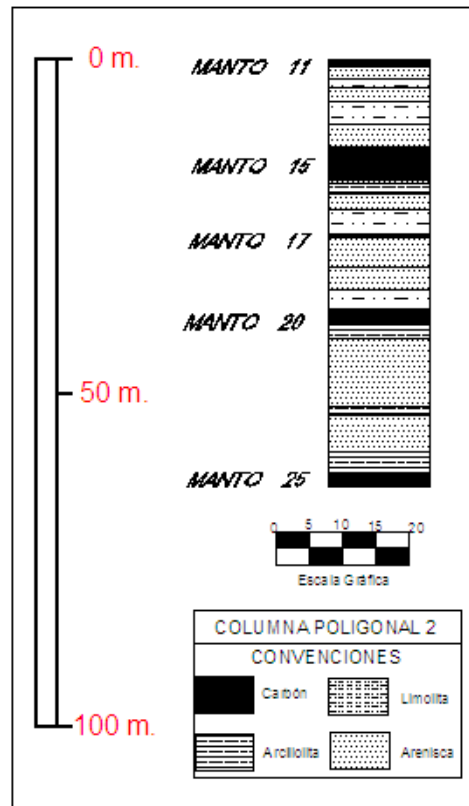
En este levantamiento se encuentran los mantos 11, 15, 17, 20 y 25. Estos son de color negro, presentan una estructura laminar y sus espesores varían entre 0.5 y 5.1 m. Algunos de estos mantos presentan un RQD regular (65% aprox) y

nódulos ferruginos color rojizo los cuales son arenoso-sideríticos, que varían entre 5 y 60 cm de diámetro.

Las arcillolitas se caracterizan por ser bastante laminadas, son de color gris con tonalidades que varían entre claras y oscuras, presentan un grado de meteorización de medio a alto, un RQD muy pobre y se puede observar que tanto la disposición de estratificación como la laminación son paralelas.

En la figura 4.6 se muestra la columna generalizada de este sector del depósito; en el anexo 7 se muestran los formatos con toda la información detallada recolectada en campo y en el anexo 9 se muestra un plano que contiene el desarrollo de la poligonal y la columna estratigráfica que se involucra en este levantamiento.

Figura 4.6. Columna generalizada de la poligonal 2.



Fuente: Autor del Proyecto.

Ensayos de campo

Martillo de Schmidt

Los resultados de los ensayos con el martillo de Schmidt son mostrados en la tabla 4.3.

Carga Puntual

Los resultados de los ensayos con la máquina de carga puntual son mostrados en la tabla 4.4.

Tabla 4.3. Resultados ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 2.

	MUESTRA	DENSIDAD KN/m ³ (ρ)	REBOTE MARTILLO (R)	COMP SIMLE(Mpa)	LITOLÓGÍA
	I2M20	25,29	25,2	36,25	ARENISCA
	I4M20	25,29	40,8	80,44	ARENISCA
	I2M17	25,29	23,6	33,40	ARENISCA
	I3M17	25,29	39	73,38	ARENISCA
	I2M15	25,29	41,2	69,34	ARENISCA
	I4M15	25,29	19,2	26,68	ARENISCA
	I1M11	25,29	30,6	47,77	ARENISCA
	I3M11	25,29	40	77,22	ARENISCA
	I5M11	25,29	43,6	92,82	ARENISCA
	MÍNIMA		19,2	26,66	
	MÁXIMA		43,6	92,82	
	PROM ARIT		33,69	59,70	
	M25	12,55	30,4	20,97	CARBÓN
	M20	12,55	35,8	23,91	CARBÓN
	M17	12,55	19	15,88	CARBÓN
	M15	12,55	25,2	18,47	CARBÓN
	MÍNIMA		19	15,88	
	MÁXIMA		35,8	23,91	
	PROM ARIT		27,6	19,81	
	I1M17	25,4	35,6	53,75	LIMOLITA

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.4. Resultados ensayos de carga puntual en la poligonal 2.

	MUESTRA	IS(50)(Mpa)		COMP SIMLE(Mpa)		LITOLOGÍA
		PERPENDICULAR	PARALELO	PERPENDICULAR	PARALELO	
	I4M15	1,50	0,38	34,61	8,73	ARENISCA
	I2M20	1,19	0,47	27,46	10,74	ARENISCA
	I3M17	1,38	1,63	31,85	37,44	ARENISCA
	I4M20	0,58	0,41	13,43	9,50	ARENISCA
	I1M11	1,67	0,79	38,37	18,27	ARENISCA
	I3M11	2,09	1,74	48,05	40,12	ARENISCA
	I2M15	1,46	1,09	33,53	25,12	ARENISCA
		1,88	1,84	43,21	42,28	ARENISCA
	MÍNIMA	0,58	0,38	13,43	8,73	
	MÁXIMA	2,09	1,84	48,05	42,28	
	PROM ARIT	1,47	1,04	33,81	24,03	
	I1M20	0,39	0,30	9,08	7,02	LIMOLITA
		2,96	1,28	68,04	29,34	LIMOLITA
	M25	0,31	0,23	7,13	5,28	CARBÓN
	M20	0,38	0,19	8,68	4,39	CARBÓN
	M15	0,24	0,33	5,41	7,64	CARBÓN
	MÍNIMA	0,24	0,19	5,41	4,39	
	MÁXIMA	0,38	0,33	8,68	7,64	
	PROM ARIT	0,31	0,25	7,07	5,77	

Fuente: Autor del Proyecto.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados con el martillo de Schmidt y la máquina de carga puntual están en el anexo 7 y el resumen de resultados es mostrado en las tablas 4.3 y 4.4.

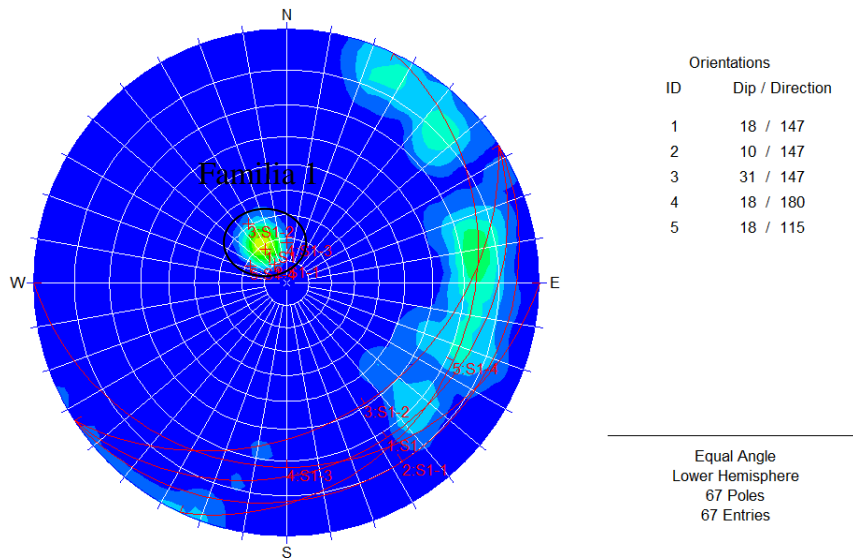
Número y orientación de familias de discontinuidades

En esta poligonal fueron encontradas dos familias de discontinuidades principales, las cuales son descritas a continuación.

Familia 1

Esta familia de discontinuidades corresponde a la estratificación del flanco occidental del sinclinal, presentando un buzamiento promedio de 18°, variando entre 10° y 31°; y dirección de buzamiento promedio de 147°, variando entre 115° Y 180°, lo cual se representa en la figura 4.7 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.7. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 2

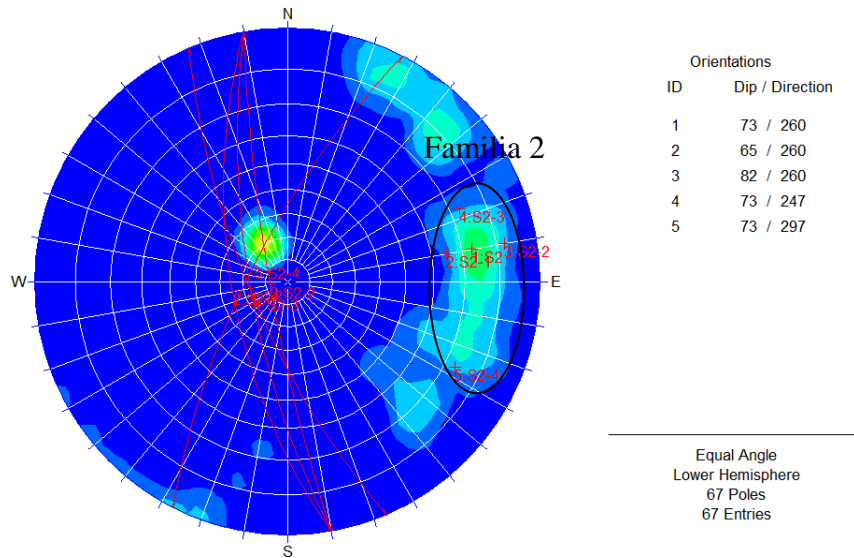


Fuente: Autor del Proyecto.

Familia 2

Esta familia de discontinuidades fueron medidas en el flanco occidental del sinclinal y corresponden a diaclasas, presentan un buzamiento promedio de 73°, variando entre 65° y 82°; y dirección de buzamiento promedio de 260°, variando entre 247° Y 297°, lo cual se observa en la figura 4.8 que corresponde a el diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.8. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 2.



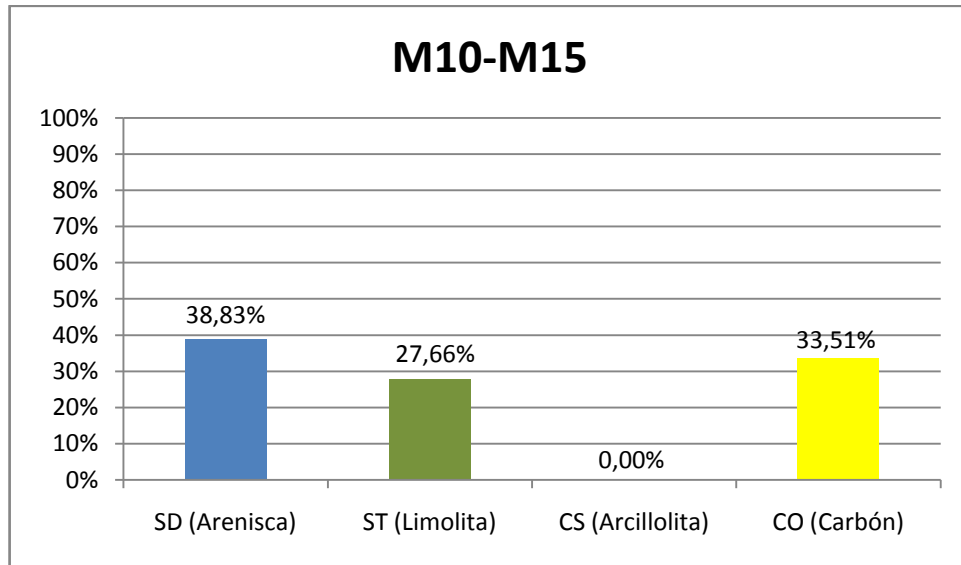
Fuente: Autor del Proyecto.

Zonificación

Dada la similitud de las características que presentan las rocas de una misma litología dentro del depósito es conveniente usar la litología como criterio para realizar la zonificación.

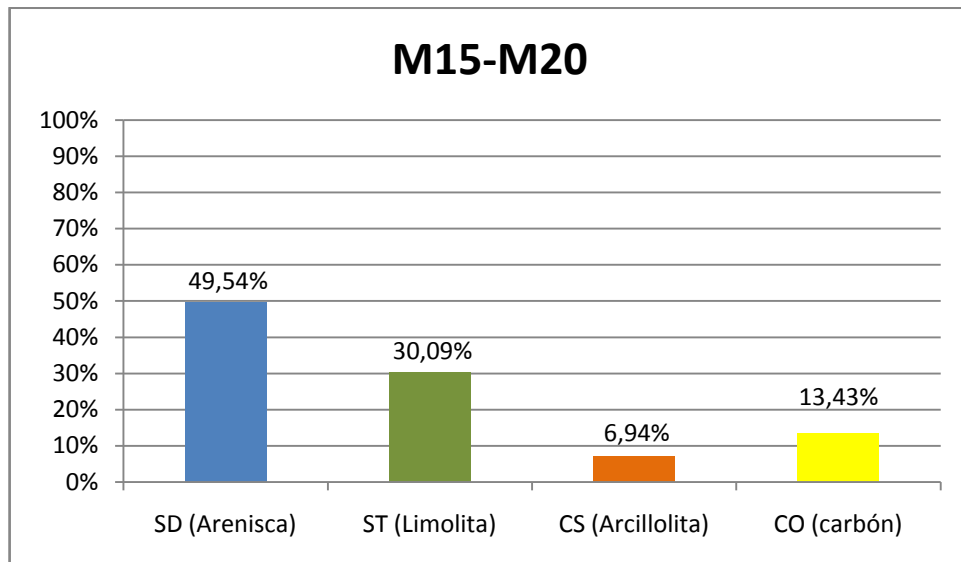
En las figuras 4.9 a 4.11 se observan diagramas de barras con los porcentajes de las litologías presentes entre los mantos M10 - M15, M15 - M20 y M20 - M25 respectivamente.

Figura 4.9. Porcentaje de litologías entre Manto10 – Manto15.



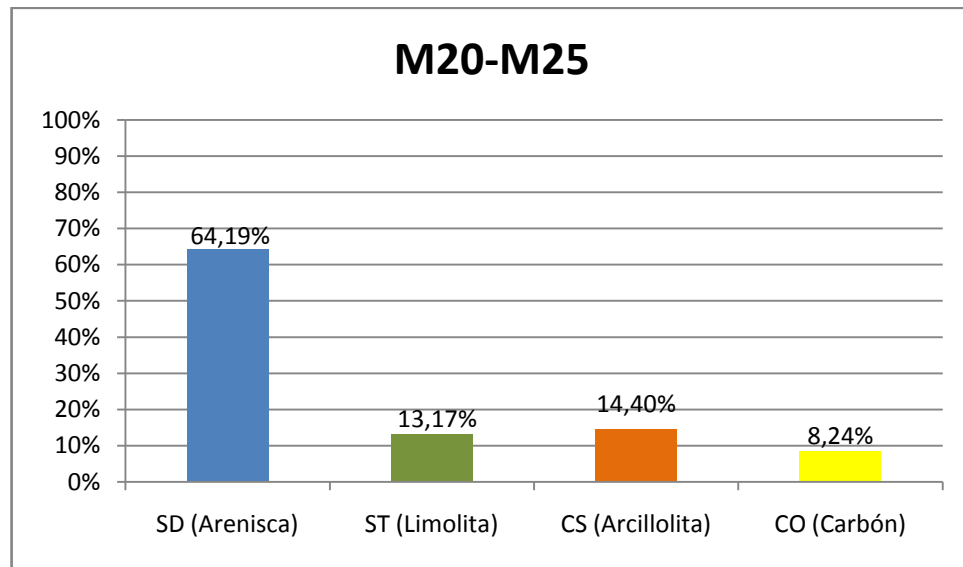
Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 4.10. Porcentaje de litologías entre Manto15 – Manto20.



Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 4.11. Porcentaje de litologías entre Manto20 – Manto25.



Fuente: Autor del Proyecto.

Basados en la las figuras 4.9, 4.10, y 4.11 se pueden establecer preliminarmente tres zonas, las cuales están limitadas por mantos de carbón con relativa importancia así:

Zona 1: Presenta predominancia de areniscas, se encuentra comprendida en el entre Manto20 y Manto25 y posee las siguientes características:

UCS (MPa)	RQD(%)
34,0	75-90

Zona 2: Presenta predominancia de areniscas, se encuentra comprendida entre Manto15 y Manto20 y posee las siguientes características:

UCS (MPa)	RQD(%)
30,84	75-90

Zona 3: Presenta predominancia de areniscas, se encuentra comprendida entre Manto10 y Manto15 y posee las siguientes características:

UCS (MPa)	RQD(%)
27,75	75-90

4.1.2.3. Poligonal 3

.Localización

Este levantamiento se realizó en el sector occidental de la mina, flanco occidental del sinclinal, sobre la pared que está en la parte sur del Pit Deseos, en esta poligonal se hizo el levantamiento geológico del sector comprendido entre los mantos 25 y 45. El trazo de esta poligonal está dado por las siguientes coordenadas:

X	Y	Z
1087211,81	1552043,71	70,598
1087207,53	1552049,47	69,602
1087197,83	1552056,55	69,604
1087187,98	1552069,91	70,796
1087188,71	1552074,29	68,908
1087173,37	1552096,71	75,198
1087176,53	1552109,16	68,418

1087156,43	1552137,58	71,638
1087164,17	1552141,67	68,698
1087154,83	1552157,76	68,86
1087145,64	1552165,81	70,292
1087128,43	1552182,2	83,565
1087122,26	1552190,36	84,166
1087119,36	1552200,78	86,231
1087114,9	1552212,4	83,495

En el anexo 6 se observa la localización de la poligonal en la mina.

Descripción

Para este levantamiento fueron descritas 65 capas de roca, de las cuales 18 capas son de limolita con un espesor acumulado de 30 m; 18 capas de arcillolita con un espesor acumulado de 16.2 m; 15 capas de arenisca con un espesor acumulado de 15.1 m y 14 capas de carbón con un espesor acumulado de 12.42 m. En este levantamiento es notoria la abundancia de capas con espesores menores a 1 m, presentándose éstas en todas las litologías.

En esta poligonal se observa una predominancia de las limolitas, notándose una menor proporción de arcillolitas, areniscas y carbón.

Las limolitas son de color gris con tonalidades claras y oscuras. Los espesores varían entre 0.2 y 4.8 mts, presentan estratificación plano-paralela, laminación paralela aunque en algunas capas esta se presenta ondulosa, posee un RQD muy pobre y un moderado grado de meteorización.

Las arcillolitas se caracterizan por ser bastante laminadas y ser de color gris variando desde tonos claros hasta oscuros. Los espesores varían entre 0.1 y 6

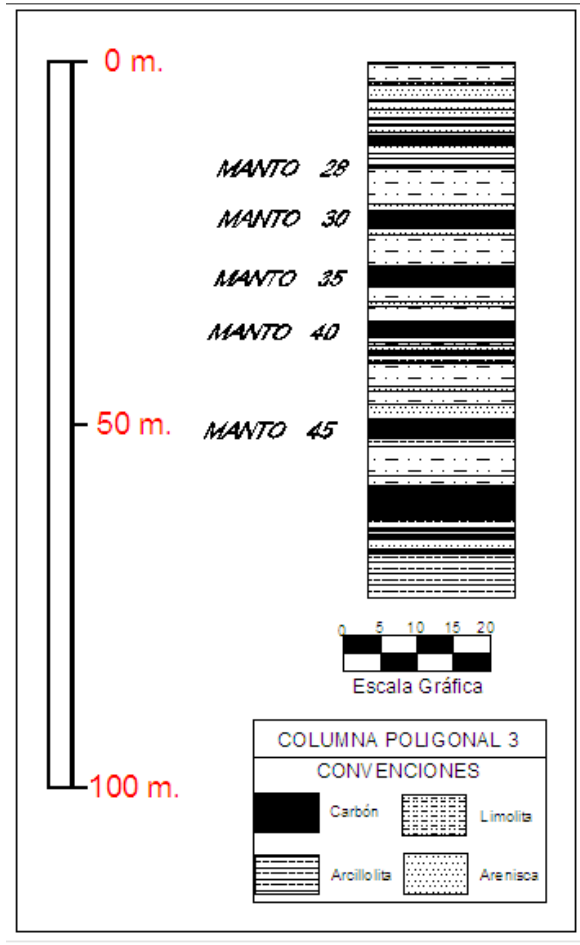
mts, presentan estratificación plano-paralela, la laminación es plana a ondulosa, poseen un RQD muy pobre y un moderado grado de meteorización.

Las areniscas son de grano fino, color gris con tonalidades que varían entre claras y oscuras, a veces rojiza debido a la alteración. Presentan una estructura laminar y una disposición de estratificación plano-paralela, un ligero grado de meteorización y un RQD alto (aprox = 80%). Estas areniscas están compuestas principalmente por mica moscovita, minerales oscuros, feldespato y cuarzo.

En este levantamiento afloran los mantos 30, 35, 40 y 45. Estos son de color negro, presentan una estructura laminar generalmente, aunque en algunos mantos sea masiva. Sus espesores varían entre 0.1 y 2.9 mts, presentan un ligero grado de meteorización y un RQD alto (aprox = 75%).

En la figura 4.12 se muestra la columna estratigráfica generalizada de este sector del sinclinal; en el anexo 7 se muestran los formatos con toda la información detallada recolectada en campo y en el anexo 10 se muestra un plano que contiene el desarrollo de la poligonal y la columna estratigráfica que se involucra en este levantamiento.

Figura 4.12. Columna generalizada de la poligonal 3.



Fuente: Autor del Proyecto.

Ensayos de campo

Martillo de Schmidt

Los resultados de los ensayos con el martillo de Schmidt son mostrados en la tabla 4.5.

Carga Puntual

Los resultados de los ensayos con la máquina de carga puntual son mostrados en la tabla 4.6.

Tabla 4.5. Resultados ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 3.

	MUESTRA	DENSIDAD KN/m ³ (ρ)	REBOTE MARTILLO (R)	COMP SIMLE(Mpa)	LITOLÓGÍA
MÍNIMA MÁXIMA PROM ARIT	I21M45	25,29	31,8	44,58	ARENISCA
	I31M45	25,29	39	62,53	ARENISCA
	I37M45	25,29	38,2	65,11	ARENISCA
	I1M40	25,29	38,8	72,63	ARENISCA
	I3M40	25,29	30,8	48,26	ARENISCA
	I9M40	25,29	32,6	52,91	ARENISCA
	I11M40	25,29	35,8	53,80	ARENISCA
	I2M35	25,29	39,4	74,89	ARENISCA
	I2M30	25,29	39,6	64,32	ARENISCA
	I1M28	25,29	28,4	42,67	ARENISCA
	I2M25	25,29	48	116,22	ARENISCA
	I6M25	25,29	33,4	48,06	ARENISCA
	I10M25	25,29	36,6	64,91	ARENISCA
	I12M25	25,29	34,4	54,04	ARENISCA
			28,4 48 36,2	42,69 116,22 61,78	
MÍNIMA MÁXIMA PROM ARIT	I28M45	12,55	30,8	21,17	CARBÓN
	I32M45	12,55	37,2	21,24	CARBÓN
	M45	12,55	54,6	30,22	CARBÓN
	M40	12,55	25,8	18,74	CARBÓN
	M35	12,55	30	20,76	CARBÓN
	M30	12,55	23,4	17,68	CARBÓN
			23,4 54,6 33,63	17,68 30,22 21,64	
	I40M45	25,4	21,4	28,70	LIMOLITA

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.6. Resultados ensayos de carga puntual en la poligonal 3.

	MUESTRA	IS(50)(Mpa)		COMP SIMLE(Mpa)		LITOLÓGÍA
		PERPENDICULAR	PARALELO	PERPENDICULAR	PARALELO	
	I3M40	1,87	0,91	42,95	21,01	ARENISCA
	I10M25	1,82	1,10	41,90	25,32	ARENISCA
	I1M40	2,52	1,21	57,90	27,85	ARENISCA
	MÍNIMA	1,82	0,91	41,90	21,01	
	MÁXIMA	2,52	1,21	57,90	27,85	
PROM ARIT		2,07	1,08	47,58	24,73	
	I16M25	0,56	0,22	13,00	5,18	LIMOLITA
	I11M25	0,85	0,66	19,66	15,15	LIMOLITA
	I9M40	2,12	1,22	48,79	28,06	LIMOLITA
	MÍNIMA	0,56	0,22	13,00	5,18	
	MÁXIMA	2,12	1,22	48,79	28,06	
PROM ARIT		1,18	0,70	27,15	16,13	
	M30	0,14	0,17	3,24	3,97	CARBÓN
	M35	0,18	0,09	4,06	2,00	CARBÓN
	M40	0,56	0,29	13,00	6,60	CARBÓN
	M45	1,35	1,05	31,00	24,13	CARBÓN
	MÍNIMA	0,14	0,09	3,24	2,00	
MÁXIMA	1,35	1,05	31,00	24,13		
PROM ARIT		0,56	0,40	12,82	9,18	

Fuente: Autor del Proyecto.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados con el martillo de Schmidt y la máquina de carga puntual se presentan en el anexo 7 y el resumen de resultados es mostrado en las tablas 4.5 y 4.6.

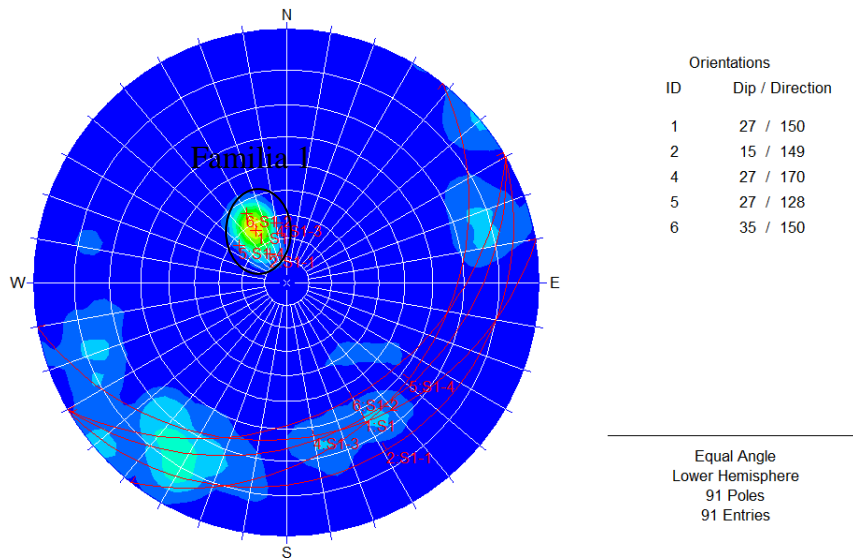
.Número y orientación de familias de discontinuidades

En esta poligonal fueron encontradas dos familias de discontinuidades principales, las cuales son descritas a continuación.

Familia 1

Esta familia de discontinuidades corresponde a la estratificación del flanco occidental del sinclinal, presentando un buzamiento promedio de 27° , variando entre 15° y 35° ; y dirección de buzamiento promedio de 150° , variando entre 128° y 170° , observándose en la figura 4.13 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.13. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 3.

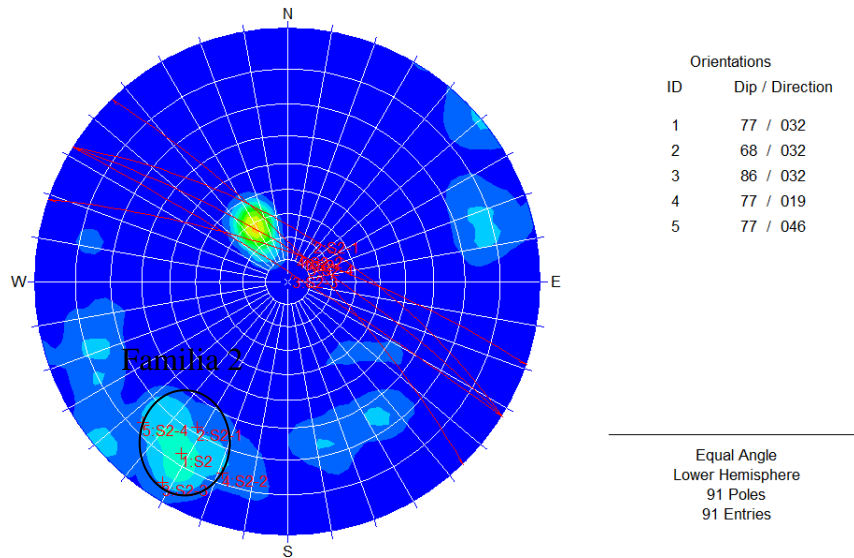


Fuente: Autor del Proyecto.

Familia 2

Esta familia de discontinuidades fueron medidas en el flanco occidental del sinclinal y corresponden a diaclasas, presentan un buzamiento promedio de 77° , variando entre 68° y 86° ; y dirección de buzamiento promedio de 32° , variando entre 19° y 46° , lo que se muestra en la figura 4.14 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.14. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 3.



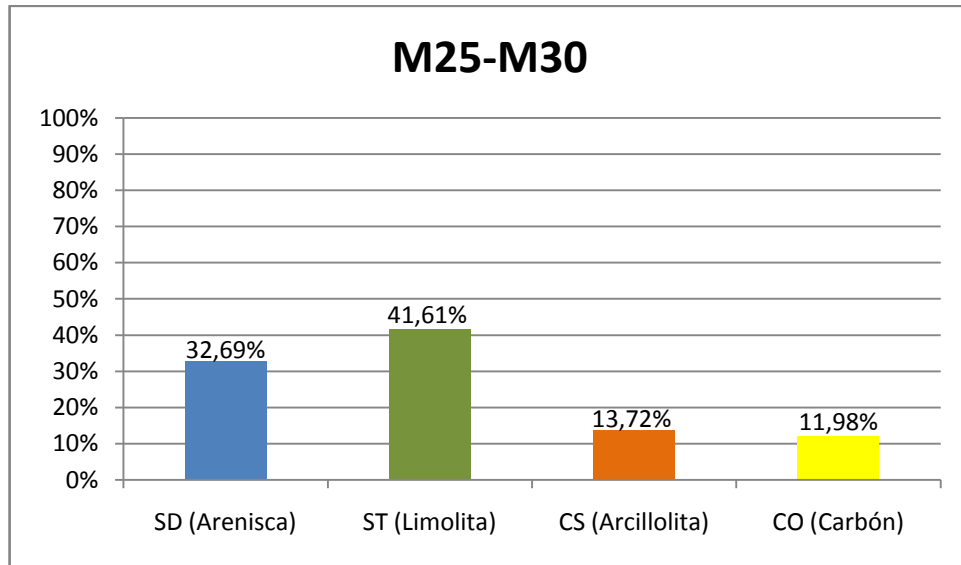
Fuente: Autor del Proyecto.

Zonificación

Dada la similitud de las características que presentan las rocas de una misma litología dentro del depósito es conveniente usar la litología como criterio para realizar la zonificación.

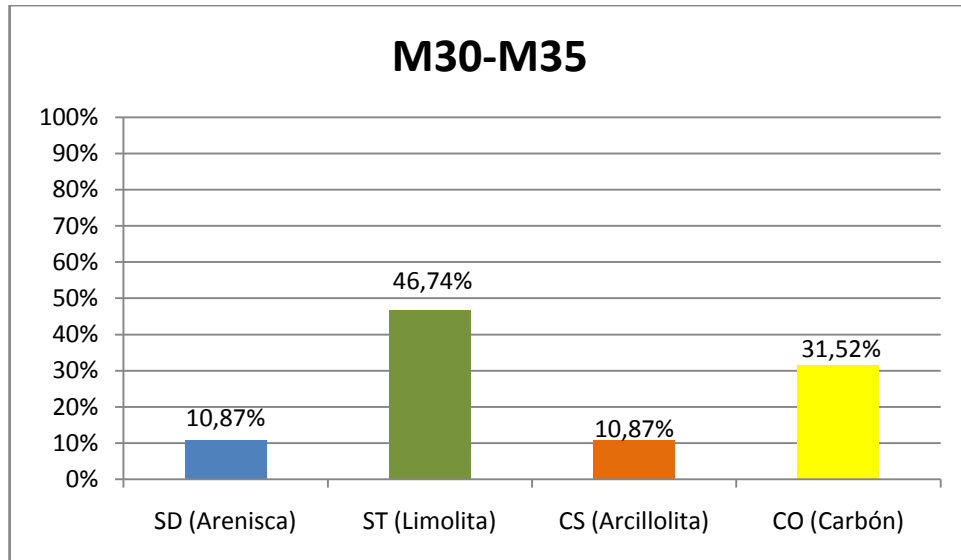
En las figuras 4.15 a 4.18 se observan diagramas de barras con los porcentajes de las litologías presentes entre los mantos M25 – M30, M30 – M35, M35 – M40 y M40 – M45 respectivamente.

Figura 4.15. Porcentaje de litologías entre Manto25 – Manto30.



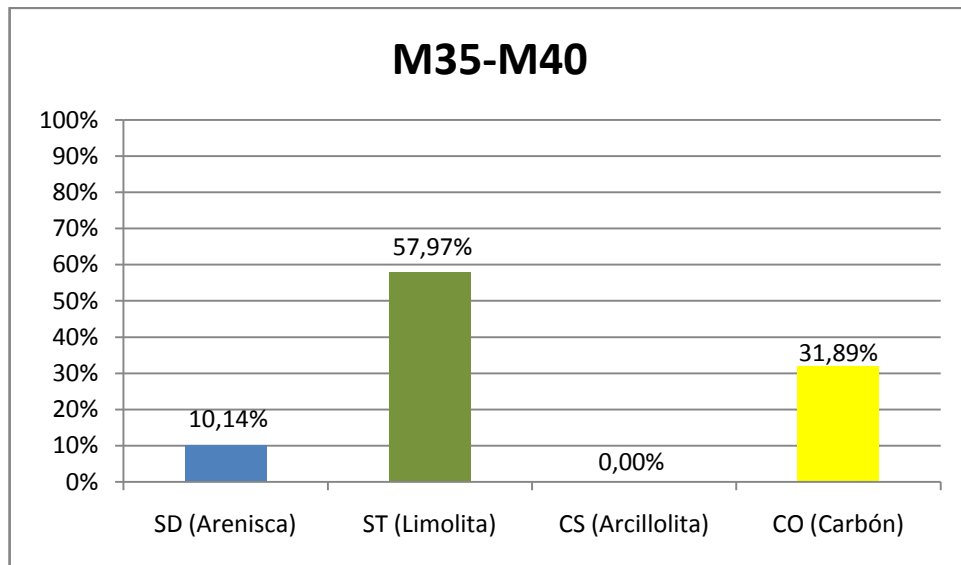
Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 4.16. Porcentaje de litologías entre Manto30 – Manto35.



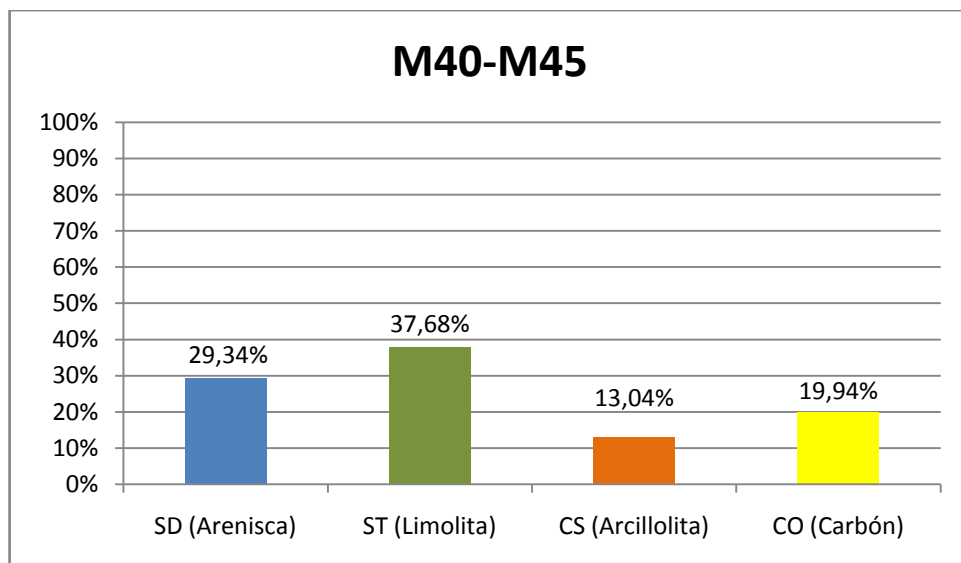
Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 4.17. Porcentaje de litologías entre Manto35 – Manto40.



Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 4.18. Porcentaje de litologías entre Manto40 – Manto45.



Fuente: Autor del Proyecto.

Basados en estas figuras se pueden establecer preliminarmente cuatro zonas, las cuales están limitadas por mantos de carbón con relativa importancia así:

Zona 1: Presenta predominancia de limolitas, se encuentra comprendida entre Manto25 y Manto30 y posee las siguientes características:

UCS (MPa)	RQD(%)
28,79	<25

Zona 2: Presenta predominancia de limolitas, se encuentra comprendida entre Manto30 y Manto35y posee las siguientes características:

UCS (MPa)	RQD(%)
20,14	<25

Zona 3: Presenta predominancia de limolitas, se encuentra comprendida entre Manto35 y Manto40 y posee las siguientes características:

UCS (MPa)	RQD(%)
21,91	<25

Zona 4: Presenta predominancia de limolitas, se encuentra comprendida entre Manto40 y Manto45 y posee las siguientes características:

UCS (MPa)	RQD(%)
27,27	<25

4.1.2.4. Poligonal 4

.Localización

Este levantamiento se realizó en el sector occidental de la mina, flanco occidental del sinclinal, sobre la pared que está al sur del antiguo taller CMU, al cual se llega por la vía que conduce a las motobombas del Pit CMU, en esta poligonal se hizo el levantamiento geológico del sector comprendido entre los mantos 11 y 5. El trazo de esta poligonal está dado por las siguientes coordenadas:

X	Y	Z
1087547,88	1550310,99	154,784
1087521,9	1550331,88	153,011
1087481,35	1550366,12	149,302
1087456,82	1550400,93	148,606
1087423,71	1550442,91	147,389
1087394,89	1550492,15	142,74

En el anexo 6 se observa la localización de la poligonal en la mina.

Descripción

Para este levantamiento fueron descritas 27 capas de roca, de las cuales 9 capas son de limolita con un espesor acumulado de 56.6 m; 8 capas de arenisca con un espesor acumulado de 16.2 m; 6 capas de carbón con un espesor acumulado de 5.7 m y 4 capas de arcillolita con un espesor acumulado de 4.05 m.

En esta poligonal se observa una clara predominancia de las limolitas, notándose una menor proporción de areniscas, carbón y arcillolitas.

Las limolitas son de color gris con tonalidades claras y oscuras, a veces rojizas producto de la alteración. Los espesores varían entre 0.6 y 21 m, presentan estratificación plano-paralela, laminación paralela, poseen un RQD muy pobre y un moderado grado de meteorización.

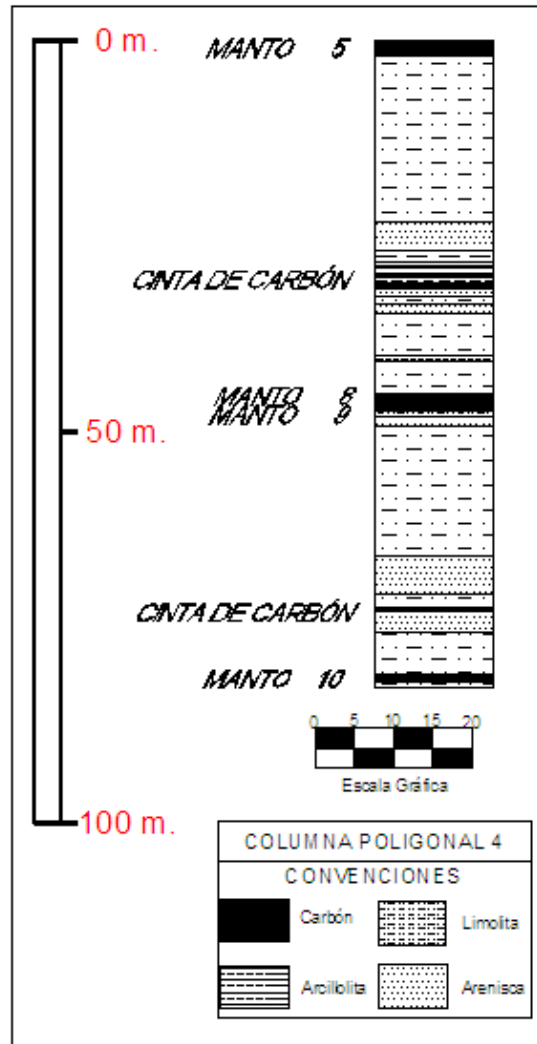
Las areniscas son generalmente de grano medio aunque algunas capas sean de grano fino, son de color gris con tonalidades que varían entre claras y oscuras. Los espesores varían entre 0,8 y 4,8, presentan una estructura laminar y una disposición de estratificación cruzada generalmente, un ligero grado de meteorización y un RQD alto (aprox = 80%). Los minerales componentes de estas rocas principalmente son mica moscovita, feldespato y minerales oscuros.

En este levantamiento se presentan los mantos 5, 8, 9, y 10. Estos son de color negro, presentan una estructura laminar y una disposición de estratificación plano-paralela. Sus espesores varían entre 0.3 y 2 mts, presentan un ligero grado de meteorización y un RQD bajo a muy pobre.

Las arcillolitas se caracterizan por ser bastante laminadas y ser de color gris variando desde tonos claros hasta oscuros. Los espesores varían entre 0.15 y 2.2 mts, presentan disposición de estratificación plano-paralela, un RQD muy pobre y un moderado grado de meteorización.

En la figura 4.19 se muestra la columna estratigráfica generalizada de este sector del sinclinal; en el anexo 7 se muestran los formatos con toda la información detallada recolectada en campo y en el anexo 11 se muestra un plano que contiene el desarrollo de la poligonal y la columna estratigráfica que se involucra en este levantamiento.

Figura 4.19. Columna generalizada de la poligonal 4.



Fuente: Autor del Proyecto.

.Ensayos de campo

Martillo de Schmidt

Los resultados de los ensayos con el martillo de Schmidt son mostrados en la tabla 4.7.

Carga Puntual

Los resultados de los ensayos con la máquina de carga puntual son mostrados en la tabla 4.8.

Tabla 4.7. Resultados ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 4.

	MUESTRA	DENSIDAD KN/m ³ (ρ)	REBOTE MARTILLO (R)	COMP SIMLE(Mpa)	LITOLÓGÍA
	I2M9	25,29	38	69,72	ARENISCA
	I5M9	25,29	33,6	55,68	ARENISCA
	I7M9	25,29	39,2	63,12	ARENISCA
	I2M5	25,29	27,6	40,98	ARENISCA
	I4M5	25,29	35,4	61,04	ARENISCA
	I6M5	25,29	32,4	52,37	ARENISCA
	I10M5	25,29	31,4	49,76	ARENISCA
	I12M5	25,29	37,4	67,61	ARENISCA
	MÍNIMA		27,6	40,98	
	MÁXIMA		39,2	69,72	
	PROM ARIT		34,38	57,54	
	M10	12,55	32,2	9,38	CARBÓN
	M8	12,55	33,6	22,67	CARBÓN
	I8M5	12,55	35	23,45	CARBÓN
	M5	12,55	22,4	17,26	CARBÓN
	MÍNIMA		22,4	9,38	
	MÁXIMA		35	23,45	
	PROM ARIT		30,8	18,19	
	I1M10	25,4	37,6	68,92	LIMOLITA
	I4M9	25,4	34,4	58,48	LIMOLITA
	PROM ARIT		36,0	63,70	

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.8. Resultados ensayos de carga puntual en la poligonal 4.

	MUESTRA	IS(50)(Mpa)		COMP SIMLE(Mpa)		LITOLOGÍA
		PERPENDICULAR	PARALELO	PERPENDICULAR	PARALELO	
	I7M9	3,15	3,58	72,41	82,37	ARENISCA
	I4M9	1,33	1,04	30,63	23,81	ARENISCA
	I2M9	2,41	1,04	55,38	23,88	ARENISCA
	I12M25	1,12	1,00	25,65	22,96	ARENISCA
	I2M5	1,78	1,57	40,89	36,20	ARENISCA
	I4M9	3,97	1,74	91,27	40,06	ARENISCA
	I10M5	0,75	0,86	17,33	19,86	ARENISCA
	I6M9	2,30	1,50	52,78	34,50	ARENISCA
	I13M5	1,08	0,52	24,86	11,92	ARENISCA
	MÍNIMA	0,75	0,52	17,33	11,92	
	MÁXIMA	3,97	3,58	91,27	82,37	
	PROM ARIT	1,99	1,43	45,69	32,84	
	I4M5	0,59	0,22	13,60	4,96	LIMOLITA
	I5M9	1,63	0,68	37,54	15,55	LIMOLITA
	I8M9	0,49	0,33	11,39	7,64	LIMOLITA
	I1M5	0,96	0,54	22,18	12,42	LIMOLITA
	I3M5	0,54	0,40	12,33	9,12	LIMOLITA
	MÍNIMA	0,49	0,22	11,39	4,96	
	MÁXIMA	1,63	0,68	37,54	15,55	
	PROM ARIT	0,84	0,43	19,41	9,94	
	I6M9	0,31	0,24	7,11	5,56	ARCILLOLITA
	I7M5	0,02	0,08	0,37	1,88	ARCILLOLITA
	PROM ARIT	0,16	0,16	3,74	3,72	

Fuente: Autor del Proyecto.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados con el martillo de Schmidt y la máquina de carga puntual están en el anexo 7 y el resumen de resultados es mostrado en las tablas 4.7 y 4.8.

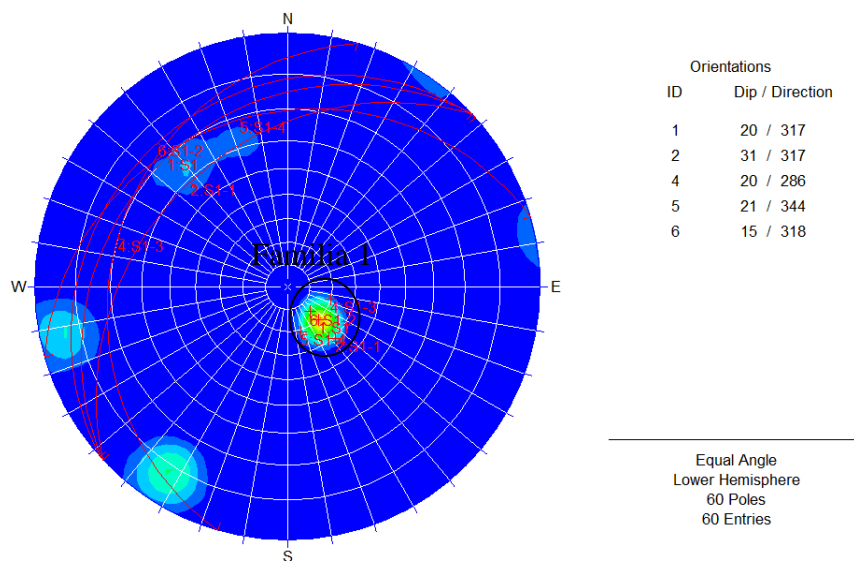
Número y orientación de familias de discontinuidades

En esta poligonal fueron encontradas dos familias de discontinuidades principales, las cuales son descritas a continuación.

Familia 1

Esta familia de discontinuidades corresponde a la estratificación del flanco oriental del sinclinal, presentando un buzamiento promedio de 20° , variando entre 15° y 31° ; y dirección de buzamiento promedio de 317° , variando entre 286° y 344° , lo que se presenta en la figura 4.20 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura. 4.20. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 4.

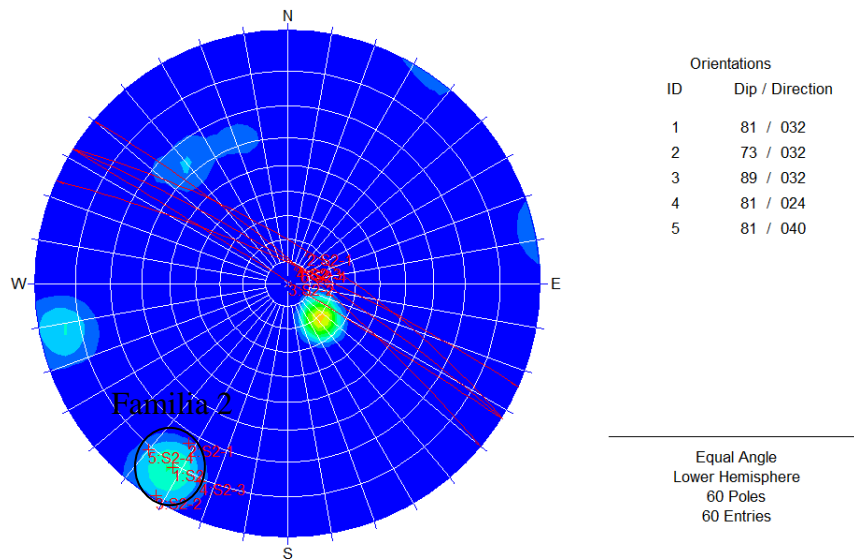


Fuente: Autor del Proyecto.

Familia 2

Esta familia de discontinuidades fueron medidas en el flanco oriental del sinclinal y corresponden a diaclasas, presentan un buzamiento promedio de 81°, variando entre 73° y 89°; y dirección de buzamiento promedio de 32°, variando entre 24° y 40°, lo cual se muestra en la figura 4.21 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.21. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 4.

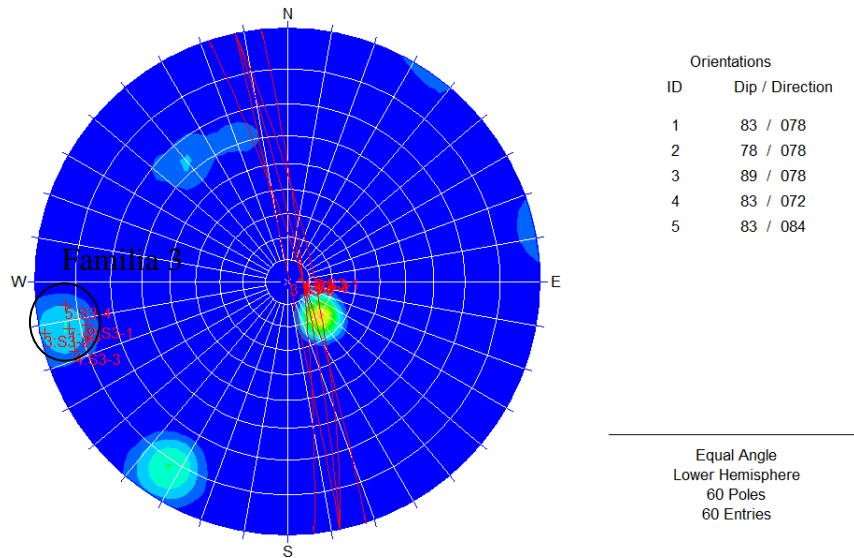


Fuente: Autor del Proyecto.

Familia 3

Esta familia de discontinuidades fueron medidas en el flanco oriental del sinclinal y corresponden a diaclasas, presentan un buzamiento promedio de 83°, variando entre 78° y 89°; y dirección de buzamiento promedio de 78°, variando entre 72° y 84°, lo que se presenta en la figura 4.22 que corresponde a el diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.22. Diagrama de densidad de polos de la familia 3 de la poligonal 4.



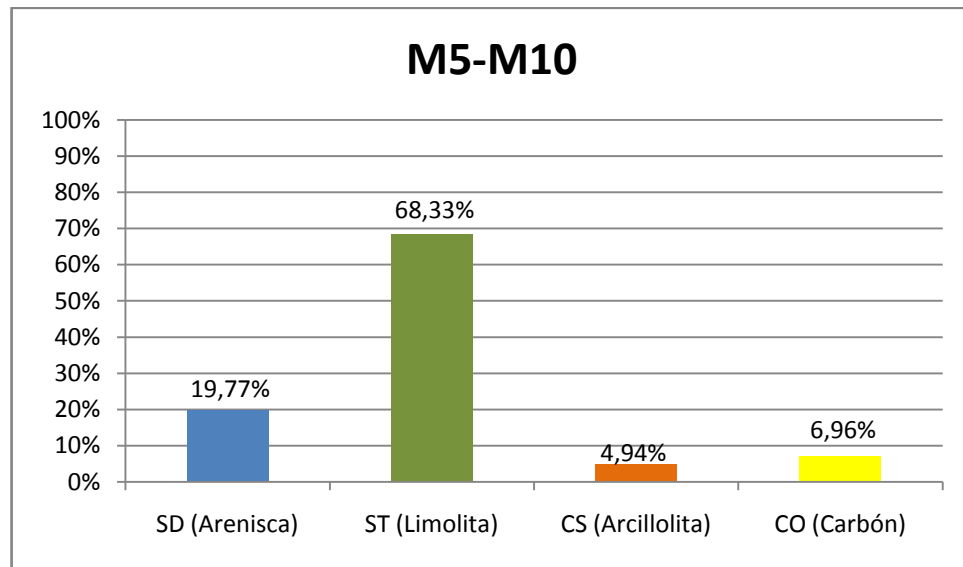
Fuente: Autor del Proyecto.

Zonificación

Dada la similitud de las características que presentan las rocas de una misma litología dentro del depósito es conveniente usar la litología como criterio para realizar la zonificación.

En la figura 4.23 se observa un diagrama de barras con los porcentajes de las litologías presentes entre Manto5 – Manto10.

Figura 4.23. Porcentaje de litologías entre Manto5 – Manto10.



Fuente: Autor del Proyecto.

Basado en las figura 4.23 se puede establecer preliminarmente una zona, la cual está limitada por los mantos 5 y 10, así:

Zona 1: Presenta predominancia de limolitas, se encuentra comprendida entre Manto5 y Manto10 y posee las siguientes características:

UCS (MPa)	RQD(%)
25,97	< 25

4.1.2.5. Poligonal 5

.Localización

Este levantamiento se realizó en el sector occidental de la mina, flanco occidental del sinclinal, sobre la pared que está en la parte final y derecha de la rampa Deseos que está ubicada en el Pit con el mismo nombre, en esta poligonal se hizo

el levantamiento geológico del sector comprendido entre los mantos 5 y 3. El trazo de esta poligonal está dado por las siguientes coordenadas:

X	Y	Z
1087797	1552081	87
1087728	1552052	87
1087677	1552029	100

En el anexo 6 se observa la localización de la poligonal en la mina.

Descripción

En este levantamiento fueron descritas 11 capas de roca, de las cuales 5 capas son de limolita con un espesor acumulado de 9.45 m; 2 capas de arenisca con un espesor acumulado de 6.85 m; 2 capas de arcillolita con un espesor acumulado de 1.65 m y 2 capas de carbón con un espesor acumulado de 1.3 m.

En esta poligonal se observa una clara predominancia de las limolitas, notándose una menor proporción de areniscas, carbón y arcillolitas.

Las limolitas son de color gris con tonalidades claras y oscuras. Los espesores varían entre 0.3 y 4 m, presentan estratificación plano-paralela, laminación plana, poseen un RQD moderado (aprox 60%) y un ligero grado de meteorización.

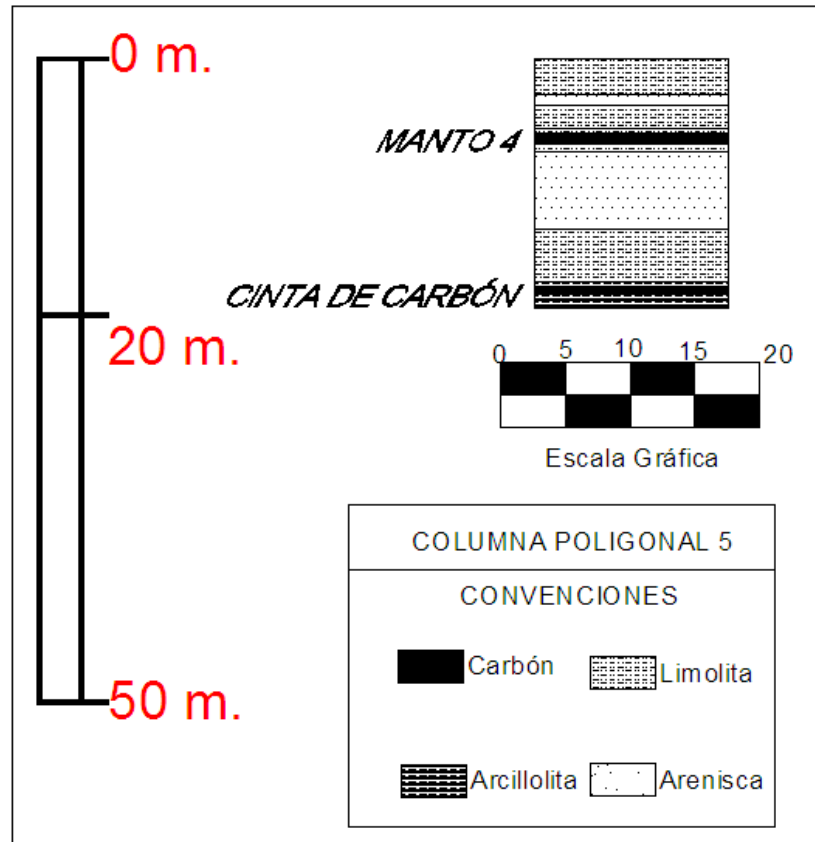
Las areniscas son de grano fino, son de color gris con tonalidades que varían entre claras y oscuras. Los espesores varían entre 0.85 y 6 m, presentan una estructura laminar y paralela, una disposición de estratificación plano-paralela, un ligero grado de meteorización y un RQD alto (aprox = 85%). Minerales como mica moscovita, feldespato y minerales oscuros son los mayores componentes de estas rocas.

En este levantamiento encontramos los mantos 3 y 4. Estos son de color negro, presentan una estructura laminar y una disposición de estratificación plano-paralela. Sus espesores varían entre 0.4 y 0.9 m, presentan un ligero grado de meteorización y un RQD bajo a muy pobre.

Las arcillolitas se caracterizan por ser bastante laminadas y ser de color gris variando desde tonos claros hasta oscuros. Los espesores varían entre 0.65 y 1 m, presentan disposición de estratificación plano-paralela, un moderado grado de meteorización y un RQD muy pobre.

En la figura 4.24 se muestra la columna estratigráfica generalizada de este sector del sinclinal; en el anexo 7 se muestran los formatos con toda la información detallada recolectada en campo y en el anexo 12 se muestra un plano que contiene el desarrollo de la poligonal y la columna estratigráfica que se involucra en este levantamiento.

Figura 4.24. Columna generalizada de la poligonal 5.



Fuente: Autor del Proyecto.

.Ensayos de campo

Martillo de Schmidt

Los resultados de los ensayos con el martillo de Schmidt son mostrados en la tabla 4.9.

Carga Puntual

Los resultados de los ensayos con la máquina de carga puntual son mostrados en la tabla 4.10.

Tabla 4.9. Resultados ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 5.

	MUESTRA	DENSIDAD KN/m ³ (ρ)	REBOTE MARTILLO (R)	COMP SIMLE(Mpa)	LITOLÓGÍA
PROM ARIT	I5M4	25,29	32,8	53,45	ARENISCA
	I3M4	25,29	38,2	70,44	ARENISCA
			35,5	61,94	
PROM ARIT	I2M4	12,55	35,2	23,57	CARBÓN
	M4	12,55	29	20,26	CARBÓN
			32,1	21,92	
PROM ARIT	I4M4	25,4	37,8	64,37	LIMOLITA
	I3M4	25,4	31,4	50,13	LIMOLITA
			34,6	57,25	

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.10. Resultados ensayos de carga puntual en la poligonal 5.

	MUESTRA	IS(50)(Mpa)		COMP SIMLE(Mpa)		LITOLÓGÍA
		PERPENDICULAR	PARALELO	PERPENDICULAR	PARALELO	
PROM ARIT	I3M3	3,03	3,45	69,65	79,37	ARENISCA
	I5M4	3,11	4,31	71,57	99,11	ARENISCA
		3,07	3,88	70,61	89,24	
PROM ARIT	I4M3	0,43	0,21	9,83	4,90	LIMOLITA
	I1M3	0,73	0,24	16,84	5,42	LIMOLITA
		0,58	0,22	13,33	5,16	

Fuente: Autor del Proyecto.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados con el martillo de Schmidt y la máquina de carga puntual están en el anexo 7 y el resumen de resultados es mostrado en las tablas 4.9 y 4.10.

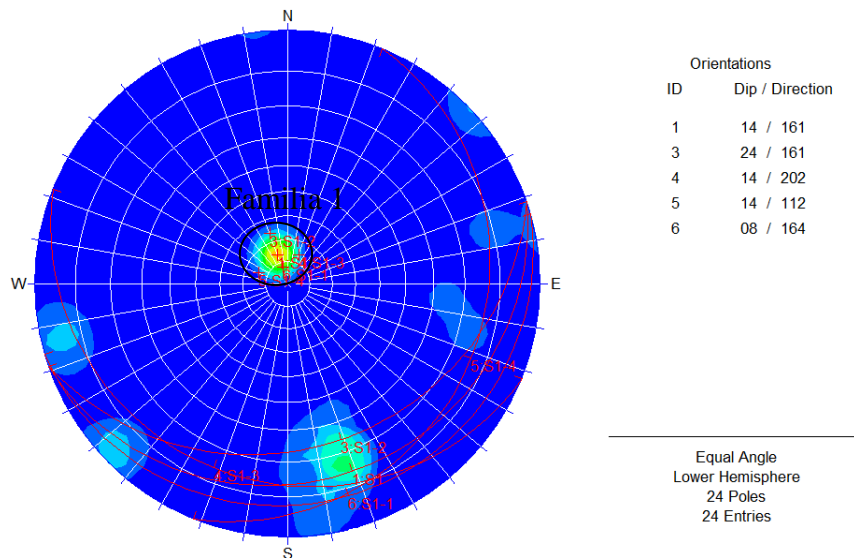
Número y orientación de familias de discontinuidades

En esta poligonal fueron encontradas dos familias de discontinuidades principales, las cuales son descritas a continuación.

Familia 1

Esta familia de discontinuidades corresponde a la estratificación del flanco occidental del sinclinal, presentando un buzamiento promedio de 14° , variando entre 8° y 24° ; y dirección de buzamiento promedio de 161° , variando entre 112° y 202° , lo cual se presenta en la figura 4.25 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.25. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 5.

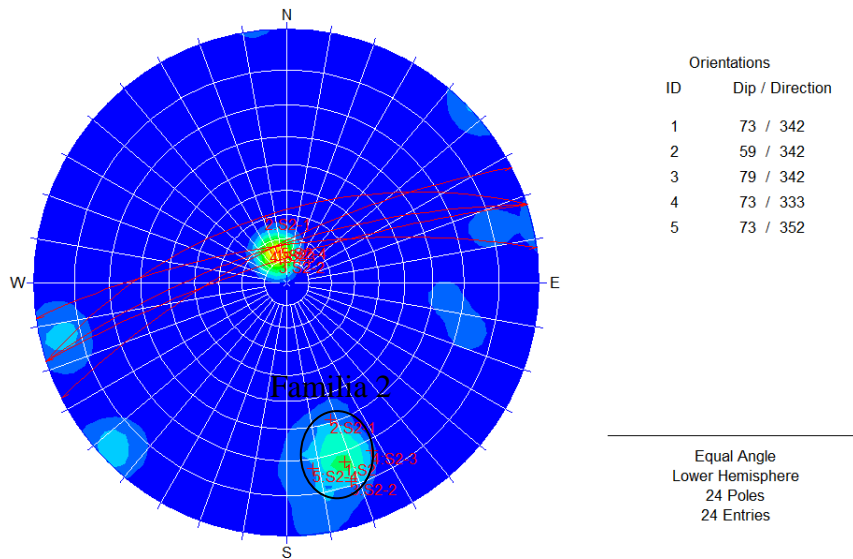


Fuente: Autor del Proyecto.

Familia 2

Esta familia de discontinuidades fueron medidas en el flanco occidental del sinclinal y corresponden a diaclasas, presentan un buzamiento promedio de 73°, variando entre 59° y 79°; y dirección de buzamiento promedio de 342°, variando entre 333° y 352°, lo que se muestra en la figura 4.26 que corresponde a el diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.26. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 5.



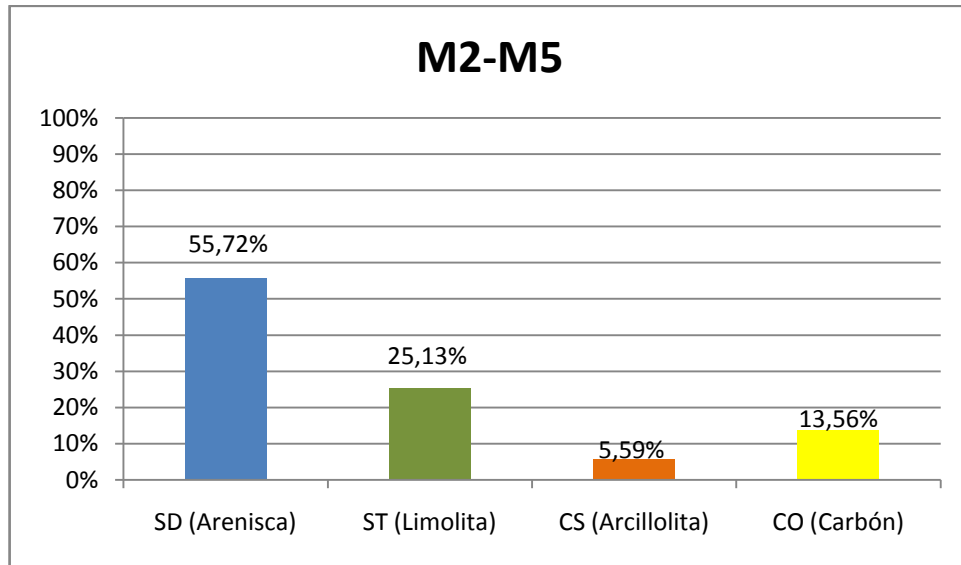
Fuente: Autor del Proyecto.

.Zonificación

Dada la similitud de las características que presentan las rocas de una misma litología dentro del depósito es conveniente usar la litología como criterio para realizar la zonificación.

En la figura 4.27 se observa un diagrama de barras con los porcentajes de las litologías presentes entre Manto2 – Manto5.

Figura 4.27. Porcentaje de litologías entre Manto2 – Manto5.



Fuente: Autor del Proyecto.

Basado en la figura 4.27 se puede establecer preliminarmente una zona, la cual está limitada por los mantos 5 y2, así:

Zona 1: Presenta predominancia de areniscas, se encuentra comprendida entre Manto2 y Manto5 y posee las siguientes características:

UCS (MPa)	RQD(%)
51,23	75-90

4.1.2.6. Poligonal 6

.Localización

Este levantamiento se realizó en el sector occidental de la mina, flanco occidental del sinclinal, esta poligonal está ubicada en el bloque 2 a la derecha de la rampa Deseos que está ubicada en el Pit con el mismo nombre, en esta poligonal se hizo

el levantamiento geológico del sector comprendido entre los mantos 3 y 0. El trazo de esta poligonal está dado por las siguientes coordenadas:

X	Y	Z
1087347	1551870	131
1087377	1551830	127
1087353	1551810	126
1087376	1551746	126
1087296	1551693	127
1087282	1551676	125

En el anexo 6 se observa la localización de la poligonal en la mina.

Descripción

En este levantamiento fueron descritas 11 capas de roca, de las cuales 4 capas son de arenisca con un espesor acumulado de 27.3 m; 4 capas de carbón con un espesor acumulado de 6.25 m; 2 capas de limolita con un espesor acumulado de 11.4 m y 1 capa de arcillolita con un espesor acumulado de 0.45 m.

En esta poligonal se observa una clara predominancia de las areniscas, notándose una menor proporción de limolitas, carbón y arcillolitas.

Las areniscas son de grano fino, son de color gris con tonalidades que varían entre claras y oscuras. Los espesores varían entre 2.8 y 11.3 m, presentan una estructura laminar y paralela, una disposición de estratificación plano-paralela, un ligero grado de meteorización y un RQD alto (aprox = 80%). La composición mineralógica está dada en su mayoría por mica moscovita, minerales oscuros y feldespato.

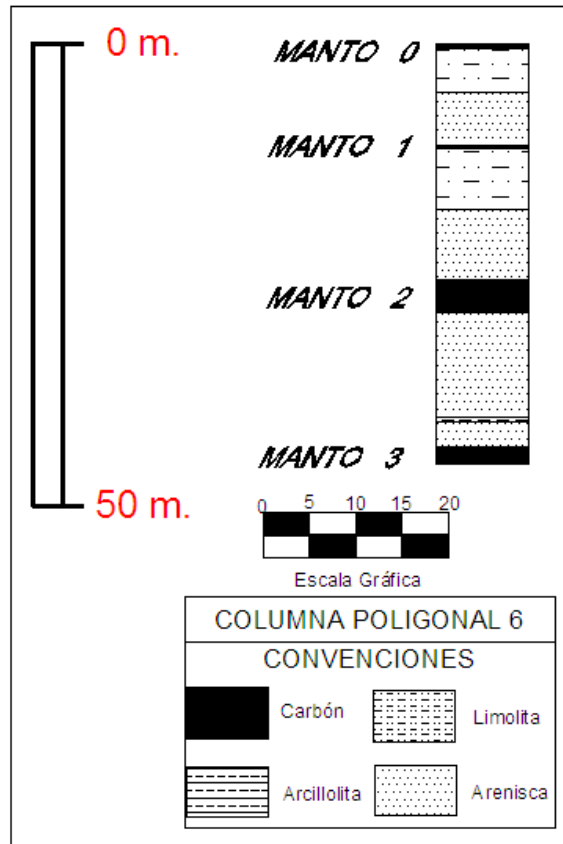
Las limolitas son de color gris con tonalidades claras y oscuras. Los espesores varían entre 4.8 y 6.6 m, presentan estratificación plano-paralela, laminación paralela, poseen un RQD muy pobre y un moderado grado de meteorización.

En este levantamiento aparecen los mantos 0, 1 y 2. Estos son de color negro, presentan una estructura laminar y una disposición de estratificación plano-paralela. Sus espesores varían entre 0.45 y 3.5 m, presentan un ligero grado de meteorización y un RQD medio (aprox 60%). Algunos de estos mantos presentan nódulos ferruginosos color rojizo los cuales son arenoso-sideríticos, que varían entre 2 y 50 cm de diámetro.

La capa de arcillolita es bastante laminada, color gris claro. El espesor es de 0.45 m, tiene una disposición de estratificación plano-paralela, un moderado grado de meteorización y un RQD muy pobre.

En la figura 4.28 se muestra la columna estratigráfica generalizada de este sector del depósito; en el anexo 7 se muestran los formatos con toda la información detallada recolectada en campo y en el anexo 13 se muestra un plano que contiene el desarrollo de la poligonal y la columna estratigráfica que se involucra en este levantamiento.

Figura 4.28. Columna generalizada de la poligonal 6.



Fuente: Autor del Proyecto.

Ensayos de campo

Martillo de Schmidt

Los resultados de los ensayos con el martillo de Schmidt son mostrados en la tabla 4.11.

Carga Puntual

Los resultados de los ensayos con la máquina de carga puntual son mostrados en la tabla 4.12.

Tabla 4.11. Resultados ensayos con Martillo Schmidt en poligonal 6.

	MUESTRA	DENSIDAD KN/m3(ρ)	REBOTE MARTILLO (R)	COMP SIMLE(Mpa)	LITOLOGÍA	
MÍNIMA MÁXIMA PROM ARIT	I1M2	25,29	27,2	40,15	ARENISCA	
	I3M2	25,29	39,8	64,93	ARENISCA	
	I1M1	25,29	29,8	45,85	ARENISCA	
	I1M0	25,29	24,4	34,76	ARENISCA	
				24,4	34,80	
				39,8	64,93	
				30,3	46,43	
MÍNIMA MÁXIMA PROM ARIT	M3	12,55	39,6	22,30	CARBÓN	
	M2	12,55	37,8	21,50	CARBÓN	
	M1	12,55	37,2	24,74	CARBÓN	
	M0	12,55	27,4	17,42	CARBÓN	
				27,4	17,42	
				39,6	24,74	
				35,5	21,49	

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.12. Resultados ensayos de carga puntual en la poligonal 6.

	MUESTRA	IS(50)(Mpa)		COMP SIMLE(Mpa)		LITOLOGÍA
		PERPENDICULAR	PARALELO	PERPENDICULAR	PARALELO	
PROM ARIT	I3M2	1,04	0,71	23,97	16,40	ARENISCA
	I1M1	0,94	0,82	21,57	19,00	ARENISCA
		0,99	0,77	22,77	17,67	
	M2	0,23	0,27	5,35	6,12	CARBÓN

Fuente: Autor del Proyecto.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados con el martillo de Schmidt y la máquina de carga puntual están en el anexo 7 y el resumen de resultados es mostrado en las tablas 4.11 y 4.12.

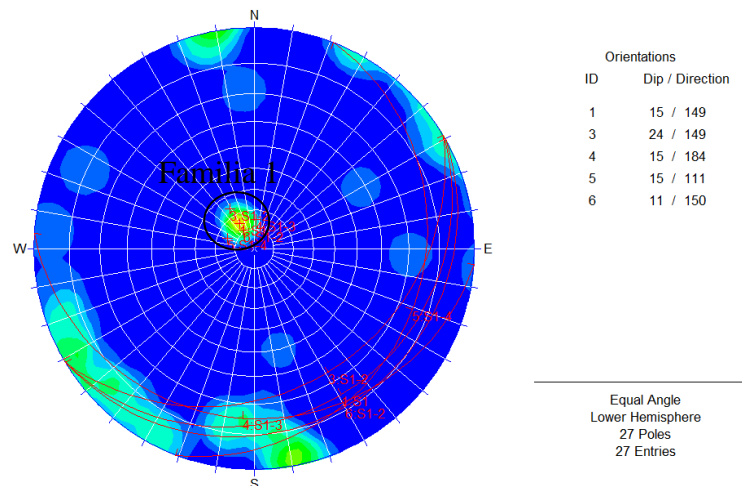
Número y orientación de familias de discontinuidades

En esta poligonal fueron encontradas dos familias de discontinuidades principales, las cuales son descritas a continuación.

Familia 1

Esta familia de discontinuidades corresponde a la estratificación del flanco occidental del sinclinal, presentando un buzamiento promedio de 15° , variando entre 11° y 24° ; y dirección de buzamiento promedio de 149° , variando entre 111° y 184° , lo cual se muestra en la figura 4.29 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.29. Diagrama de densidad de polos de la familia 1 de la poligonal 6.

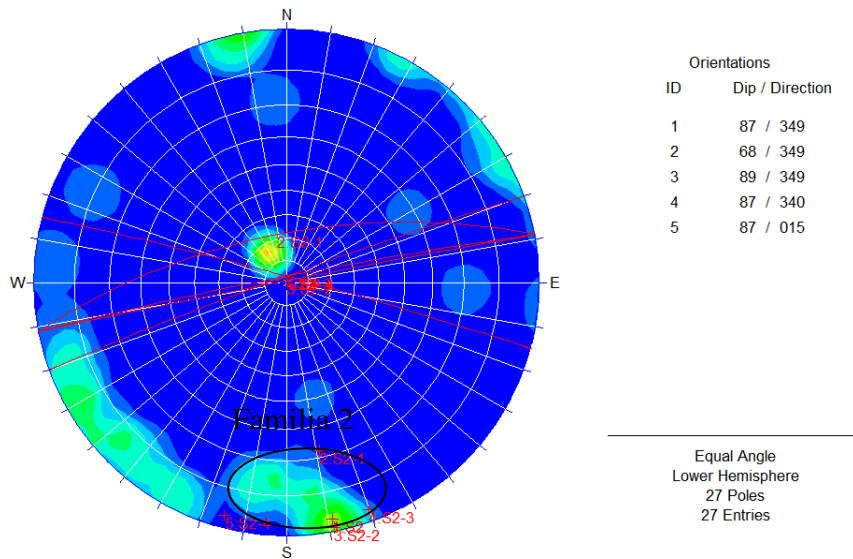


Fuente: Autor del Proyecto.

Familia 2

Esta familia de discontinuidades fueron medidas en el flanco occidental del sinclinal y corresponden a diaclasas, presentan un buzamiento promedio de 87°, variando entre 68° y 87°; y dirección de buzamiento promedio de 349°, variando entre 340° y 15°, lo cual se presenta en la figura 4.30 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.30. Diagrama de densidad de polos de la familia 2 de la poligonal 6.

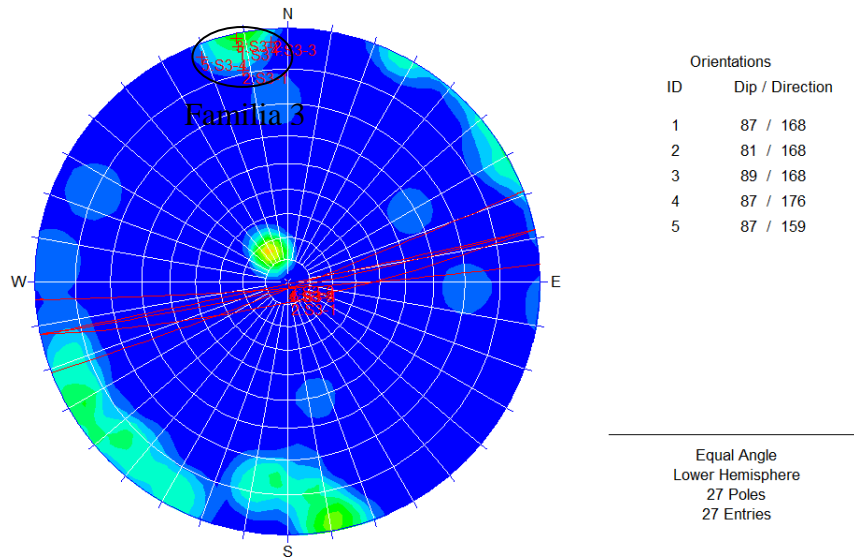


Fuente: Autor del Proyecto.

Familia 3

Esta familia de discontinuidades fueron medidas en el flanco occidental del sinclinal y corresponden a diaclasas, presentan un buzamiento promedio de 87°, variando entre 81° y 89°; y dirección de buzamiento promedio de 168°, variando entre 159° y 176°, lo que se muestra en la figura 4.31 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.31. Diagrama de densidad de polos de la familia 3 de la poligonal 6.



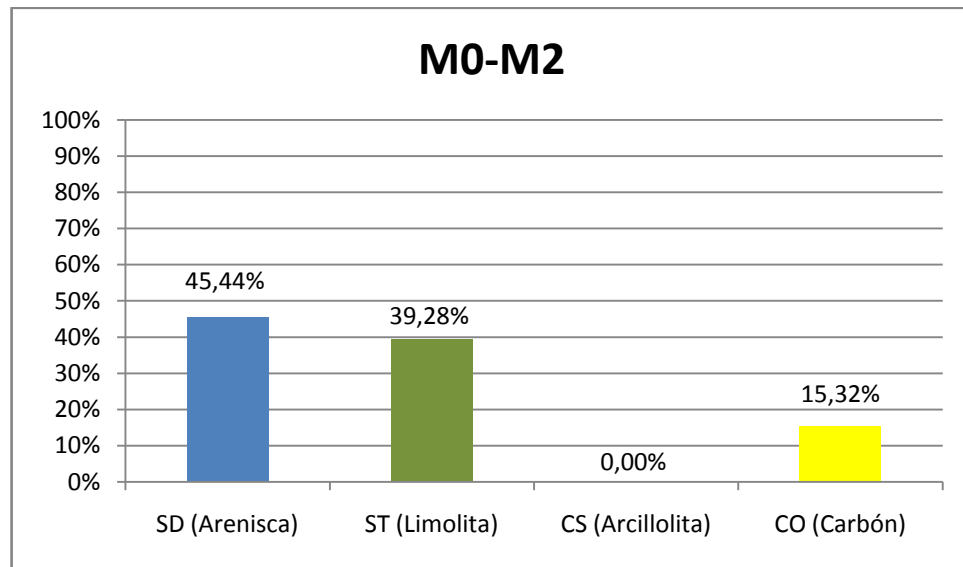
Fuente: Autor del Proyecto.

Zonificación

Dada la similitud de las características que presentan las rocas de una misma litología dentro del depósito es conveniente usar la litología como criterio para realizar la zonificación.

En la figura 4.32 se observa un diagrama de barras con los porcentajes de las litologías presentes entre Manto0 – Manto2.

Figura 4.32. Porcentaje de litologías entre Manto0 – Manto2.



Fuente: Autor del Proyecto.

Basado en la figura 4.32 se puede establecer preliminarmente una zona, la cual está limitada por los mantos 0 y 2, así:

Zona 1: Presenta predominancia de areniscas, se encuentra comprendida entre Manto0 y Manto2 y posee las siguientes características:

UCS (MPa)	RQD(%)
28,15	75-90

4.2 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN CON LA INFORMACIÓN EXISTENTE

4.2.1 Litología. Observando y comparando la información obtenida en los programas de exploración con la obtenida en campo para la realización de este trabajo se puede notar lo siguiente:

Otro aspecto a comparar son las proporciones de los tipos de roca que hay entre los mantos. Para dicho propósito se agruparán las rocas en los mismos intervalos como fueron mostrados en el numeral 2.4.1, para así facilitar la comparación. Estas proporciones son mostradas en las siguientes tablas.

Tabla 4.13. Porcentajes de tipos de roca entre mantos para todo el depósito, (Exploración).

INTERVALO	%SD(Arenisca)	%ST(Limolita)	%CS(Arcillolita)	%CO(Carbón)
M0-M2	28,54	25,55	31,76	14,15
M2-M5	28,3	25,79	31,35	14,56
M5-M10	43,72	25,55	22,04	8,69
M10-M15	28,1	17,86	17,22	36,82
M15-M20	57,93	16,76	9,72	15,59
M20-M25	35,57	23,22	23,6	17,61
M25-M30	29,64	32,96	25,35	12,05
M30-M35	15,64	27,22	28,31	28,83
M35-M40	24,2	9,75	21,19	44,86
M40-M45	30,15	33,34	20,24	16,27
BAJO M45	34,16	37,43	25,87	2,54

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.14. Porcentajes de tipos de roca entre mantos para todo el depósito, (Información obtenida en el desarrollo de este trabajo).

INTERVALO	%SD(Arenisca)	%ST(Limolita)	%CS(Arcillolita)	%CO(Carbón)
M0-M2	45,44	39,24	0	15,32
M2-M5	55,72	25,13	5,59	13,56
M5-M10	19,77	68,33	4,94	6,96
M10-M15	38,83	27,66	0	33,51
M15-M20	49,54	30,09	6,94	13,43
M20-M25	64,19	13,17	14,4	8,24
M25-M30	32,69	41,61	13,72	11,98
M30-M35	10,87	46,74	10,87	31,52
M35-M40	10,14	57,97	0	31,89
M40-M45	29,34	37,68	13,04	19,94
BAJO M45	32,13	11,86	51,95	4,06

Fuente: Autor del Proyecto.

Comparando la tabla 4.13 con la tabla 4.14 se puede observar que los porcentajes de tipos de roca para cada intervalo no son iguales, pero si se conserva la tendencia hacia qué tipo de roca es la que predomina en casi todos estos. Estas variaciones en los porcentajes de los tipo de roca se pueden presentar debido a que el ambiente de depositación no fue el mismo en toda la extensión del depósito, que existen cambio faciales y que los levantamientos no fueron realizados en el mismo sector de la mina ni en el mismo sector donde fueron realizadas las perforaciones por la campaña de exploración.

4.2.2 Ensayos de laboratorio Vs ensayos de campo. En la tabla 4.15 se muestran los promedios de los resultados de los ensayos de campo realizados para este trabajo y de los ensayos de laboratorio realizados por la Universidad Nacional sede Bogotá.

Tabla 4.15. Tabla comparativa de ensayos de campo Vs ensayos de laboratorio.

COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)						
TIPO DE ENSAYO	CAMPO				LABORATORIO	
LITOLÓGÍA	UTILIZANDO MARTILLO SCHMIDT (Mpa)		UTILIZANDO CARGA PUNTUAL (Mpa)		COMPRESIÓN UNIAXIAL (Mpa)	
	VALOR	N° ENSAYOS	VALOR	N° ENSAYOS	VALOR	N° ENSAYOS
SD (Arenisca)	58,6	42	41,8	28	57.9	21
ST (Limolita)	50,8	5	23,2	15	21.1	33
CS (Arcillolita)	Sin ensayo	0	3,7	1	0.6	1
CO (Carbón)	19,8	21	8,4	8	11.64	13

Fuente: Autor del Proyecto.

Los resultados de estos ensayos se resumen en esta tabla con el fin de hacer la comparación de los valores entregados para estas pruebas.

Es notorio que los valores obtenidos con el martillo de Schmidt están muy por encima de los realizados con la máquina de carga puntual y de los de laboratorio,

y aunque los resultados a las areniscas presenten gran similitud se considera que este valor no es tan ajustado ni tan preciso debido a la naturaleza del ensayo y al aparato que se utiliza para realizar la prueba.

Por otra parte, los resultados obtenidos de los ensayos con la máquina de carga puntual presentan variaciones menores, algunas por encima y otras por debajo del valor respecto a los de compresión uniaxial. Por tal motivo, estos resultados no pueden utilizarse como valores con un alto grado de confiabilidad y es por esto la necesidad de hacer una correlación para estos.

4.2.3 Ensayos geofísicos sínicos Vs ensayos de laboratorio y ensayos de campo. A partir de los registros sínicos se realizó la correlación a compresión simple (anexo 14) de los pozos JC4014, JC4015, JC4019, JC4033 Y JC4034; cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 4.16. UCS de pozo JC4014

UCS FROM SONIC JC 4014				
	ST (Limolita)	SD (Arenisca)	CS (Arcillolita)	CO (Carbón)
MIN	0,64	3,05	0,12	0,06
MAX	89,78	206,93	90,46	66,66
PROM	22,58	54,97	13,51	7,75

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.17. UCS de pozo JC4015

UCS FROM SONIC JC4015				
	ST (Limolita)	SD (Arenisca)	CS (Arcillolita)	CO (Carbón)
MIN	1,33	2,80	0,68	0,10
MAX	160,87	189,23	157,30	22,32
PROM	24,40	58,63	20,36	2,55

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.18. UCS de pozo JC4019

UCS FROM SONIC JC4019				
	ST (Limolita)	SD (Arenisca)	CS (Arcillolita)	CO (Carbón)
MIN	0,61	1,86	0,34	0,59
MAX	157,18	213,76	162,15	17,27
PROM	27,51	44,46	22,51	2,34

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.19. UCS de pozo JC 4033

UCS FROM SONIC JC4033				
	ST (Limolita)	SD (Arenisca)	CS (Arcillolita)	CO (Carbón)
MIN	2,15	0,87	0,53	0,06
MAX	173,71	240,96	71,75	12,40
PROM	30,60	72,81	20,87	2,72

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.20. UCS de pozo JC4034

UCS FROM SONIC JC4034				
	ST (Limolita)	SD (Arenisca)	CS (Arcillolita)	CO (Carbón)
MIN	0,90	2,87	0,52	0,52
MAX	179,29	527,92	111,27	17,83
PROM	34,51	63,35	23,33	2,79

Fuente: Autor del Proyecto.

En la tabla 4.21 se muestran los promedios de la resistencia a la compresión simple de las rocas del depósito obtenidos de la correlación con el registro sísmico.

Tabla 4.21. Promedio de UCS obtenido de los pozos.

	ST (Limolita)	SD (Arenisca)	CS (Arcillolita)	CO (Carbón)
	22,58	54,97	13,51	7,75
	24,40	58,63	20,36	2,55
	27,51	44,46	22,51	2,34
	34,51	63,35	23,33	2,79
	30,60	72,81	20,87	2,72
PROM	27,92	58,84	20,12	3,63

Fuente: Autor del Proyecto.

Con objeto de facilitar la comparación de la resistencia a la compresión simple de las rocas obtenida de la correlación de los registros sínicos con los resultados sacados de los ensayos de campo y de laboratorio, en la tabla 4.22 se resumen todos los resultados de las pruebas tenidas en cuenta en la realización de este trabajo.

Tabla 4.22. Resumen de resultados de la resistencia a la compresión simple de las rocas del depósito.

COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)							
TIPO DE ENSAYO	CAMPO				LABORATORIO		UTILIZANDO REGISTRO SÓNICO
LITOLOGÍA	UTILIZANDO MARTILLO SCHMIDT (Mpa)		UTILIZANDO CARGA PUNTUAL (Mpa)		COMPRESIÓN UNIAXIAL (Mpa)		
	VALOR	N° ENSAYOS	VALOR	N° ENSAYOS	VALOR	N° ENSAYOS	VALOR
SD (Arenisca)	58,6	42	41,8	28	57.9	21	58,84
ST (Limolita)	50,8	5	23,2	15	21.1	33	27,92
CS (Arcillolita)	Sin ensayo	0	3,7	1	0.6	1	20,12
CO (Carbón)	19,8	21	8,4	8	11.64	13	3,63

Fuente: Autor del Proyecto.

Esta tabla continúa evidenciando la similitud de los resultados obtenidos en los distintos tipos de ensayo y en la correlación con el registro sónico.

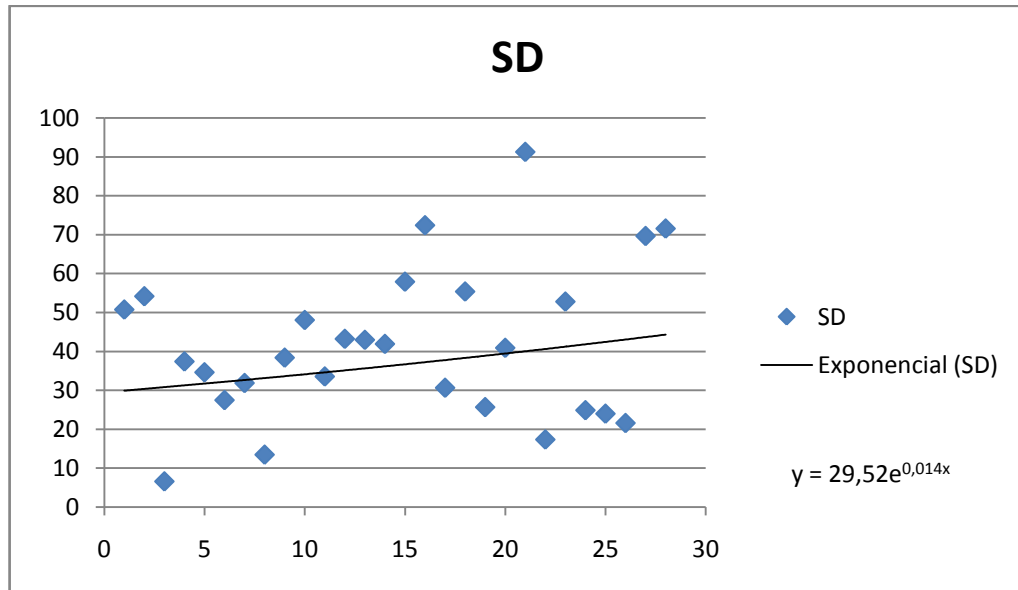
4.2.4 Correlación del ensayo de carga puntual a compresión uniaxial para las rocas del depósito. Después de correlacionar los resultados de carga puntual a compresión simple nos damos que estos no son tan precisos, debido a esto es necesario hacer un ajuste que permita obtener una mejor correlación de dichos ensayos. Este es un aporte importante para la empresa debido a que ésta cuenta con una máquina de carga puntual con la cual podría obtener información acerca de la resistencia a la compresión simple de las rocas del depósito de una manera rápida, confiable y muy económica.

Este ajuste se realizó teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de carga puntual hechos a las areniscas, limolitas y carbón, es de anotar que en las arcillolitas no fue posible debido al bajo número de ensayos realizados. Estos resultados fueron graficados en un diagrama de dispersión al cual se le agregó la línea de tendencia que más se ajustara a los resultados esperados.

Cada uno de los puntos mostrados en estos diagramas corresponde a un número de 20 ensayos, razón por la cual los puntos con mayor dispersión no fueron tomados como puntos anómalos sino más bien como rocas con propiedades distintas a las demás pero intrínsecas.

Para las areniscas, la línea de tendencia que más se ajustó fue una exponencial tal como se muestra en la figura 4.33.

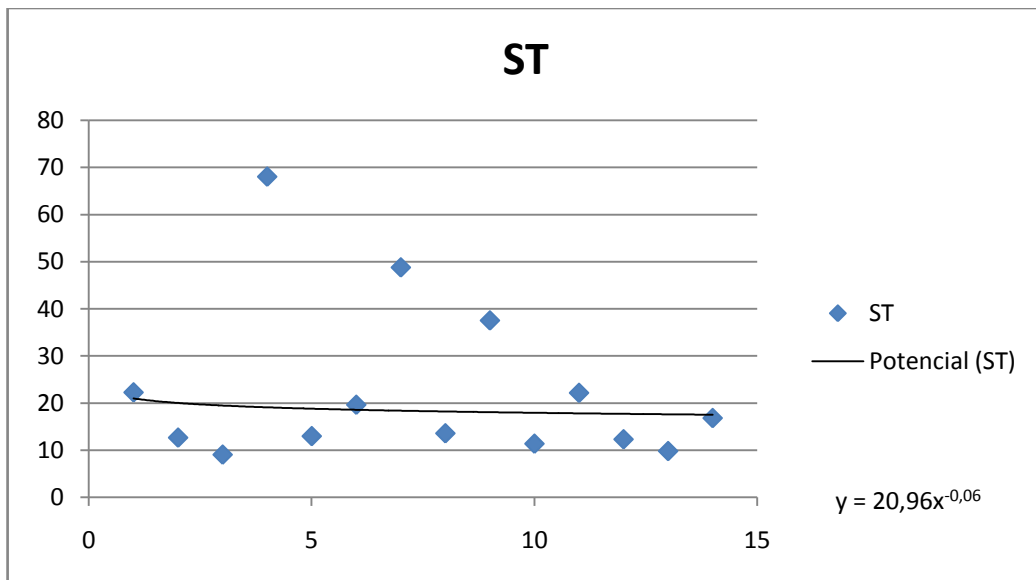
Figura 4.33. Línea de tendencia para las areniscas.



Fuente: Autor del Proyecto.

Para las limolitas, la línea de tendencia que más se ajustó fue una potencial tal como se muestra en la figura 4.34.

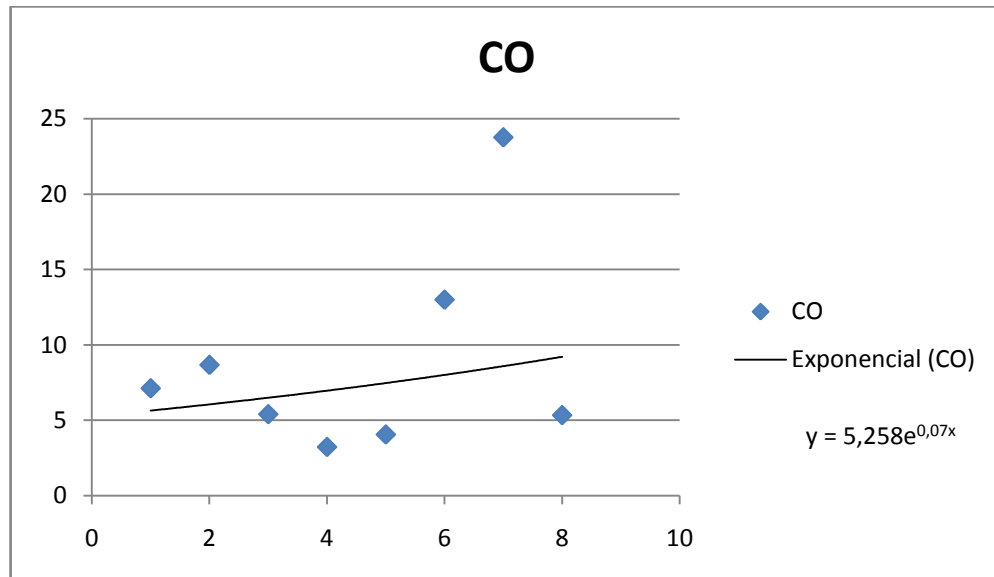
Figura 4.34. Línea de tendencia para las limolitas.



Fuente: Autor del Proyecto.

Para el carbón, la línea de tendencia que más se ajustó fue una exponencial tal como se muestra en la figura 4.35.

Figura 4.35. Línea de tendencia para el carbón.



Fuente: Autor del Proyecto.

Después de hacer la corrección a los resultados de las pruebas de carga puntual utilizando las ecuaciones anteriormente obtenidas, en la tabla 4.23 se muestran los resultados que se obtuvieron inicialmente, los corregidos y el valor del ensayo de compresión simple.

Tabla 4.23. Valores corregidos del ensayo de carga puntual.

LITOLÓGÍA	CARGA PUNTUAL (Mpa)			COMPRESIÓN UNIAXIAL (Mpa)	
	VALOR OBTENIDO	VALOR CORREGIDO	N° ENSAYOS	VALOR	N° ENSAYOS
SD (Arenisca)	41,82	56,09	28	57,9	21
ST (Limolita)	23,19	17,10	15	21,1	33
CO (Carbón)	8,41	11,00	8	11,64	13

Fuente: Autor del Proyecto.

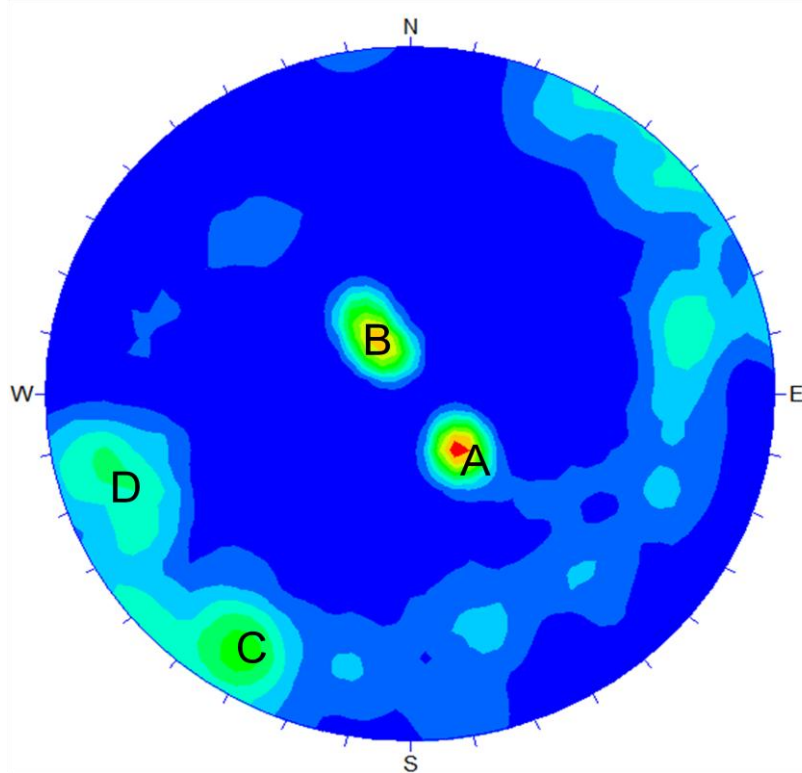
4.4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

4.4.1 Descripción de parámetros del macizo rocoso. A partir del procesamiento de 320 datos estructurales medidos en campo distribuidos entre las seis poligonales fue posible identificar las principales familias de discontinuidades que existen en la zona de estudio. Para el procesamiento de estos datos se utilizó el software DIPS V 5.1, por medio del cual se obtuvieron los diagramas de densidad de polos y las orientaciones de dichas familias de discontinuidades.

4.4.1.1 Número y orientación de familias de discontinuidades. El análisis de las familias de discontinuidades se hizo inicialmente en cada una de las poligonales realizadas con el fin de buscar si había relación entre las familias de discontinuidades con su respectiva ubicación dentro del sinclinal. Observando las figuras de densidades de polos para las diferentes poligonales nos damos cuenta que tal relación no existe, que todas las familias se encuentran distribuidas en el sinclinal. Por este motivo se realizó un análisis general de las familias de discontinuidades dentro de depósito, donde se involucran todos los datos estructurales recolectados en campo.

En la figura 4.36 se muestra la red estereográfica con todos los datos estructurales medidos en campo.

Figura 4.36. Diagrama de densidad de polos de la zona de estudio.



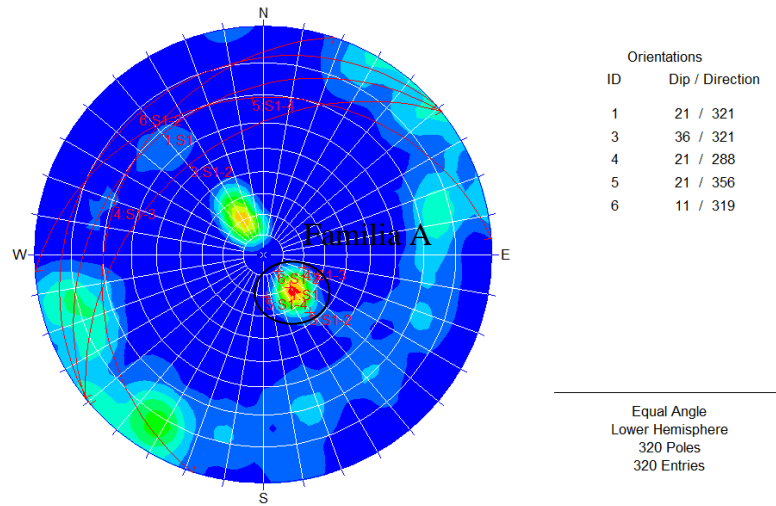
Fuente: Autor del Proyecto.

En este diagrama se observa claramente la existencia de cuatro familias principales de discontinuidades, dos corresponden a la estratificación y las otras dos a diaclasas. Estas familias para propósito de este trabajo fueron nombradas familia A, B, C, D respectivamente y presentan las siguientes características:

Familia A

Esta familia de discontinuidades corresponde a la estratificación del flanco oriental del sinclinal, presentando un buzamiento promedio de 21° , variando entre 11° y 36° ; y dirección de buzamiento promedio de 321° , variando entre 288° y 356° , lo cual se observa en la figura 4.37 que corresponde al diagrama de densidad de polos para esta familia.

Figura 4.37. Diagrama de densidad de polos de la familia A.



Fuente: Autor del Proyecto.

Características

Continuidad

En la figura 4.38 se observa que la continuidad con calificación V (> 20 m) es la predominante para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.38. Continuidad de discontinuidades (según el cuadro 3.6) de la familia A.

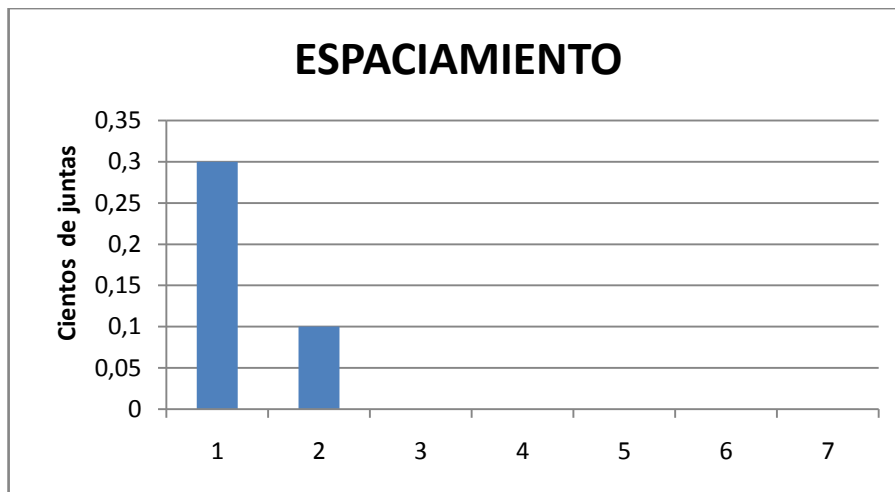


Fuente: Autor del Proyecto.

Espaciamiento

En la figura 4.39 se observa que el espaciamiento con calificación 1 (< 20 mm) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.39. Espaciamiento de discontinuidades (según el cuadro 3.5) de la familia A.

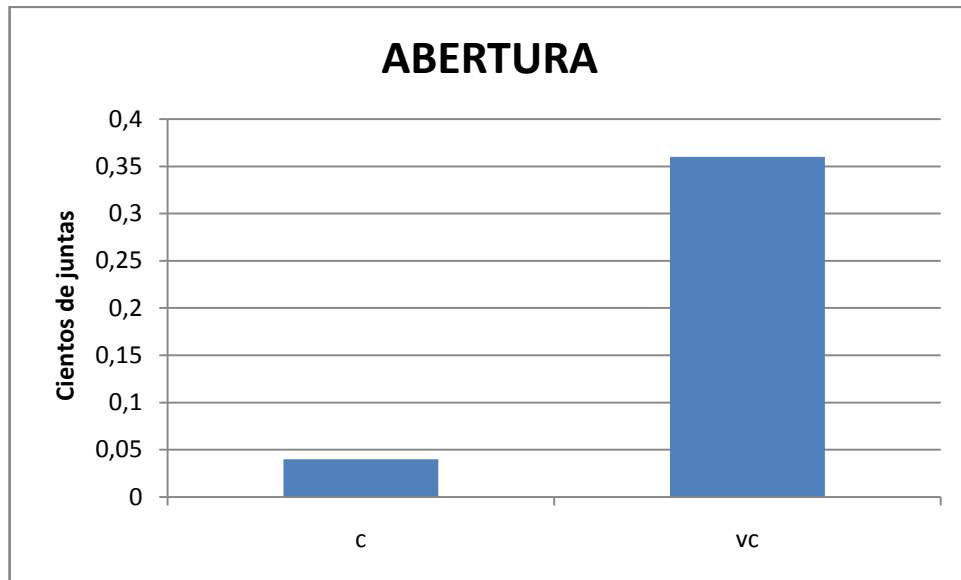


Fuente: Autor del Proyecto.

Abertura

En la figura 4.40 se observa que la abertura con calificación VC (<0.1 mm) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura4.40. Abertura de discontinuidades (según el cuadro 3.7) de la familia A.

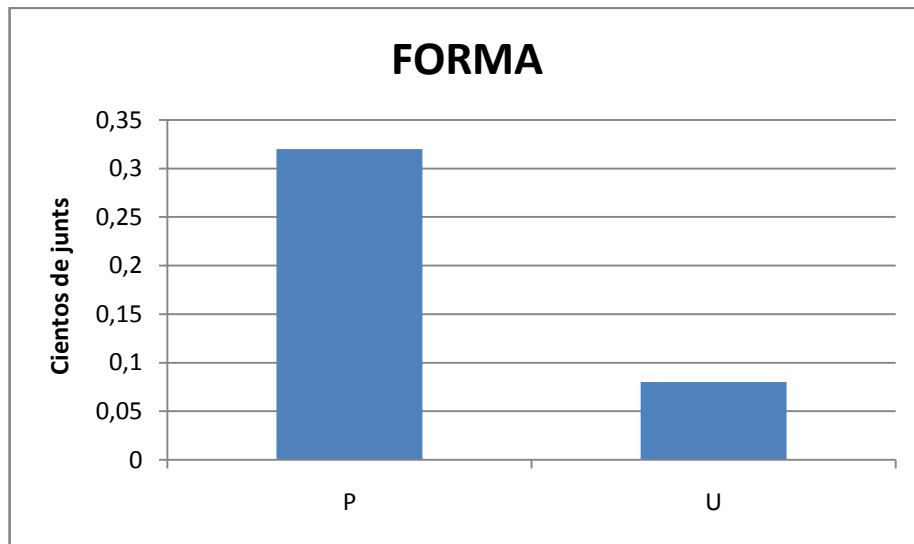


Fuente: Autor del Proyecto.

Forma

En la figura 4.41 se observa que la forma con calificación P (plana) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.41. Forma de discontinuidades de la familia A.

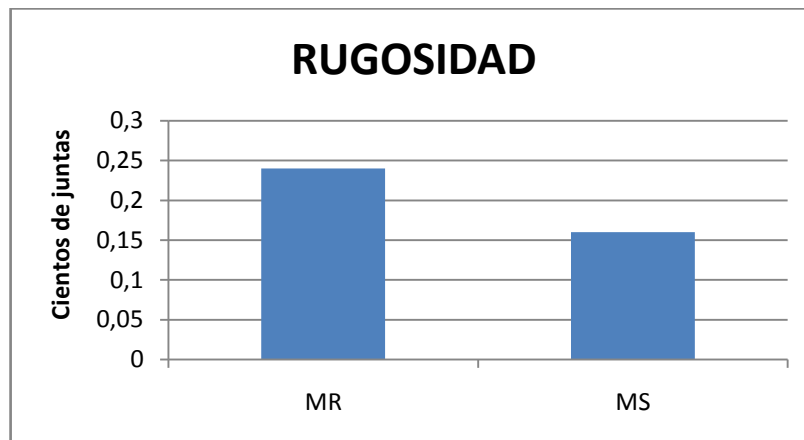


Fuente: Autor del Proyecto.

Rugosidad

En la figura 4.42 se observa que la rugosidad con calificación MR (moderadamente rugosa) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.42. Rugosidad de discontinuidades (según la figura 3.3) de la familia A.

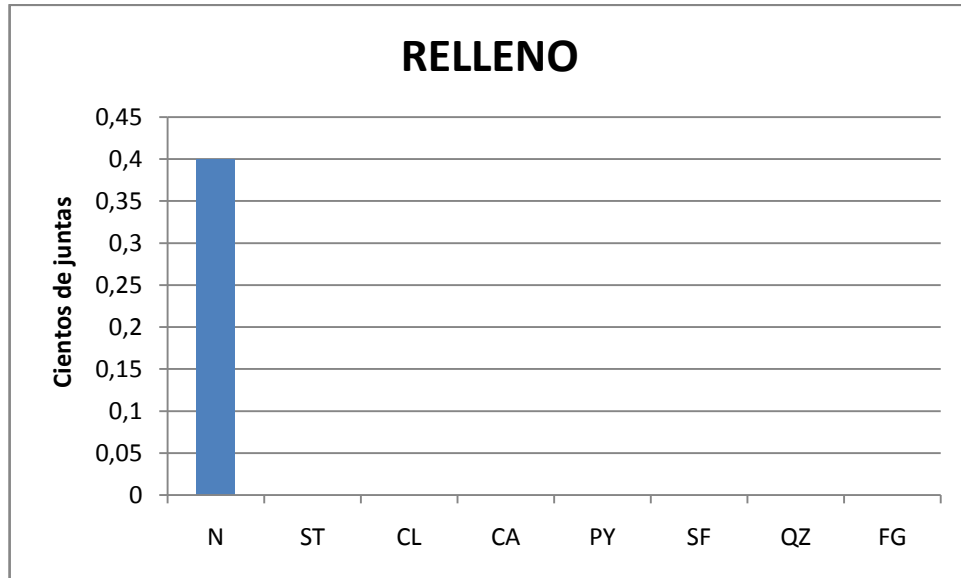


Fuente: Autor del Proyecto.

Relleno

En la figura 4.43 se observa que las discontinuidades con relleno N (sin relleno) son las que predominan para esta familia.

Figura 4.43. Relleno de discontinuidades (según el cuadro 3.8) de la familia A.

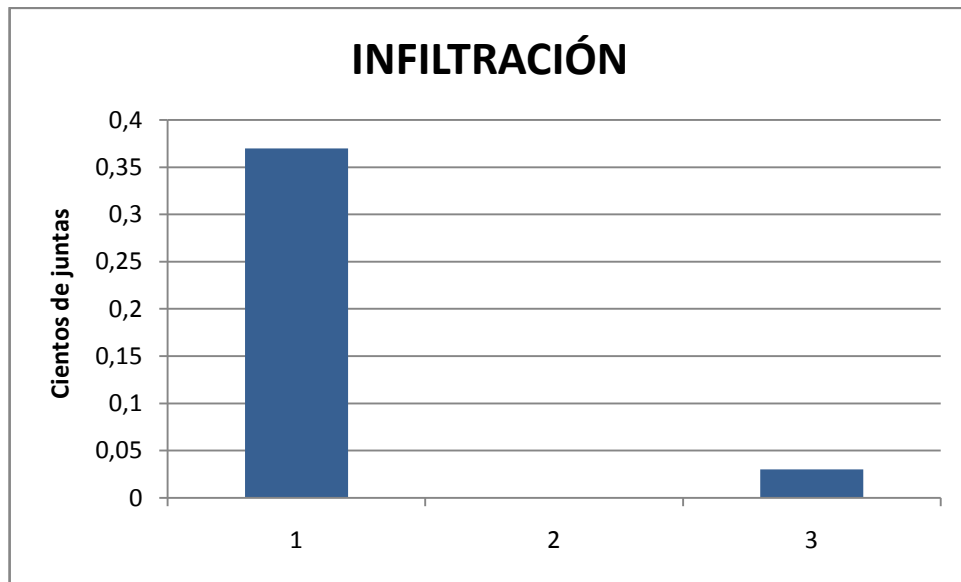


Fuente: Autor del Proyecto.

Infiltración

En la figura 4.44 se observa que las discontinuidades con calificación 1 (secas) son las predominantes en esta familia.

Figura 4.44. Infiltración de discontinuidades (según el cuadro 3.9) de la familia A.



Fuente: Autor del Proyecto.

Las características de esta familia de discontinuidades se resumen en la tabla 4.24.

Tabla 4.24. Características de las discontinuidades de la familia A.

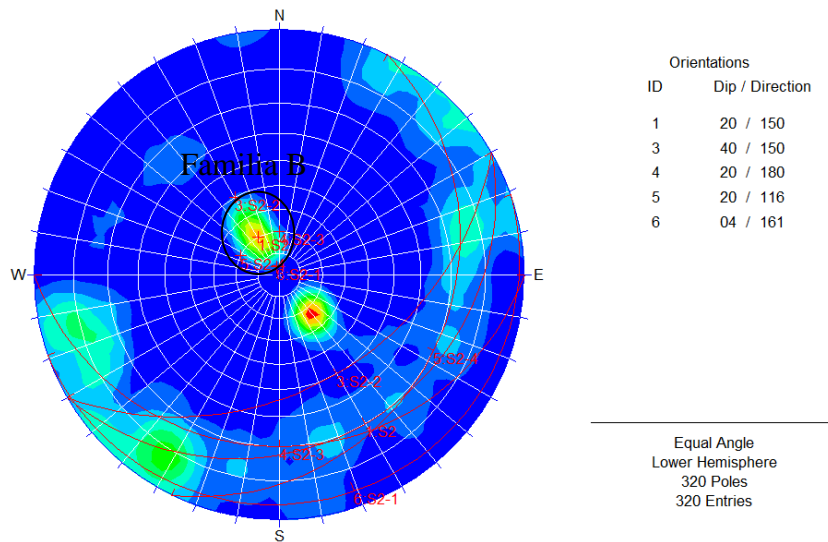
Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración
V	2	VC	P	MR	N	1

Fuente: Autor del Proyecto.

Familia B

Esta familia de discontinuidades corresponde a la estratificación del flanco occidental del sinclinal, presentando un buzamiento promedio de 20°, variando entre 4° y 40°; y dirección de buzamiento promedio de 150°, variando entre 116° y 180°, lo cual se presenta en la figura 4.45, que corresponden al diagrama de densidad de polos para esta familia.

Figura 4.45. Diagrama de densidad de polos de la familia B.



Fuente: Autor del Proyecto.

Características

Continuidad

En la figura 4.46 se observa que la continuidad con calificación V (> 20 m) es la predominante para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.46. Continuidad de las discontinuidades (según el cuadro 3.6) de la familia B.

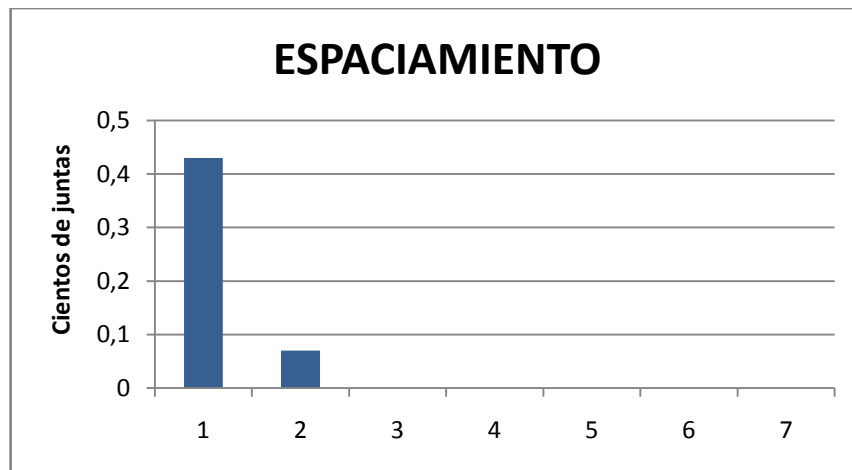


Fuente: Autor del Proyecto.

Espaciamiento

En la figura 4.47 se observa que el espaciamiento con calificación 1 (<20 mm) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.47. Espaciamiento de discontinuidades (según el cuadro 3.5) de la familia B.

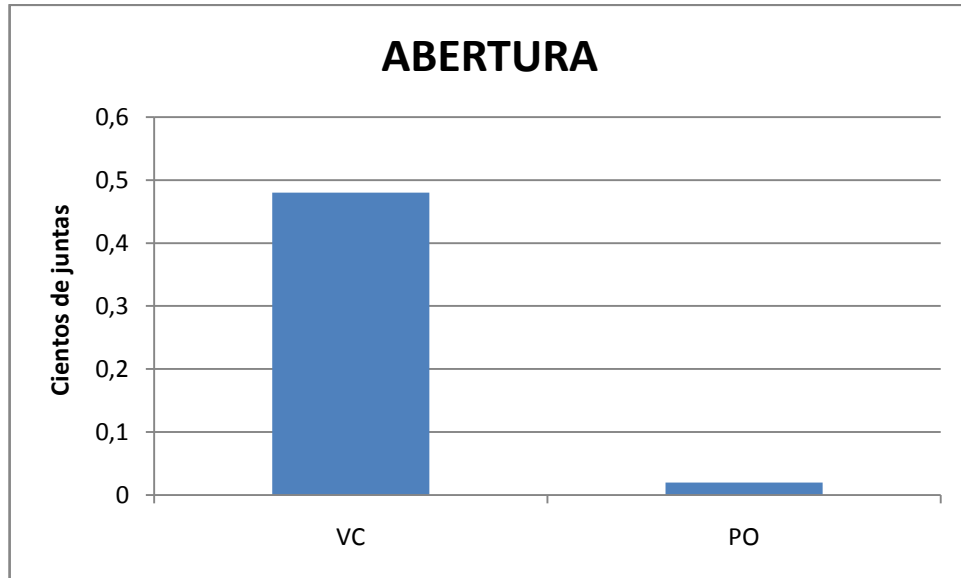


Fuente: Autor del Proyecto.

Abertura

En la figura 4.48 se observa que la abertura con calificación VC (<0.1 mm) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.48. Abertura de discontinuidades (según el cuadro 3.7) de la familia B.

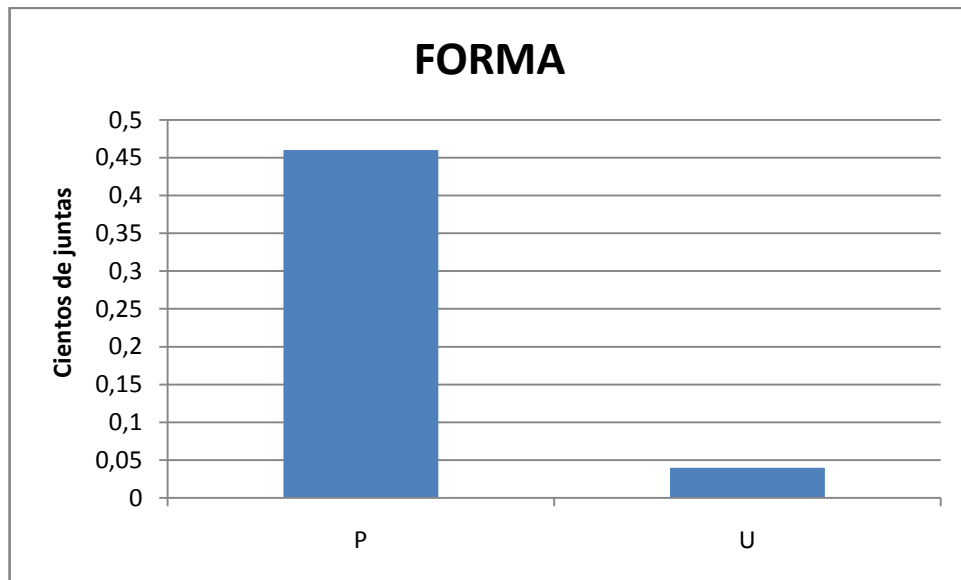


Fuente: Autor del Proyecto.

Forma

En la figura 4.49 se observa que la forma con calificación P (plana) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.49. Forma de discontinuidades de la familia B.

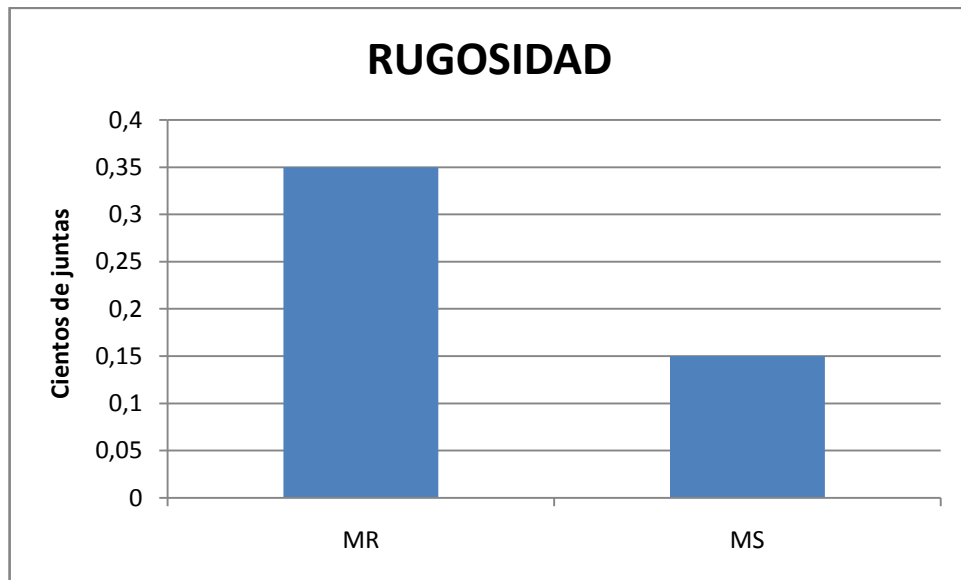


Fuente: Autor del Proyecto.

Rugosidad

En la figura 4.50 se observa que la rugosidad con calificación MR (moderadamente rugosa) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.50. Rugosidad de discontinuidades (según la figura 3.3) de la familia B.

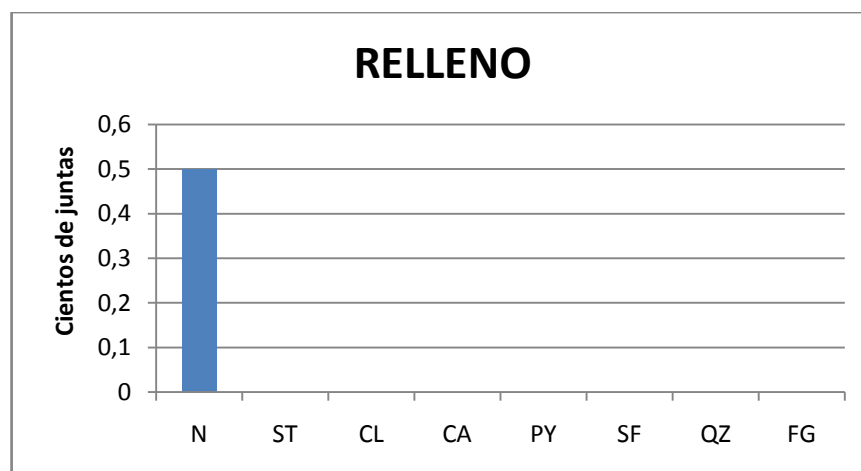


Fuente: Autor del Proyecto.

Relleno

En la figura 4.51 se observa que las discontinuidades con relleno N (sin relleno) son las que predominan para esta familia.

Figura 4.51. Relleno de discontinuidades (según el cuadro 3.8) de la familia B.

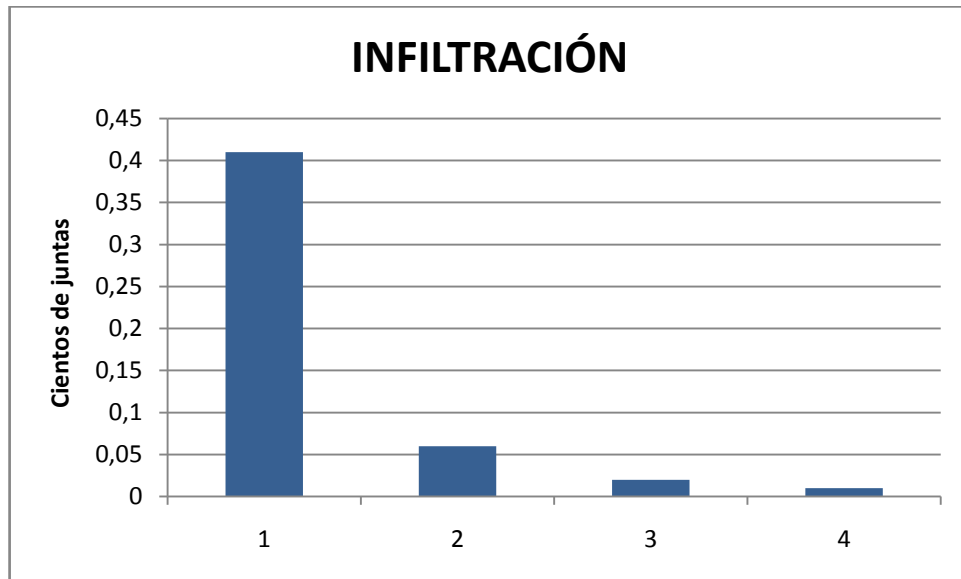


Fuente: Autor del Proyecto.

Infiltración

En la figura 4.52 se observa que las discontinuidades con calificación 1 (secas) son las predominantes en esta familia.

Figura 4.52. Infiltración de discontinuidades (según el cuadro 3.9) de la familia B.



Fuente: Autor del Proyecto.

Las características de esta familia de discontinuidades se resume en la tabla 4.25.

Tabla 4.25. Características de discontinuidades de la familia B.

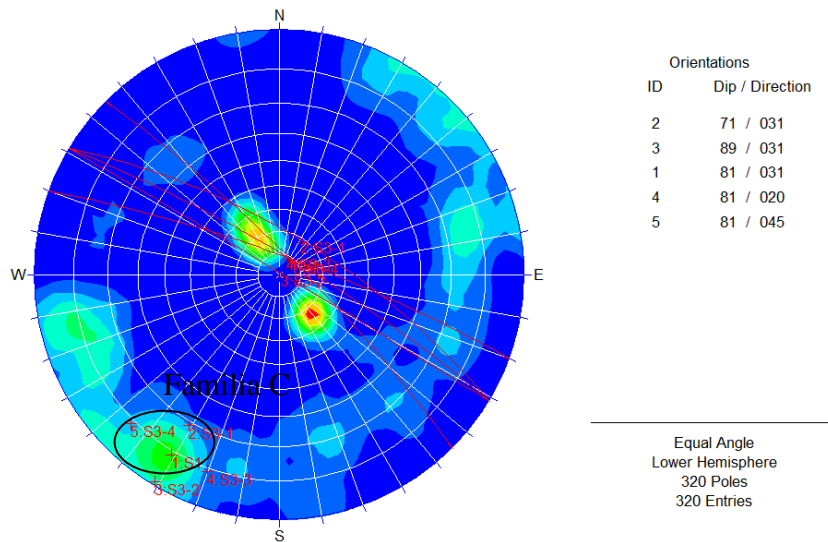
Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración
V	1	VC	P	MR	N	1

Fuente: Autor del Proyecto.

Familia C

Esta familia de discontinuidades corresponde a diaclasas, presentando un buzamiento promedio de 81° , variando entre 71° y 89° ; y dirección de buzamiento promedio de 31° , variando entre 20° y 45° , lo que se observa en la figura 4.53 correspondiente al diagrama de densidad de polos para esta familia.

Figura 4.53. Diagrama de densidad de polos de la familia C.



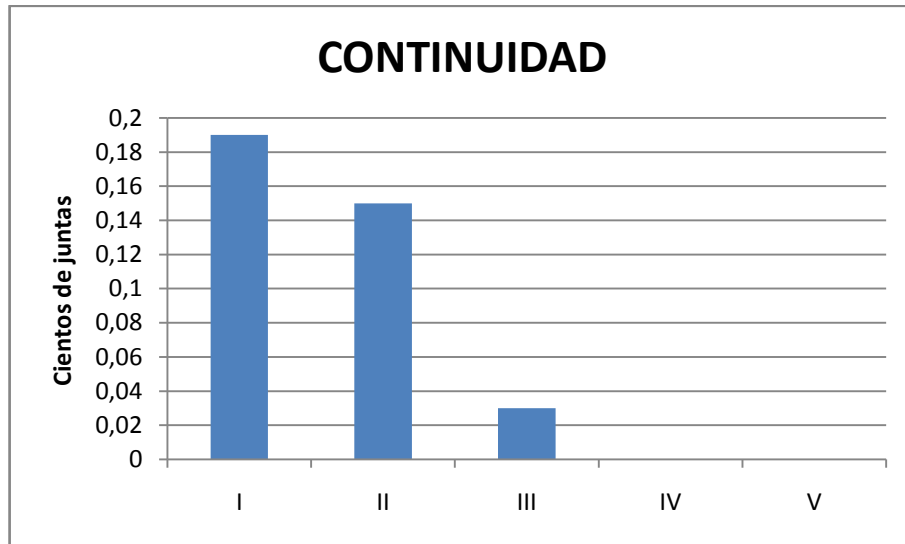
Fuente: Autor del Proyecto.

Características

Continuidad

En la figura 4.54 se observa que la continuidad con calificación I (<1m) es la predominante para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.54. Continuidad de discontinuidades (según el cuadro 3.6) de la familia C.

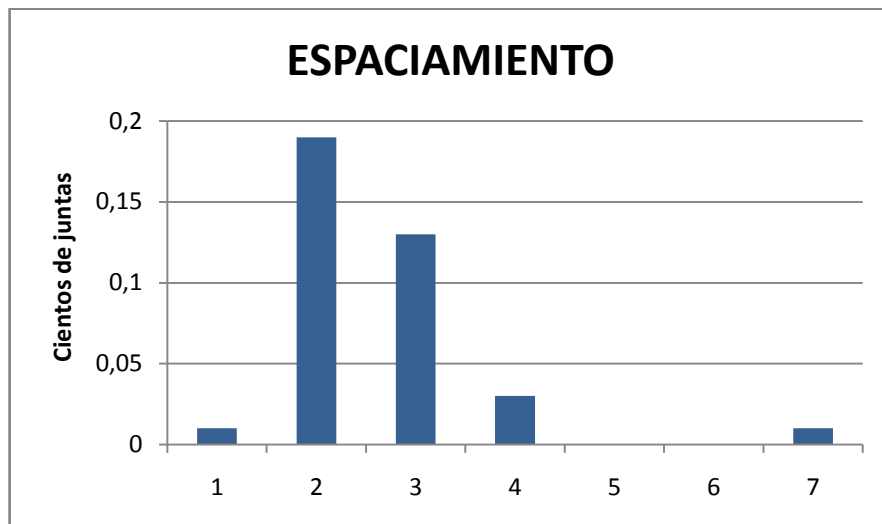


Fuente: Autor del Proyecto.

Espaciamiento

En la figura 4.55 se observa que el espaciamiento con calificación 2 (20-60 mm) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.55. Espaciamiento de discontinuidades (según el cuadro 3.5) de la familia C.

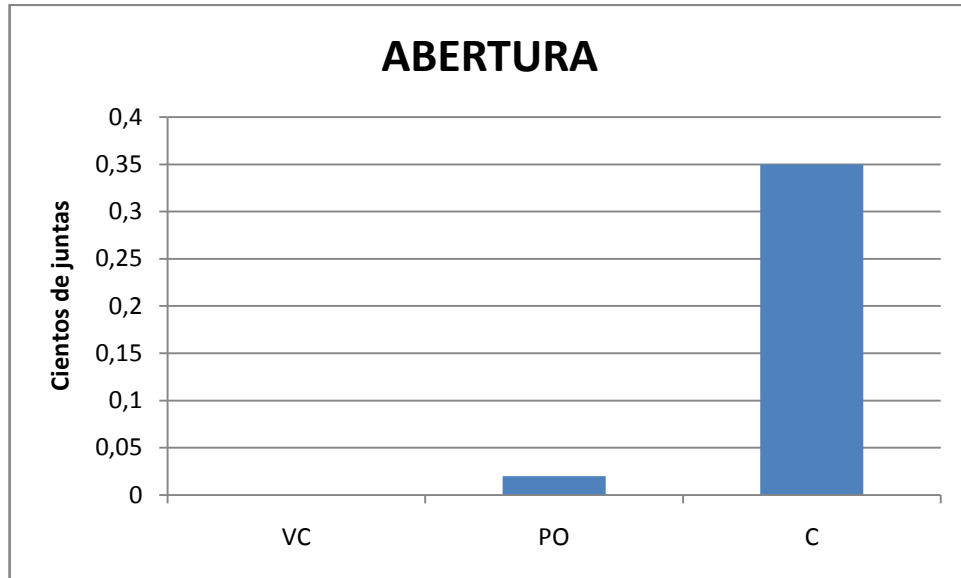


Fuente: Autor del Proyecto.

Abertura

En la figura 4.56 se observa que la abertura con calificación C (0.1-0.25 mm) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.56. Abertura de discontinuidades (según el cuadro 3.7) de la familia C.

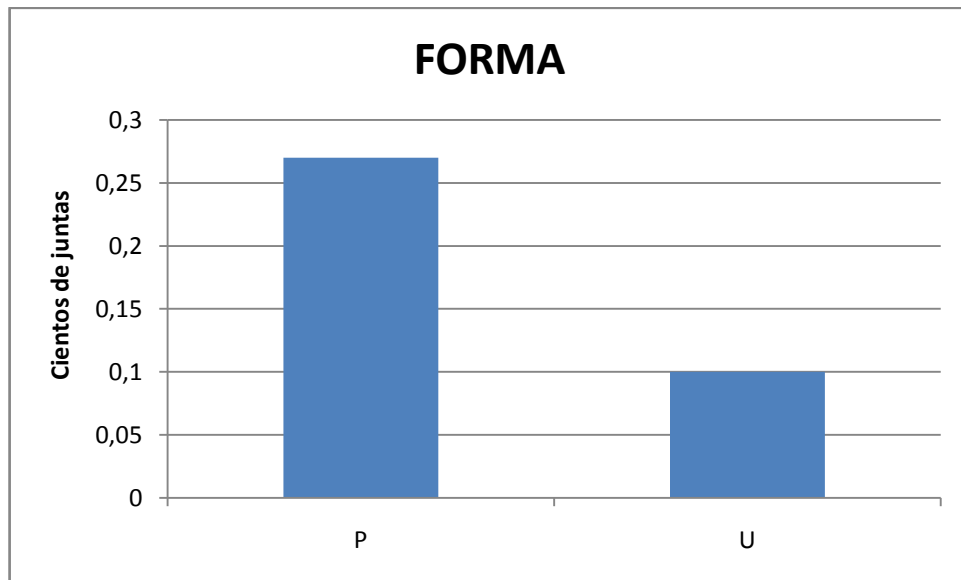


Fuente: Autor del Proyecto.

Forma

En la figura 4.57 se observa que la forma con calificación P (plana) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.57. Forma de discontinuidades de la familia C.

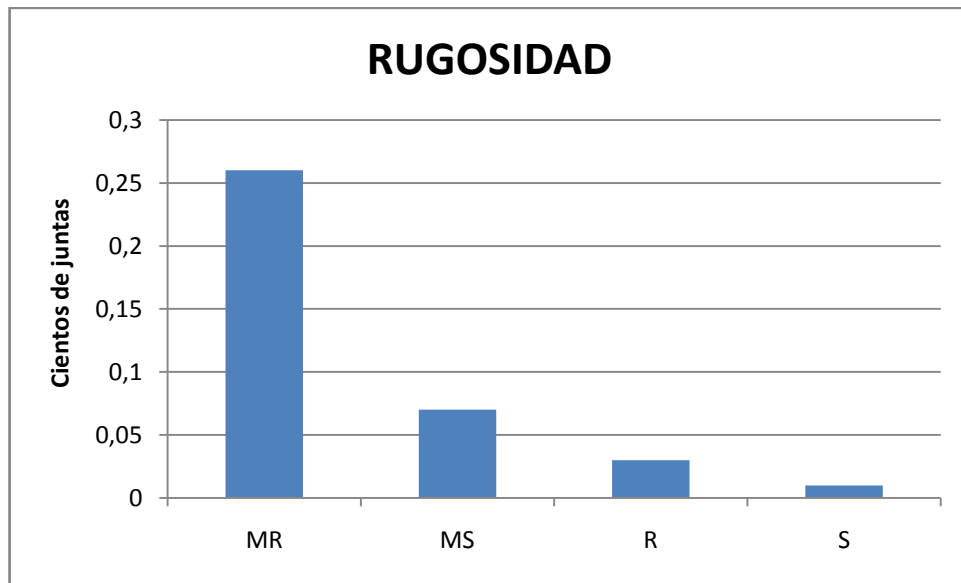


Fuente: Autor del Proyecto.

Rugosidad

En la figura 4.58 se observa que la rugosidad con calificación MR (moderadamente rugosa) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.58. Rugosidad de discontinuidades (según la figura 3.3) de la familia C.

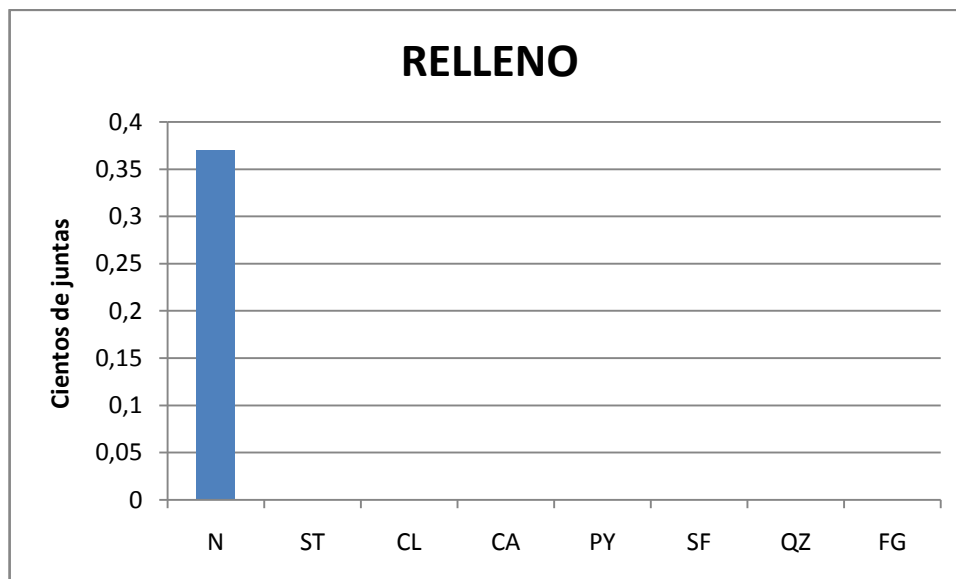


Fuente: Autor del Proyecto.

Relleno

En la figura 4.59 se observa que las discontinuidades con relleno N (sin relleno) son las que predominan para esta familia.

Figura 4.59. Relleno de discontinuidades (según el cuadro 3.8) de la familia C.

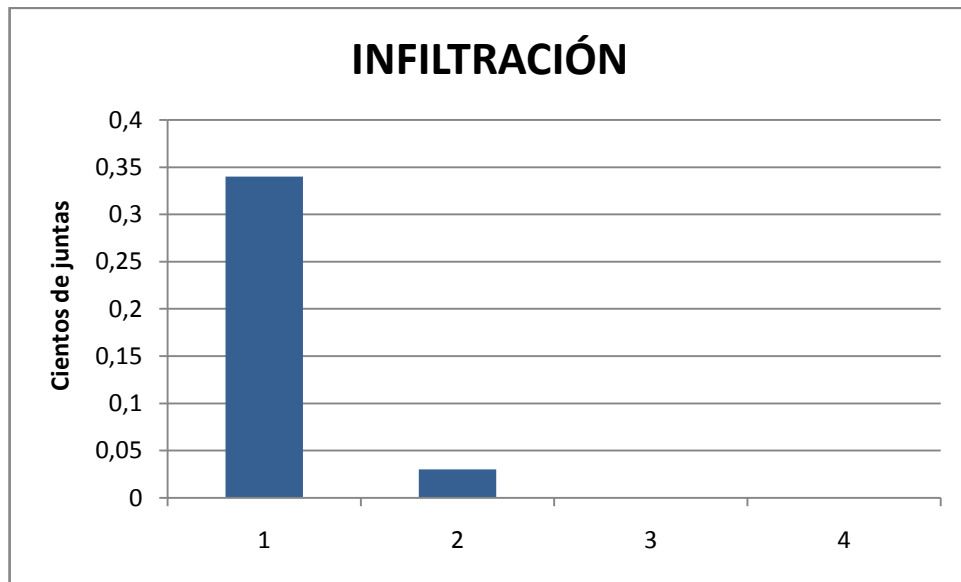


Fuente: Autor del Proyecto.

Infiltración

En la figura 4.60 se observa que las discontinuidades con calificación 1 (secas) son las predominantes en esta familia.

Figura 4.60. Infiltración de discontinuidades (según el cuadro 3.9) de la familia C.



Fuente: Autor del Proyecto.

Las características de esta familia de discontinuidades se resume en la tabla 4.26.

Tabla 4.26. Características de discontinuidades la familia C.

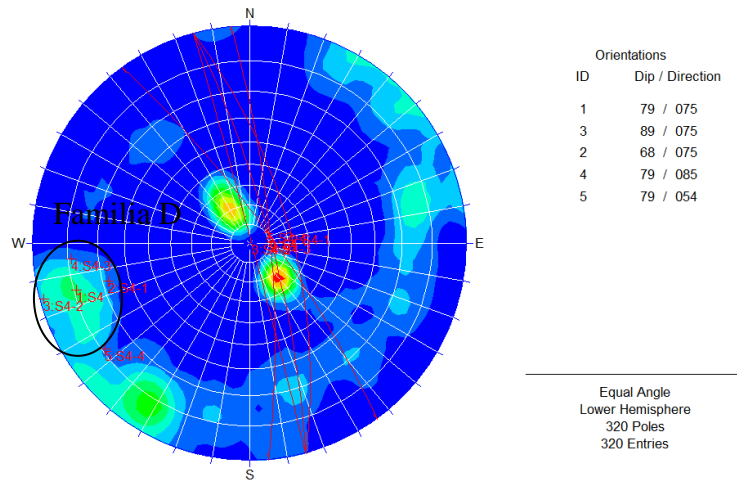
Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración
I	2	C	P	MR	N	1

Fuente: Autor del Proyecto.

Familia D

Esta familia de discontinuidades corresponde a diaclasas, presentando un buzamiento promedio de 79° , variando entre 68° y 89° ; y dirección de buzamiento promedio de 75° , variando entre 54° y 85° , lo que se observa en la figura 4.61, que corresponde al diagrama de densidad de polos y de orientaciones para esta familia.

Figura 4.61. Diagrama de densidad de polos de la familia D.



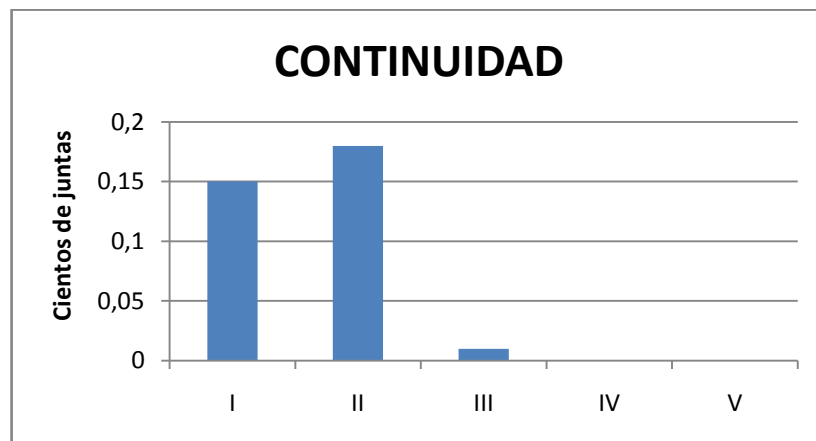
Fuente: Autor del Proyecto.

Características

Continuidad

En la figura 4.62 se observa que la continuidad con calificación II (1-3m) es la predominante para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.62. Continuidad de discontinuidades (según el cuadro 3.6) de la familia D.

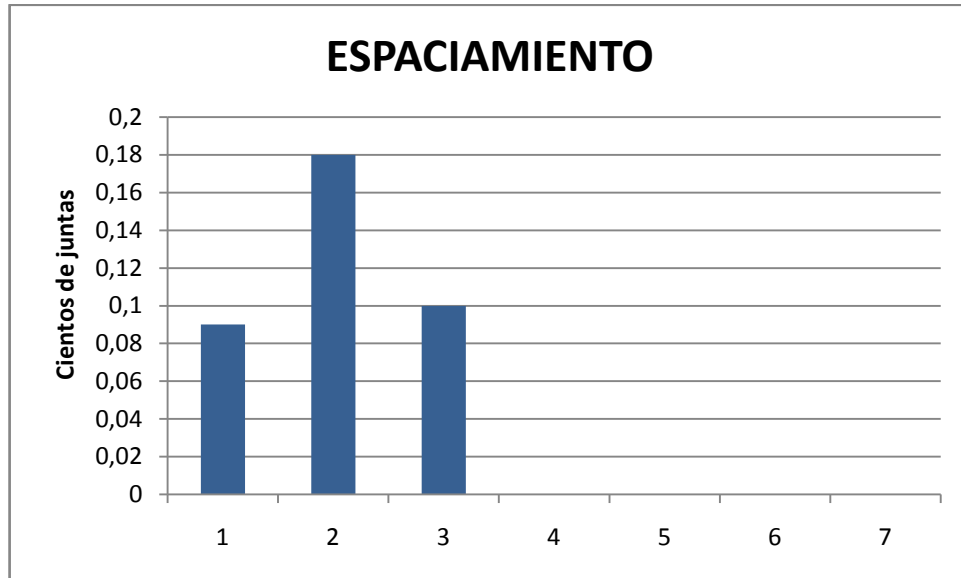


Fuente: Autor del Proyecto.

Espaciamiento

En la figura 4.63 se observa que el espaciamiento con calificación 2 (20-60 mm) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.63. Espaciamiento de discontinuidades (según el cuadro 3.5) de la familia D.

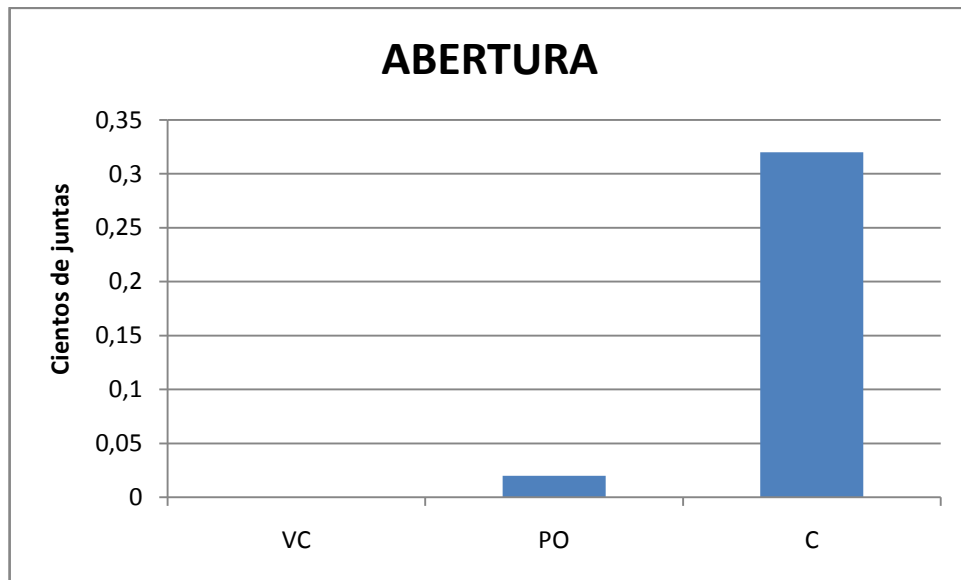


Fuente: Autor del Proyecto.

Abertura

En la figura 4.64 se observa que la abertura con calificación C (0.1-0.25 mm) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.64. Abertura de discontinuidades (según el cuadro 3.7) de la familia D.

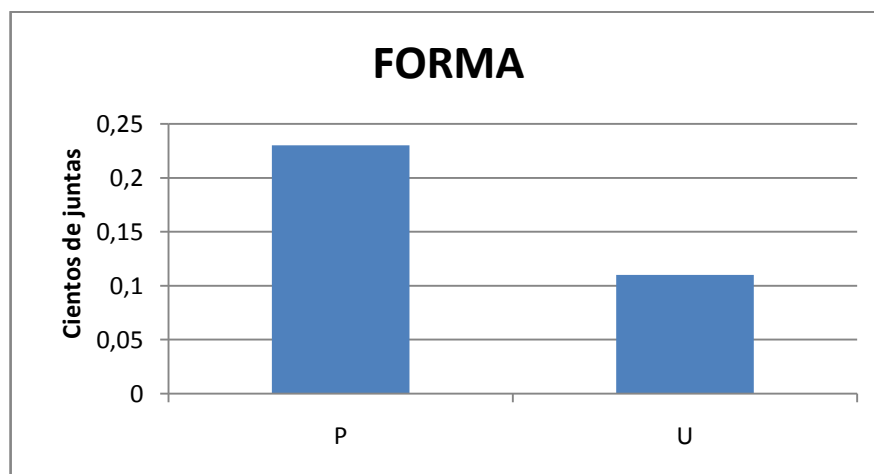


Fuente: Autor del Proyecto.

Forma

En la figura 4.65 se observa que la forma con calificación P (plana) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.65. Forma de discontinuidades de la familia D.

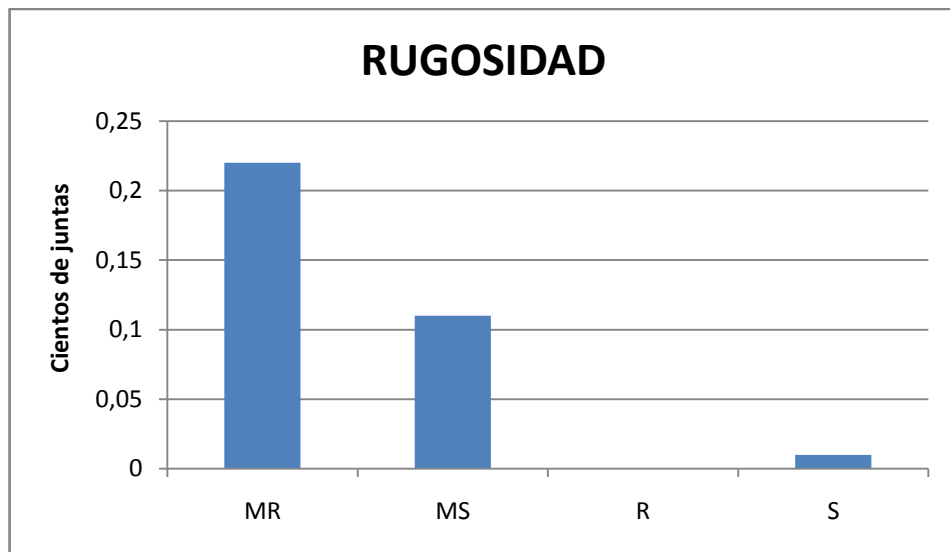


Fuente: Autor del Proyecto.

Rugosidad

En la figura 4.66 se observa que la rugosidad con calificación MR (moderadamente rugosa) es la que predomina para esta familia de discontinuidades.

Figura 4.66. Rugosidad de discontinuidades (según la figura 3.3) de la familia D.

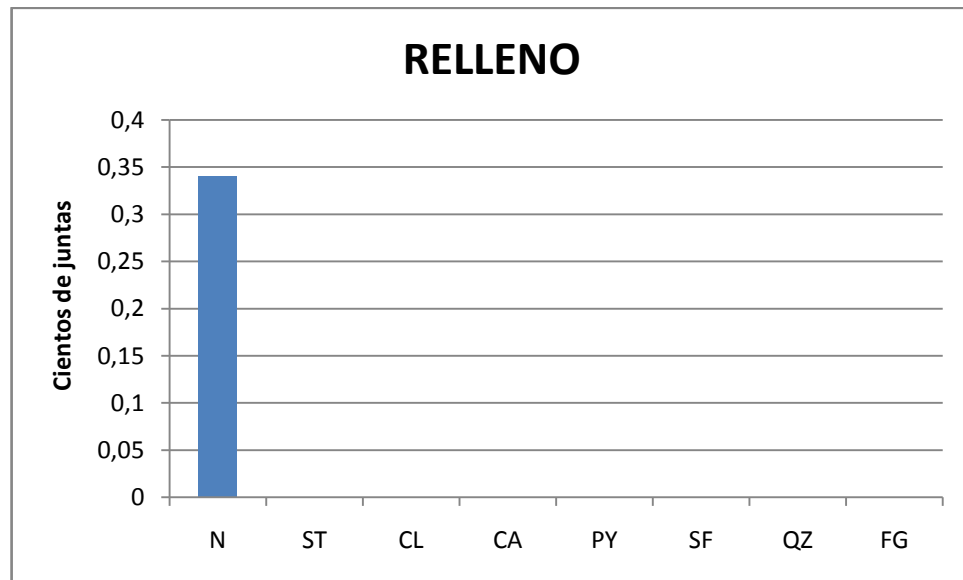


Fuente: Autor del Proyecto.

Relleno

En la figura 4.67 se observa que las discontinuidades con relleno N (sin relleno) son las que predominan para esta familia.

Figura 4.67. Relleno de discontinuidades (según el cuadro 3.8) de la familia D.

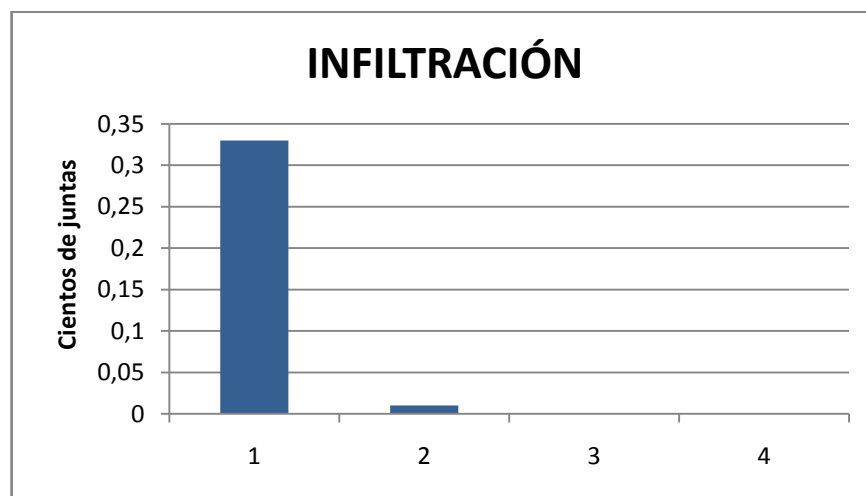


Fuente: Autor del Proyecto.

Infiltración

En la figura 4.68 se observa que las discontinuidades con calificación 1 (secas) son las predominantes en esta familia.

Figura 4.68. Infiltración de discontinuidades (según el cuadro 3.9) de la familia D.



Fuente: Autor del Proyecto.

Las características de esta familia de discontinuidades se resumen en la tabla 4.27.

Tabla 4.27. Características de la familia D.

Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración
II	2	C	P	MR	N	1

Fuente: Autor del Proyecto.

En resumen se puede decir que en la zona de estudio existen cuatro familias de discontinuidades, dos corresponden a superficies de estratificación y las otras dos corresponden a diaclasas; y las características de cada familia se encuentran en la tabla 4.28.

Tabla 4.28. Características de las familias de discontinuidades de la zona de estudio.

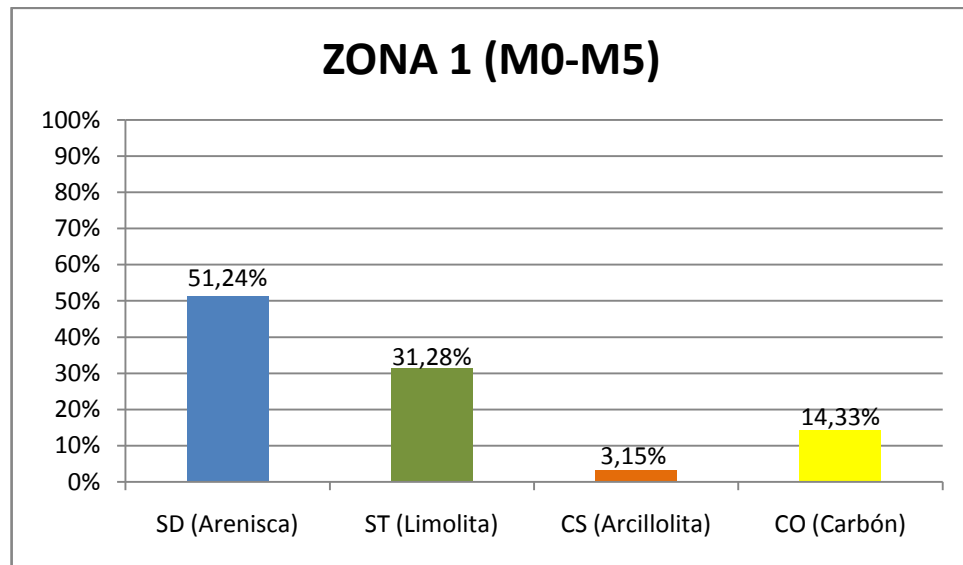
Familia	Orientación	Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración
A	21/321	V	1	VC	P	MR	N	1
B	20/150	V	1	VC	P	MR	N	1
C	81/31	I	2	C	P	MR	N	1
D	79/75	II	2	C	P	MR	N	1

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.2 Zonificación. Tomando como base la zonificación preliminar propuesta en el numeral 4.1 y realizando una zonificación mas general teniendo como criterio la litología debido a la homogeneidad que presentan se pueden definir siete zonas descritas a continuación así:

Zona 1: Comprendida entre los mantos M0 y M5, presenta una predominancia de areniscas tal como se muestra en la figura 4.69. Las características de las areniscas que predominan en esta zona son mostradas en la tabla 4.29.

Figura 4.69. Distribución litológica de la zona 1.



Fuente: Autor del Proyecto.

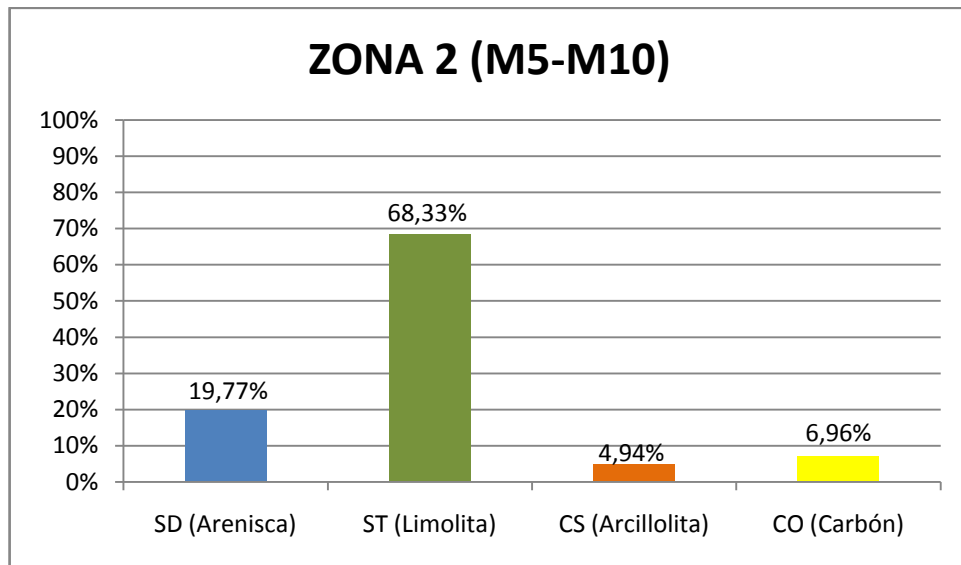
Tabla 4.29. Características de la matriz rocosa de la zona 1.

UCS (MPa)	RQD(%)
35.68	75-90

Fuente: Autor del Proyecto.

Zona 2: Compreendida entre los mantos M5 y M10, presenta una predominancia de limolitas tal como se muestra en la figura 4.70. Las características de las limolitas que predominan en esta zona son mostradas en la tabla 4.30.

Figura 4.70. Distribución litológica de la zona 2.



Fuente: Autor del Proyecto.

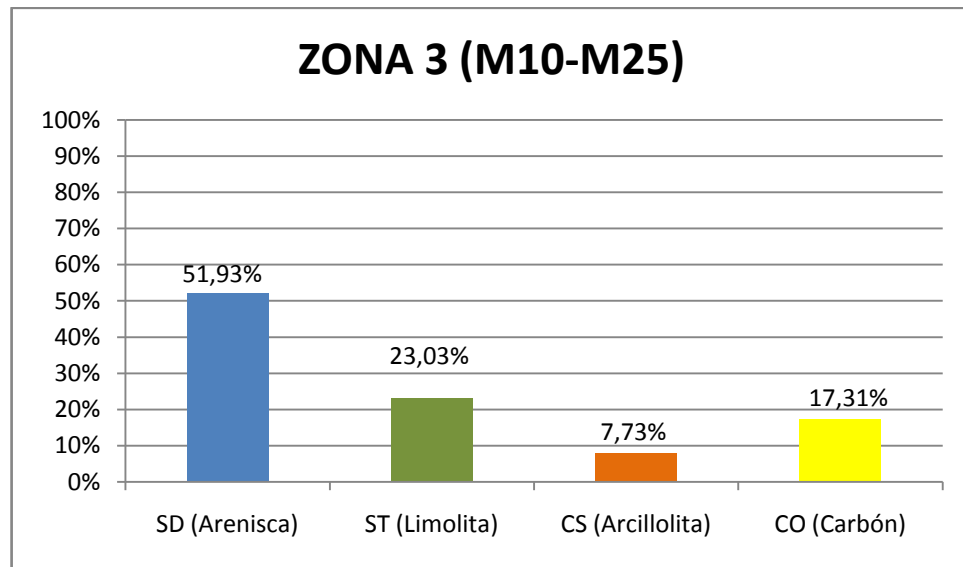
Tabla 4.30. Características de la matriz rocosa de la zona 2.

UCS (MPa)	RQD(%)
25.92	<25

Fuente: Autor del Proyecto.

Zona 3: Compreendida entre los mantos M10 y M25, presenta una predominancia de areniscas tal como se muestra en la figura 4.71. Las características de las areniscas que predominan en esta zona son mostradas en la tabla 4.31.

Figura 4.71. Distribución litológica de la zona 3.



Fuente: Autor del Proyecto.

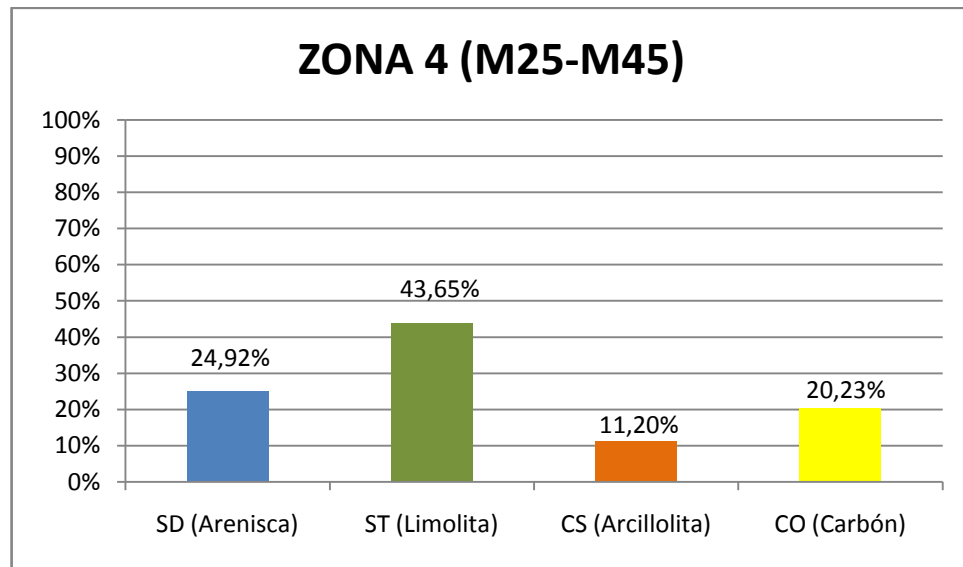
Tabla 4.31. Características de la matriz rocosa de la zona 3.

UCS (MPa)	RQD(%)
35.01	75-90

Fuente: Autor del Proyecto.

Zona 4: Compreendida entre los mantos M25 y M45, presenta una predominancia de limolitas tal como se muestra en la figura 4.72. Las características de las limolitas que predominan en esta zona son mostradas en la tabla 4.32.

Figura 4.72. Distribución litológica de la zona 4.



Fuente: Autor del Proyecto.

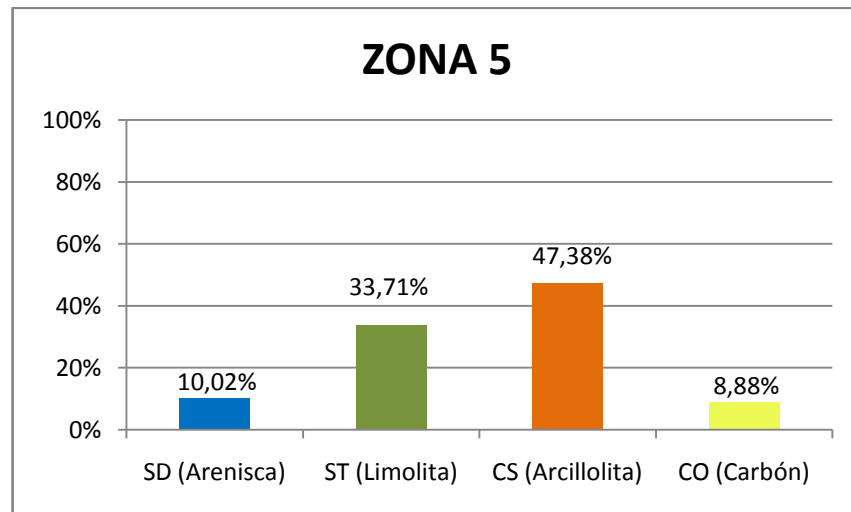
Tabla 4.32. Características de la matriz rocosa de la zona 4.

UCS (MPa)	RQD(%)
25.12	<25

Fuente: Autor del Proyecto.

Zona 5: Ubicada estratigráficamente debajo de M45, presenta una predominancia de areniscas tal como se muestra en la figura 4.73. Las características de dichas areniscas son mostradas en la tabla 4.33.

Figura 4.73. Distribución litológica de la zona 5.



Fuente: Autor del Proyecto.

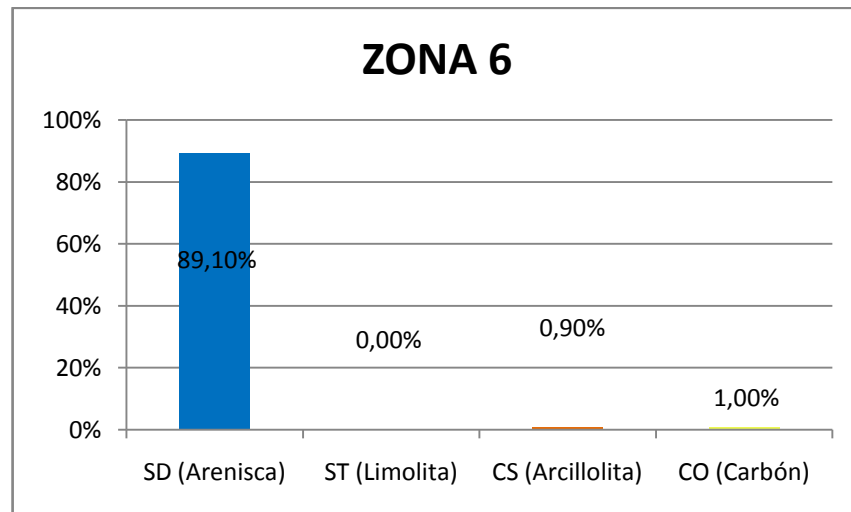
Tabla 4.33. Características de la matriz rocosa de la zona 5.

UCS (MPa)	RQD(%)
12.64	<25

Fuente: Autor del Proyecto.

Zona 6: Ubicada estratigráficamente debajo de M45, presenta una predominancia de areniscas tal como se muestra en la figura 4.74. Las características de dichas areniscas son mostradas en la tabla 4.34.

Figura 4.74. Distribución litológica de la zona 6.



Fuente: Autor del Proyecto.

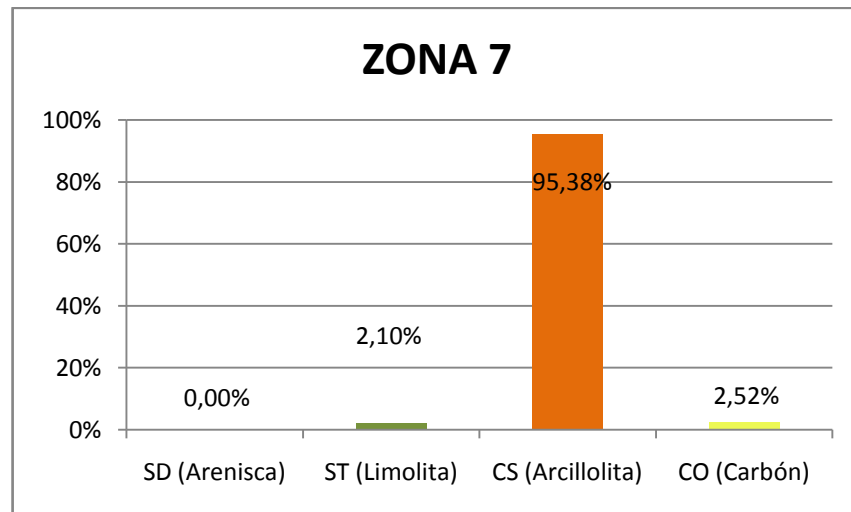
Tabla 4.34. Características de la matriz rocosa de la zona 6.

UCS (MPa)	RQD(%)
49.98	50-75

Fuente: Autor del Proyecto.

Zona 7: Ubicada estratigráficamente debajo de M45 e infrayaciendo la zona 6, presenta una predominancia de arcillolitas tal como se muestra en la figura 4.75. Las características de dichas arcillolitas son mostradas en la tabla 4.35.

Figura 4.75. Distribución litológica de la zona 7.



Fuente: Autor del Proyecto.

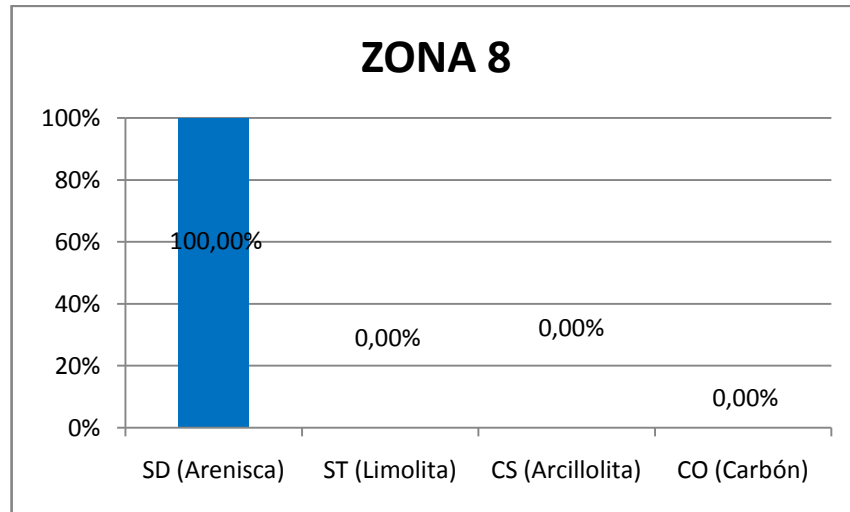
Tabla 4.35. Características de la matriz rocosa de la zona 7.

UCS (MPa)	RQD(%)
1,21	<25

Fuente: Autor del Proyecto.

Zona 8: Ubicada estratigráficamente debajo de M45 e infrayaciendo la zona 7, presenta una predominancia de areniscas tal como se muestra en la figura 4.76. Las características de dichas areniscas son mostradas en la tabla 4.36.

Figura 4.76. Distribución litológica de la zona 8.



Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4.36. Características de la matriz rocosa de la zona 8.

UCS (MPa)	RQD(%)
56,09	75-90

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.3 Resultado. Tal como fue mencionado en el numeral 4.3.2, en la zona de estudio se identificaron ocho zonas generales. A cada una de estas zonas es necesario realizar la clasificación geomecánica en forma particular debido a que cada zona presenta características diferentes. Los resultados de las clasificaciones de cada zona son las siguientes:

Zona 1: Los parámetros que permiten realizar la clasificación RMR de esta zona se muestran en la tabla 4.37.

Tabla 4.37. Clasificación RMR de la zona 1.

PARÁMETRO	VALOR	PUNTUACIÓN
UCS (Mpa)	50 - 25	4
RQD	75% - 90%	17
ESPACIAMIENTO	20-60 mm	10
CONTINUIDAD	10 - 20m	1
ABERTURA	0,1-0,25mm	3
RUGOSIDAD	MODERADAMENTE RUGOSA	3
RELLENO	SIN RELLENO	6
ALTERACIÓN	LIGERAMENTE ALTERADA	5
INFILTRACIÓN	SECA	15
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN	MEDIA	-5
TOTAL		59

Fuente: Autor del Proyecto.

De acuerdo con la clasificación RMR y propiedades índice de las rocas, la zona 1 tuvo una valoración de 59, lo que indica que el macizo rocoso correspondiente a esta zona es considerado de calidad media, posee una cohesión de 2-3 Kg/cm² y un ángulo de fricción de 25°- 35°.

Zona 2: Los parámetros que permiten realizar la clasificación RMR de esta zona se muestran en la tabla 4.38.

Tabla 4.38. Clasificación RMR de la zona 2.

PARÁMETRO	VALOR	PUNTUACIÓN
UCS (Mpa)	50-25	4
RQD	<25%	1
ESPACIAMIENTO	20-60 mm	10
CONTINUIDAD	10 - 20m	1
ABERTURA	0,1-0,25mm	3
RUGOSIDAD	MODERADAMENTE RUGOSA	3
RELLENO	SIN RELLENO	6
ALTERACIÓN	LIGERAMENTE ALTERADA	5
INFILTRACIÓN	SECA	15
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN	MEDIA	-5
TOTAL		43

Fuente: Autor del Proyecto.

De acuerdo con la clasificación RMR y propiedades índice de las rocas, la zona 2 tiene una valoración de 43, lo que indica que el macizo rocoso correspondiente a esta zona es considerado de calidad media, posee una cohesión de 2 - 3Kg/cm² y un ángulo de fricción 25° - 35°.

Zona 3: Los parámetros que permiten realizar la clasificación RMR de esta zona se muestran en la tabla 4.39.

Tabla 4.39. Clasificación RMR de la zona 3.

PARÁMETRO	VALOR	PUNTUACIÓN
UCS (Mpa)	50 - 25	4
RQD	75% - 90%	17
ESPACIAMIENTO	20-60 mm	10
CONTINUIDAD	10 - 20m	1
ABERTURA	0,1-0,25mm	3
RUGOSIDAD	MODERADAMENTE RUGOSA	3
RELLENO	SIN RELLENO	6
ALTERACIÓN	LIGERAMENTE ALTERADA	5
INFILTRACIÓN	SECA	15
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN	MEDIA	-5
TOTAL		59

Fuente: Autor del Proyecto.

De acuerdo con la clasificación RMR y propiedades índice de las rocas, la zona 3 tuvo una valoración de 59, lo que indica que el macizo rocoso correspondiente a esta zona es considerado de calidad media, posee una cohesión de 2 - 3 Kg/cm² y un ángulo de fricción de 25° - 35°.

Zona 4: Los parámetros que permiten realizar la clasificación RMR de esta zona se muestran en la tabla 4.40.

Tabla 4.40. Clasificación RMR de la zona 4.

PARÁMETRO	VALOR	PUNTUACIÓN
UCS (Mpa)	50-25	4
RQD	<25%	1
ESPACIAMIENTO	20-60 mm	10
CONTINUIDAD	10 - 20m	1
ABERTURA	0,1-0,25mm	3
RUGOSIDAD	MODERADAMENTE RUGOSA	3
RELLENO	SIN RELLENO	6
ALTERACIÓN	LIGERAMENTE ALTERADA	5
INFILTRACIÓN	SECA	15
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN	MEDIA	-5
TOTAL		43

Fuente: Autor del Proyecto.

De acuerdo con la clasificación RMR y propiedades índice de las rocas, la zona 4 tiene una valoración de 43, lo que indica que el macizo rocoso correspondiente a esta zona es considerado de calidad media, posee una cohesión de 2 - 3Kg/cm² y un ángulo de fricción de 25° - 35°.

Zona 5: Los parámetros que permiten realizar la clasificación RMR de esta zona se muestran en la tabla 4.41.

Tabla 4.41. Clasificación RMR de la zona 5.

PARÁMETRO	VALOR	PUNTUACIÓN
UCS (Mpa)	25-5	2
RQD	<25%	1
ESPACIAMIENTO	20-60 mm	10
CONTINUIDAD	>20m	0
ABERTURA	0,1-0,25mm	3
RUGOSIDAD	MODERADAMENTE RUGOSA	3
RELLENO	SIN RELLENO	6
ALTERACIÓN	LIGERAMENTE ALTERADA	5
INFILTRACIÓN	SECA	15
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN	MEDIA	-25
TOTAL		20

Fuente: Autor del Proyecto.

De acuerdo con la clasificación RMR y propiedades índice de las rocas, la zona 5 tiene una valoración de 20, lo que indica que el macizo rocoso correspondiente a esta zona es considerado como muy malo, posee una cohesión de 1Kg/cm^2 y un ángulo de fricción $<15^\circ$.

Zona 6: Los parámetros que permiten realizar la clasificación RMR de esta zona se muestran en la tabla 4.42.

Tabla 4.42. Clasificación RMR de la zona 6.

PARÁMETRO	VALOR	PUNTUACIÓN
UCS (Mpa)	50-25	4
RQD	75-90%	17
ESPACIAMIENTO	20-60 mm	10
CONTINUIDAD	>20m	0
ABERTURA	0,1-0,25mm	3
RUGOSIDAD	MODERADAMENTE RUGOSA	3
RELLENO	SIN RELLENO	6
ALTERACIÓN	LIGERAMENTE ALTERADA	5
INFILTRACIÓN	SECA	15
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN	MEDIA	-25
TOTAL		38

Fuente: Autor del Proyecto.

De acuerdo con la clasificación RMR y propiedades índice de las rocas, la zona 6 tiene una valoración de 38, lo que indica que el macizo rocoso correspondiente a esta zona es considerado como medio, posee una cohesión de 2 - 3Kg/cm² y un ángulo de fricción de 25° - 35°.

Zona 7: Los parámetros que permiten realizar la clasificación RMR de esta zona se muestran en la tabla 4.43.

Tabla 4.43. Clasificación RMR de la zona 7.

PARÁMETRO	VALOR	PUNTUACIÓN
UCS (Mpa)	5-1	1
RQD	<25%	1
ESPACIAMIENTO	20-60 mm	10
CONTINUIDAD	>20m	0
ABERTURA	0,1-0,25mm	3
RUGOSIDAD	MODERADAMENTE RUGOSA	3
RELLENO	SIN RELLENO	6
ALTERACIÓN	LIGERAMENTE ALTERADA	5
INFILTRACIÓN	SECA	15
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN	MEDIA	-25
TOTAL		19

Fuente: Autor del Proyecto.

De acuerdo con la clasificación RMR y propiedades índice de las rocas, la zona 7 tiene una valoración de 19, lo que indica que el macizo rocoso correspondiente a esta zona es considerado como muy malo, posee una cohesión de 1Kg/cm^2 y un ángulo de fricción $<15^\circ$.

Zona 8: Los parámetros que permiten realizar la clasificación RMR de esta zona se muestran en la tabla 4.44.

Tabla 4.44. Clasificación RMR de la zona 8.

PARÁMETRO	VALOR	PUNTUACIÓN
UCS (Mpa)	50-25	7
RQD	75-90	17
ESPACIAMIENTO	20-60 mm	10
CONTINUIDAD	>20m	0
ABERTURA	0,1-0,25mm	3
RUGOSIDAD	MODERADAMENTE RUGOSA	3
RELLENO	SIN RELLENO	6
ALTERACIÓN	LIGERAMENTE ALTERADA	5
INFILTRACIÓN	SECA	15
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN	MEDIA	-25
TOTAL		41

Fuente: Autor del Proyecto.

De acuerdo con la clasificación RMR y propiedades índice de las rocas, la zona 8 tiene una valoración de 41, lo que indica que el macizo rocoso correspondiente a esta zona es considerado como medio, posee una cohesión de 2 - 3Kg/cm² y un ángulo de fricción de 25° - 35°.

5. CONCLUSIONES

- ✓ Dentro de la zona de estudio fueron encontradas 8 zonas distribuidas así:

ZONA	VALORACIÓN	CALIDAD	ÁNGULO DE FRICCIÓN	COHESIÓN
1	59	MEDIA	25°-35°	2-3 KP/cm ²
2	43	MEDIA	25°-35°	2-3 KP/cm ²
3	59	MEDIA	25°-35°	2-3 KP/cm ²
4	43	MEDIA	25°-35°	2-3 KP/cm ²
5	20	MUY MALA	<15°	<1KP/cm ²
6	38	MEDIA	25°-35°	2-3 KP/cm ²
7	19	MUY MALA	<15°	<1KP/cm ²
8	41	MEDIA	25°-35°	2-3 KP/cm ²

- ✓ La correlación de los resultados de los ensayos de carga puntual y del registro sísmico a compresión simple son un importante aporte para la empresa debido a que permite determinar los valores de resistencia de las rocas en forma rápida y confiable sin necesidad de realizar ensayos de campo o de laboratorio.
- ✓ En el macizo rocoso se definieron cuatro familias de discontinuidades así:

Familia	Orientación	Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración
A	21/321	V	1	VC	P	MR	N	1
B	20/150	V	1	VC	P	MR	N	1
C	81/31	I	2	C	P	MR	N	1
D	79/75	II	2	C	P	MR	N	1

- ✓ Las familias de discontinuidades A y B son las más desfavorables en el desarrollo de la minería debido a que su buzamiento y dirección de buzamiento son paralelos a los de los taludes de las paredes bajas de los respectivos flancos de la mina.

- ✓ Observando las características geomecánicas de la zona 5, podemos considerar que esta es la zona más problemática de las existentes en la mina. Sumado a esto, es en esta zona donde se ubican las paredes bajas de la mina y esto incluye otro factor que incide negativamente sobre esta zona.

6. RECOMENDACIONES

- ✓ Instrumentar la mina instalando piezómetros en sitios estratégicos con el fin de monitorear los niveles freáticos de los taludes de la mina y de los botaderos de material estéril que están sobre los taludes con el fin de evaluar la recarga que estos tienen sobre los taludes.

- ✓ Realizar perforaciones corazonadas por detrás de Manto 45 con el fin de obtener información litológica y de las propiedades geomecánicas del material presente en estas zonas las cuales son las más problemáticas, debido a que en este trabajo se hicieron los levantamientos sobre paredes meteorizadas debido al tiempo de exposición.

- ✓ Se recomienda realizar un análisis de estabilidad de taludes utilizando la información generada en este trabajo, para así elaborar procedimientos acerca de cómo realizar la minería en cada zona aquí propuesta.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, H., PEREZ, G., 1990. Geología y estilo tectónico del sur del Sinclinal de La Jagua y su Implicación en la explotación de sus recursos carboníferos. Tesis Grado., UIS. Bucaramanga.

ARIAS, A.; MORALES, C., 1994. Informe geológico del Departamento del Cesar. INGEOMINAS, Bogotá.

ARIAS, A.; MORALES, C., 1999. Mapa geológico generalizado del Departamento del Cesar. INGEOMINAS. Memoria explicativa, Bogotá.

BARTON ET AL., 1974. Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. Rock Mechanics, Springer Verlag, vol. 6.

BIENIAWSKI, Z, T., 1989, Engineering Rock Mass Classifications.

CAMPOS, C., ZULETA, O., 1994. Cartografía geológica y cuantificación preliminar de las reservas de carbón del Sinclinal de la Jagua. La Jagua de Ibirico, Cesar. ECOCARBON - UIS. Bucaramanga.

CARBONES DE LA JAGUA S.A., 2007. Informe final de exploración (IFE). La Jagua de Ibirico.

CORPOCESAR., 1997. Informe anual de la actividad meteorológica de la Cuenca del río Cesar. Informe interno.

DE PORTA, J., 1974. Léxique Stratigraphique International. Amérique Latine, Colombie (deuxime partie), Tertiaire et Cuaternaire. Centr. Nat. Rech. Sci., 5(4b):1- 643 p. París.

GEOMINAS INGENIEROS S.A., 1995. Estudio geotécnico integrales norte y sur. La jagua de Ibirico.

GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. I., 2004. Ingeniería Geológica. Ed. Pearson Educación S.A. (Prentice Hall). España.

HERNÁNDEZ, M., 2003. Memoria explicativa de la geología de la plancha 48 la Jagua de Ibirico. INGEOMINAS, Bogotá.

HERNANDEZ, M; CLAVIJO, J., 2002. Geología de la plancha 48 La Jagua de Ibirico. INGEOMINAS, Bogotá.

HERNÁNDEZ, M.; MALDONADO, I., 1995, Evaluación del potencial carbonífero del área comprendida entre los arroyos Canime y Salatiel. ECOCARBON UIS, La Jagua de Ibirico.

HOEK & BROWN., 1980. Underground Excavations in Rock", Institution of Metalurgy.

INGEOMINAS., 1996, Manejo de aguas en la minería mina piloto LA JAGUA (Departamento Cesar), Bogotá.

LUNA, L., RODRÍGUEZ, E., SÁNCHEZ, C., RENZONI, G., HERNÁNDEZ, H., MALDONADO, J., ALBA, C., SANABRIA, A., 2004, El Carbón colombiano - Recursos, reservas y calidad, Publ. Geol. Esp. Ingeominas, Bogotá.

MOYE, D. G., 1995, Engineering geology for snowy mountain scheme. En Journal inst. Eng.Vol. 27.

OYLER, D., 2008, Correlation of Sonic Travel Time to the Uniaxial Compressive Strength of U.S. Coal Measure Rocks.

RENZONI, G., 2006, Tareas para el desarrollo del Carbón en Colombia, Publ. Geol. Esp. INGEOMINAS, Bogotá.

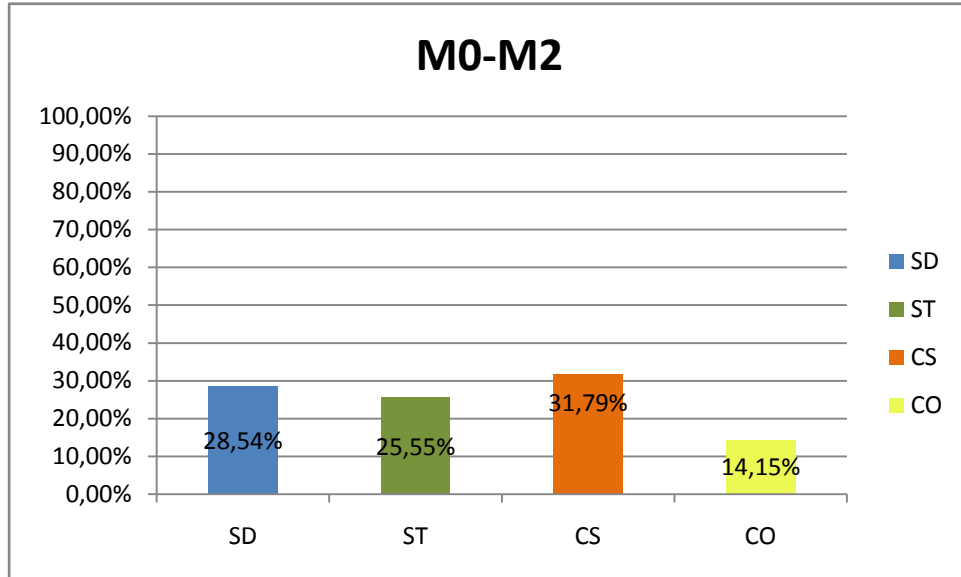
ROMANA, M.,1985, New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slopes. En: International Symposium on the role of rock mechanics.

SGI LTDA., 2008. Modelo hidrogeológico y conceptual para el complejo carbonífero sinclinal de la jagua, La jagua de Ibirico.

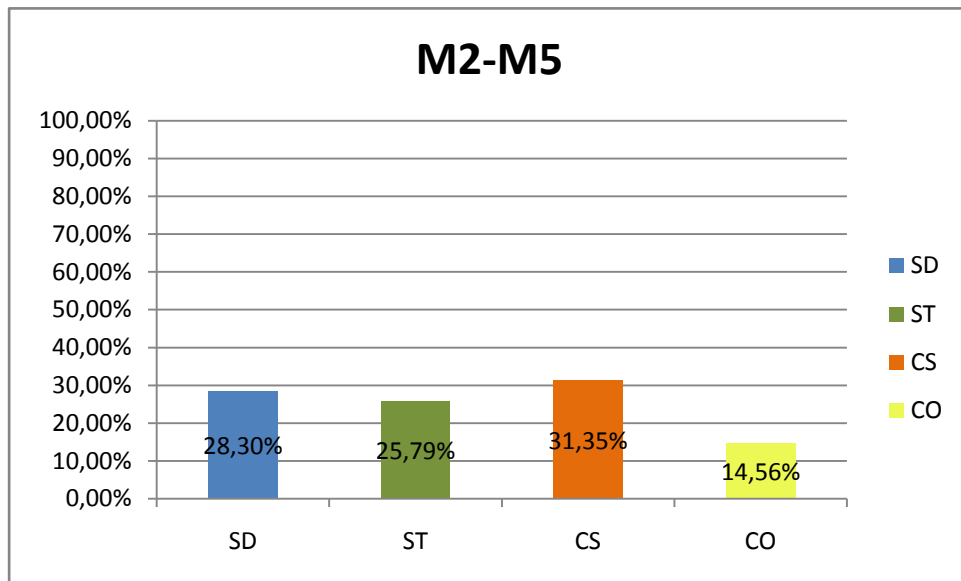
TOMAS, R., 2006, Nuevas funciones continuas para el cálculo del slope Mass rating (smr): aplicación mediante un sistema de Información geográfica a los taludes rocosos de una Cantera.

ANEXOS

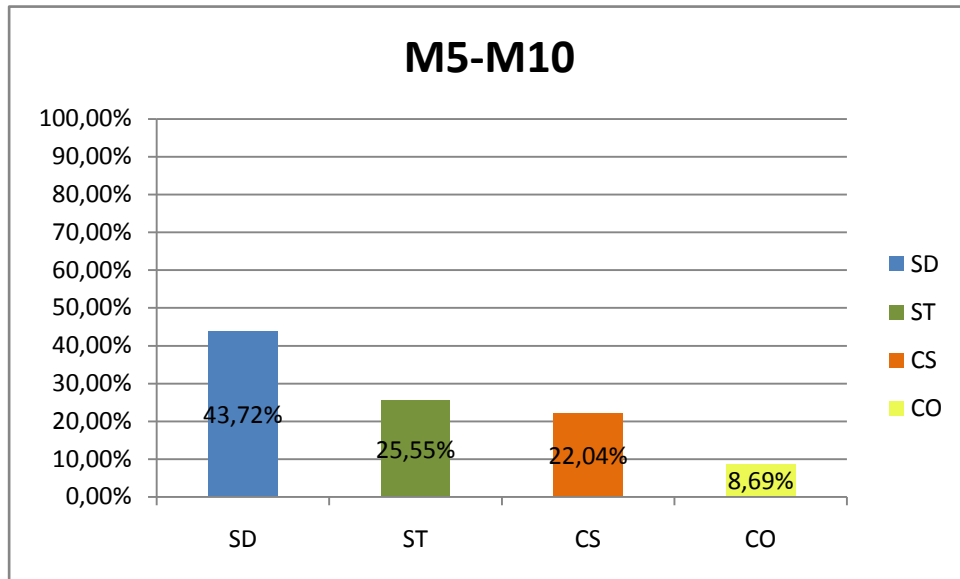
ANEXO C. TABLAS DE PORCENTAJES DE LAS LITOLOGÍAS SEGÚN EXPLORACIÓN.



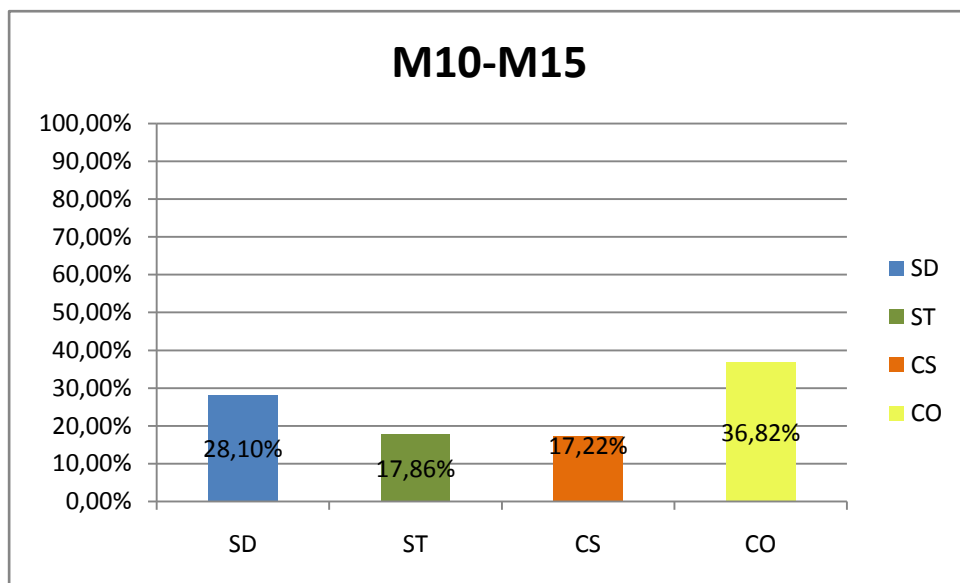
Porcentaje de litologías en el interburden M0 - M2.



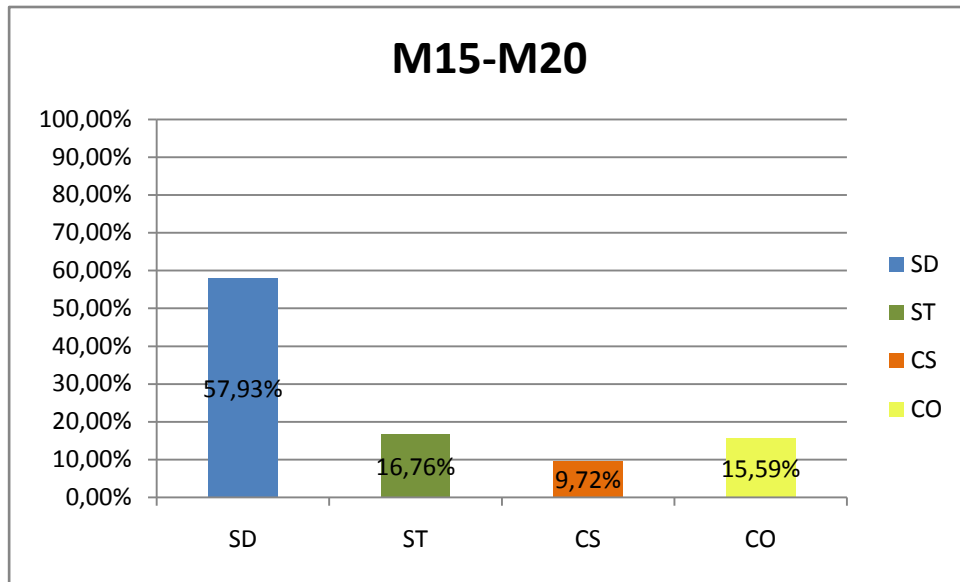
Porcentaje de litologías en el interburden M2 - M5.



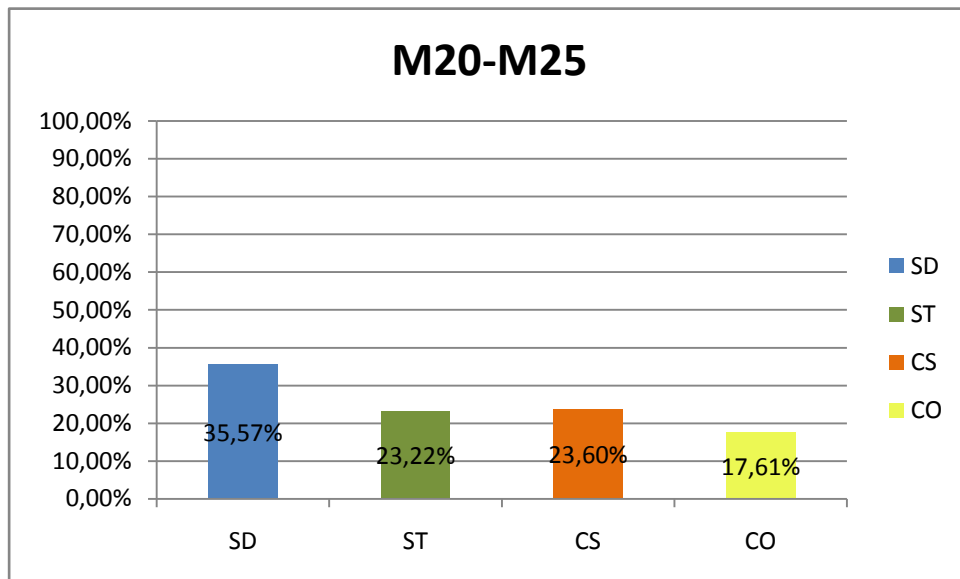
Porcentaje de litologías en el interburden M5 - M10.



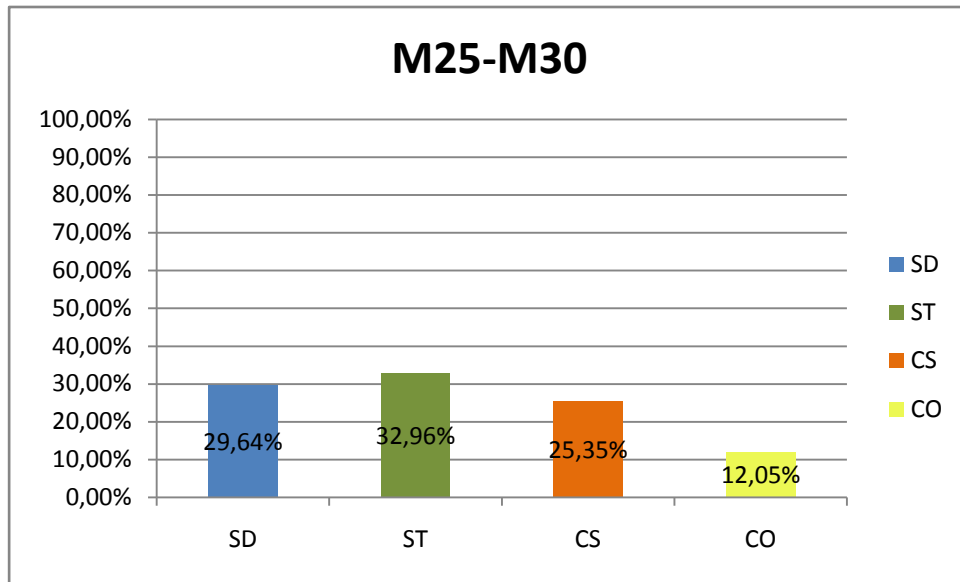
Porcentaje de litologías en el interburden M10 - M15.



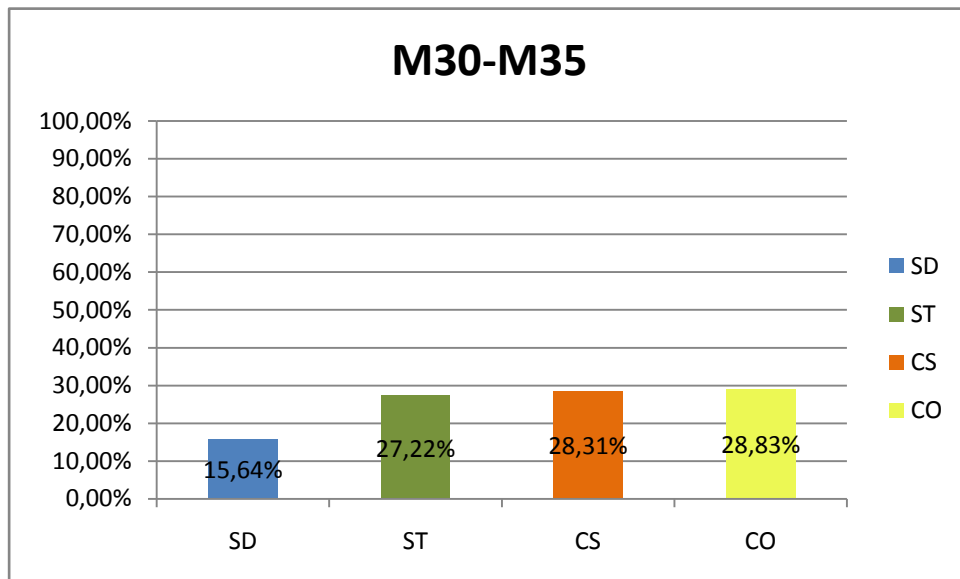
Porcentaje de litologías en el interburden M15 - M20.



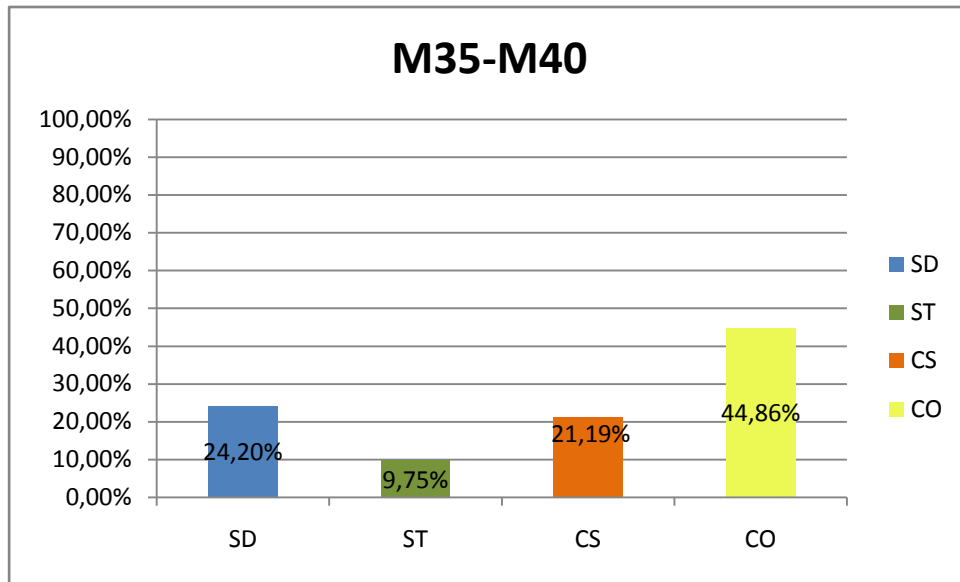
Porcentaje de litologías en el interburden M20 - M25.



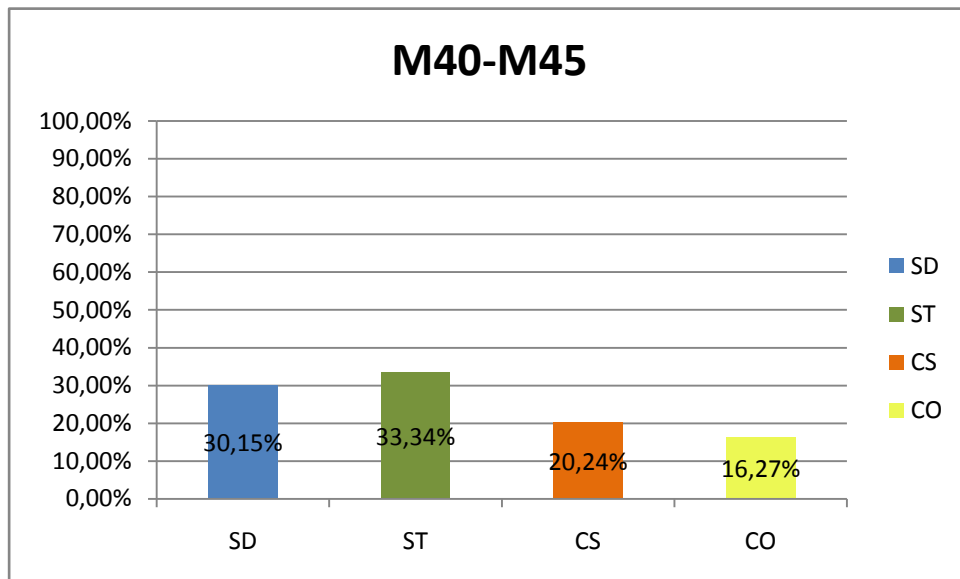
Porcentaje de litologías en el interburden M25 - M30.



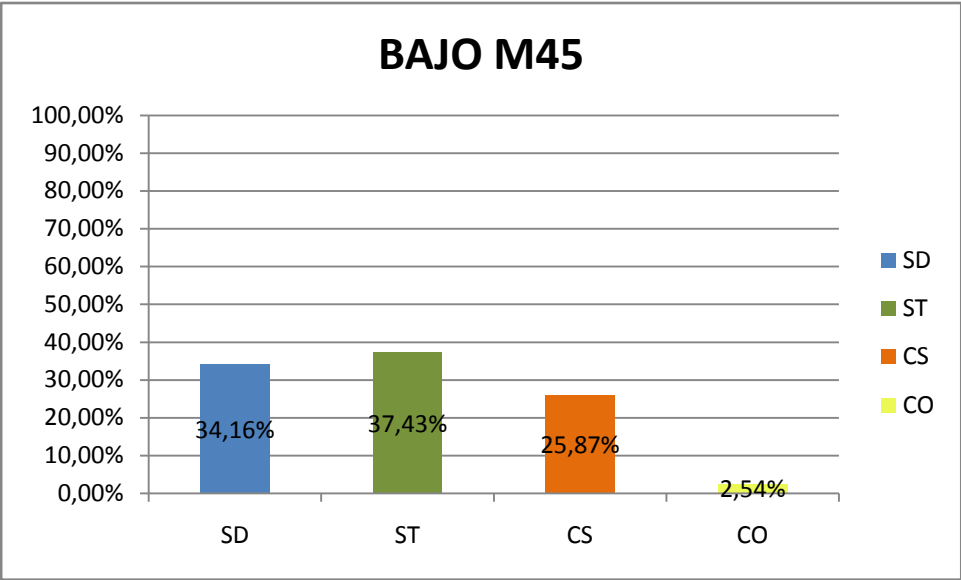
Porcentaje de litologías en el interburden M30 - M35.



Porcentaje de litologías en el interburden M35 – M40.

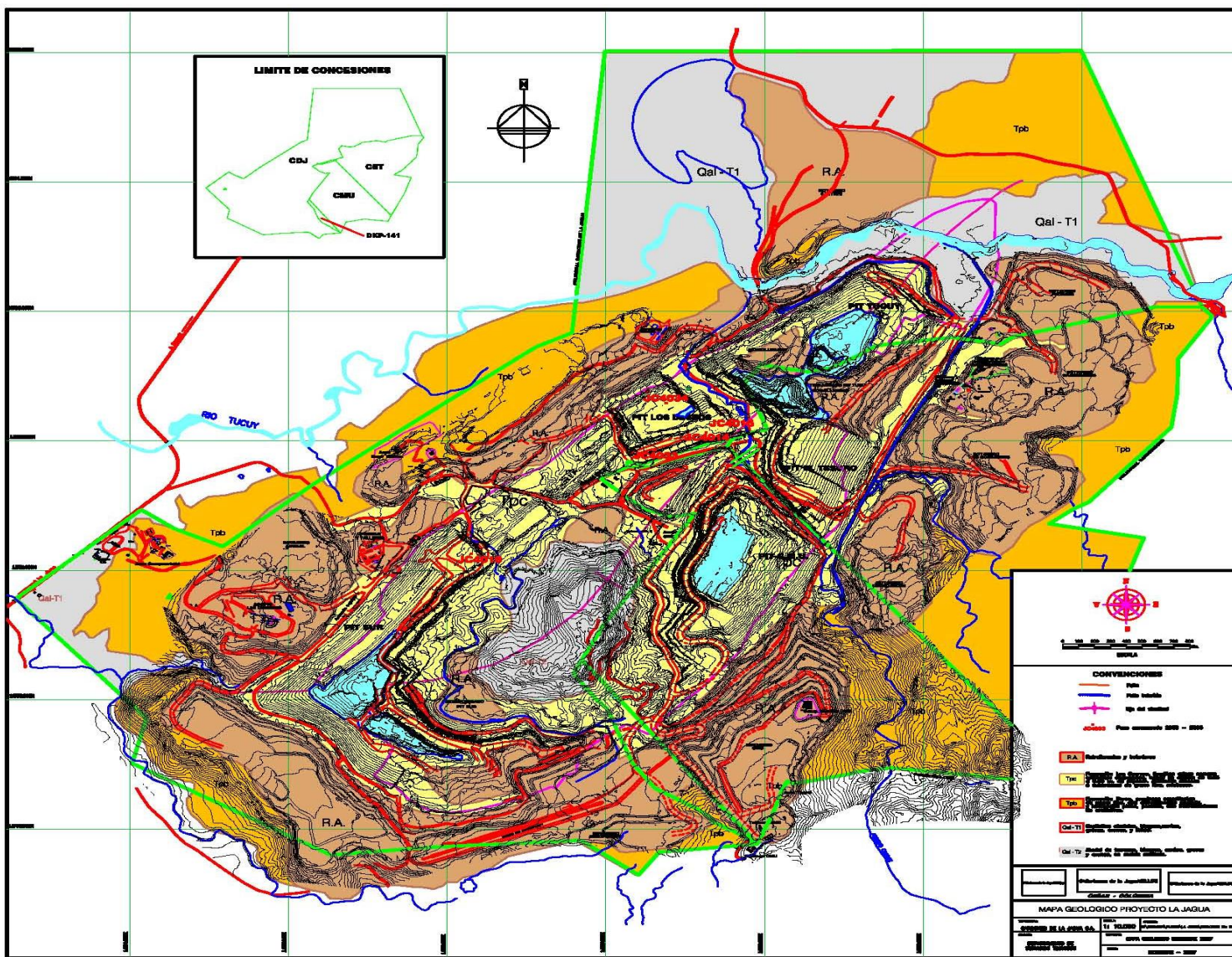


Porcentaje de litologías en el interburden M40 – M45.

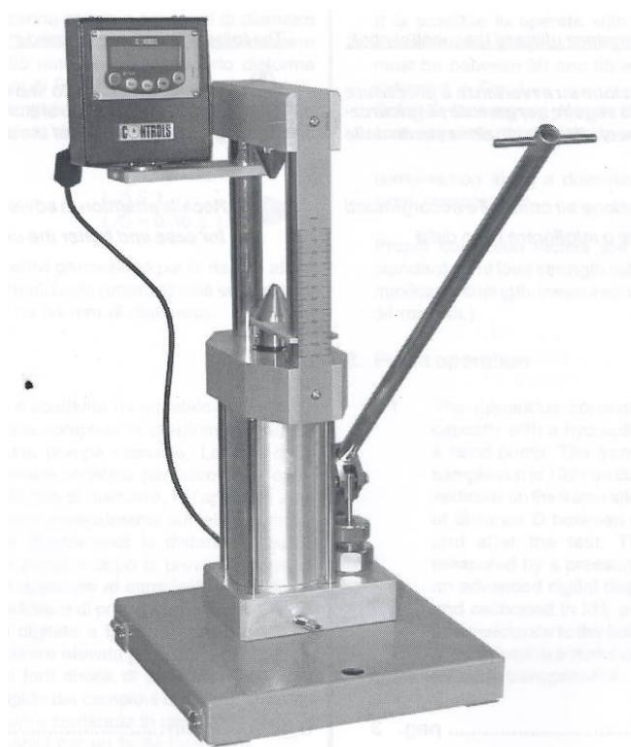


Porcentaje de litologías bajo M45.

ANEXO D. MAPA CON LA UBICACIÓN DE LOS POZOS A LOS CUALES SE LES HIZO LA CORRELACIÓN DEL REGISTRO SÓNICO A VALORES DE UCS.



**ANEXO E. MANUAL DE LA MÁQUINA DE CARGA PUNTUAL
MANUAL DE OPERACION DE MAQUINA DE CARGA PUNTUAL –
CONTROLS
45-D0550/E**



INTRODUCCIÓN

Este aparato es llamado también Presa de Franklin y es usado para obtener rápidamente la información de resistencia de la roca.

Se utiliza principalmente para tres métodos:

- Compresión a lo largo del diámetro.
- Compresión axial.
- Compresión de muestras irregulares.

Es posible operar esta máquina con muestras irregulares de diferentes diámetros y formas.

La distancia entre los puntos para realizar el ensayo de carga puntual debe estar entre 30 mm y 85 mm.

Las relaciones entre la longitud y el diámetro que deben ser mantenidas son:

- Compresión a lo largo del diámetro: $L/D > 1$.
- Compresión axial: $L/D = 0.3 \pm 1.00$.

OPERACIÓN

El aparato es ajustable hasta 102 mm de diámetro. Una regla esta ensamblada verticalmente sobre la estructura para realizar directamente las medidas de distancia D entre los platos cónicos antes y después del ensayo. La carga de compresión es medida por un traductor de presión conectado a la pantalla digital y que esta calibrado en kN asegurando una buena precisión.

PROCEDIMIENTO DE ANALISIS

COMPRESIÓN A LO LARGO DEL DIAMETRO

Este se realiza sobre muestra de perforación corazonada, donde la relación entre longitud / diámetro es mayor a 1. Donde se posible el análisis se deberá repetir hasta con 10 muestras del mismo tipo de roca. Cuando las rocas son anisotrópicas (como las rocas sedimentarias estratificadas) es importante mantener la misma dirección de esfuerzo en todos los análisis, para que todos los resultados puedan ser comparables y obtener un valor promedio de índice de resistencia de la roca.

1. Mida primero el tamaño de muestra de roca y realice la verificación de la relación de longitud / diámetro. Marque la orientación del análisis deseado con líneas a lo largo de la superficie. Esas líneas son usadas para centrar la muestra antes del análisis y verificar la apropiada orientación de los esfuerzos a lo largo de la falla a compresión.
2. Cierre las válvulas del circuito hidráulico de la bomba manual. Inserte la barra dentro del gato y coloque en cero la unidad de lectura digital.
3. Inserte la muestra entre los puntos cónicos y mueva el gato hasta cerrar las plateas contra la muestra.
4. Antes de iniciar la prueba de compresión, verifique que los puntos cónicos estén en contacto con la muestra de roca en todo el diámetro D y que la distancia L entre los puntos de contacto la cara libre más cercana de la muestra este entre la siguiente relación: $L \leq 0.5 D$.
5. Use la escala graduada insertada en la estructura de la maquina para obtener la distancia D entre los puntos con precisión cercana al +/- 2%.
6. Verifique que el manómetro digital registre pequeñas cargas y opere con la bomba incrementando la carga constantemente talque la falla ocurra dentro de 10 a 60 segundos.
7. Registre la máxima fuerza desplegada en la pantalla por el manómetro digital y mida de nuevo la distancia D' entre los puntos. Si ocurre una falla parcial los análisis no deben ser considerados.
8. Abrir el circuito hidráulico de la bomba y empujar hacia abajo manualmente el pistón de carga, para iniciar un nuevo análisis para un mismo tipo de roca.

ANALISIS AXIAL

Los análisis realizados con muestras de núcleo con relación longitud / diámetro entre 1/3 y 1. Cuando las muestras no respeten estas características, los análisis a lo largo del diámetro son llevados a cabo primero. Donde se posible el análisis se deberá repetir hasta con 10 muestras del mismo tipo de roca. Cuando las rocas son anisotrópicas (como las rocas sedimentarias estratificadas) es importante mantener la misma dirección de esfuerzo en todos los análisis, para que todos los resultados puedan ser comparables y obtener un valor promedio de índice de resistencia de la roca.

1. Mida primero el tamaño de muestra de roca y realice la verificación de la relación de longitud / diámetro. Marque la orientación del análisis deseado con líneas a lo largo de la superficie. Esas líneas son usadas para centrar la muestra antes del análisis y verificar la apropiada orientación de los esfuerzos a lo largo de la falla a compresión.
2. Cierre las válvulas del circuito hidráulico de la bomba manual. Inserte la barra dentro del gato y coloque en cero la unidad de lectura digital.

3. Inserte la muestra entre los puntos cónicos en una dirección perpendicular a las caras finales y mueva el gato hasta cerrar las plateas contra la muestra.
4. Use la escala graduada insertada en la estructura de la maquina para obtener la distancia D entre los puntos con precisión cercana al +/- 2%.
5. Registre el ancho de muestra más pequeño, perpendicular a la dirección de carga, cercano a +/- 5%. Si los lados no son paralelos entonces calcule un promedio.
6. Verifique que el manómetro digital registre pequeñas cargas y opere con la bomba incrementando la carga constantemente talque la falla ocurra dentro de 10 a 60 segundos.
7. Registre la máxima fuerza desplegada en la pantalla por el manómetro digital y mida de nuevo la distancia D' entre los puntos. Si ocurre una falla parcial los análisis no deben ser considerados.

ANALISIS DE BLOQUE O MUESTRAS IRREGULARES.

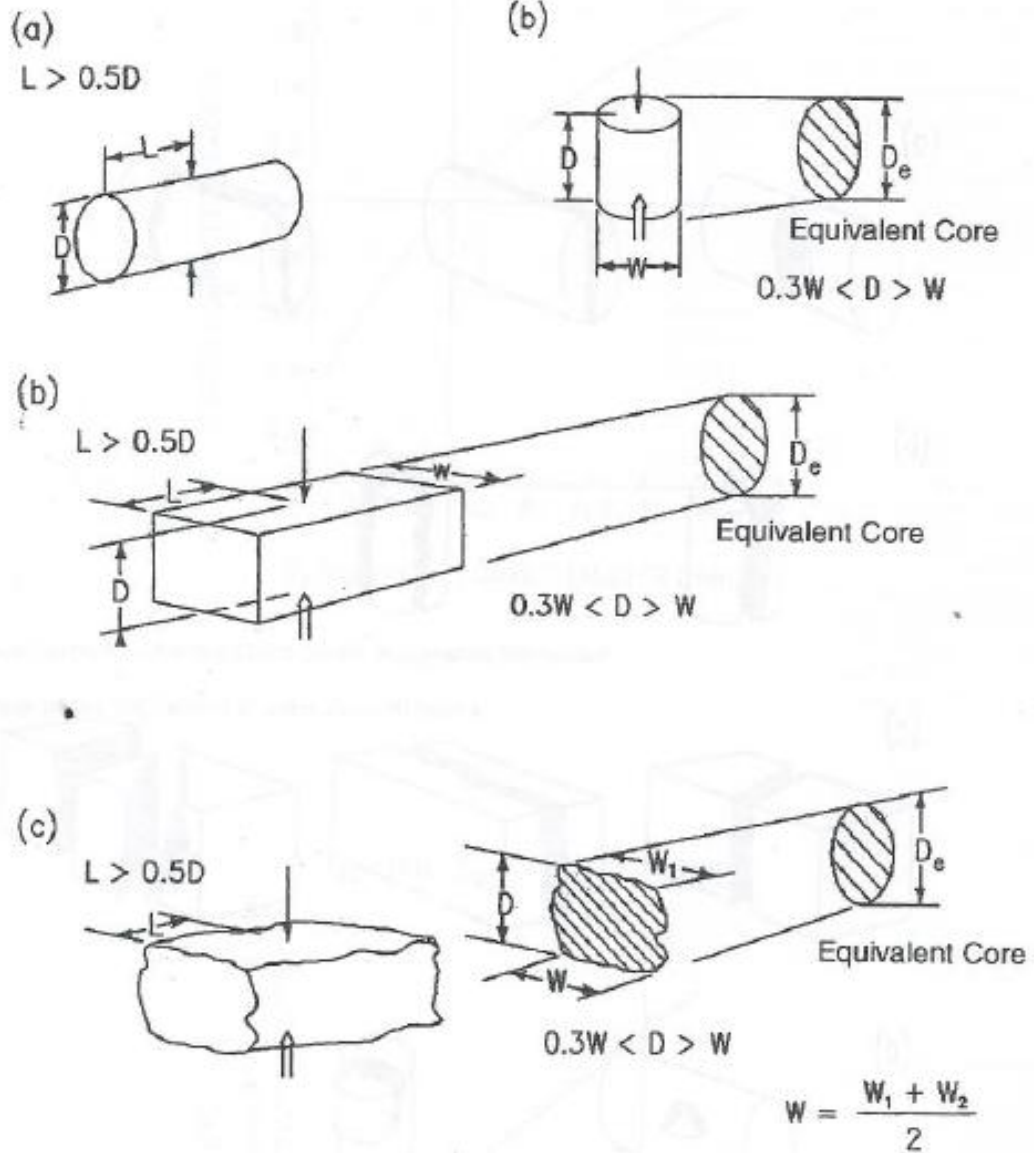
1. Verifique que la muestra a ser analizada respete la prescripciones de forma que se indican aquí:
 $15\text{mm} \leq D \leq 85\text{ mm}$; $0.3 \leq D/W \leq 1.0$; $L \leq 0.5 W$.
Donde:
D: Distancia entre los puntos cónicos
W: Ancho de la muestra perpendicular a la dirección de carga.
L: Distancia entre los puntos cónicos y la cara libre más cercana.
2. Donde se posible el análisis se deberá repetir hasta con 10 muestras del mismo tipo de roca.
3. Marque la orientación del análisis deseado con líneas a lo largo de la superficie. Esas líneas son usadas para centrar la muestra antes del análisis y verificar la apropiada orientación de los esfuerzos a lo largo de la falla a compresión.
4. Cierre las válvulas del circuito hidráulico de la bomba manual. Inserte la barra dentro del gato y coloque en cero la unidad de lectura digital.
5. Inserte la muestra entre los puntos cónicos en una dirección perpendicular a las caras finales y mueva el gato hasta cerrar las plateas contra la muestra.
6. Use la escala graduada insertada en la estructura de la maquina para obtener la distancia D entre los puntos con precisión cercana al +/- 2%.
7. Registre el ancho promedio de la muestra W_m , perpendicular a la dirección de carga, cercano a +/- 5%.
8. Verifique que el manómetro digital registre pequeñas cargas y opere con la bomba incrementando la carga constantemente talque la falla ocurra dentro de 10 a 60 segundos.
9. Registre la máxima fuerza desplegada en la pantalla por el manómetro digital y mida de nuevo la distancia D' entre los puntos. Si ocurre una falla parcial los análisis no deben ser considerados.

ROCAS ANISOTROPICAS

Cuando las muestras son estratificadas o esquistas, diferentes análisis son llevados a cabo de manera que se puedan medir los máximos y mínimos valores de resistencia. Los métodos son desarrollar ensayos paralelos y normales a los planos de anisotropía.

1. Si la muestra consiste de núcleos de roca perforados a través de los planos de debilidad, primero desarrolle un conjunto de análisis diametrales espaciados en varios intervalos de tal manera que pueda obtener otras muestras para análisis axiales.
2. Cuando la resistencia mínima es medida se debe tener cuidado en posicionar los puntos cónicos a lo largo de los planos de debilidad.

3. Por el contrario, cuando la resistencia máxima requiere ser medida, los puntos cónicos deben ser cargados perpendiculares a los planos de debilidad.



NOTE 1 - Legend: L = length, W = width, D = depth or diameter, and D_e = equivalent core diameter

Fig. 1 - Lead Configurations and Specimen Shape requirement

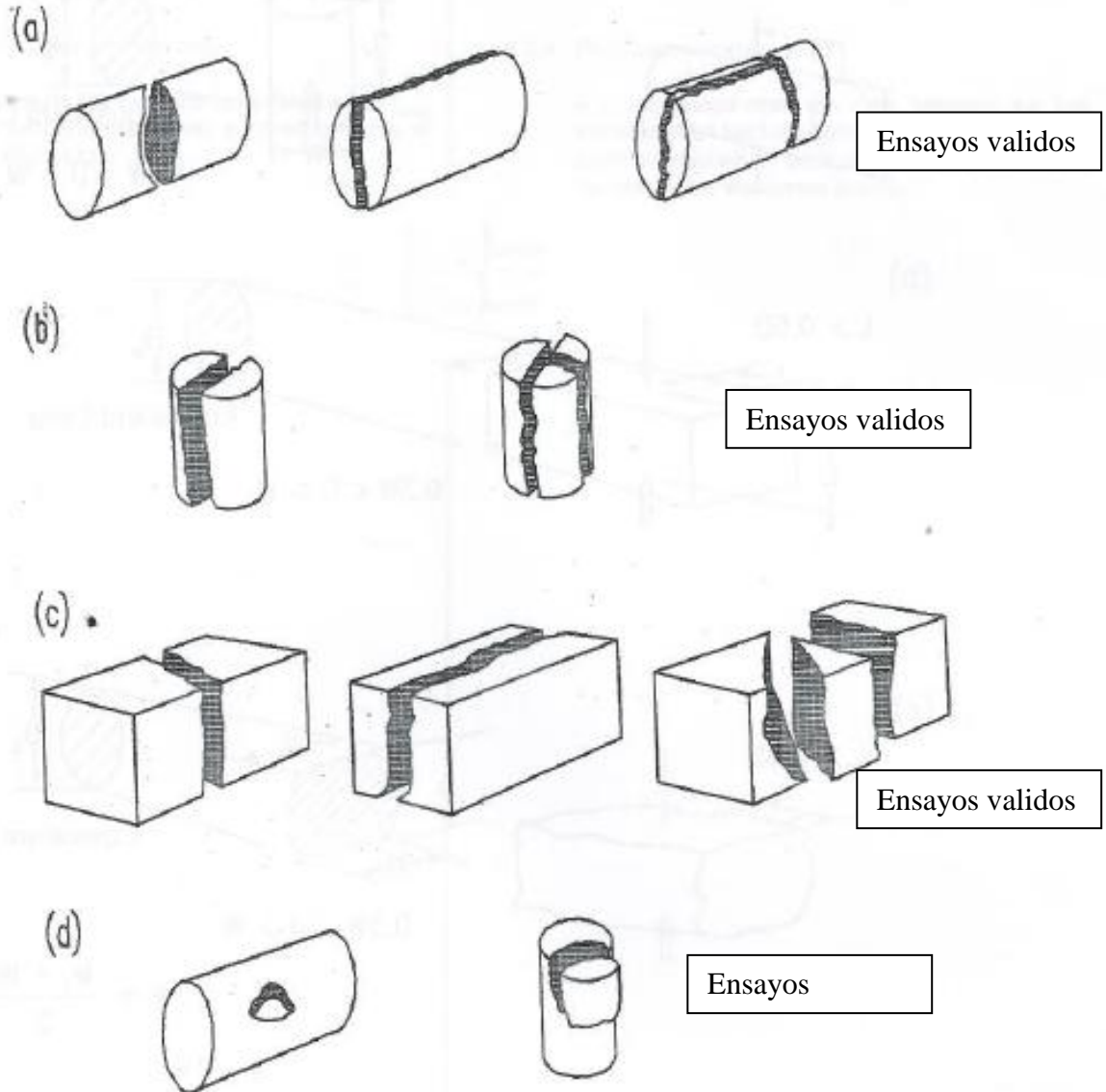


Fig. 2- Typical Modes of Failure for Valid and Invalid Tests

CÁLCULOS

1. El índice de resistencia a la carga puntual I_s (MPa) es calculado como sigue:

$$I_s = (P \cdot 1000) / D_E^2$$

Donde:

P: es la resistencia pico expresada en kN.

D_E : es el diámetro equivalente del núcleo expresado en mm.

Para análisis diametrales:

D_E = diámetro de la muestra.

Para análisis axiales o con bloques irregulares:

$$D_E^2 = 4 \cdot A / \pi.$$

Donde:

$A = W \cdot D$ representa la mínima área de sección transversal de un plano a través del punto de contacto entre los platos.

2. FACTORES DE CORRECCIÓN. La corrección de los valores calculados arriba son requeridos de esta manera puede ser posible definir un índice de resistencia para cada tipo de roca, independiente del tamaño de la muestra y el tipo de análisis.

- a. Corrección por diámetro. El índice de carga puntual podría no ser corregido si el análisis a lo largo del diámetro, se realizó sobre un diámetro de muestra muy cercano a 50 mm.

Para otras muestras con diámetros D_E :

$$I_{E(50)} = F \cdot I_s \quad F = (D_E / 50)^{0.45}.$$

- b. Corrección por forma. La corrección por forma requiere una evaluación experimental que puede ser realizada de la siguiente manera:
 - Desarrollar varios análisis de muestras del mismo tipo de roca con diferente D_E .
 - Dibujar la resistencia de falla P contra el D_E ambos en escala logarítmica.
 - De la relación lineal obtenida en la figura, es posible leer el P_{50} para un diámetro equivalente D_E^2 igual a 2500 mm².
- c. Cálculo de valor promedio. Calcular el promedio del índice de carga puntual $I_{S(50)}$ para un tipo de roca, requiere al menos 10 análisis de carga puntual; de donde se desprecian el valor más alto y más bajo y se toma el promedio de los otros.
- d. Índice de anisotropía de carga puntual. Este es calculado de la relación entre los índices promedio de carga puntual medidos en ambas direcciones: paralela y perpendicular a los planos de debilidad.

$$I_A = (I_{S(50)})_{\text{Normal}} / (I_{S(50)})_{\text{Paralelo}}.$$

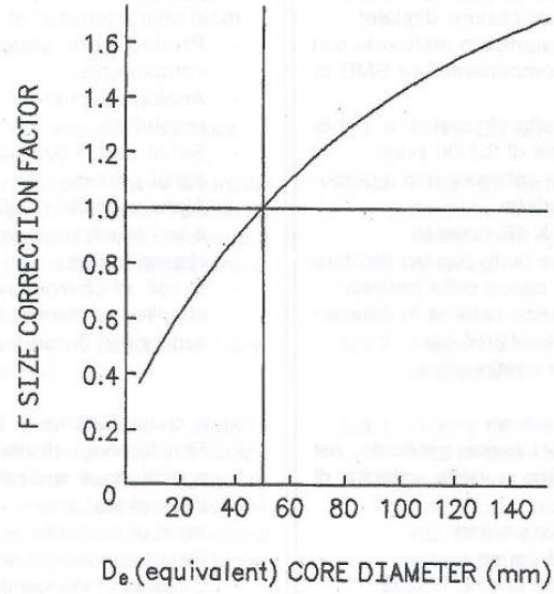


Fig. 3 - Size Correction Factor Chart (ISRM Suggested Methods)³

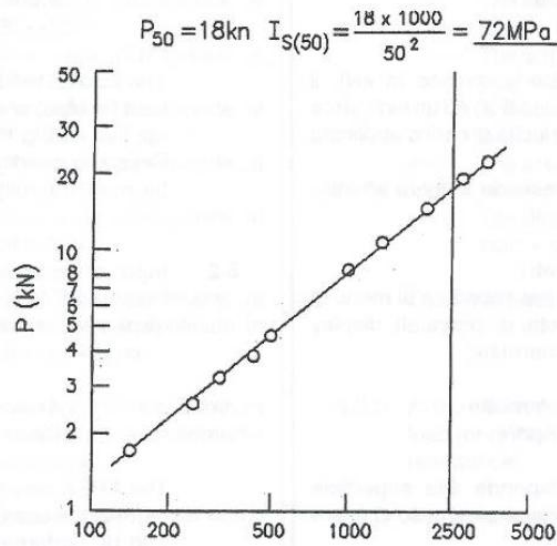


Fig 4. Determinación grafica del $I_{s(50)}$ a partir de un conjunto de valores de D_e diferentes de 50 mm.

USO DE LA PANTALLA DIGITAL

- ENCENDIDO DE LA UNIDAD

Mantenga presionado por cerca de un segundo el interruptor on/off. La pantalla puede alumbrar y activarse. El siguiente mensaje puede aparecer:

0.00kN 00.0MPa
---ENT=0

- ENTRADA DE PARAMETROS

Presione SCAPE para acceder al menú de entrada. En la pantalla aparecerá:

Area= XXXX mm2#
Rate= XXXX Kpa/s

Los parámetros de “Area” corresponden a el area en mm² de la muestra, si un análisis de compresión estándar es desarrollado.

El parámetro “Rate” corresponde a la tasa de carga que será usada durante el análisis. Este podrá ser expresado en KPa/seg o N/seg.

Use las teclas de flechas para la entrada de los valores, presionando ENTER para pasar de un campo a otro. Los campos seleccionados están refrendados por “#”. Presione escape en el fin de la entrada de datos para retornar al menú anterior.

- DESARROLLO DE LA PRUEBA

- La pantalla mostrara lo siguiente:

X.XXkN XX.XMPa
--- ENT=0

Presione ENTER para las lecturas en cero.

- Presione la flecha hacia arriba para activar la función mantener el pico. La pantalla mostrara el mensaje “peak” abajo a la derecha. Presione la misma tecla para cancelar esta función.
- Hacer el análisis como se describe en los párrafos anteriores (procedimiento de análisis).
- Durante el análisis la pantalla estará actualizándose en tiempo real y mostrara la carga aplicada y la correspondiente resistencia. Este también mostrara el indicador de tendencia de la carga con símbolos gráficos de la variación de la tasa de carga actual con respecto a la tasa de carga teórica entrada como parámetro del ensayo.

Los símbolos que tienen significan lo siguiente:

===: La actual carga corresponde al +/- 5% de la carga teórica.

-: La actual carga corresponde - 5% a -10% de la carga teórica.

--: La actual carga corresponde - 10% a -25% de la carga teórica.

---: La actual carga corresponde -25% o sobre este de la carga teórica.

+: La actual carga corresponde + 5% a +10% de la carga teórica.

++: La actual carga corresponde +10% a +25% de la carga teórica.

+++: La actual carga corresponde +25% o sobre este de la carga teórica.

Así es posible acceder a la tasa de carga aplicada durante el análisis y ajustarla en consecuencia.

- En el fin del análisis la pantalla mostrara la carga de falla (únicamente si la función “peak” esta activada) y la resistencia relativa.

BATERIA

El instrumento opera con batería recargable. La máxima autonomía con una batería totalmente cargada es de cerca de 7 – 8 horas de continuo uso. La autonomía crece con un uso discontinuo.

El bombillo de la panel frontal muestra el estado de la carga de la batería como sigue:

- Verde: optima carga.
- Naranja: carga pobre.
- Rojo: sin carga.

Cuando el bombillo se convierte en naranja la autonomía que le resta a la maquina es de aproximadamente 30 minutos.

ANEXO G. FORMATOS CON LA INFORMACIÓN Y ENSAYOS DE CAMPO.

Muestra: IsM4s											
L(mm)	W _n (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
52	74	71	63	6689,60057	10,94	1,63537417	1,24789642	2,04077758	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente debajo del manto 45.
49	73	67	63	6227,41461	5,87	0,94260626	1,22795584	1,15747886	BLOQUE	Perpendicular	
62	61	57	49	4427,0539	7,38	1,66702285	1,13720649	1,89574921	BLOQUE	Perpendicular	
52	57	56	61,5	4064,18063	10,67	2,62537544	1,115533	2,92869295	BLOQUE	Perpendicular	
51	47	55	52,5	3291,32422	7,88	2,39417312	1,06382918	2,54699123	BLOQUE	Perpendicular	
44	61	53	50,5	4116,38345	6,22	1,51103513	1,11874101	1,69045697	BLOQUE	Perpendicular	
45	54	53	50	3644,01158	7,36	2,01975209	1,08847621	2,1984521	BLOQUE	Perpendicular	
37	52	48	44	3178,0059	8,08	2,54247482	1,05547586	2,6835208	BLOQUE	Perpendicular	
37	60	58	54	4430,87362	8,56	1,93189893	1,13742719	2,19739437	BLOQUE	Perpendicular	
67	90	66,5	57,5	7620,33868	14,2	1,86343424	1,28501356	2,39453826	BLOQUE	Perpendicular	
34	58	43,5	42	3212,38337	5,52	1,71835032	1,05803408	1,8180732	BLOQUE	Paralelo	
55	31	40	38	1578,81704	5,39	3,41394847	0,90175416	3,07854223	BLOQUE	Paralelo	
36	56	36	34,5	2566,85092	3,47	1,35185101	1,00595521	1,35990156	BLOQUE	Paralelo	
42	53	52	48	3509,04819	8,53	2,43085861	1,07927247	2,62355877	BLOQUE	Paralelo	
35	60	34,5	32,5	2635,60586	3,7	1,40385179	1,01195594	1,42063615	BLOQUE	Paralelo	
31	52	42	38,5	2780,75517	6,05	2,17566799	1,02423619	2,22839789	BLOQUE	Paralelo	
31	52	40,5	39	2681,44248	3,29	1,22695155	1,01588935	1,24644701	BLOQUE	Paralelo	
35	52	38	33	2515,92134	4,16	1,65346982	1,0014294	1,65583328	BLOQUE	Paralelo	
26	50	41	39,5	2610,14107	1,61	0,6168249	1,00974775	0,62283755	BLOQUE	Paralelo	
34	61	35,5	32	2757,20023	4,25	1,5414187	1,02227765	1,57575789	BLOQUE	Paralelo	

2,20598506

1,74107572

Muestra: IsM4s											
L(mm)	W _n (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
55	85	45,5	43,5	4924,25394	0,4	0,08123058	1,16476979	0,09461492	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color medio, ubicada estratigráficamente debajo del manto 45.
44	51	45	33	2922,08476	0,41	0,14031078	1,03572481	0,14532336	BLOQUE	Perpendicular	
61	50	37	35,5	2355,49316	0,65	0,27595071	0,9866927	0,27227855	BLOQUE	Perpendicular	
42	67	37,5	35,5	3199,01436	0,68	0,21256547	1,05704175	0,22469058	BLOQUE	Perpendicular	
39	64	35	33	2852,05658	0,28	0,09817477	1,03008741	0,10112859	BLOQUE	Perpendicular	
44	49	33	31,5	2058,82834	0,37	0,17971387	0,95725585	0,17203215	BLOQUE	Perpendicular	
61	79	49,5	48	4979,00324	0,35	0,07029519	1,16767112	0,08208167	BLOQUE	Perpendicular	
46	76	46	43	4451,24545	0,32	0,07188999	1,13860175	0,08185407	BLOQUE	Perpendicular	
67	80	50,5	45	5143,88776	1	0,19440549	1,17626204	0,22867179	BLOQUE	Perpendicular	
53	74	48,5	46	4569,65673	0,63	0,13786594	1,14534758	0,15790442	BLOQUE	Perpendicular	
42	50	41,5	39,5	2641,97206	0,51	0,19303762	1,0125054	0,19545163	BLOQUE	Paralelo	
40	72	39,5	37	3621,09327	0,64	0,1767422	1,08693215	0,19210678	BLOQUE	Paralelo	
36	45	38	35,5	2177,23962	0,16	0,07348755	0,9693763	0,07123709	BLOQUE	Paralelo	
35	26	39,5	37	1307,61701	0,009	0,00688275	0,86431415	0,00594886	BLOQUE	Paralelo	
33	37	34	32	1601,73535	0,04	0,02497291	0,90468298	0,02259257	BLOQUE	Paralelo	
30	24	26	25	794,501476	0,04	0,05034604	0,77265356	0,03890004	BLOQUE	Paralelo	

0,15077749

0,08120912

Muestra: I17M45											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
70	70	57,5	46	5124,78917	15,6	3,04402766	1,17527798	3,57757868	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente debajo de Manto 45.
42	69	43	42	3777,70173	10,12	2,67887746	1,09733624	2,93962932	BLOQUE	Perpendicular	
39	32	29	20,5	1181,5663	2,23	1,88732533	0,84482464	1,59445893	BLOQUE	Perpendicular	
40	45	32,5	31	1862,11283	2,6	1,3962634	0,93586854	1,30671899	BLOQUE	Perpendicular	
66	61	57,5	53	4465,8877	5,49	1,22931886	1,13944339	1,40073925	BLOQUE	Perpendicular	
59	82	54	50	5637,9047	4,46	0,79107403	1,20078426	0,94990925	BLOQUE	Perpendicular	
36	62	52	50	4104,92429	2,46	0,59928024	1,11803953	0,67001899	BLOQUE	Perpendicular	
31	61	55	51	4271,71867	6,18	1,44672449	1,12810388	1,63205551	BLOQUE	Perpendicular	
33	58	42,5	40,5	3138,53548	4,64	1,47839654	1,05251206	1,5560302	BLOQUE	Perpendicular	
35	46	31,5	29	1844,9241	0,5	0,27101386	0,93391782	0,25310467	BLOQUE	Paralelo	
44	62	47	43,5	3710,22003	2,15	0,57948046	1,09289496	0,63331127	BLOQUE	Paralelo	
26	45	37	34	2119,94384	1,73	0,81605935	0,96357712	0,78633612	BLOQUE	Paralelo	
41	43	40,5	35,5	2217,34667	1,7	0,7666821	0,97336574	0,74626209	BLOQUE	Paralelo	
35	61	66	50,5	5126,06241	3,71	0,72375241	1,17534367	0,85065781	BLOQUE	Paralelo	
34	46	36	32	2108,48469	6,21	2,94524311	0,96240274	2,83451003	BLOQUE	Paralelo	
31	52	31,5	34	2085,56637	2,22	1,06445905	0,96003906	1,02192226	BLOQUE	Paralelo	
36	52	44	37,5	2913,17208	5,96	2,04587983	1,03501318	2,11751259	BLOQUE	Paralelo	

1,62564878

1,02600036

Muestra: I13M45											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
53	62	47,5	40	3749,69046	1,54	0,41070057	1,09550021	0,44992256	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente debajo de Manto 45.
102	61	51,5	33	3999,88203	1,95	0,48751438	1,11153749	0,54189051	BLOQUE	Perpendicular	
48	55	48	32	3361,3524	2,02	0,60094859	1,06888051	0,64234224	BLOQUE	Perpendicular	
42	77	49	43,5	4803,9328	0,4	0,08326511	1,15830467	0,09644637	BLOQUE	Perpendicular	
83	61	52	33	4038,71584	0,19	0,04704466	1,11395652	0,0524057	BLOQUE	Perpendicular	
66	81	41	37,5	4228,42853	0,09	0,0212845	1,12552144	0,02395616	BLOQUE	Perpendicular	
51	55	31,5	31	2205,88751	0,01	0,00453332	0,97223165	0,00440744	BLOQUE	Paralelo	
30	32	28,5	27,5	1161,19446	0,09	0,0775064	0,84152518	0,06522358	BLOQUE	Paralelo	

0,28516628

0,03481551

Muestra: I2M45											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
59	79	32	23,5	3218,74957	5,72	1,77708762	1,05850549	1,881057	BLOQUE	Perpendicular	Limolita de color gris oscuro, ubicado estratigráficamente debajo de manto 45.
38	54	27	25	1856,38326	2,91	1,56756424	0,93521985	1,46601719	BLOQUE	Perpendicular	
49	61	30,5	26	2368,86217	5,76	2,43154712	0,98794997	2,4022469	BLOQUE	Perpendicular	
49	64	33	29,5	2689,08192	6,16	2,29074464	1,01653984	2,3286332	BLOQUE	Perpendicular	
32	51	34	28	2207,79737	6,5	2,94411076	0,97242098	2,86291508	BLOQUE	Perpendicular	
31	50	29	23,5	1846,19734	5,05	2,73535222	0,9340628	2,55499075	BLOQUE	Perpendicular	
41	65	29	22,5	2400,05654	9,42	3,92490753	0,99086236	3,88904313	BLOQUE	Perpendicular	
36	44	28	21	1568,63112	4,7	2,99624299	0,90044188	2,69794266	BLOQUE	Perpendicular	
51	73	28	19	2602,50163	6,82	2,62055552	1,00908204	2,6443555	BLOQUE	Perpendicular	
45	40	28,5	21	1451,49308	2,25	1,55012795	0,8848545	1,3716377	BLOQUE	Perpendicular	
35	31	36	29	1420,93533	1,42	0,99934175	0,88062846	0,88004879	BLOQUE	Paralelo	
26	32	37	35,5	1507,51562	2,84	1,88389424	0,8924264	1,68123695	BLOQUE	Paralelo	
28	32	24	21	977,84797	1,71	1,7487381	0,80960755	1,41579157	BLOQUE	Paralelo	
32	28	26,5	25,5	944,743742	1,93	2,04288202	0,80335806	1,64116573	BLOQUE	Paralelo	
33	28	31	34,5	1105,17192	2,19	1,98159214	0,83221437	1,64910946	BLOQUE	Paralelo	
31	26	19	18	628,980335	1,2	1,90784979	0,73308923	1,39862413	BLOQUE	Paralelo	

2,35476979

1,52617272

Muestra: I9M45											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
59	72	50	28	4583,66236	4,19	0,9141162	1,14613648	1,04770192	BLOQUE	Perpendicular	Limolita de color gris oscuro, ubicado estratigráficamente debajo de manto 45.
62	81	43	39	4434,69333	1,15	0,25931895	1,13764773	0,29501361	BLOQUE	Perpendicular	
69	62	43	32	3394,45663	1,87	0,55089819	1,07124007	0,59014421	BLOQUE	Perpendicular	
45	45	33	25	1890,76072	1,17	0,61879855	0,93908894	0,58110688	BLOQUE	Perpendicular	
61	40	27	24	1375,09871	1,86	1,35263017	0,87415535	1,1824089	BLOQUE	Perpendicular	
37	54	28	15	1925,13819	2	1,03888646	0,94290389	0,97957008	BLOQUE	Perpendicular	
66	45	18	13	1031,32403	0,75	0,72722052	0,81936499	0,59585904	BLOQUE	Perpendicular	
37	48	24,5	22	1497,3297	2,64	1,76313873	0,8910661	1,57107316	BLOQUE	Perpendicular	
69	36	21,5	17,5	985,487408	1,87	1,8975382	0,8110264	1,53895357	BLOQUE	Perpendicular	
34	49	18	15	1122,99728	1,66	1,47818702	0,83521581	1,23460517	BLOQUE	Perpendicular	
76	45	30	29	1718,87339	1,28	0,74467381	0,91916478	0,68447794	BLOQUE	Paralelo	
67	45	44	42,5	2521,0143	1,96	0,77746485	1,00188516	0,77893049	BLOQUE	Paralelo	
53	46	42	40	2459,8988	1,31	0,53254223	0,99636824	0,53060817	BLOQUE	Paralelo	
63	52	41	39	2714,54671	0,94	0,34628249	1,01869786	0,35275723	BLOQUE	Paralelo	
42	49	41	38	2557,93825	0,73	0,28538609	1,00516825	0,28686104	BLOQUE	Paralelo	
65	43	48	46	2627,96642	1,23	0,46804251	1,01129522	0,47332915	BLOQUE	Paralelo	
52	40	28,5	27,5	1451,49308	0,66	0,4547042	0,8848545	0,40234706	BLOQUE	Paralelo	

0,96879372

0,48870391

Muestra: IaM45											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
80	95	41	24	4959,26803	2,8	0,56459945	1,16662816	0,65867762	BLOQUE	Perpendicular	Limolita de color gris oscuro, ubicado estratigráficamente debajo del mantos 45,
47	69	30	27,5	2635,60586	1,84	0,6981317	1,01195594	0,70647852	BLOQUE	Perpendicular	
69	73	27	25	2509,55514	2,17	0,86469509	1,00085869	0,86543759	BLOQUE	Perpendicular	
49	74	30	22	2826,59179	1,43	0,50590963	1,02801084	0,52008058	BLOQUE	Perpendicular	
48	81	30	23	3093,97209	1,36	0,4395644	1,04913092	0,46116061	BLOQUE	Perpendicular	
34	45	32	25	1833,46494	1,43	0,77994401	0,9326095	0,72738319	BLOQUE	Perpendicular	
35	70	29,5	24	2629,23966	1,15	0,43738881	1,01140544	0,44237742	BLOQUE	Perpendicular	
36	62	30	25,5	2368,22555	1,27	0,53626649	0,98789022	0,52977242	BLOQUE	Perpendicular	
39	51	34	38	2207,79737	0,83	0,3759403	0,97242098	0,36557223	BLOQUE	Perpendicular	
57	87	45	25	4984,73282	0,82	0,1645023	1,16797332	0,19213429	BLOQUE	Perpendicular	
45	36	33,5	31,5	1535,52689	0,72	0,46889443	0,89613083	0,42019075	BLOQUE	Paralelo	
32	31	34,5	33	1361,72969	0,36	0,26436965	0,87223589	0,2305927	BLOQUE	Paralelo	
45	30	32,5	31	1241,40856	0,63	0,50748804	0,85426834	0,43353097	BLOQUE	Paralelo	
36	34	30,5	29,5	1320,34941	0,9	0,68163775	0,86620063	0,59043505	BLOQUE	Paralelo	
31	30	29	28	1107,7184	0,43	0,3881853	0,83264544	0,32322072	BLOQUE	Paralelo	
40	33	27	23,5	1134,45643	0,94	0,82859065	0,83712586	0,69363466	BLOQUE	Paralelo	
44	29	44,5	41	1643,11563	0,51	0,31038595	0,90988986	0,28241703	BLOQUE	Paralelo	
40	36	40	38,5	1833,46494	0,73	0,39815324	0,9326095	0,37132149	BLOQUE	Paralelo	

0,55143782

0,40351933

ABCISA	MUESTRA	DISCONTINUIDADES									
		ORIENTACIÓN (R/B)	DIP/DIRECTION	Tipo	Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración
00+00	I1M45	N20W/80SW	80/250	JT	I	3	C	P	MR	N	1
00+02	I1M45	N23E/24NW	24/337	BD	V	2	VC	P	MR	N	1
00+05	I1M45	N25E/25NW	25/335	BD	V	2	VC	P	MR	N	1
00+08	I1M45	N37E/70SE	70/127	JT	I	5	MW	P	MR	CL	2
00+10	I1M45	N88W/86NE	86/2	JT	II	4	PO	P	MR	N	1
00+12	I1M45	N22E/22NW	22/338	BD	V	2	VC	P	MR	N	1
00+14	I1M45	N46E/75NW	75/316	JT	II	3	C	U	MS	N	1
00+16	I1M45	N23E/26NW	26/337	BD	V	2	VC	U	MR	N	1
00+17	I2M45	N65W/84SW	84/205	JT	I	2	C	P	MR	N	1
00+17,5	I2M45	N21E/75SE	75/111	JT	I	4	PO	P	MS	ST	1
00+18	I2M45	N34E/23NW	23/326	BD	V	2	VC	P	MS	N	1
00+20	I3M45	N35E/26NW	26/325	BD	V	2	VC	U	MS	N	1
00+22	I3M45	N3E/75SE	75/93	JT	I	4	C	P	MS	N	1
00+25	I3M45	N36W/84SW	84/234	JT	II	4	C	P	MR	N	1
00+28	I3M45	N25E/67SE	67/115	JT	II	6	C	P	MR	N	1
00+30	I3M45	N68W/81SW	81/202	JT	II	4	C	P	MR	N	1
00+34	I3M45	N34E/28NW	28/326	BD	V	2	VC	P	MS	N	1
00+37	I3M45	N13E/68SE	68/103	JT	II	2	C	U	MR	N	1
00+40	I4M45	N8W/72SW	72/262	JT	I	3	C	P	MS	N	1
00+43	I4M45	N25W/76NE	76/65	JT	II	2	C	U	MR	N	1
00+45	I4M45	N40E/16NW	16/320	BD	V	2	VC	P	MS	N	1
00+47	I4M45	N53E/18NW	28/307	BD	V	2	VC	P	MR	N	1
00+50	I4M45	N11W/74NE	74/79	JT	III	3	C	P	MS	N	1
00+53	I5M45	N43E/25NW	25/317	BD	V	2	VC	P	MS	N	1
00+56	I6M45	N48E/22NW	22/312	BD	V	2	VC	P	MR	N	1
00+58	I6M45	N24W/74NE	74/66	JT	I	3	C	U	MR	N	1
00+60	I6M45	N43E/34NW	34/317	BD	V	2	VC	P	MR	N	1
00+62	I7M45	N8W/63NE	63/82	JT	II	3	C	P	MS	N	1
00+64	I8M45	N37E/26NW	26/323	BD	V	2	VC	P	MR	N	1
00+66	I8M45	N28W/75NE	75/62	JT	II	3	C	P	MR	N	1
00+67,5	I10M45	N28W/89NE	89/62	JT	II	3	C	P	MR	N	1
00+69	I11M45	N12W/82NE	82/78	JT	II	3	C	P	MR	N	1
00+71	I11M45	N29W/81NE	81/61	JT	II	3	C	U	MR	N	1
00+74	I11M45	N44E/22NW	22/316	BD	V	2	VC	P	MS	N	1
00+76	I11M45	N16W/72NE	72/74	JT	II	3	C	P	MR	N	1
00+79	I12M45	N26W/76NE	76/64	JT	II	2	C	U	MR	N	1
00+82	I12M45	N21E/70NW	70/291	JT	I	3	C	P	MS	N	1
00+85	I12M45	N49E/24NW	24/311	BD	V	2	VC	P	MS	N	1
00+88	I12M45	N30E/75NW	75/300	JT	II	2	C	U	MR	N	1
00+91	I12M45	N45E/26NW	26/315	BD	V	2	VC	P	MS	N	1
00+94	I12M45	N26E/75NW	75/296	JT	II	2	C	P	MS	N	1
00+96	I13M45	N36E/88SE	88/126	JT	II	3	C	P	MR	N	1
00+98	I13M45	N37E/29NW	29/323	BD	V	2	VC	P	MS	N	3
00+100	I13M45	N40E/31NW	31/320	BD	V	2	C	P	MS	N	3
00+101	I14M45	N14W/74NE	74/76	JT	II	2	C	U	MR	N	1
00+101,5	I15M45	N17W/69NE	69/73	JT	II	2	C	U	MR	N	1
00+103	I16M45	N38E/26NW	26/328	BD	V	2	VC	P	MS	N	1
00+106	I17M45	N54W/81NE	81/36	JT	II	2	C	P	MS	N	1
00+109	I17M45	N40E/63SE	63/130	JT	III	2	C	P	MS	N	1
00+110	I17M45	N34E/32NW	32/326	BD	V	2	VC	P	MS	N	3
00+111	I17M45	N55W/87NE	87/35	JT	II	2	W	P	MS	SD	1

MANEJO DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO (I)



ABCISA	MUESTRA	LITOLOGÍA							% RQD	Grado de meteorización	Resistencia de roca
		Tipo de roca	Tamaño de grano	Color	Estructuras sedimentarias	Laminación	Espesor	Disposición de estratificación			
00+16,7	I1M45	SD	M	R	LA	PARALELA	4,8	PLANOPARALELA	66	SW-MW	R2
00+18,4	I2M45	CS	CY	B	LA	PARALELA	0,6	PLANOPARALELA	41	SW-MW	R1
00+38	I3M45	CS	CY	R	LA	PARALELA	7	PLANOPARALELA	39	MW	R1
00+51,8	I4M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	5,3	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+54,4	I5M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	HW	R1
00+61,4	I6M45	CS	CY	G	LA-LE	PARALELA	3,1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	HW	R1
00+62,4	I7M45	CO	F	K	LA	PARALELA	0,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R2
00+66,2	I8M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	1,8	PLANOPARALELA	35	MW-HW	R1
00+67,3	I9M45	ST	SI	G	LA	PARALELA	0,5	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+67,8	I10M45	CO	F	K	MA	PARALELA	0,2	PLANOPARALELA	82	HW	R3
00+76,4	I11M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	3,9	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+94,2	I12M45	SD	F	G	LA	PARALELA	7,8	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R3
00+100,2	I13M45	SD	F	G	LA	PARALELA	2,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+101,5	I14M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	0,5	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW-HW	R1
00+101,8	I15M45	CO	F	K	LA	PARALELA	0,15	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW-HW	R2
00+103,9	I16M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW-HW	R1
00+111,9	I17M45	SD	M	G	RX-BH	CRUZADA	4,2	CRUZADA	82	SW	R4

DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DE LAS ROCAS CON EL MARTILLO DE SCHMIDT



ABCISA	MUESTRA	ROCA	p	FECHA	ORIENTACIÓN	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R	σc
00+16,7	I1M45	SD	25,2869565	29/07/2009		33	36	35	29	30	35	29	29	36	31	35	59,8102109
00+18,4	I2M45	CS	23,05	26/07/2009		VALORES MENORES A 1											
00+38	I3M45	SD	25,2869565	31/07/2009		39	41	42	35	42	45	48	39	41	38	43,6	92,8196935
00+51,8	I4M45	CS	23,05	31/07/2009		VALORES MENORES A 1											
00+54,4	I5M45	CS	23,05	31/07/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+61,4	I6M45	CS	23,05	31/07/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+62,4	I7M45	CO	12,55	31/07/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+66,2	I8M45	CS	23,05	03/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+67,3	I9M45	CS	23,05	03/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+67,8	I10M45	CO	12,55	03/08/2009		22	19	15	16	18	17	19	15	15	18	19,2	15,9618435
00+76,4	I11M45	CS	23,05	03/08/2009		29	35	36	38	38	37	37	38	35	32	37,6	57,2491671
00+94,2	I12M45	SD	25,2869565	03/08/2009		29	29	29	28	35	34	33	34	29	34	34	56,8305361
00+100,2	I13M45	SD	25,2869565	03/08/2009		14	18	18	16	17	12	12	14	12	17	17,2	24,084054
00+101,5	I14M45	CS	23,05	03/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+101,8	I15M45	CO	12,55	03/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+103,9	I16M45	CS	23,05	03/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+111,9	I17M45	SD	25,2869565	03/08/2009		40	41	39	42	44	39	38	43	41	44	42,8	89,1015513

Muestra: I4M15											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
66	66	40,5	28,5	3403,3693	6,43	1,88930422	1,07187228	2,02509283	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 17 y 15.
38	65	34,5	21,5	2855,23968	3,74	1,30987252	1,03034597	1,34962187	BLOQUE	Perpendicular	
58	65	24	15	1986,25369	0,88	0,44304512	0,94955759	0,42069685	BLOQUE	Perpendicular	
46	51	38	27	2467,53824	4,45	1,80341684	0,99706363	1,79812133	BLOQUE	Perpendicular	
56	79	30	21	3017,57772	4,71	1,56085458	1,04324582	1,62835501	BLOQUE	Perpendicular	
66	46	25	23,5	1464,22548	2,39	1,63226227	0,88659502	1,4471556	BLOQUE	Perpendicular	
38	42	23	21	1229,9494	2,34	1,90251729	0,85248771	1,62187261	BLOQUE	Perpendicular	
31	40	27	22,5	1375,09871	2,33	1,69442382	0,87415535	1,48118964	BLOQUE	Perpendicular	
64	52	30,5	25	2019,35792	2,72	1,3469628	0,95309566	1,2837844	BLOQUE	Perpendicular	
48	51	30	28,5	1948,0565	2,94	1,50919647	0,94541796	1,42682144	BLOQUE	Perpendicular	
26	28	27	25,5	962,569096	0,9	0,93499781	0,80674388	0,75430376	BLOQUE	Paralelo	
24	25	29,5	28,5	939,014164	0,73	0,77741106	0,80225924	0,62368521	BLOQUE	Paralelo	
33	23	28	25	819,966267	0,17	0,2073256	0,77815766	0,161332	BLOQUE	Paralelo	
38	26	39	35	1291,0649	0,44	0,34080394	0,86184033	0,29371858	BLOQUE	Paralelo	
28	25	34	32	1082,25361	0,06	0,05543987	0,82829976	0,04592083	BLOQUE	Paralelo	
49	28	34,5	33	1229,9494	0,49	0,39839037	0,85248771	0,3396229	BLOQUE	Paralelo	
22	22	33	32	924,371909	0,16	0,1730905	0,79942737	0,13837329	BLOQUE	Paralelo	
41	34	31,5	29,5	1363,63955	0,61	0,44733229	0,87251099	0,39030234	BLOQUE	Paralelo	
45	36	21,5	27	985,487408	0,96	0,97413726	0,8110264	0,79005103	BLOQUE	Paralelo	
28	28	34	32,5	1212,12405	0,48	0,39599907	0,84969212	0,33647729	BLOQUE	Paralelo	

1,50461524

0,37972692

Muestra: I2M20											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
68	60	38	23	2902,98616	3,36	1,15742887	1,03419781	1,19701041	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fin color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 25 y 20.
44	50	38	33	2419,15513	2,7	1,11609213	0,992631	1,10786765	BLOQUE	Perpendicular	
36	69	28	25	2459,8988	2,56	1,04069322	0,99636824	1,03691367	BLOQUE	Perpendicular	
83	74	37	33,5	3486,12987	3,37	0,96668802	1,07768242	1,04178269	BLOQUE	Perpendicular	
44	72	34	31	3116,89041	2,73	0,87587295	1,05087447	0,92043253	BLOQUE	Perpendicular	
49	73	30,5	23	2834,86785	2,84	1,00181037	1,02868731	1,03054961	BLOQUE	Perpendicular	
76	82	27	25	2818,95235	3,58	1,26997535	1,02738504	1,30475368	BLOQUE	Perpendicular	
51	60	29	26	2215,43681	4,03	1,81905437	0,97317704	1,77026195	BLOQUE	Perpendicular	
39	59	32	20,5	2403,87626	2,99	1,24382442	0,99121696	1,23289986	BLOQUE	Perpendicular	
44	79	27	25	2715,81995	4,26	1,56858705	1,01880535	1,59808488	BLOQUE	Perpendicular	
41	30	37	36	1413,29589	0,36	0,25472373	0,87956096	0,22404505	BLOQUE	Paralelo	
28	30	35,5	34	1356,00012	0,75	0,5530973	0,87140879	0,48197385	BLOQUE	Paralelo	
25	39	42	39	2085,56637	1,3	0,62333188	0,96003906	0,59842295	BLOQUE	Paralelo	
42	37	39,5	37	1860,83959	0,57	0,30631334	0,93572452	0,28662491	BLOQUE	Paralelo	
41	35	40	31	1782,53536	0,11	0,06170986	0,9267169	0,05718757	BLOQUE	Paralelo	
37	37	36	33	1695,95507	1,03	0,60732741	0,91639292	0,55655054	BLOQUE	Paralelo	
34	30	27,5	25,5	1050,42262	0,65	0,61879855	0,82275478	0,50911947	BLOQUE	Paralelo	
36	35	28,5	37	1270,05645	0,55	0,43305162	0,85866484	0,3718462	BLOQUE	Paralelo	
56	59	40	34,5	3004,84533	2,04	0,6789035	1,04225377	0,70758973	BLOQUE	Paralelo	
38	39	38	35,5	1886,94101	2,38	1,26130069	0,93866175	1,18393472	BLOQUE	Paralelo	

1,19373281

0,46702158

Muestra: IaM17											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	43,5	31	3877,01441	6,65	1,71523737	1,10376194	1,89321373	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arenisca de grano grueso color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 20 y 17.
35	70	36	33	3208,56365	3,81	1,18744722	1,05775088	1,25602335	AXIAL	Perpendicular	
35	70	42	39	3743,32426	5,93	1,58415344	1,09508145	1,73477705	AXIAL	Perpendicular	
35	70	46	42	4099,83133	5,46	1,3317621	1,11772727	1,48854682	AXIAL	Perpendicular	
35	70	44	38	3921,5778	6,25	1,59374627	1,10660387	1,7636458	AXIAL	Perpendicular	
35	70	36,5	35	3253,12704	2,36	0,72545584	1,06103871	0,76973673	AXIAL	Perpendicular	
35	70	39	38	3475,94396	4,98	1,43270434	1,07697314	1,54298409	AXIAL	Perpendicular	
35	70	32	30	2852,05658	2,84	0,99577267	1,03008741	1,02573289	AXIAL	Perpendicular	
35	70	20,5	19	1827,09875	1,73	0,94685632	0,93187992	0,88235639	AXIAL	Perpendicular	
182	70	70	67,5	6238,87377	8,67	1,38967389	1,22846388	1,70716419	DIAMETRAL	Paralelo	
93	70	70	67	4900	7,91	1,61428571	1,1634765	1,87818349	DIAMETRAL	Paralelo	
48	70	70	67	4900	7,3	1,48979592	1,1634765	1,73334254	DIAMETRAL	Paralelo	
41	70	70	65	4900	8,01	1,63469388	1,1634765	1,90192791	DIAMETRAL	Paralelo	
94	70	70	67	4900	6,87	1,40204082	1,1634765	1,63124154	DIAMETRAL	Paralelo	
42	70	70	64,5	4900	5,49	1,12040816	1,1634765	1,30356857	DIAMETRAL	Paralelo	
40	70	70	65	4900	6,38	1,30204082	1,1634765	1,51489389	DIAMETRAL	Paralelo	
26	70	70	67	4900	4,69	0,95714286	1,1634765	1,11361322	DIAMETRAL	Paralelo	

1,38486663

1,6280657

Muestra: IaM20											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
48	51	45	43,5	2922,08476	1,29	0,44146563	1,03572481	0,45723691	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano medio color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 25 y 20.
73	92	43,5	35,5	5095,50466	3,34	0,65547973	1,17376355	0,76937821	BLOQUE	Perpendicular	
73	61	47	45,5	3650,37777	1,38	0,37804306	1,08890378	0,41165252	BLOQUE	Perpendicular	
53	50	39	37	2482,81711	1,62	0,65248463	0,9984494	0,65147289	BLOQUE	Perpendicular	
36	57	48,5	36	3519,87072	2,42	0,68752525	1,08002052	0,74254138	BLOQUE	Perpendicular	
43	57	45	38,5	3265,85943	1,54	0,4715451	1,06197167	0,50076754	BLOQUE	Perpendicular	
70	40	37,5	35	1909,85932	1,44	0,75398224	0,94121493	0,70965934	BLOQUE	Perpendicular	
39	49	33	30	2058,82834	1,61	0,78199817	0,95725585	0,74857232	BLOQUE	Perpendicular	
38	42	37,5	35,5	2005,35228	0,95	0,47373223	0,95160431	0,45080563	BLOQUE	Perpendicular	
39	62	36	31	2841,87066	0,86	0,30261757	1,02925851	0,31147171	BLOQUE	Perpendicular	
32	49	32	30,5	1996,43961	0,64	0,32057068	0,95065106	0,30475086	BLOQUE	Paralelo	
38	46	32	29	1874,20861	0,57	0,30412836	0,93723291	0,28503911	BLOQUE	Paralelo	
24	41	34,5	33	1800,99734	0,97	0,53859047	0,92886787	0,50027938	BLOQUE	Paralelo	
48	55	54	52	3781,52145	2,07	0,54739872	1,09758579	0,60081706	BLOQUE	Paralelo	
29	51	33,5	31	2175,32976	1	0,45970042	0,96918492	0,44553471	BLOQUE	Paralelo	
36	41	30	25,5	1566,08464	0,89	0,56829623	0,90011277	0,5115307	BLOQUE	Paralelo	
40	36	29,5	27,5	1352,1804	0,28	0,20707296	0,87085588	0,18033071	BLOQUE	Paralelo	
36	60	26,5	24,5	2024,45088	1,19	0,58781372	0,95363598	0,56056031	BLOQUE	Paralelo	
37	62	24,5	22	1934,05087	0,38	0,1964788	0,94388432	0,18545326	BLOQUE	Paralelo	
49	68	21,5	20	1861,47621	1,02	0,54795221	0,93579654	0,51277178	BLOQUE	Paralelo	

0,58408857

0,41324001

Muestra: I3M11											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
48	61	43	38	3339,70733	5,51	1,64984517	1,06732797	1,76092589	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 15 y 11.
39	44	43	41	2408,96922	3,74	1,55253125	0,99168908	1,53962828	BLOQUE	Perpendicular	
61	85	38,5	33	4166,67641	6,02	1,44479662	1,12180197	1,62077569	BLOQUE	Perpendicular	
61	57	34	31,5	2467,53824	5,38	2,18031069	0,99706363	2,17390849	BLOQUE	Perpendicular	
58	91	44	40	5098,05114	6,69	1,31226616	1,17389551	1,54046335	BLOQUE	Perpendicular	
52	58	44	42	3249,30732	4,01	1,23410918	1,06075827	1,30909152	BLOQUE	Perpendicular	
66	70	40,5	38	3609,63411	6,44	1,78411435	1,08615727	1,93782877	BLOQUE	Perpendicular	
52	76	35	33	3386,81719	5,15	1,52060171	1,07069714	1,6281039	BLOQUE	Perpendicular	
33	49	37	34	2308,38329	4,34	1,88010371	0,98221776	1,84667125	BLOQUE	Perpendicular	
44	47	35	33	2094,47905	3,21	1,53260067	0,96096065	1,47276893	BLOQUE	Perpendicular	
67	53	58,5	57	3947,67921	3,41	0,86379866	1,10825683	0,95731076	BLOQUE	Paralelo	
41	52	42	40	2780,75517	2,46	0,88465178	1,02423619	0,90609237	BLOQUE	Paralelo	
43	67	38	36	3241,66788	2,48	0,76503827	1,06019662	0,81109099	BLOQUE	Paralelo	
60	50	33	30	2100,84525	2,48	1,18047724	0,96161707	1,13516706	BLOQUE	Paralelo	
31	41	39	34	2035,91003	2,61	1,28198199	0,95484786	1,22409776	BLOQUE	Paralelo	
35	36	31,5	30,5	1443,85364	0,12	0,08311092	0,88380451	0,0734538	BLOQUE	Paralelo	
44	36	28	25,5	1283,42546	1,28	0,997331	0,86069027	0,85839309	BLOQUE	Paralelo	
31	35	28	23,5	1247,77475	1,47	1,17809725	0,85525209	1,00757013	BLOQUE	Paralelo	
30	45	33	31	1890,76072	0,54	0,28559933	0,93908894	0,26820317	BLOQUE	Paralelo	
36	45	19,5	18,5	1117,2677	0,55	0,49227235	0,83425511	0,41068073	BLOQUE	Paralelo	

1,66839576

0,79431354

Muestra: I3M11											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
53	69	70	57,5	6149,747	18,55	3,01638425	1,2244932	3,69354202	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 15 y 11.
46	56	68,5	61	4884,14689	12,32	2,52244666	1,16262849	2,93266834	BLOQUE	Perpendicular	
40	64	53,5	43	4359,5722	11,05	2,53465237	1,13328299	2,87247841	BLOQUE	Perpendicular	
44	63	39,5	37	3168,45661	5,07	1,60014816	1,05476144	1,68777458	BLOQUE	Perpendicular	
47	61	32	30	2485,36359	1,7	0,68400455	0,99867972	0,68310147	BLOQUE	Perpendicular	
44	41	37	28,5	1931,50439	1,22	0,63163201	0,94360456	0,59601084	BLOQUE	Perpendicular	
49	41	32,5	31	1696,59169	1,54	0,90770219	0,91647031	0,83188211	BLOQUE	Perpendicular	
50	44	37	32	2072,83398	3,74	1,80429308	0,95871719	1,72980679	BLOQUE	Perpendicular	
30	39	40	34	1986,25369	7,77	3,91188701	0,94955759	3,714562	BLOQUE	Perpendicular	
30	48	35,5	30	2169,60018	5,11	2,35527266	0,96860996	2,28134057	BLOQUE	Perpendicular	
56	69	41	38	3601,99467	6,95	1,92948647	1,08563963	2,09472698	BLOQUE	Paralelo	
47	59	50,5	49	3793,61722	1,05	0,27678069	1,09837474	0,30400892	BLOQUE	Paralelo	
39	68	40	36	3463,21156	6,84	1,97504538	1,07608426	2,12531524	BLOQUE	Paralelo	
57	59	31,5	29,5	2366,31569	4,35	1,83830079	0,98771091	1,81570975	BLOQUE	Paralelo	
44	50	35	33	2228,1692	2,35	1,05467753	0,97443267	1,02771224	BLOQUE	Paralelo	
30	35	23,5	20,5	1047,23953	2,82	2,6927937	0,82219315	2,21399653	BLOQUE	Paralelo	
30	33	25	24	1050,42262	2,7	2,57039399	0,82275478	2,11480394	BLOQUE	Paralelo	
28	39	25,5	24,5	1266,23673	1,65	1,30307388	0,85808311	1,11814568	BLOQUE	Paralelo	
22	39	25	23,5	1241,40856	2,78	2,23939169	0,85426834	1,91304143	BLOQUE	Paralelo	

2,08907428

1,74420789

Muestra: I2M15											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
80	87	57,5	55	6369,38082	8,02	1,25914908	1,23419952	1,55404118	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 17 y 15.
53	87	52	49	5760,1357	3,6	0,62498528	1,20659316	0,75410296	BLOQUE	Perpendicular	
71	71	47	45	4248,80036	4,01	0,94379582	1,12673924	1,06341178	BLOQUE	Perpendicular	
42	69	45	42	3953,40879	3,78	0,95613689	1,10861854	1,05999108	BLOQUE	Perpendicular	
35	63	49,5	47	3970,59752	2,03	0,51125806	1,10970123	0,5673437	BLOQUE	Perpendicular	
48	76	57,5	53	5564,05681	6,51	1,17000962	1,19722726	1,40076742	BLOQUE	Perpendicular	
53	52	46	43,5	3045,58899	6,08	1,99632978	1,04541695	2,086997	BLOQUE	Perpendicular	
58	73	38	35	3531,9665	5,7	1,61383184	1,08085448	1,74431738	BLOQUE	Perpendicular	
42	52	40	37	2648,33825	5,23	1,97482327	1,01305384	2,00060228	BLOQUE	Perpendicular	
42	61	39	34	3029,03688	6,55	2,16240352	1,04413589	2,25784312	BLOQUE	Perpendicular	
49	40	38	36	1935,32411	3,33	1,72064203	0,9440241	1,62432754	BLOQUE	Paralelo	
50	47	46	44	2752,7439	3,46	1,25692768	1,02190566	1,28446151	BLOQUE	Paralelo	
49	44	42	40,5	2352,94668	2,41	1,0242476	0,98645259	1,0103717	BLOQUE	Paralelo	
40	41	35	33,5	1827,09875	1,04	0,56920843	0,93187992	0,5304339	BLOQUE	Paralelo	
36	45	44	42	2521,0143	4,1	1,62632953	1,00188516	1,62939542	BLOQUE	Paralelo	
31	38	40,5	38	1959,51566	1,57	0,8012184	0,9466664	0,75848654	BLOQUE	Paralelo	
47	41	28	27	1461,679	2,04	1,39565527	0,88624786	1,2368965	BLOQUE	Paralelo	
57	39	35	34	1737,97198	1,4	0,80553658	0,92145286	0,74226398	BLOQUE	Paralelo	
51	50	42,5	40,5	2705,63403	3,45	1,27511702	1,01794435	1,29799816	BLOQUE	Paralelo	
51	34	48,5	46,5	2099,57201	1,71	0,8144517	0,96148591	0,78308383	BLOQUE	Paralelo	

1,45802889

1,09223622

Muestra: I2M17											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
65	83	70	66,5	7397,52175	2,28	0,30821133	1,27646204	0,39342006	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 20 y 17.
71	66	43	40,5	3613,45383	5,79	1,60234509	1,08641577	1,74081298	BLOQUE	Perpendicular	
44	67	35,5	30,5	3028,40026	7,56	2,49636751	1,04408651	2,60642364	BLOQUE	Perpendicular	
38	58	25	23,5	1846,19734	3,71	2,00953599	0,9340628	1,87703281	BLOQUE	Perpendicular	
37	93	54,5	48,5	6453,41463	11,95	1,85173287	1,23784467	2,29215766	BLOQUE	Perpendicular	
66	71	46	37,5	4158,40035	7,99	1,92141192	1,12130024	2,15447965	BLOQUE	Perpendicular	
38	65	45	40	3724,22567	4,18	1,12238097	1,09382185	1,22768483	BLOQUE	Perpendicular	
66	91	51,5	45	5967,03713	10,97	1,83843334	1,21621181	2,23592433	BLOQUE	Perpendicular	
47	66	46,5	42,5	3907,57216	7,33	1,87584508	1,1057134	2,07414705	BLOQUE	Perpendicular	
41	75	46	36	4392,67643	5,52	1,25663706	1,13521356	1,42655144	BLOQUE	Perpendicular	
67	70	31,5	28,5	2807,4932	5,5	1,95904304	1,02644388	2,01084773	BLOQUE	Paralelo	
41	46	39	35	2284,19174	4,39	1,9219052	0,97989225	1,88326002	BLOQUE	Paralelo	
40	45	38,5	37	2205,88751	3,26	1,47786321	0,97223165	1,43682539	BLOQUE	Paralelo	
50	55	51	49,5	3571,43692	2,21	0,61879855	1,08356051	0,67050568	BLOQUE	Paralelo	
38	47	48	44,5	2872,42841	6,59	2,29422602	1,03173834	2,36704095	BLOQUE	Paralelo	
47	51	43	39	2792,21432	6,32	2,26343657	1,02518435	2,32043974	BLOQUE	Paralelo	
43	59	50,5	39	3793,61722	6,1	1,60796402	1,09837474	1,76614707	BLOQUE	Paralelo	
59	66	33	31	2773,11573	4,37	1,5758448	1,0236024	1,61303852	BLOQUE	Paralelo	

1,87859884

1,83842641

Muestra: l1M20											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
56	61	29	27	2252,36075	0,38	0,16871187	0,97680312	0,16479828	BLOQUE	Perpendicular	Limolita de color gris oscuro, ubicado estratigráficamente entre los mantos 25 y 20.
84	81	25,5	23	2629,87628	0,95	0,36123372	1,01146054	0,36537366	BLOQUE	Perpendicular	
48	57	23,5	22	1705,50437	0,75	0,43975261	0,91755137	0,40349561	BLOQUE	Perpendicular	
53	71	28	21,5	2531,20021	0,96	0,37926672	1,00279454	0,38032659	BLOQUE	Perpendicular	
43	62	23,5	22	1855,11002	0,95	0,51209901	0,93507549	0,47885123	BLOQUE	Perpendicular	
45	75	32	27,5	3055,77491	1,16	0,37960911	1,04620262	0,39714805	BLOQUE	Perpendicular	
43	41	26,5	25	1383,37477	0,6	0,43372195	0,87533635	0,37965259	BLOQUE	Perpendicular	
42	61	26	23,5	2019,35792	1,45	0,71805002	0,95309566	0,68437036	BLOQUE	Perpendicular	
53	76	33,5	28,5	3241,66788	0,96	0,29614385	1,06019662	0,31397071	BLOQUE	Perpendicular	
45	68	32,5	29	2813,85939	1,2	0,42646054	1,02696711	0,43796095	BLOQUE	Perpendicular	
42	32	33	31	1344,54096	0,22	0,16362462	0,86974643	0,14231193	BLOQUE	Paralelo	
41	29	24	16	886,174723	0,2	0,22568913	0,79187267	0,17871705	BLOQUE	Paralelo	
38	30	24,5	22	935,831065	0,24	0,25645654	0,80164655	0,2055875	BLOQUE	Paralelo	
36	32	35	33,5	1426,02829	0,43	0,30153679	0,88133766	0,26575573	BLOQUE	Paralelo	
43	31	33	29	1302,52405	0,42	0,32245086	0,86355558	0,27845424	BLOQUE	Paralelo	
25	30	31	28,5	1184,11278	0,52	0,43914736	0,84523396	0,37118226	BLOQUE	Paralelo	
28	26	32	30	1059,3353	0,57	0,53807326	0,82432035	0,44354474	BLOQUE	Paralelo	
37	38	40	38	1935,32411	0,29	0,1498457	0,9440241	0,14145795	BLOQUE	Paralelo	
41	27	38	30	1306,34377	0,84	0,64301604	0,86412472	0,55564606	BLOQUE	Paralelo	
40	2,2	40	38,5	112,04508	0,36	3,21299249	0,49725239	1,59766818	BLOQUE	Paralelo	

0,39459742

0,30514994

Muestra: l2M11											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
61	62	48,5	42	3828,63131	4,61	1,20408564	1,10064761	1,32527399	BLOQUE	Perpendicular	Limolita de color gris oscuro, ubicado estratigráficamente entre los mantos 15 y 11.
66	75	43	32	4106,19753	15,55	3,78695859	1,11811754	4,23426483	BLOQUE	Perpendicular	
39	64	46	32	3748,41722	10,33	2,75582983	1,09541651	3,01878149	BLOQUE	Perpendicular	
58	91	30	23	3475,94396	8,42	2,42236357	1,07697314	2,60882049	BLOQUE	Perpendicular	
41	43	28,5	24	1560,35506	4,57	2,92882057	0,89937077	2,63409562	BLOQUE	Perpendicular	
59	84	35,5	30	3796,80032	10,35	2,72597954	1,09858204	2,99471216	BLOQUE	Perpendicular	
48	79	34	29	3419,92142	6,91	2,02051426	1,073043	2,16809869	BLOQUE	Perpendicular	
47	61	44	35,5	3417,37494	9,23	2,70090352	1,07286318	2,89769993	BLOQUE	Perpendicular	
55	61	27	19	2097,02553	22,5	10,7294831	0,9612234	10,3134302	BLOQUE	Perpendicular	
44	53	39,5	33	2665,52699	8,17	3,06505995	1,01452953	3,10959382	BLOQUE	Perpendicular	
29	50	39	37	2482,81711	1,82	0,73303829	0,9984494	0,73190164	BLOQUE	Paralelo	
32	62	34	32	2683,98896	2,78	1,03577177	1,01610634	1,05245426	BLOQUE	Paralelo	
41	39	24	23	1191,75221	1,66	1,392907	0,84645786	1,17903707	BLOQUE	Paralelo	
35	43	36	33	1970,97482	5,23	2,6535093	0,9479092	2,51528589	BLOQUE	Paralelo	
34	40	36	34,5	1833,46494	3,54	1,93077049	0,9326095	1,8006549	BLOQUE	Paralelo	
38	51	26	24	1688,31564	3,21	1,90130325	0,91546252	1,74057186	BLOQUE	Paralelo	
59	82	38,5	34	4019,61724	7,36	1,83102011	1,1127691	2,03750259	BLOQUE	Paralelo	
36	44	37	33,5	2072,83398	4,21	2,03103579	0,95871719	1,94718893	BLOQUE	Paralelo	
24	31	31,5	28,5	1243,31842	1	0,80429919	0,85456388	0,68732504	BLOQUE	Paralelo	
37	29	37	37	1366,18603	1,55	1,13454534	0,87287733	0,99031891	BLOQUE	Paralelo	

2,95825838

1,27551446

Muestra: MANTO 25											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
70	55	33	31	2310,92977	0,44	0,19039955	0,98246145	0,18706022	BLOQUE	Perpendicular	Manto de carbón color negro.
75	58	29	28	2141,58891	0,53	0,2474798	0,96578204	0,23901155	BLOQUE	Perpendicular	
70	55	31	30	2170,87342	0,23	0,10594814	0,96873783	0,10263597	BLOQUE	Perpendicular	
65	45	30,5	30	1747,52128	0,26	0,14878217	0,9225896	0,13726488	BLOQUE	Perpendicular	
66	34	30	29	1298,70434	0,98	0,75459824	0,86298513	0,65120706	BLOQUE	Perpendicular	
45	45	27,5	26,5	1575,63394	0,43	0,27290603	0,90134478	0,24598242	BLOQUE	Perpendicular	
80	35	21,5	20	958,112757	0,76	0,79322605	0,80590201	0,63926247	BLOQUE	Perpendicular	
70	46	20	19	1171,38038	0,3	0,2561081	0,84318046	0,21594534	BLOQUE	Perpendicular	
50	30	30	27	1145,91559	0,94	0,82030475	0,83902102	0,68825292	BLOQUE	Perpendicular	
72	46	17	16	995,673324	0,2	0,2008691	0,812905	0,16328749	BLOQUE	Perpendicular	
50	37	33	29,5	1554,62548	0,46	0,2958912	0,89862666	0,26589572	BLOQUE	Paralela	
90	35	36	34,5	1604,28183	0,39	0,24309943	0,90500639	0,22000654	BLOQUE	Paralela	
83	38	28,5	27,5	1378,91843	0,31	0,22481388	0,87470111	0,19664495	BLOQUE	Paralela	
87	38	26	25	1257,96067	0,3	0,23848122	0,85681801	0,20433501	BLOQUE	Paralela	
87	34	28	27	1212,12405	0,37	0,30524929	0,84969212	0,25936791	BLOQUE	Paralela	
51	36	22,5	21	1031,32403	0,16	0,15514038	0,81936499	0,12711659	BLOQUE	Paralela	
53	35	20,5	28,5	913,549373	0,42	0,45974527	0,79731182	0,36656034	BLOQUE	Paralela	
41	29	20	19	738,478936	0,02	0,0270827	0,76004547	0,02058408	BLOQUE	Paralela	
70	36	34,5	33	1581,36351	0,77	0,48692157	0,9020812	0,43924279	BLOQUE	Paralela	
43	42	35	33	1871,66213	0,39	0,20837094	0,93694625	0,19523237	BLOQUE	Paralela	

0,30987768

0,22939493

Muestra: MANTO 20											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
81	50	40,5	38	2578,31008	1,71	0,66322512	1,00696391	0,66784376	BLOQUE	Perpendicular	Manto de carbón color negro.
39	50	39	36	2482,81711	0,82	0,33027	0,9984494	0,32975788	BLOQUE	Perpendicular	
77	84	65	60	6951,88791	2,22	0,31933771	1,2587417	0,4019637	BLOQUE	Perpendicular	
73	48	34,5	32	2108,48469	1,1	0,52170168	0,96240274	0,50208712	BLOQUE	Perpendicular	
70	43	35	33	1916,22551	0,7	0,36530147	0,94191993	0,34408474	BLOQUE	Perpendicular	
90	62	39,5	37	3118,16365	0,87	0,27901037	1,05097105	0,29323182	BLOQUE	Perpendicular	
92	58	41,5	39,5	3064,68758	0,81	0,264301	1,04688842	0,27669366	BLOQUE	Perpendicular	
81	50	35,5	34	2260,00019	1,13	0,49999996	0,97754758	0,48877375	BLOQUE	Perpendicular	
87	85	40	37	4329,01445	1,15	0,26564938	1,13149081	0,30057983	BLOQUE	Perpendicular	
70	47	41	39	2453,5326	0,88	0,35866652	0,99578748	0,35715563	BLOQUE	Perpendicular	
85	83	51	44	5389,62299	1,22	0,22636092	1,18867775	0,26907019	BLOQUE	Paralela	
77	72	41	39,5	3758,60314	0,57	0,15165208	1,09608555	0,16622366	BLOQUE	Paralela	
74	69	39	37	3426,28761	0,97	0,28310525	1,07349211	0,30391125	BLOQUE	Paralela	
92	69	54	51,5	4744,09054	0,42	0,08853119	1,15504237	0,10225728	BLOQUE	Paralela	
53	47	30,5	29	1825,18889	0,36	0,19723986	0,93166066	0,18376062	BLOQUE	Paralela	
61	48	32,5	30,5	1986,25369	0,45	0,22655716	0,94955759	0,21512907	BLOQUE	Paralela	
54	47	35,5	34	2124,40018	0,3	0,14121633	0,96403249	0,13613713	BLOQUE	Paralela	
62	45	24	22,5	1375,09871	0,4	0,29088821	0,87415535	0,25428148	BLOQUE	Paralela	
75	46	23	0,5	1347,08744	0,32	0,23754954	0,87011679	0,20669584	BLOQUE	Paralela	
87	41	39	36,5	2035,91003	0,39	0,19156053	0,95484786	0,18291116	BLOQUE	Paralela	

0,37720431

0,19071849

Muestra: MANTO 15											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
162	59	47	40,5	3530,69326	0,79	0,22375209	1,0807668	0,24182383	BLOQUE	Perpendicular	Manto de carbón color negro.
75	42	44	40	2352,94668	0,33	0,14024967	0,98645259	0,13834965	BLOQUE	Perpendicular	
83	45	49,5	44	2836,14109	0,35	0,12340712	1,02879125	0,12696016	BLOQUE	Perpendicular	
111	80	58	53	5907,83149	0,23	0,03893137	1,21348614	0,04724268	BLOQUE	Perpendicular	
156	90	54	50	6187,94419	2,71	0,43794836	1,22620035	0,53701243	BLOQUE	Perpendicular	
139	55	54,5	47	3816,53554	2,01	0,52665565	1,09986427	0,57924973	BLOQUE	Perpendicular	
155	49	50	45	3119,43688	1,31	0,41994759	1,05106759	0,4413933	BLOQUE	Perpendicular	
55	60	53,5	52	4087,09894	0,58	0,14190995	1,11694531	0,15850565	BLOQUE	Perpendicular	
57	42	35	34	1871,66213	0,38	0,2030281	0,93694625	0,19022641	BLOQUE	Perpendicular	
72	39	31,5	30	1564,17478	0,08	0,05114518	0,89986567	0,04602379	BLOQUE	Perpendicular	
105	64	37	34,5	3015,03124	0,99	0,32835481	1,04304767	0,34248972	BLOQUE	Paralela	
57	65	30	29	2482,81711	1,23	0,495405	0,9984494	0,49463682	BLOQUE	Paralela	
105	58	29	26,5	2141,58891	0,92	0,42958758	0,96578204	0,41488797	BLOQUE	Paralela	
132	47	29,5	27,5	1765,34663	1,22	0,69108241	0,9246987	0,639043	BLOQUE	Paralela	
114	56	36	38,5	2566,85092	1,05	0,40906154	1,00595521	0,41149759	BLOQUE	Paralela	
57	60	34	32	2597,40867	0,76	0,29259932	1,00863739	0,29512661	BLOQUE	Paralela	
72	44	20	19	1120,4508	0,28	0,24989942	0,8347893	0,20861336	BLOQUE	Paralela	
96	50	21	20	1336,90152	0,2	0,14959965	0,86863209	0,12994706	BLOQUE	Paralela	
66	40	24	17	1222,30996	0,52	0,42542401	0,85129347	0,36216068	BLOQUE	Paralela	
43	45	30	29	1718,87339	0,05	0,02908882	0,91916478	0,02673742	BLOQUE	Paralela	

0,23518927

0,33241997

MANEJO DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMI



ABCISA	MUESTRA	DISCONTINUIDADES											OBSERVACIONES
		ORIENTACIÓN (R/B)	DIP/DIRECCION	Tipo	Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración	JRC	
00+01	M25	N10W/72SW	72/260	JT	I	3	C	P	MS	N	1	3	
00+03	M25	N63E/30SE	30/153	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	3	
00+05	M25	N64W/79SW	79/206	JT	I	4	C	U	RO	N	1	19	
00+07	I1M20	N57E/26SE	26/147	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	5	
00+11	I1M20	N33W/89SW	89/227	JT	II	1	C	U	MS	N	1	5	
00+13	I1M20	N44E/26SE	26/134	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	3	
00+16	I2M20	N73W/81SW	81/197	JT	II	1	VC	P	MS	N	3	5	
00+19	I2M20	N44W/77SW	77/226	JT	II	1	VC	P	MS	N	1	5	
00+21	I2M20	N64E/19SE	19/154	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	5	
00+24	I2M20	N73E/29SE	29/163	BD	V	1	VC	P	MS	N	2	5	
00+26	I2M20	N4E/77NW	77/274	JT	II	1	C	P	MS	N	1	5	
00+29	I3M20	N52E/23SE	23/142	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	5	
00+31	I4M20	N80W/73NE	73/10	JT	II	1	C	P	MS	N	1	5	
00+33	I4M20	N5E/71NW	71/275	JT	II	3	C	U	MR	N	1	9	
00+36	I4M20	N11W/73SW	73/269	JT	II	4	C	U	MR	N	1	9	
00+39	I4M20	N45E/55NW	55/315	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+43	I4M20	N82E/19SE	19/172	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	5	
00+47	I4M20	N5E/86NW	86/275	JT	I	4	C	P	MS	N	1	3	
00+50	I4M20	N67W/88SW	88/203	JT	II	2	C	P	MS	N	2	5	
00+53	I4M20	N5E/72NW	72/275	JT	II	2	C	P	MS	N	2	5	
00+57	I4M20	N32W/89SW	89/238	JT	I	3	C	P	MR	N	2	7	
00+60	I5M20	N83W/62NE	62/7	JT	II	7	PO	U	MS	N	1	5	
00+63	I5M20	N26E/84NW	84/296	JT	I	2	PO	U	MS	N	2	5	
00+66	I5M20	N22W/86SW	86/248	JT	II	4	PO	P	MS	N	2	5	
00+68	M20	N57E/17SE	17/147	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	9	
00+70	M20	N3W/72SW	72/267	JT	I	2	C	P	MR	N	1	9	
00+72	M20	N55E/77NW	77/325	JT	I	2	C	U	MR	N	1	11	
00+74	M20	N20E/76NW	78/290	JT	I	2	C	P	MS	N	1	3	
00+77	I1M17	N39E/54NW	54/309	JT	I	2	C	P	MS	N	3	5	
00+80	I1M17	N59E/79NW	79/229	JT	I	3	C	P	MS	N	4	5	
00+83	I1M17	N55E/79NW	79/225	JT	I	4	C	P	MR	N	2	9	
00+86	I2M17	N48W/84SW	84/222	JT	II	2	C	U	MR	N	1	11	
00+89	I2M17	N55W/85SW	85/215	JT	II	1	C	P	MR	N	1	9	
00+91	I2M17	N55E/19SE	19/145	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+93	I2M17	N42E/66NW	66/312	JT	I	2	C	P	MR	N	2	7	
00+96	I2M17	N22E/57NW	57/292	JT	II	2	C	P	MR	N	1	7	
00+98	I3M17	N45E/70NW	70/315	JT	I	2	C	P	MR	N	2	7	
00+100	I3M17	N20E/65NW	65/290	JT	II	2	C	P	MR	N	1	7	
00+103	I3M17	N57W/87SW	87/213	JT	I	2	C	P	MR	N	1	7	
00+106	I3M17	N51E/16SE	16/141	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+110	I3M17	N22E/55NW	55/292	JT	I	3	C	P	MS	N	2	5	
00+111	M17	N57E/16SE	16/147	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+112	M17	N13W/68SW	68/257	JT	II	2	C	P	MR	N	1	9	
00+115	I1M15	N10W/75SW	75/260	JT	II	2	C	U	MR	N	1	11	
00+117	I1M15	N62E/19SE	19/152	BD	V	1	VC	U	MS	N	1	5	
00+120	I1M15	N8W/77SW	77/262	JT	II	3	C	U	MR	N	1	11	
00+122	I1M15	N61W/82SW	82/209	JT	I	3	C	U	MR	N	1	9	
00+124	I1M15	N8E/60NW	60/278	JT	II	2	C	P	MR	N	1	9	
00+126	I2M15	N62W/88SW	88/202	JT	II	1	C	P	MR	N	1	9	
00+128	I3M15	N32E/74NW	74/302	JT	III	1	C	U	MS	N	1	5	
00+130	I3M15	N32W/75SW	75/228	JT	II	1	C	P	MR	N	1	11	
00+132	I4M15	N28E/68NW	68/298	JT	III	1	C	U	MS	N	1	5	
00+135	M15	N15W/76SW	76/255	JT	III	2	C	P	MR	N	1	7	
00+137	M15	N73E/76NW	76/343	JT	I	2	C	P	MR	N	2	11	
00+140	M15	N12W/79SW	79/258	JT	II	2	C	P	MR	N	4	7	
00+160	I1M11	N19E/70NW	70/289	JT	IV	1	C	U	MR	N	1	11	
00+163	I1M11	N72W/83NE	83/18	JT	I	2	C	U	MR	N	1	9	
00+165	I1M11	N55E/19SE	19/145	BD	V	1	VC	U	MR	N	1	9	
00+167	I2M11	N44E/46NW	46/314	JT	II	2	C	U	MS	N	1	3	
00+172	I2M11	N16E/77NW	77/286	JT	II	1	C	U	MS	N	1	3	
00+207	I3M11	N21W/62SW	62/249	JT	II	3	C	P	MS	N	1	5	
00+208	I3M11	N45E/75NW	75/315	JT	IV	2	C	P	MS	N	1	5	
00+209	I4M11	N25W/70SW	70/245	JT	I	2	C	P	MR	N	2	9	
00+209,5	I4M11	N44E/69NW	69/314	JT	I	2	C	P	MR	N	2	7	
00+210	I5M11	N20W/76SW	76/250	JT	I	2	C	P	MS	N	3	3	
00+211	I5M11	N17E/74NW	74/287	JT	I	3	C	P	MS	N	3	3	
00+212	M11	N57E/20SE	20/147	BD	V	1	VC	U	MR	N	1	9	

MANEJO DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO (I)



ABCISA	MUESTRA	LITOLÓGIA							% RQD	Grado de meteorización	Resistencia de roca
		Tipo de roca	Tamaño de grano	Color	Estructuras sedimentarias	Laminación	Espesor	Disposición de estratificación			
00+5,5	M25	CO	F	K	LA	PARALELA	2	PLANOPARALELA	85	SW	R2
00+13,7	I1M20	ST	SI	G	LA	PARALELA	3,2	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+27,1	I2M20	SD	F	G	LA	PARALELA	5,4	PLANOPARALELA	49	SW	R3
00+30,5	I3M20	CS	CY	G	LA	PARALELA	1,4	PLANOPARALELA	46	MW HW	R2
00+59,8	I4M20	SD	M	G	LA	PARALELA ONDULOSA	10,2	PLANOPARALELA	52	SW	R5
00+66,8	I5M20	CS	CY	G	LA	PARALELA	2,1	PLANOPARALELA	52	HW	R1
00+74,6	M20	CO	F	K	LA	PARALELA	2,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R3
00+84,2	I1M17	ST	SI	G	LA	PARALELA	2,8	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+96,5	I2M17	SD	F	G	LA	PARALELA	3,5	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R5
00+110,9	I3M17	SD	O	G	LA	PARALELA CRUZADA	4,3	PLANOPARALELA	85	SW	R2
00+112,2	M17	CO	F	K	LA	PARALELA	0,5	PLANOPARALELA	72	SW	R2
00+120,7	I1M15	ST	SI	G	LA	PARALELA	3,7	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW HW	R0 R1
00+126,7	I2M15	SD	M	R	LA	PARALELA CRUZADA	2,4	PLANOPARALELA	85	SW	R3
00+130,9	I3M15	CS	CY	G	LA	PARALELA	1,5	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+132,2	I4M15	SD	F	G	LA	PARALELA	0,5	PLANOPARALELA	75	SW MW	R2
00+147,2	M15	CO	F	K	LA	PARALELA	5,1	PLANOPARALELA	82	SW MW	R2
00+175,2	I1M11	SD	F	G	LA	PARALELA	3,5	PLANOPARALELA	79	MW	R2
00+213,2	I2M11	ST	SI	G		ONDULOSA	3,2	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+213,2	I3M11	SD	F	G	LA	PARALELA	2,2	PLANOPARALELA	98	SW	R2
00+213,2	I4M11	ST	SI	G		ONDULOSA	1,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+213,2	I5M11	SD	F	G	LA	PARALELA	1,6	PLANOPARALELA	92	SW	R2
00+213,2	M11	CO	F	K	LA	PARALELA	1,2	PLANOPARALELA	56	SW	R2

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS ROCAS CON EL MARTILLO DE SCHMIDT



ABCISA	MUESTRA	ROCA	ρ_c	FECHA	ORIENTACIÓN	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R	cc
00+5,5	M25	CO	12,55	12/08/2009		29	22	30	26	32	30	28	29	31	27	30,4	20,9675728
00+13,7	I1M20	CS	23,05	12/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+27,1	I2M20	SD	25,2869565	12/08/2009		19	26	24	25	25	26	24	19	23	23	25,2	36,2475152
00+30,5	I3M20	CS	23,05	12/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+59,8	I4M20	SD	25,2869565	12/08/2009		40	37	42	41	39	38	37	42	38	38	40,8	80,4448236
00+66,8	I5M20	CS	23,05	18/08/2009		VALORES MENORES A 1											
00+74,6	M20	CO	12,55	18/08/2009		28	30	30	36	36	35	38	33	34	26	35,8	23,9147182
00+84,2	I1M17	ST	25,4	18/08/2009		28	29	30	33	38	37	35	35	30	28	35,6	53,7492167
00+96,5	I2M17	SD	25,2869565	18/08/2009		21	23	24	25	23	23	20	17	15	19	23,6	33,4016954
00+110,9	I3M17	SD	25,2869565	19/08/2009		39	41	38	40	35	37	37	37	37	30	39	73,3752608
00+112,2	M17	CO	12,55	19/08/2009		20	20	19	18	18	17	18	15	13	15	19	15,8842824
00+120,7	I1M15	ST	25,4	19/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+126,7	I2M15	SD	25,2869565	19/08/2009		34	28	40	38	42	46	40	34	35	37	41,2	69,3448977
00+130,9	I3M15	CS	23,05	19/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+132,2	I4M15	SD	25,2869565	19/08/2009		20	17	19	15	19	14	15	19	19	17	19,2	26,6757571
00+147,2	M15	CO	12,55	19/08/2009		28	26	26	19	18	14	16	16	20	26	25,2	18,4733858
00+175,2	I1M11	SD	25,2869565	25/08/2009		28	30	29	30	33	31	29	29	26	28	30,6	47,7665173
00+213,2	I2M11	ST	25,4	25/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+213,2	I3M11	SD	25,2869565	25/08/2009		41	40	37	36	37	39	40	39	39	40	40	77,22239
00+213,2	I4M11	ST	25,4	25/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+213,2	I5M11	SD	25,2869565	25/08/2009		50	49	38	40	41						43,6	92,8196935
00+213,2	M11	CO	12,55	25/08/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											

Muestra: I3M40											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
73	81	43,5	41	4486,25954	6,84	1,52465544	1,14061082	1,73903849	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano medio color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 40 y 35.
45	75	46	32,5	4392,67643	8,31	1,89178514	1,13521356	2,14758015	BLOQUE	Perpendicular	
62	79	39,5	38	3973,144	2,21	0,55623456	1,10986132	0,61734322	BLOQUE	Perpendicular	
50	57	40	35	2902,98616	9,43	3,24837925	1,03419781	3,35946671	BLOQUE	Perpendicular	
55	72	46	29,5	4216,96937	7,47	1,77141434	1,12483442	1,99254782	BLOQUE	Perpendicular	
54	62	50	31	3947,04259	8,41	2,13070921	1,10821661	2,36128734	BLOQUE	Perpendicular	
36	52	40,5	31,5	2681,44248	5,6	2,08842816	1,01588935	2,12161193	BLOQUE	Perpendicular	
51	79	31	24,5	3118,16365	1,68	0,53877865	1,05097105	0,56624076	BLOQUE	Perpendicular	
41	49	34	31,5	2121,21708	4,59	2,16385208	0,9637073	2,08532005	BLOQUE	Perpendicular	
52	53	47,5	38,5	3205,38055	5,68	1,77202048	1,05751469	1,87393769	BLOQUE	Perpendicular	
36	32	34	33	1385,28462	2,55	1,84077695	0,87560811	1,61179923	BLOQUE	Paralelo	
41	38	41,5	38,5	2007,89876	1,86	0,92634152	0,95187606	0,88176232	BLOQUE	Paralelo	
29	32	38	36,5	1548,25929	1,88	1,2142669	0,89779737	1,09016563	BLOQUE	Paralelo	
20	35	25,5	25,5	1136,36629	1,03	0,90639788	0,83744275	0,75905633	BLOQUE	Paralelo	
26	36	28,5	27,5	1306,34377	1,29	0,98748892	0,86412472	0,85331359	BLOQUE	Paralelo	
33	48	41	38	2505,73542	4,99	1,99143132	1,00051573	1,99245836	BLOQUE	Paralelo	
23	41	32	30	1670,49028	1,71	1,02365157	0,91327882	0,9348793	BLOQUE	Paralelo	
40	39	41	39	2035,91003	2,74	1,3458355	0,95484786	1,28506815	BLOQUE	Paralelo	
28	40	32	31	1629,74662	0,93	0,57064085	0,90821886	0,51826679	BLOQUE	Paralelo	
33	42	36	35	1925,13819	0,17	0,08830535	0,94290389	0,08326346	BLOQUE	Paralelo	

1,86733334

0,91358196

Muestra: I10M25											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
51	69	42	27	3689,8482	10,47	2,8375151	1,0915419	3,09726662	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 28 y 25.
44	53	51	47	3441,56649	2,09	0,6072816	1,07456734	0,65256497	BLOQUE	Perpendicular	
37	62	38	36	2999,75237	2,18	0,72672665	1,04185604	0,75714455	BLOQUE	Perpendicular	
50	77	22	25,5	2156,86779	3,84	1,78035947	0,96732807	1,7221917	BLOQUE	Perpendicular	
52	51	47	43	3051,95519	10,73	3,51577901	1,04590823	3,67718222	BLOQUE	Perpendicular	
48	80	38	29	3870,64822	4,78	1,23493527	1,10335389	1,36257064	BLOQUE	Perpendicular	
25	38	47,5	38	2298,19738	8,42	3,66374102	0,98124091	3,59501257	BLOQUE	Perpendicular	
48	82	32	31	3340,98057	3,47	1,03861724	1,06741951	1,1086403	BLOQUE	Perpendicular	
35	60	38	33,5	2902,98616	4,69	1,6155778	1,03419781	1,67082703	BLOQUE	Perpendicular	
65	63	28,5	21,5	2286,1016	2,94	1,28603208	0,98007654	1,26040987	BLOQUE	Perpendicular	
43	46	36,5	35	2137,7692	3,31	1,54834301	0,96539419	1,49476135	BLOQUE	Paralelo	
39	49	52	50	3244,21436	4,13	1,27303548	1,06038395	1,34990639	BLOQUE	Paralelo	
39	48	44	42	2689,08192	3,01	1,11934113	1,01653984	1,13785486	BLOQUE	Paralelo	
39	38	46,5	44,5	2249,81428	3,95	1,75570048	0,97655453	1,71453725	BLOQUE	Paralelo	
38	37	33,5	32	1578,18042	1,83	1,15956324	0,90167233	1,04554609	BLOQUE	Paralelo	
46	31	32	31	1263,05363	0,62	0,49087385	0,85759729	0,42097209	BLOQUE	Paralelo	
36	38	27,5	25,5	1330,53532	0,62	0,46597786	0,86769969	0,40432884	BLOQUE	Paralelo	
46	40	20,5	19,5	1044,05643	1,47	1,40796988	0,8216302	1,15683057	BLOQUE	Paralelo	

1,82175791

1,10097856

Muestra: I1M40											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
37	61	51,5	47	3999,88203	4,54	1,13503348	1,11153749	1,26163226	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 40 y 45.
59	89	49	36,5	5552,59765	18,73	3,37319596	1,19667204	4,0366093	BLOQUE	Perpendicular	
71	76	49,5	37	4789,92717	13,21	2,75787074	1,15754399	3,19235669	BLOQUE	Perpendicular	
34	67	41	31	3497,58903	11,23	3,21078317	1,07847845	3,46276047	BLOQUE	Perpendicular	
44	66	38,5	35,5	3235,30168	7,39	2,28417648	1,05972779	2,4206053	BLOQUE	Perpendicular	
64	74	42	33	3957,22851	5,89	1,48841544	1,10885945	1,65044352	BLOQUE	Perpendicular	
45	86	35,5	28,5	3887,20033	6,28	1,61555862	1,10441375	1,78424516	BLOQUE	Perpendicular	
79	61	31	20	2407,69598	5,67	2,35494849	0,99157112	2,3350989	BLOQUE	Perpendicular	
34	60	40	35,5	3055,77491	5,93	1,94058796	1,04620262	2,03024821	BLOQUE	Perpendicular	
35	60	38,5	34	2941,18335	9,25	3,14499265	1,03724409	3,26212504	BLOQUE	Perpendicular	
50	52	38,5	36,5	2549,02557	4,72	1,85168798	1,00437916	1,85979681	BLOQUE	Paralelo	
50	47	47,5	44	2842,50728	3,6	1,26648752	1,02931039	1,30360876	BLOQUE	Paralelo	
37	37	40	35	1884,39453	3,79	2,01125611	0,93837658	1,88731563	BLOQUE	Paralelo	
65	73	42	40	3903,75244	3,25	0,8325323	1,10547012	0,92033958	BLOQUE	Paralelo	
41	40	47	43	2393,69034	1,03	0,43029793	0,99027038	0,4261113	BLOQUE	Paralelo	
40	36	39,5	38,5	1810,54663	1,34	0,74010797	0,92997374	0,68828098	BLOQUE	Paralelo	
33	33	36,5	35	1533,61703	1,47	0,95851831	0,89587993	0,85871731	BLOQUE	Paralelo	
41	38	35	34	1693,40859	2,37	1,3995441	0,91608315	1,28209876	BLOQUE	Paralelo	
41	28	38,5	37,5	1372,55223	3,16	2,30228033	0,87379086	2,0117115	BLOQUE	Paralelo	
27	34	31	30	1341,99448	1,37	1,02086858	0,86937553	0,88751816	BLOQUE	Paralelo	

2,51723541

1,2109595

Muestra: I16M25											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
76	53	36	30	2429,34105	1,84	0,75740703	0,99356986	0,7525368	BLOQUE	Perpendicular	Limolita carbonosa de color gris oscuro, ubicado estratigráficamente entre los mantos 27 y 25.
39	50	44,5	23,5	2832,95799	1,66	0,58595998	1,02853134	0,6026782	BLOQUE	Perpendicular	
91	46	45	25	2635,60586	1,79	0,67916073	1,01195594	0,68728073	BLOQUE	Perpendicular	
59	46	39	20	2284,19174	1,18	0,51659411	0,97989225	0,50620657	BLOQUE	Perpendicular	
39	49	22,5	19,5	1403,7466	1,32	0,94034066	0,87822028	0,82582623	BLOQUE	Perpendicular	
86	75	34,5	16	3294,50732	2,09	0,63438924	1,06406058	0,67502859	BLOQUE	Perpendicular	
52	78	32	11	3178,0059	0,75	0,23599704	1,05547586	0,24908918	BLOQUE	Perpendicular	
43	40	23	22	1171,38038	0,37	0,31586665	0,84318046	0,26633259	BLOQUE	Perpendicular	
33	38	26,5	12,5	1282,15222	0,78	0,6083521	0,86049808	0,52348582	BLOQUE	Perpendicular	
57	84	39	19	4171,13275	1,89	0,45311433	1,12207181	0,50842681	BLOQUE	Perpendicular	
85	78	42,5	45	4220,78909	0,59	0,13978429	1,12506359	0,15726621	BLOQUE	Paralelo	
30	41	37	35,5	1931,50439	0,3	0,15531935	0,94360456	0,14656004	BLOQUE	Paralelo	
44	39	37	35,5	1837,28466	0,58	0,31568325	0,93304631	0,29454709	BLOQUE	Paralelo	
25	26	30	23,5	993,126845	0,28	0,2819378	0,81243675	0,22905663	BLOQUE	Paralelo	
25	25	30	27,5	954,929659	0,3	0,31415927	0,80529881	0,25299208	BLOQUE	Paralelo	
37	31	32,5	30	1282,78884	0,61	0,47552643	0,86059419	0,40923529	BLOQUE	Paralelo	
27	26	32	30,5	1059,3353	0,1	0,09439882	0,82432035	0,07781487	BLOQUE	Paralelo	
28	27	36	26	1237,58884	0,68	0,54945551	0,85367622	0,4690571	BLOQUE	Paralelo	
37	30	34	33	1298,70434	0,06	0,04619989	0,86298513	0,03986982	BLOQUE	Paralelo	
37	29	41,5	37,5	1532,34379	0,4	0,26103803	0,89571252	0,23381503	BLOQUE	Paralelo	

0,56524701

0,22516091

Muestra: I11M25											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
62	95	39	37	4717,35251	2,34	0,49604095	1,15357443	0,57222015	BLOQUE	Perpendicular	Limolita de color gris oscuro, ubicado estratigráficamente entre los mantos 27 y 25.
50	75	38	36	3628,7327	2,15	0,59249335	1,08744767	0,64430552	BLOQUE	Perpendicular	
57	83	38	24	4015,79752	3,53	0,87902838	1,11253109	0,9779464	BLOQUE	Perpendicular	
45	45	38	31,5	2177,23962	2,29	1,05179052	0,9693763	1,01958081	BLOQUE	Perpendicular	
50	66	23,5	21	1974,79453	2,53	1,28114594	0,94832223	1,21493917	BLOQUE	Perpendicular	
45	45	31,5	27,5	1804,81705	3,13	1,7342478	0,92931076	1,61165514	BLOQUE	Perpendicular	
57	68	22,5	22	1948,0565	0,64	0,32853257	0,94541796	0,31060059	BLOQUE	Perpendicular	
39	54	23	22	1581,36351	0,23	0,1454441	0,9020812	0,13120239	BLOQUE	Perpendicular	
28	50	28,5	26	1814,36635	2,08	1,14640574	0,93041482	1,06663289	BLOQUE	Perpendicular	
37	55	22	20	1540,61985	1,77	1,14888822	0,89679873	1,0303215	BLOQUE	Perpendicular	
52	32	35	28	1426,02829	1,61	1,12900986	0,88133766	0,99503891	BLOQUE	Paralelo	
26	30	25	24	954,929659	0,05	0,05235988	0,80529881	0,04216535	BLOQUE	Paralelo	
30	55	37	31,5	2591,04247	2,33	0,89925195	1,00808062	0,90651847	BLOQUE	Paralelo	
26	47	28,5	25	1705,50437	1,21	0,70946755	0,91755137	0,65097292	BLOQUE	Paralelo	
39	31	28	26,5	1105,17192	0,32	0,28954771	0,83221437	0,24096577	BLOQUE	Paralelo	
28	33	25	24	1050,42262	0,56	0,53311875	0,82275478	0,438626	BLOQUE	Paralelo	
57	45	45,5	35	2606,95797	4,21	1,61490904	1,00947055	1,63020313	BLOQUE	Paralelo	
34	40	39	38	1986,25369	1,27	0,63939466	0,94955759	0,60714205	BLOQUE	Paralelo	
32	37	38	31	1790,1748	1,49	0,83232096	0,92760904	0,77206844	BLOQUE	Paralelo	

0,85456838

0,65876179

Muestra: I9M40											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
49	65	45	41	3724,22567	3,52	0,94516292	1,09382185	1,03383985	BLOQUE	Perpendicular	Limolita de color gris oscuro, ubicado estratigráficamente entre los mantos 40 y 45.
60	77	45	40	4411,77502	6,5	1,47332989	1,13632223	1,67417751	BLOQUE	Perpendicular	
39	50	45	31,5	2864,78898	9,33	3,25678438	1,03112031	3,35813652	BLOQUE	Perpendicular	
87	93	47	43,5	5565,33005	5,15	0,92537189	1,1972889	1,1079375	BLOQUE	Perpendicular	
47	72	46	35	4216,96937	8,12	1,92555347	1,12483442	2,16592882	BLOQUE	Perpendicular	
46	55	46	45,5	3221,29605	6,9	2,14199499	1,05869385	2,26771693	BLOQUE	Perpendicular	
44	52	45,5	35,5	3012,48476	7,61	2,52615386	1,04284939	2,63439801	BLOQUE	Perpendicular	
48	82	48,5	37	5063,67367	10,17	2,00842326	1,17210976	2,35409251	BLOQUE	Perpendicular	
44	65	44	27	3641,4651	7,89	2,16671032	1,08830502	2,35804171	BLOQUE	Perpendicular	
41	54	41	38	2818,95235	6,61	2,34484276	1,02738504	2,40905637	BLOQUE	Perpendicular	
53	58	45	43	3323,15521	5,36	1,61292496	1,06613546	1,7195965	BLOQUE	Paralelo	
34	48	34	31,5	2077,92694	4,17	2,00680781	0,95924669	1,92502375	BLOQUE	Paralelo	
50	49	31,5	30	1965,24524	0,29	0,14756428	0,94728851	0,13978595	BLOQUE	Paralelo	
38	48	30	28	1833,46494	3,25	1,77260002	0,9326095	1,65314362	BLOQUE	Paralelo	
52	49	34	32,5	2121,21708	0,39	0,18385671	0,9637073	0,17718406	BLOQUE	Paralelo	
25	45	34,5	32,5	1976,70439	2,16	1,09272788	0,9485285	1,03648354	BLOQUE	Paralelo	
31	42	26,5	25	1417,11561	1,3	0,91735635	0,88009527	0,80736098	BLOQUE	Paralelo	
42	47	24	20	1436,21421	4,53	3,1541256	0,88275019	2,78430499	BLOQUE	Paralelo	

2,12141867

1,21979874

Muestra: MANTO 45												
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN	
80	98	55	43,5	6862,76115	7,49	1,09139745	1,25509254	1,36980479	BLOQUE	Perpendicular	Manto de carbón color negro.	
75	100	45	41	5729,57795	3,13	0,54628806	1,20514996	0,65835903	BLOQUE	Perpendicular		
65	48	40	35	2444,61993	5,55	2,27029157	0,99497244	2,25887754	BLOQUE	Perpendicular		
70	70	47	39,5	4188,9581	4,87	1,16258026	1,12314894	1,30575079	BLOQUE	Perpendicular		
68	75	40	32,5	3819,71863	4,72	1,23569311	1,1000706	1,35934966	BLOQUE	Perpendicular		
47	70	22	20	1960,7889	2,33	1,18829722	0,94680477	1,12508548	BLOQUE	Perpendicular		
48	38	21,5	19,5	1040,23671	2	1,92263932	0,82095289	1,57839631	BLOQUE	Perpendicular		1,34767741
50	41	24	23	1252,86771	1,03	0,82211393	0,85603628	0,70375935	BLOQUE	Paralela		
44	43	19	17,5	1040,23671	1,18	1,1343572	0,82095289	0,93125383	BLOQUE	Paralela		
75	78	30	28	2979,38053	2,89	0,9700003	1,04025986	1,00905238	BLOQUE	Paralela		
58	55	25	23	1750,70437	1,92	1,09670144	0,92296744	1,01221972	BLOQUE	Paralela		
84	80	37	31,5	3768,78905	3,15	0,83581223	1,0967532	0,91667974	BLOQUE	Paralela		
80	75	40	34	3819,71863	3,9	1,02101761	1,1000706	1,12319145	BLOQUE	Paralela		
85	45	45	43	2578,31008	3,48	1,34972129	1,00696391	1,35912063	BLOQUE	Paralela		
66	75	31	29,5	2960,28194	3,6	1,21610038	1,03875575	1,26323126	BLOQUE	Paralela		
85	70	46	44	4099,83133	2,85	0,69515055	1,11772727	0,77698872	BLOQUE	Paralela		
72	72	34	30	3116,89041	4,45	1,42770499	1,05087447	1,50033873	BLOQUE	Paralela		1,04896722

Muestra: MANTO 40												
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN	
45	45	28,5	27	1632,92972	1,12	0,68588378	0,90861768	0,62320613	BLOQUE	Perpendicular	Manto de carbón color negro.	
60	42	36	35,5	1925,13819	1,22	0,63372074	0,94290389	0,59753775	BLOQUE	Perpendicular		
85	63	55	51,5	4411,77502	1,6	0,36266582	1,13632223	0,41210523	BLOQUE	Perpendicular		
65	42	40,5	49,5	2165,78047	2,46	1,1358492	0,96822601	1,09975874	BLOQUE	Perpendicular		
75	42	39,5	37,5	2112,3044	2,23	1,05571905	0,96279475	1,01644075	BLOQUE	Perpendicular		
60	40	36	29,5	1833,46494	1,71	0,93266032	0,9326095	0,86980787	BLOQUE	Perpendicular		
60	55	34,5	33,5	2415,97204	0,11	0,04553033	0,99233698	0,04518143	BLOQUE	Perpendicular		
50	42	28,5	27,5	1524,06774	0,37	0,24277136	0,89462176	0,21718854	BLOQUE	Perpendicular		
45	54	27	25	1856,38326	0,97	0,52252141	0,93521985	0,4886724	BLOQUE	Perpendicular		
58	80	40,5	39	4125,29612	1,09	0,26422346	1,11928556	0,2957415	BLOQUE	Perpendicular		0,56508752
65	68	40,5	39	3506,50171	1,02	0,29088821	1,07909619	0,31389636	BLOQUE	Paralela		
52	55	38	37	2661,07065	0,65	0,24426259	1,01414765	0,24771833	BLOQUE	Paralela		
56	46	24,5	23,5	1434,94097	0,73	0,50873173	0,88257405	0,44899342	BLOQUE	Paralela		
53	57	25	24	1814,36635	0,15	0,08267349	0,93041482	0,07692064	BLOQUE	Paralela		
57	37	29	27	1366,18603	0,99	0,72464509	0,87287733	0,63252627	BLOQUE	Paralela		
86	42	24,5	24	1310,16349	0,16	0,12212216	0,86469258	0,10559813	BLOQUE	Paralela		
72	85	59,5	57,5	6439,409	1,6	0,24847001	1,23723971	0,30741696	BLOQUE	Paralela		
63	70	30	27	2673,80304	0,43	0,16081962	1,01523742	0,1632701	BLOQUE	Paralela		
55	38	37	36	1790,1748	0,07	0,03910233	0,92760904	0,03627167	BLOQUE	Paralela		
65	44	38	34,5	2128,85652	1,23	0,57777496	0,96448713	0,55725652	BLOQUE	Paralela		0,28704253

Muestra: MANTO 35											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(so)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
70	65	39	37	3227,66225	0,78	0,24166097	1,05916426	0,25595867	BLOQUE	Perpendicular	Manto de carbón color negro.
63	75	39	59,5	3724,22567	0,64	0,1718478	1,09382185	0,18797088	BLOQUE	Perpendicular	
105	65	47	45	3889,74681	0,46	0,11825963	1,1045765	0,1306268	BLOQUE	Perpendicular	
70	50	55	58,5	3501,40875	0,66	0,18849556	1,07874335	0,20333833	BLOQUE	Perpendicular	
50	65	67,5	66,5	5586,3385	0,4	0,07160325	1,19830433	0,08580249	BLOQUE	Perpendicular	
62	53	22,5	31	1518,33816	0,48	0,31613511	0,89386393	0,28258177	BLOQUE	Perpendicular	
55	45	22	20,5	1260,50715	0,03	0,02379994	0,85720796	0,0204015	BLOQUE	Perpendicular	
55	50	20,5	29	1305,07053	0,31	0,23753505	0,86393515	0,20521488	BLOQUE	Perpendicular	
53	43	22,5	20,5	1231,85926	0,09	0,07306029	0,85278538	0,06230475	BLOQUE	Perpendicular	
48	45	23,5	22	1346,45082	0,44	0,32678505	0,87002425	0,28431092	BLOQUE	Perpendicular	
59	56	32	30	2281,64526	0,29	0,12710127	0,97964635	0,12451429	BLOQUE	Paralela	
62	44	364	33	20392,2045	0,36	0,0176538	1,60358852	0,02830944	BLOQUE	Paralela	
75	44	32	30	1792,72128	0,64	0,35699917	0,92790576	0,33126158	BLOQUE	Paralela	
50	55	34	32,5	2380,95795	0,09	0,03779991	0,98908277	0,03738724	BLOQUE	Paralela	
73	50	51	49	3246,76084	0,03	0,00923998	1,06057117	0,00979965	BLOQUE	Paralela	
57	34	31	29,5	1341,99448	0,05	0,03725798	0,86937553	0,03239117	BLOQUE	Paralela	
50	65	33,5	28,5	2772,47911	0,3	0,10820641	1,02354953	0,11075462	BLOQUE	Paralela	
60	47	40	38,5	2393,69034	0,1	0,0417765	0,99027038	0,04137003	BLOQUE	Paralela	
51	50	41	37	2610,14107	0,36	0,13792358	1,00974775	0,13926802	BLOQUE	Paralela	
86	43	42,5	41,5	2326,84527	0,43	0,18479957	0,98397981	0,18183904	BLOQUE	Paralela	

0,17672482

0,08697923

Muestra: MANTO 30											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(so)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
77	47	43	41	2573,21712	1,03	0,40027714	1,00651603	0,40288536	BLOQUE	Perpendicular	Manto de carbón color negro.
78	42	30	28,5	1604,28183	0,21	0,13089969	0,90500639	0,11846506	BLOQUE	Perpendicular	
55	68	62	60,5	5367,97792	0,15	0,02794348	1,18760197	0,03318574	BLOQUE	Perpendicular	
56	45	32	29	1833,46494	0,27	0,14726216	0,9326095	0,13733809	BLOQUE	Perpendicular	
92	92	75,5	78,5	8843,92188	0,96	0,10854913	1,32879688	0,14423974	BLOQUE	Perpendicular	
51	45	44	42,5	2521,0143	0,34	0,13486635	1,00188516	0,1351206	BLOQUE	Perpendicular	
40	43	34,5	23,5	1888,85086	0,08	0,04235379	0,93887543	0,03976494	BLOQUE	Perpendicular	
55	45	26	23	1489,69027	0,2	0,1342561	0,89004117	0,11949345	BLOQUE	Perpendicular	
48	65	29	18,5	2400,05654	0,58	0,24166097	0,99086236	0,23945276	BLOQUE	Perpendicular	
58	55	38,5	37	2696,08474	0,51	0,18916319	1,01713487	0,19240448	BLOQUE	Perpendicular	
66	75	27,5	25,5	2626,05656	0,61	0,23228746	1,01112981	0,23487277	BLOQUE	Paralela	
51	70	31	30	2762,92981	0,19	0,06876758	1,02275524	0,0703324	BLOQUE	Paralela	
80	55	51,5	50	3606,45101	0,45	0,12477641	1,08594169	0,1354999	BLOQUE	Paralela	
50	65	35	33,5	2896,61996	0,42	0,14499658	1,03368708	0,1498811	BLOQUE	Paralela	
60	80	43	41	4379,94403	0,5	0,11415671	1,13447237	0,12950763	BLOQUE	Paralela	
66	64	32,5	29	2648,33825	0,72	0,2718686	1,01305384	0,27541752	BLOQUE	Paralela	
63	67	49	43	4180,04543	0,77	0,18420852	1,12261082	0,20679448	BLOQUE	Paralela	
60	80	45	39	4583,66236	0,62	0,13526302	1,14613648	0,15502988	BLOQUE	Paralela	
50	68	29	27,5	2510,82838	0,56	0,22303396	1,00097292	0,22325096	BLOQUE	Paralela	
45	65	45	42	3724,22567	0,5	0,1342561	1,09382185	0,14685225	BLOQUE	Paralela	

0,14078489

0,17271112

MANEJO DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMI

ABCISA	MUESTRA	DISCONTINUIDADES											OBSERVACIONES
		ORIENTACIÓN (R/B)	DIP/DIRECCION	Tipo	Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración	JRC	
00-65	I18M45	N65E/315E	31/155	BD	V	1	VC	P	MR	N	2	7	
00-61,5	I19M45	N13W/86NE	86/77	JT	II	2	PO	P	MS	N	1	5	
00-61	I20M45	N64E/305E	30/154	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00-60	I21M45	N33E/64NW	64/327	JT	II	3	W	P	MR	N	1	9	
00-59	I22M45	N58E/325E	32/148	BD	V	1	VC	P	MR	N	2	7	
00-57	I23M45	N52W/80NE	80/32	JT	I	2	C	P	MR	N	1	9	
00-56,5	I24M45	N60W/62NE	62/30	JT	I	2	C	P	MR	N	1	7	
00-56	I25M45	N65E/335E	33/155	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00-55	I26M45	N18W/68NE	68/72	JT	I	1	C	P	MS	N	1	5	
00-54	I27M45	N58E/305E	30/148	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	5	
00-53	I28M45	N14W/775W	77/256	JT	V	1	VC	P	MR	N	1	11	
00-51	I29M45	N55E/315E	31/145	BD	V	1	PO	P	MR	N	1	9	
00-49,5	I30M45	N45E/245E	24/135	BD	V	1	PO	P	MS	N	1	5	
00-49	I31M45	N32E/35NW	35/328	JT	I	2	VC	U	MR	N	1	13	
00-47	I32M45	N26W/765W	76/244	JT	I	1	C	P	MS	N	1	5	
00-45	I33M45	N62E/385E	38/152	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00-44	I34M45	N61W/78NE	78/29	JT	I	4	PO	P	MR	N	1	9	
00-43	I35M45	N70E/72NW	62/340	JT	I	1	PO	P	MR	N	1	9	
00-42,3	I36M45	N24W/775E	77/66	JT	II	1	C	P	MR	N	1	9	
00-42	I37M45	N44E/40NW	40/314	JT	I	2	VC	P	MR	N	1	7	
00-41,5	I38M45	N42W/89NE	89/48	JT	II	3	C	P	MR	N	2	7	
000-40	I39M45	N25W/825W	82/245	JT	II	2	C	P	MR	N	1	9	
00-39	I40M45	N55E/375E	37/145	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	9	
00-38	I40M45	N37W/86NE	86/53	JT	II	1	C	P	MR	N	1	7	
00-37,5	I41M45	N65E/305E	30/155	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	5	
00-37	I42M45	N65E/285E	28/155	BD	V	1	VC	P	MS	N	2	5	
00+03	M45	N27W/715W	71/243	JT	I	2	VC	P	MS	N	1	3	
00+05	M45	N74E/62NW	62/346	JT	I	2	VC	P	MS	N	1	3	
00+08	M45	N16W/855W	85/254	JT	I	2	VC	P	MS	N	1	3	
00+10	I1M40	N65W/78NE	78/25	JT	I	2	C	P	MR	N	1	9	
00+13	I1M40	N57E/265E	26/147	BD	V	1	VC	P	MR	N	4	9	
00+15	I1M40	N58W/76NE	76/32	JT	II	2	C	P	MR	N	2	9	
00+17	I2M40	N55W/79NE	79/35	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+19	I2M40	N25E/51NW	51/335	JT	I	3	C	P	MS	N	1	5	
00+21	I3M40	N47W/71NE	71/43	JT	I	4	C	U	MR	N	1	11	
00+23	I4M40	N45W/81NE	81/45	JT	I	3	C	P	MS	N	1	5	
00+25	I4M40	N13E/765E	76/103	JT	I	2	C	U	MR	N	1	11	
00+26	I5M40	N62W/87NE	87/28	JT	I	3	C	P	MS	N	1	5	
00+27	I6M40	N30E/54NW	54/300	JT	I	1	C	P	MS	N	1	5	
00+28	I7M40	N43W/865W	86/227	JT	II	2	C	U	MR	N	1	7	
00+28,2	I8M40	N60E/295E	29/150	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	11	
00+28,5	I9M40	N73W/72NE	72/17	JT	III	3	C	P	MR	N	1	7	
00+28,7	I9M40	N4E/68NW	68/274	JT	III	4	C	P	MR	N	1	7	
00+29	I10M40	N70W/68NE	68/20	JT	I	3	C	P	MR	N	1	9	
00+29,5	I11M40	N55W/86NE	86/35	JT	II	2	C	P	MR	N	1	7	
00+40	M40	N14W/765E	76/76	JT	I	1	C	U	MR	N	2	9	
00+44	M40	N70E/40NW	40/340	JT	I	2	C	U	MR	N	1	7	
00+48	M40	N60E/265E	26/150	BD	V	1	VC	P	MR	N	2	9	
00+50	I1M35	N50E/645E	64/140	JT	I	5	C	P	MR	N	3	7	
00+52	I1M35	N35E/52NW	52/305	JT	I	4	C	P	MR	N	2	7	
00+54	I2M35	N66W/45NE	45/24	JT	I	2	C	U	MR	N	1	11	
00+57	I3M35	N55E/275E	27/145	BD	V	1	VC	P	MR	N	3	9	
00+59	I3M35	N62W/77NE	77/28	JT	I	2	C	P	MR	N	2	9	
00+60	M35	N84E/64NW	64/354	JT	I	1	C	P	MR	N	1	9	
00+63	M35	N58E/285E	28/148	BD	V	1	VC	P	MR	N	2	9	
00+66	M35	N15W/765W	76/255	JT	I	2	C	P	MR	N	3	7	
00+68	I1M30	N45W/73NE	73/45	JT	I	1	C	P	MR	N	1	7	
00+70	I1M30	N46E/45NW	45/316	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+72	I2M30	N61W/65NE	65/29	JT	II	3	C	P	MR	N	1	9	
00+74	I3M30	N44W/66NE	66/46	JT	I	2	C	P	MR	N	1	11	
00+76	I3M30	N60E/255E	25/150	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	9	
00+77	M30	N8W/795W	79/262	JT	I	2	VC	P	MR	N	1	11	
00+78	M30	N75W/73NE	73/15	JT	I	2	C	U	MR	N	1	11	
00+79	I1M28	N40E/66NW	66/310	JT	I	2	C	U	MR	N	1	11	
00+90	I2M28	N4W/67NE	67/86	JT	I	3	C	U	MR	N	1	11	
00+95	I2M28	N55E/215E	21/145	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+99	I2M28	N48W/71NE	71/42	JT	I	3	C	U	MR	N	1	11	
00+102	I2M28	N53E/205E	20/143	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+104	M28	N12W/715W	71/258	JT	I	1	C	P	MS	N	1	5	
00+106	M28	N84E/64NW	64/356	JT	I	1	C	U	MR	N	1	9	
00+108	I1M25	N66E/72NW	72/346	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+110	I1M25	N40W/875W	87/230	JT	II	2	C	U	MR	N	1	11	
00+112	I2M25	N83W/76NE	76/7	JT	II	4	C	P	MR	N	1	9	
00+114	I3M25	N80W/82NE	82/10	JT	I	3	C	P	MR	N	1	7	
00+116	I4M25	N32W/86NE	82/58	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+116,5	I5M25	N52E/64NW	64/322	JT	I	2	C	U	MR	N	1	9	
00+119	I6M25	N55E/65NW	65/325	JT	II	3	C	U	MR	N	1	9	
00+121	I7M25	N60E/66NW	66/330	JT	I	3	C	P	MR	N	1	7	
00+123	I8M25	N10W/76NE	76/80	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+125	I9M25	N23W/81NE	81/67	JT	II	2	C	P	MR	N	1	9	
00+128	I10M25	N49E/775E	77/139	JT	I	2	PO	P	MR	N	1	7	
00+129	I10M25	N25W/78NE	78/65	JT	II	2	C	P	MR	N	1	9	
00+130	I11M25	N36E/395E	39/126	JT	I	5	C	U	MR	N	1	9	
00+132	I11M25	N75E/785E	78/165	JT	I	5	PO	U	MR	N	1	7	
00+134	I12M25	N50W/71NE	71/40	JT	II	2	C	P	MR	N	1	9	
00+137	I12M25	N60E/145E	14/150	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	9	
00+140	I12M25	N48E/76NW	76/318	JT	I	5	VC	P	MR	N	1	13	
00+143	I13M25	N10E/785E	78/100	JT	I	2	VC	P	MS	N	1	5	
00+144	I14M25	N60E/145E	14/150	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	9	
00+148	I15M25	N57E/155E	15/147	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	9	
00+150	I16M25	N63E/72NW	72/343	JT	I	4	C	P	MR	N	2	9	

MANEJO DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO II

LITOLOGÍA											
ABCSA	MUESTRA	Tipo de roca	Tamaño de grano	Color	Estructuras sedimentarias	Laminación	Espesor	Disposición de estratificación	% RDD	Grado de meteorización	Resistencia de roca
00-70,2	I18M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	6	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00-61,8	I19M45	CS	CY	K	LA	PARALELA	0,3	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00-61,4	I20M45	CO	F	K	LA	PARALELA	0,2	PLANOPARALELA	56	SW	R2
00-61	I21M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	0,1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00-60,7	I22M45	SD	F	C	LA	PARALELA	1,4	PLANOPARALELA	79	SW	R2
00-57,3	I23M45	CS	CY	G	MA	ONDULOSA	0,2	PLANOPARALELA	MUY POBRE	HW	R0
00-56,8	I24M45	CS	CY	K	LA	PARALELA	0,3	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00-56,1	I25M45	CO	F	K	LA	PARALELA	0,2	PLANOPARALELA	85	SW	R2
00-55,6	I26M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	0,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00-54,6	I27M45	CO	F	K	LA	PARALELA	0,5	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R3
00-53,4	I28M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00-51	I29M45	CO	F	K	LA	PARALELA	0,45	PLANOPARALELA	75	SW	R3
00-49,9	I30M45	ST	SI	G	LA	PARALELA	0,3	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00-49,2	I31M45	ST	SI	G	LA	PARALELA	0,7	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00-47,5	I32M45	SD	M	G	MA	PARALELA	0,6	PLANOPARALELA	89	SW	R3
00-46	I33M45	CO	F	K	LA	PARALELA	0,5	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R2
00-44,8	I34M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	0,7	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00-43,1	I35M45	ST	SI	G	LA	PARALELA	0,3	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00-42,4	I36M45	CO	F	K	LA	PARALELA	0,1	PLANOPARALELA	56	SW	R2
00-42,1	I37M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	0,2	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R1
00-41,6	I38M45	SD	F	C	LA	PARALELA	0,2	PLANOPARALELA	82	SW	R3
00-41,1	I39M45	ST	SI	G	LA	PARALELA	0,8	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00-39,2	I40M45	ST	SI	G	LA	PARALELA	1,2	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00-37,1	I41M45	ST	SI	G	LA	PARALELA	4,1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00-30	I42M45	CS	CY	G	LA	PARALELA	1,2	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00-8,8	M45	CO	F	K	LA	PARALELA	2,6	PLANOPARALELA	66	SW	R4
00-15	I1M40	SD	F	G	LA	PARALELA	2	PLANOPARALELA	75	SW	R4
00+19,5	I2M40	ST	SI	G	LA	PARALELA	1,75	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00-21	I3M40	SD	M	G	LA	PARALELA	0,8	PLANOPARALELA	85	SW	R2
00+25,2	I4M40	ST	SI	G		ONDULOSA	3	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+26	I5M40	CS	CY	G	LA	PARALELA	0,3	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+27,5	I6M40	CS	CY	B	LA	PARALELA	1,1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+28	I7M40	CS	CY	K	LA	PARALELA	0,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R1
00+28,3	I8M40	CO	F	K	LA	PARALELA	0,15	PLANOPARALELA	62	SW	R3
00+28,9	I9M40	SD	F	G	LA	PARALELA	0,55	PLANOPARALELA	100	SW	R4
00+29,3	I10M40	ST	SI	G	LA	PARALELA	0,45	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+29,7	I11M40	SD	F	G	LA	PARALELA	0,7	PLANOPARALELA	100	SW	R4
00+48,8	M40	CO	F	K	LA	PARALELA	2,2	PLANOPARALELA	82	SW	R3
00+52,7	I1M35	ST	SI	G	LA	PARALELA	2,1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+54,1	I2M35	SD	F	G	LA	PARALELA	0,7	PLANOPARALELA	69	SW	R5
00+59,2	I3M35	ST	SI	G	LA	PARALELA	1,9	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R1
00+66,5	M35	CO	F	K	LA	PARALELA	2,9	PLANOPARALELA	62	SW	R3
00+71	I1M30	ST	SI	G	LA	PARALELA	4,3	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+72,7	I2M30	SD	F	G	LA	PARALELA	1	PLANOPARALELA	89	SW	R3
00+76,2	I3M30	CS	CY	G	LA	PARALELA	1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+78,4	M30	CO	F	K	LA	PARALELA	1,5	PLANOPARALELA	82	SW	R3
00+79,5	I1M28	SD	M	G	LA	PARALELA	0,85	PLANOPARALELA	75	SW	R3
00+103,9	I2M28	ST	SI	G		ONDULOSA	4,8	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+106	M28	CO	F	K	LA	PARALELA	0,65	PLANOPARALELA	62	SW	R3
00+111,3	I1M25	CS	CY	G	LA	PARALELA	1,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+113	I2M25	SD	F	G	MA	PARALELA	1,2	PLANOPARALELA	89	SW	R4
0+115,7	I3M25	ST	SI	G	LA	PARALELA	1,1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+116,1	I4M25	ST	SI	G	LA	PARALELA	0,25	PLANOPARALELA	82	SW	R3
00+116,9	I5M25	CS	CY	G	LA	PARALELA	0,35	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+119,3	I6M25	SD	M	G	LA	PARALELA	1	PLANOPARALELA	100	SW	R3
00+122,5	I7M25	CS	CY	G	LA	PARALELA	0,9	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+123,6	I8M25	CO	F	K	LA	PARALELA	0,3	PLANOPARALELA	89	SW	R2
00+126,8	I9M25	SD	F	G	LA	PARALELA	1	PLANOPARALELA	89	SW	R2
00+130,2	I10M25	SD	F	G	LA	PARALELA	1,2	PLANOPARALELA	100	SW	R3
00+134,7	I11M25	ST	SI	G	LA	PARALELA	0,2	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+143,9	I12M25	SD	M	G	LA	PARALELA	1,9	PLANOPARALELA	75	SW	R4
00+144,3	I13M25	CO	F	K	LA	PARALELA	0,17	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R2
00+146,3	I14M25	CS	CY	K	LA	PARALELA	0,35	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+149,8	I15M25	ST	SI	G	MA	ONDULOSA	2,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+151,2	I16M25	ST	SI	K	LA	PARALELA	0,35	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R0

Muestra: I7M9											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	51	48,5	4545,46517	10,56	2,32319457	1,1439805	2,65768929	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arenisca de grano medio color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 10 y 9.
35	70	52	40	4634,59194	9,49	2,04764521	1,14898957	2,35272299	AXIAL	Perpendicular	
35	70	48	44	4278,08487	10,92	2,55254403	1,12848194	2,88049983	AXIAL	Perpendicular	
35	70	45,5	41	4055,26795	12,56	3,09720594	1,11498211	3,45332921	AXIAL	Perpendicular	
35	70	42,5	36,5	3787,88765	13,05	3,44519194	1,09800127	3,78282513	AXIAL	Perpendicular	
35	70	42	36	3743,32426	13,78	3,68121996	1,09508145	4,03123571	AXIAL	Perpendicular	
35	70	38,5	34,5	3431,38057	9,05	2,6374224	1,07385093	2,8321985	AXIAL	Perpendicular	
35	70	34	31	3030,31012	9,53	3,14489265	1,04423463	3,2840058	AXIAL	Perpendicular	
180	70	70	49	4900	13,18	2,68979592	1,1634765	3,12951434	DIAMETRAL	Paralelo	
87,5	70	70	57,5	4900	13,9	2,83673469	1,1634765	3,30047416	DIAMETRAL	Paralelo	
45	70	70	53	4900	14,19	2,89591837	1,1634765	3,36933297	DIAMETRAL	Paralelo	
44	70	70	60	4900	13,93	2,84285714	1,1634765	3,30759748	DIAMETRAL	Paralelo	
95	70	70	63	4900	18,85	3,84693878	1,1634765	4,47582286	DIAMETRAL	Paralelo	
43	70	70	58	4900	14,54	2,96734694	1,1634765	3,45243843	DIAMETRAL	Paralelo	
49	70	70	62	4900	12,56	2,56326531	1,1634765	2,98229895	DIAMETRAL	Paralelo	

3,14842463

3,58113318

Muestra: I4M9											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	41	37	3654,19749	4,35	1,19041185	1,08916005	1,29654903	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arenisca de grano fino color gris, contiene trazas de carbón, ubicada estratigráficamente entre los mantos 10 y 9.
35	70	36	32,5	3208,56365	4,78	1,48976318	1,05775088	1,57579832	AXIAL	Perpendicular	
35	70	35	31	3119,43688	4,08	1,30792837	1,05106759	1,37472112	AXIAL	Perpendicular	
35	70	35,5	33	3164,00027	4,22	1,33375463	1,05442747	1,40634752	AXIAL	Perpendicular	
35	70	29	26,5	2584,67628	3,96	1,53210676	1,0075228	1,5436325	AXIAL	Perpendicular	
35	70	15,5	16	1381,46491	2,1	1,52012548	0,8750643	1,33020754	AXIAL	Perpendicular	
35	70	15,5	14,5	1381,46491	1,64	1,18714561	0,8750643	1,03882874	AXIAL	Perpendicular	
35	70	16	14,5	1426,02829	1,13	0,79241065	0,88133766	0,69838135	AXIAL	Perpendicular	
98	70	70	6,7	4900	6,33	1,29183673	1,1634765	1,50302168	DIAMETRAL	Paralelo	
48	70	70	6,75	4900	5,39	1,1	1,1634765	1,27982415	DIAMETRAL	Paralelo	
46	70	70	6,7	4900	4,65	0,94897959	1,1634765	1,10411545	DIAMETRAL	Paralelo	
27	70	70	6,8	4900	3,77	0,76938776	1,1634765	0,89516457	DIAMETRAL	Paralelo	
26	70	70	6,8	4900	3,27	0,66734694	1,1634765	0,77644248	DIAMETRAL	Paralelo	
25	70	70	6,8	4900	3,63	0,74081633	1,1634765	0,86192239	DIAMETRAL	Paralelo	

1,33171441

1,03525664

Muestra: I2M9											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	40	32,5	3565,07073	10,5	2,94524311	1,08312563	3,1900683	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arenisca de grano fino color gris, contiene trazas de carbón, ubicada estratigráficamente entre los mantos 10 y 9.
35	70	39,5	35	3520,50734	10,44	2,96548167	1,08006447	3,2029114	AXIAL	Perpendicular	
35	70	40	46,5	3565,07073	8,86	2,48522419	1,08312563	2,69181001	AXIAL	Perpendicular	
35	70	38	24	3386,81719	6,56	1,93692179	1,07069714	2,07385662	AXIAL	Perpendicular	
35	70	25,5	25	2272,73259	1,15	0,50599882	0,97878403	0,49526356	AXIAL	Perpendicular	
35	70	22	18,5	1960,7889	5,71	2,91209319	0,94680477	2,75718372	AXIAL	Perpendicular	
35	70	17,5	15	1559,71844	2,66	1,70543601	0,8992882	1,53367848	AXIAL	Perpendicular	
35	70	30,5	25	2718,36643	6,97	2,56403991	1,01902021	2,61280848	AXIAL	Perpendicular	
35	70	25	17,5	2228,1692	4,56	2,04652321	0,97443267	1,99419908	AXIAL	Perpendicular	
95	70	70	67	6238,87377	6,81	1,09154316	1,22846388	1,34092135	DIAMETRAL	Paralelo	
52	70	70	68,5	4900	4,08	0,83265306	1,1634765	0,96877227	DIAMETRAL	Paralelo	
46	70	70	68,5	4900	6,57	1,34081633	1,1634765	1,56000829	DIAMETRAL	Paralelo	
43	70	70	68,5	4900	1,41	0,2877551	1,1634765	0,3347963	DIAMETRAL	Paralelo	
32	70	70	68	4900	3	0,6122449	1,1634765	0,71233255	DIAMETRAL	Paralelo	
28	70	70	68	4900	5,66	1,15510204	1,1634765	1,34393408	DIAMETRAL	Paralelo	
24	70	70	68	4900	3,48	0,71020408	1,1634765	0,82630576	DIAMETRAL	Paralelo	

2,40765781

1,0384532

Muestra: I12M5											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	49	44,5	4367,21164	4,41	1,00979764	1,13372951	1,14483738	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arenisca de grano medio color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 8 y 5.
35	70	49	47	4367,21164	4,82	1,10367905	1,13372951	1,25127351	AXIAL	Perpendicular	
35	70	48,5	45,5	4322,64825	4,44	1,02714811	1,13111621	1,16182388	AXIAL	Perpendicular	
35	70	53,5	45	4768,2821	4,03	0,84516812	1,15636499	0,97732282	AXIAL	Perpendicular	
35	70	47	44,5	4188,9581	4,43	1,05754221	1,12314894	1,18777741	AXIAL	Perpendicular	
35	70	45,5	42	4055,26795	3,12	0,76936963	1,11498211	0,85783337	AXIAL	Perpendicular	
35	70	40	36	3565,07073	3,19	0,89479291	1,08312563	0,96917313	AXIAL	Perpendicular	
35	70	42	38	3743,32426	4,06	1,08459746	1,09508145	1,18772257	AXIAL	Perpendicular	
188	70	70	63	4900	3,91	0,79795918	1,1634765	0,92840676	DIAMETRAL	Paralelo	
97	70	70	65,5	4900	4,92	1,00408163	1,1634765	1,16822538	DIAMETRAL	Paralelo	
48	70	70	66,5	4900	4,33	0,88367347	1,1634765	1,02813332	DIAMETRAL	Paralelo	
47	70	70	65	4900	4,1	0,83673469	1,1634765	0,97352115	DIAMETRAL	Paralelo	
96	70	70	66	4900	4,13	0,84285714	1,1634765	0,98064448	DIAMETRAL	Paralelo	
50	70	70	66,5	4900	4,22	0,86122449	1,1634765	1,00201446	DIAMETRAL	Paralelo	
48	70	70	67	4900	4,24	0,86530612	1,1634765	1,00676334	DIAMETRAL	Paralelo	

1,11535888

0,99821535

Muestra: IzMs											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	53,5	39	4768,2821	6,48	1,35898	1,15636499	1,57147689	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 8 y 5.
35	70	41	35	3654,19749	6,78	1,85540054	1,08916005	2,02082814	AXIAL	Perpendicular	
35	70	39	31	3475,94396	5,31	1,52764258	1,07697314	1,64523002	AXIAL	Perpendicular	
35	70	47	42	4188,9581	6,81	1,62570258	1,12314894	1,82590613	AXIAL	Perpendicular	
35	70	41,5	36,5	3698,76088	7,3	1,97363394	1,09213457	2,15547386	AXIAL	Perpendicular	
35	70	38	32	3386,81719	5,7	1,68299606	1,07069714	1,80197907	AXIAL	Perpendicular	
35	70	23	21	2049,91567	3,4	1,65860482	0,95632189	1,58616009	AXIAL	Perpendicular	
35	70	31,5	28	2807,4932	4,89	1,74176736	1,02644388	1,78782644	AXIAL	Perpendicular	
169	70	70	65	6238,87377	7,45	1,19412578	1,22846388	1,46694039	DIAMETRAL	Paralelo	
87	70	70	67	4900	8,08	1,64897959	1,1634765	1,91854901	DIAMETRAL	Paralelo	
48	70	70	67	4900	5,57	1,13673469	1,1634765	1,3225641	DIAMETRAL	Paralelo	
46	70	70	67	4900	7,82	1,59591837	1,1634765	1,85681352	DIAMETRAL	Paralelo	
79	70	70	63	4900	7,56	1,54285714	1,1634765	1,79507803	DIAMETRAL	Paralelo	
42	70	70	67	4900	5,26	1,07346939	1,1634765	1,24895641	DIAMETRAL	Paralelo	
40	70	70	69	4900	6,9	1,40816327	1,1634765	1,63836487	DIAMETRAL	Paralelo	
27	70	70	66	4900	5,74	1,17142857	1,1634765	1,36292962	DIAMETRAL	Paralelo	

1,77798832

1,57378175

Muestra: IzM9											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	46	37	4099,83133	14,78	3,60502635	1,11772727	4,02943625	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arenisca de grano fino color gris, contiene trazas de carbón, ubicada estratigráficamente entre los mantos 10 y 9.
35	70	37	31,5	3297,69042	14,06	4,26359003	1,06429181	4,53770397	AXIAL	Perpendicular	
35	70	41,5	36	3698,76088	13,77	3,7228684	1,09213457	4,06587329	AXIAL	Perpendicular	
35	70	35,5	28	3164,00027	12,13	3,83375442	1,05442747	4,04241598	AXIAL	Perpendicular	
35	70	37	32,5	3297,69042	12,3	3,72988317	1,06429181	3,96968412	AXIAL	Perpendicular	
35	70	31,5	30,5	2807,4932	12,46	4,43812296	1,02644388	4,55548413	AXIAL	Perpendicular	
35	70	37,5	31	3342,2538	9,91	2,96506507	1,06751102	3,16523965	AXIAL	Perpendicular	
35	70	36	29	3208,56365	8,88	2,76759353	1,05775088	2,9274245	AXIAL	Perpendicular	
150	70	70	68	4900	7,8	1,59183673	1,1634765	1,85206463	DIAMETRAL	Paralelo	
76	70	70	68	4900	3,58	0,73061224	1,1634765	0,85005018	DIAMETRAL	Paralelo	
47	70	70	68	4900	1,59	0,3244898	1,1634765	0,37753625	DIAMETRAL	Paralelo	
37	70	70	68	4900	8,39	1,7122449	1,1634765	1,9921567	DIAMETRAL	Paralelo	
82	70	70	65	4900	10,71	2,18571429	1,1634765	2,54302721	DIAMETRAL	Paralelo	
39	70	70	68	4900	5,41	1,10408163	1,1634765	1,28457303	DIAMETRAL	Paralelo	
42	70	70	67,5	4900	11,5	2,34693878	1,1634765	2,73060811	DIAMETRAL	Paralelo	

3,96839221

1,74189053

Muestra: I10Ms											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	41,5	38	3698,76088	2,46	0,6650876	1,09213457	0,72636516	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arenisca de grano fino color gris, contiene trazas de carbón, ubicada estratigráficamente entre los mantos 8 y 5.
35	70	46	43	4099,83133	4,44	1,08297138	1,11772727	1,21046664	AXIAL	Perpendicular	
35	70	46	42	4099,83133	3,59	0,87564578	1,11772727	0,97873316	AXIAL	Perpendicular	
35	70	40	38,5	3565,07073	3,01	0,84430303	1,08312563	0,91448624	AXIAL	Perpendicular	
35	70	43	41	3832,45103	2,29	0,59752884	1,10089459	0,65781626	AXIAL	Perpendicular	
35	70	37	32,5	3297,69042	1,89	0,57312839	1,06429181	0,60997585	AXIAL	Perpendicular	
35	70	35	32,5	3119,43688	2,71	0,86874654	1,05106759	0,91311133	AXIAL	Perpendicular	
35	70	17,5	15	1559,71844	0,82	0,52573591	0,8992882	0,4727881	AXIAL	Perpendicular	
35	70	15	14	1336,90152	0,44	0,32911923	0,86863209	0,28588352	AXIAL	Perpendicular	
82	70	70	68	6238,87377	5,19	0,83188091	1,22846388	1,02193566	DIAMETRAL	Paralelo	
43	70	70	67,5	4900	1,08	0,22040816	1,1634765	0,25643972	DIAMETRAL	Paralelo	
39	70	70	68	4900	3,63	0,74081633	1,1634765	0,86192239	DIAMETRAL	Paralelo	
50	70	70	67	4900	3,76	0,76734694	1,1634765	0,89279013	DIAMETRAL	Paralelo	
37	70	70	67,5	4900	3,52	0,71836735	1,1634765	0,83580353	DIAMETRAL	Paralelo	
42	70	70	68,5	4900	3,64	0,74285714	1,1634765	0,86429683	DIAMETRAL	Paralelo	

0,75332516

0,86370322

Muestra: I6M9											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	42,5	36	3787,88765	8,79	2,32055457	1,09800127	2,54797187	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 10 y 9.
35	70	38	33	3386,81719	8,56	2,52744672	1,07069714	2,70612998	AXIAL	Perpendicular	
35	70	38	33	3386,81719	13,2	3,89746457	1,07069714	4,17300417	AXIAL	Perpendicular	
35	70	46	33	4099,83133	7,92	1,93178679	1,11772727	2,15921077	AXIAL	Perpendicular	
35	70	31	28,5	2762,92981	4,27	1,5454609	1,02275524	1,58062824	AXIAL	Perpendicular	
35	70	29	25,5	2584,67628	4,34	1,67912711	1,0075228	1,69175885	AXIAL	Perpendicular	
35	70	20,5	13,5	1827,09875	2,74	1,49964527	0,93187992	1,39748931	AXIAL	Perpendicular	
35	70	14	12	1247,77475	4,5	3,60642014	0,85525209	3,08439834	AXIAL	Perpendicular	
58	70	70	68	4900	5,12	1,04489796	1,1634765	1,21571422	DIAMETRAL	Paralelo	
33	70	70	67	4900	4,28	0,87346939	1,1634765	1,01626111	DIAMETRAL	Paralelo	
28	70	70	67	4900	4,55	0,92857143	1,1634765	1,08037104	DIAMETRAL	Paralelo	
78	70	70	66	4900	10,95	2,23469388	1,1634765	2,60001381	DIAMETRAL	Paralelo	
43	70	70	64	4900	7,03	1,43469388	1,1634765	1,66923261	DIAMETRAL	Paralelo	
48	70	70	68	4900	4,98	1,01632653	1,1634765	1,18247204	DIAMETRAL	Paralelo	
26	70	70	66	4900	9,91	2,02244898	1,1634765	2,35307186	DIAMETRAL	Paralelo	

2,29501634

1,50017235

Muestra: I13Ms											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	47	44	4188,9581	4,69	1,11961015	1,12314894	1,25748895	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 8 y 5.
35	70	35	30,5	3119,43688	3,32	1,06429465	1,05106759	1,11864561	AXIAL	Perpendicular	
35	70	27	25	2406,42274	2,45	1,01810873	0,99145311	1,00940707	AXIAL	Perpendicular	
35	70	19	16	1693,40859	2,06	1,21648137	0,91608315	1,11439808	AXIAL	Perpendicular	
35	70	19	17,5	1693,40859	0,88	0,51966194	0,91608315	0,47605355	AXIAL	Perpendicular	
51	70	70	68	4900	3,92	0,8	1,1634765	0,9307812	DIAMETRAL	Paralelo	
28	70	70	69	4900	0,85	0,17346939	1,1634765	0,20182756	DIAMETRAL	Paralelo	
33	70	70	69	4900	1,78	0,36326531	1,1634765	0,42265065	DIAMETRAL	Paralelo	

1,08081692

0,5184198

Muestra: I4Ms											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	55	45,5	4901,97225	2,54	0,51815879	1,16358185	0,60292016	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de limolita color gris, contiene trazas de carbón, ubicada estratigráficamente entre los mantos 8 y 5.
35	70	51,5	45	4590,02856	2,89	0,62962571	1,14649446	0,72186239	AXIAL	Perpendicular	
35	70	47	42	4188,9581	2,99	0,71378131	1,12314894	0,80168272	AXIAL	Perpendicular	
35	70	43	41	3832,45103	2,8	0,73060294	1,10089459	0,80431682	AXIAL	Perpendicular	
35	70	45,5	34	4055,26795	1,87	0,46112859	1,11498211	0,51415013	AXIAL	Perpendicular	
35	70	35	34	3119,43688	0,97	0,31095356	1,05106759	0,32683321	AXIAL	Perpendicular	
35	70	24	22	2139,04244	0,8	0,37399913	0,96552353	0,36110496	AXIAL	Perpendicular	
35	70	31,5	29,5	2807,4932	1,95	0,6945698	1,02644388	0,71293692	AXIAL	Perpendicular	
35	70	22	20	1960,7889	0,88	0,44879895	0,94680477	0,42492499	AXIAL	Perpendicular	
98	70	70	68	4900	1,25	0,25510204	1,1634765	0,29680523	DIAMETRAL	Paralelo	
50	70	70	67,5	4900	1,17	0,23877551	1,1634765	0,2778097	DIAMETRAL	Paralelo	
50	70	70	67,5	4900	0,45	0,09183673	1,1634765	0,10684988	DIAMETRAL	Paralelo	
82	70	70	675	4900	0,95	0,19387755	1,1634765	0,22557197	DIAMETRAL	Paralelo	
41	70	70	67	4900	0,7	0,14285714	1,1634765	0,16621093	DIAMETRAL	Paralelo	
39	70	70	69	4900	0,62	0,12653061	1,1634765	0,14721539	DIAMETRAL	Paralelo	
30	70	70	67,5	4900	1,1	0,2244898	1,1634765	0,2611886	DIAMETRAL	Paralelo	

0,5913689

0,21559932

Muestra: IsM9											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	53	44,5	4723,71871	5,4	1,14316714	1,15392453	1,3191286	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de limolita color gris, contiene trazas de carbón, ubicada estratigráficamente entre los mantos 10 y 9.
35	70	43	39	3832,45103	8,69	2,26747842	1,10089459	2,49625472	AXIAL	Perpendicular	
35	70	35	21	3119,43688	5,33	1,70864172	1,05106759	1,79589793	AXIAL	Perpendicular	
35	70	30,5	27	2718,36643	4,54	1,67012068	1,01902021	1,70188673	AXIAL	Perpendicular	
35	70	27	23	2406,42274	3,59	1,49184096	0,99145311	1,47909036	AXIAL	Perpendicular	
35	70	30	26	2673,80304	5,73	2,14301499	1,01523742	2,175669	AXIAL	Perpendicular	
35	70	29	25	2584,67628	2,19	0,84730147	1,0075228	0,85367555	AXIAL	Perpendicular	
35	70	23	20	2049,91567	3,95	1,92690854	0,95632189	1,84274481	AXIAL	Perpendicular	
35	70	24	14	2139,04244	2,46	1,15004731	0,96552353	1,11039774	AXIAL	Perpendicular	
76	70	70	68	4900	2,6	0,53061224	1,1634765	0,61735488	DIAMETRAL	Paralelo	
41	70	70	68,5	4900	1,07	0,21836735	1,1634765	0,25406528	DIAMETRAL	Paralelo	
41	70	70	68	4900	3,61	0,73673469	1,1634765	0,8571735	DIAMETRAL	Paralelo	
30	70	70	67,5	4900	1,66	0,33877551	1,1634765	0,39415735	DIAMETRAL	Paralelo	
28	70	70	67,5	4900	3,52	0,71836735	1,1634765	0,83580353	DIAMETRAL	Paralelo	

1,63211645

0,67612231

Muestra: IsM9											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	50	36,5	4456,33841	2,65	0,59465861	1,13889473	0,67725356	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de limolita color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 10 y 9.
35	70	41,5	37	3698,76088	2,63	0,71104894	1,09213457	0,77656113	AXIAL	Perpendicular	
35	70	43	26	3832,45103	1,22	0,31833414	1,10089459	0,35045233	AXIAL	Perpendicular	
35	70	38	25	3386,81719	1,25	0,36907808	1,07069714	0,39517085	AXIAL	Perpendicular	
35	70	41	35	3654,19749	2,02	0,55278895	1,08916005	0,60207564	AXIAL	Perpendicular	
35	70	23	21	2049,91567	1,17	0,57075519	0,95632189	0,54582568	AXIAL	Perpendicular	
35	70	24	22	2139,04244	0,89	0,41607403	0,96552353	0,40172926	AXIAL	Perpendicular	
35	70	19	17	1693,40859	0,22	0,12991549	0,91608315	0,11901339	AXIAL	Perpendicular	
121	70	70	65,5	4900	2,3	0,46938776	1,1634765	0,54612162	DIAMETRAL	Paralelo	
63	70	70	67	4900	1,54	0,31428571	1,1634765	0,36566404	DIAMETRAL	Paralelo	
36	70	70	66	4900	0,55	0,1122449	1,1634765	0,1305943	DIAMETRAL	Paralelo	
30	70	70	67	4900	1,55	0,31632653	1,1634765	0,36803848	DIAMETRAL	Paralelo	
66	70	70	67	4900	1,19	0,24285714	1,1634765	0,28255858	DIAMETRAL	Paralelo	
42	70	70	66	4900	1,32	0,26938776	1,1634765	0,31342632	DIAMETRAL	Paralelo	

0,49541789

0,33242186

Muestra: I1Ms											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	40	32	3565,07073	3,24	0,90881787	1,08312563	0,98436393	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de limolita color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 8 y 5.
35	70	38	30,5	3386,81719	3,99	1,17809725	1,07069714	1,26138535	AXIAL	Perpendicular	
35	70	40	31,5	3565,07073	3,62	1,01540763	1,08312563	1,09981402	AXIAL	Perpendicular	
35	70	30	26	2673,80304	2,46	0,92003785	1,01523742	0,93405685	AXIAL	Perpendicular	
35	70	30	26,5	2673,80304	2,16	0,80783811	1,01523742	0,82014748	AXIAL	Perpendicular	
35	70	25	18	2228,1692	2,25	1,00979764	0,97443267	0,98397981	AXIAL	Perpendicular	
35	70	13	10	1158,64799	1	0,8630749	0,8411096	0,72594058	AXIAL	Perpendicular	
40	70	70	66	4900	1,79	0,36530612	1,1634765	0,42502509	DIAMETRAL	Paralelo	
35	70	70	65	4900	2,76	0,56326531	1,1634765	0,65534595	DIAMETRAL	Paralelo	
37	70	70	67	4900	0,18	0,03673469	1,1634765	0,04273995	DIAMETRAL	Paralelo	

0,96447242

0,54018552

Muestra: I3Ms											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	52,5	50	4679,15533	1,13	0,24149658	1,15146615	0,27807514	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de limolita color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 8 y 5.
35	70	59,5	57	5303,0427	1,52	0,2866279	1,18435433	0,33946899	AXIAL	Perpendicular	
35	70	37	34	3297,69042	3,25	0,98553824	1,06429181	1,04890028	AXIAL	Perpendicular	
35	70	42	38	3743,32426	1,4	0,37399913	1,09508145	0,40955951	AXIAL	Perpendicular	
35	70	30	26,5	2673,80304	2,22	0,83027806	1,01523742	0,84292935	AXIAL	Perpendicular	
35	70	29	26,5	2584,67628	2,08	0,80474295	1,0075228	0,81079687	AXIAL	Perpendicular	
35	70	40	38	3565,07073	0,41	0,11500473	1,08312563	0,12456457	AXIAL	Perpendicular	
56	70	70	68	4900	1,96	0,4	1,1634765	0,4653906	DIAMETRAL	Paralelo	
45	70	70	68	4900	1,48	0,30204082	1,1634765	0,35141739	DIAMETRAL	Paralelo	
45	70	70	68,5	4900	1,57	0,32040816	1,1634765	0,37278737	DIAMETRAL	Paralelo	

0,53616597

0,39653179

Muestra: I6M9											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	56	52	4991,09902	1,45	0,29051718	1,16830878	0,33941377	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arcillolita color rosado, contiene trazas de carbón, ubicada estratigráficamente entre los mantos 10 y 9.
35	70	43	40	3832,45103	1,58	0,4122688	1,10089459	0,45386449	AXIAL	Perpendicular	
35	70	41	38	3654,19749	1,59	0,43511606	1,08916005	0,47391102	AXIAL	Perpendicular	
35	70	37	35	3297,69042	1,31	0,39724772	1,06429181	0,4227875	AXIAL	Perpendicular	
35	70	38,5	36	3431,38057	0,81	0,23605659	1,07385093	0,25348959	AXIAL	Perpendicular	
35	70	34,5	32,5	3074,8735	0,9	0,29269497	1,04767029	0,30664782	AXIAL	Perpendicular	
35	70	35	33	3119,43688	0,37	0,11861115	1,05106759	0,12466834	AXIAL	Perpendicular	
35	70	31	29,5	2762,92981	0,19	0,06876758	1,02275524	0,0703324	AXIAL	Perpendicular	
35	70	26	23,5	2317,29597	0,62	0,26755322	0,98306976	0,26302348	AXIAL	Perpendicular	
68	70	70	69	4900	0,79	0,16122449	1,1634765	0,18758091	DIAMETRAL	Paralelo	
39	70	70	62	4900	0,55	0,1122449	1,1634765	0,1305943	DIAMETRAL	Paralelo	
44	70	70	67	4900	0,95	0,19387755	1,1634765	0,22557197	DIAMETRAL	Paralelo	
78	70	70	67,5	4900	1,59	0,3244898	1,1634765	0,37753625	DIAMETRAL	Paralelo	
47	70	70	67	4900	1,28	0,26122449	1,1634765	0,30392856	DIAMETRAL	Paralelo	
31	70	70	68	4900	0,98	0,2	1,1634765	0,2326953	DIAMETRAL	Paralelo	
36	70	70	67	4900	1,09	0,22244898	1,1634765	0,25881416	DIAMETRAL	Paralelo	

0,30912786

0,24171818

Muestra: I7M5											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
35	70	50	47	4456,33841	0,2	0,0448799	1,13889473	0,05111348	AXIAL	Perpendicular	Núcleo de 7 cm de diámetro de arcillolita color gris ubicada estratigráficamente entre los mantos 8 y 5.
35	70	30	29	2673,80304	0,05	0,01869996	1,01523742	0,0189849	AXIAL	Perpendicular	
35	70	25	22,5	2228,1692	0,03	0,01346397	0,97443267	0,01311973	AXIAL	Perpendicular	
42	70	70	66,5	4900	0,4	0,08163265	1,1634765	0,09497767	DIAMETRAL	Paralelo	

0,01605231

0,08163265

MANEJO DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMI

ABCISA	MUESTRA	DISCONTINUIDADES											OBSERVACIONES
		ORIENTACIÓN (R/B)	DIP/DIRECCION	Tipo	Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración	JRC	
00-4	I1M10	N50E/26NW	26/320	BD	V	2	VC	U	MS	N	1	5	
00-1	M10	N52E/23NW	23/322	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	7	
00+2	I1M9	N77E/65SE	65/167	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+5	I1M9	N53W/81SW	81/217	JT	I	1	C	P	MS	N	1	5	
00+8	I1M9	N55E/21NW	21/325	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	5	
00+11	I1M9	N70E/60SE	60/160	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+14	I1M9	N60W/75SW	75/210	JT	I	3	C	P	MS	N	1	7	
00+17	I2M9	N52E/87NW	87/322	JT	I	1	C	P	MS	N	1	5	
00+20	I2M9	N12W/87NE	87/78	JT	I	2	C	U	MS	N	1	7	
00+22	I2M9	N35W/83NE	83/55	JT	II	3	C	U	MS	N	1	7	
00+24	I3M9	N16W/83NE	83/74	JT	II	1	C	P	MS	N	1	5	
00+26	I4M9	N12W/87NE	87/78	JT	II	2	C	U	MR	N	1	9	
00+29	I4M9	N62E/69NW	69/332	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+34	I5M9	N42E/62SE	62/132	JT	I	3	C	P	MR	N	1	9	
00+39	I5M9	N46W/88SW	88/224	JT	I	1	C	U	MR	N	1	9	
00+42	I5M9	N63E/22NW	22/333	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	11	
00+49	I6M9	N56W/78NE	78/34	JT	I	7	PO	P	MS	N	1	3	
00+58	I6M9	N60E/67SE	67/150	JT	I	5	C	P	MS	N	1	3	
000+67	I6M9	N35E/18NW	18/305	BD	V	2	VC	U	MS	N	1	7	
00+76	I6M9	N29W/75NE	75/61	JT	I	2	PO	P	MS	N	1	3	
00+85	I6M9	N60E/81SE	81/150	JT	I	1	C	P	MS	N	1	3	
00+88	I7M9	N46E/19NW	19/316	BD	V	2	VC	P	MR	N	1	9	
00+91	I7M9	N26W/79SW	79/244	JT	II	2	PO	P	MS	N	1	7	
00+94	I7M9	N77W/84NE	84/13	JT	III	2	C	P	MS	N	1	7	
00+96	I8M9	N50E/20NW	20/320	BD	V	2	VC	P	MR	N	1	9	
00+99	M9	N14W/79NE	79/76	JT	II	1	C	P	MS	N	1	7	
00+101	I1M8	N83E/86NW	86/353	JT	I	1	C	P	R	N	1	15	
00+104	M8	N54E/22NW	22/324	BD	V	2	VC	P	MS	N	1	7	
00+109	I1M5	N10W/81NE	81/80	JT	II	2	C	U	MR	N	1	11	
0+114	I1M5	N46E/67SE	67/136	JT	I	2	C	P	MR	N	1	9	
00+119	I1M5	N48E/19NW	19/318	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	7	
00+124	I1M5	N10E/83NW	83/280	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+126	I2M5	N71E/60SE	60/161	JT	I	3	PO	P	MR	N	1	9	
00+128	I2M5	N25E/86SE	86/115	JT	II	2	C	U	MR	N	1	9	
00+132	I3M5	N45E/24NW	24/315	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	9	
00+136	I3M5	N53W/83NE	83/37	JT	II	C	C	U	R	N	1	15	
00+140	I3M5	N47E/22NW	22/317	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	9	
00+144	I3M5	N12W/88NE	88/78	JT	I	2	C	P	MR	N	1	9	
00+146	I4M5	N50E/25NW	25/320	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	9	
00+148	I4M5	N42E/26NW	26/312	BD	V	2	VC	P	MR	N	1	9	
00+151	I5M5	N58W/81NE	81/32	JT	II	C	C	U	R	N	1	11	
00+154	I5M5	N43E/25NW	25/313	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	9	
00+157	I5M5	N50E/60SE	60/140	JT	I	3	PO	P	R	N	1	11	
00+160	I6M5	N55W/80NE	80/35	JT	II	C	C	U	R	N	1	11	
00+162	I6M5	N49E/24NW	24/319	BD	V	2	VC	P	MR	N	1	9	
00+164	I7M5	N55W/65SE	65/145	JT	II	2	C	U	R	N	1	11	
00+166	I7M5	N39E/19NW	19/309	BD	V	1	C	U	MR	N	1	9	
00+168	I7M5	N50W/60SE	60/140	JT	III	2	C	U	R	N	1	15	
00+172	I8M5	N6W/84NE	84/84	JT	I	1	C	P	MR	N	1	9	
00+173	I10M5	N25E/66SE	66/115	JT	II	2	C	P	MR	N	1	9	
00+175	I11M5	N62W/81NE	81/28	JT	I	2	C	U	MR	N	1	9	
00+178	I11M5	N36E/21NW	21/306	BD	V	2	VC	U	MR	N	1	11	
00+181	I12M5	N56W/83NE	83/34	JT	II	3	C	P	MR	N	1	9	
00+184	I12M5	N39E/74SE	74/129	JT	I	3	C	P	MR	N	1	11	
00+187	I12M5	N60W/85NE	85/30	JT	II	3	C	U	MR	N	1	9	
00+190	I13M5	N34E/16NW	16/304	BD	V	2	C	U	MR	N	1	11	
00+193	I13M5	N40E/16NW	16/310	BD	V	2	C	U	MR	N	1	9	
00+240	M5	N60W/80NE	80/30	JT	III	2	C	P	MR	N	1	9	
00+242	M5	N58W/85NE	85/32	JT	I	3	C	P	MR	N	1	9	
00+243	M5	N41E/18NW	18/311	BD	V	2	VC	P	MR	N	1	9	

MANEJO DE DATOS DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO (LITOLOGÍA)

ABCISA	MUESTRA	LITOLOGÍA							% RQD	Grado de meteorización	Resistencia de roca
		Tipo de roca	Tamaño de grano	Color	Estructuras sedimentarias	Laminación	Espesor	Disposición de estratificación			
00-3,5	I1M10	ST	SI	G	LA	PARALELA	0,6	PLANOPARALELA	89	SW	R4
00-3	M10	CO	F	K	LA	PARALELA	1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R3
00+15	I1M9	ST	SI	G	LA	PARALELA	5,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+22,9	I2M9	SD	F	G	LA	PARALELA	2,8	PLANOPARALELA	92	SW	R2
00+24,3	I3M9	CO	F	K	LA	PARALELA	0,5	PLANOPARALELA	42	SW	R2
00+29,1	I4M9	ST	SI	G	LA	PARALELA	1,7	PLANOPARALELA	66	MW	R2
00+42,6	I5M9	SD	F	G	LA	PARALELA	4,8	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R2
00+87,8	I6M9	ST	SI	P	LA	PARALELA	16,5	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+94,5	I7M9	SD	M	G	LA	CRUZADA	1,3	PLANOPARALELA	89	SW	R2
00+96,4	I8M9	ST	SI	G	LA	PARALELA	0,8	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+99,3	M9	CO	F	K	LA	PARALELA	0,8	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R2
00+103,7	I1M8	CS	CY	G	LA	PARALELA	0,15	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+108,4	M8	CO	F	K	LA	PARALELA	1,1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R2
00+125,6	I1M5	ST	SI	G	LA	PARALELA	4,2	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+128,8	I2M5	SD	M	G	LA	CRUZADA	0,8	PLANOPARALELA	89	SW	R2
00+144,4	I3M5	ST	SI	G	LA	PARALELA	5,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+148,7	I4M5	SD	M	G	LA	CRUZADA	1,1	PLANOPARALELA	82	SW	R2
00+159,5	I5M5	ST	SI	G	LA	PARALELA	1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+163,9	I6M5	SD	M	G	LA	CRUZADA	0,9	PLANOPARALELA	85	SW	R2
00+169,1	I7M5	CS	CY	G	LA	PARALELA	1,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
0+172,3	I8M5	CO	F	K	LA	PARALELA	0,3	PLANOPARALELA	56	SW	R2
00+172,5	I9M5	CS	CY	G	LA	PARALELA	0,3	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+173,5	I10M5	SD	M	G	LA	CRUZADA	0,8	PLANOPARALELA	89	SW	R2
00+178,5	I11M5	CS	CY	G	LA	PARALELA	2,2	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+187,4	I12M5	SD	M	G	LA	CRUZADA	3,7	PLANOPARALELA	79	SW	R2
00+239,4	I13M5	ST	SI	G	LA	PARALELA	21	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+243,9	M5	CO	F	K	LA	PARALELA	2	PLANOPARALELA	75	SW	R3

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE LA ROCA CON EL MARTILLO DE SCHMIDT



ABCISA	MUESTRA	ROCA	ρ	FECHA	ORIENTACIÓN	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R	O:
00-3,5	I1M10	ST	26,4	15/10/2009		36	36	38	29	27	36	40	38	30	35	37,6	68,9215632
00-3	M10	CO	18,55	15/10/2009		30	30	34	32	32	30	28	27	32	31	32,2	21,9072163
00+15	I1M9	ST	25,4	15/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+22,9	I2M9	SD	25,2869565	19/10/2009		37	38	36	38	40	37	32	35	33	35	38	69,719791
00+24,3	I3M9	CO	12,55	19/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+29,1	I4M9	ST	25,4	19/10/2009		28	29	30	28	35	34	36	37	30	25	34,4	58,4797823
00+42,6	I5M9	SD	25,2869565	19/10/2009		36	33	33	34	20	29	30	32	28	26	33,6	55,6806531
00+87,8	I6M9	ST	27,4	19/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+94,5	I7M9	SD	25,2869565	19/10/2009		34	35	36	40	38	40	40	38	34	35	39,2	63,1231357
00+96,4	I8M9	CS	23,05	19/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+99,3	M9	CO	12,55	19/10/2009		VALORES MENORES A 1											
00+103,7	I1M8	CS	23,05	19/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+108,4	M8	CO	12,55	19/10/2009		33	34	35	36	30	28	28	25	29	30	33,6	22,6670673
00+125,6	I1M5	ST	25,4	19/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+128,8	I2M5	SD	25,2869565	19/10/2009		23	24	26	27	25	27	30	28	20	19	27,6	40,9772524
00+144,4	I3M5	ST	25,4	19/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+148,7	I4M5	SD	25,2869565	19/10/2009		21	22	25	37	34	33	37	30	32	36	35,4	61,045375
00+159,5	I5M5	ST	25,4	19/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+163,9	I6M5	SD	25,2869565	19/10/2009		28	29	32	31	35	32	32	29	28	28	32,4	52,3687278
00+169,1	I7M5	CS	23,05	19/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
0+172,3	I8M5	CO	12,55	19/10/2009		29	33	27	26	32	37	32	38	33	34	35	23,4532738
00+172,5	I9M5	CS	23,05	19/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+173,5	I10M5	SD	25,2869565	19/10/2009		32	25	24	26	28	28	30	31	27	36	31,4	49,7597789
00+178,5	I11M5	CS	23,05	19/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+187,4	I12M5	SD	25,2869565	19/10/2009		34	28	26	41	38	29	28	36	37	35	37,4	67,6145136
00+239,4	I13M5	ST	25,4	19/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+243,9	M5	CO	12,55	19/10/2009		20	22	21	23	20	20	17	25	17	21	22,4	17,2556063

Muestra: IsM3											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
50	58	42	39,5	3101,61153	13,7	4,41705864	1,04971321	4,63664481	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 4 y 3.
30	37	40	37	1884,39453	11,3	5,99662111	0,93837658	5,62708882	BLOQUE	Perpendicular	
63	77	45,5	25	4460,79474	7,31	1,63872144	1,13915089	1,86675098	BLOQUE	Perpendicular	
30	58	31	22,5	2289,2847	3,81	1,66427531	0,98038341	1,6316279	BLOQUE	Perpendicular	
39	59	31,5	24	2366,31569	7,6	3,2117439	0,98771091	3,1722745	BLOQUE	Perpendicular	
34	38	32	28,5	1548,25929	5,24	3,38444603	0,89779737	3,03854675	BLOQUE	Perpendicular	
33	38	32,5	25,5	1572,45084	3,91	2,48656423	0,90093475	2,24023213	BLOQUE	Perpendicular	
35	42	23	21	1229,9494	5,02	4,08146872	0,85248771	3,47940193	BLOQUE	Perpendicular	
46	70	41,5	33	3698,76088	3,39	0,91652316	1,09213457	1,00096663	BLOQUE	Perpendicular	
42	48	46	44,5	2811,31291	11,39	4,05148781	1,02675793	4,15989723	BLOQUE	Perpendicular	
52	67	31	29	2644,51853	4,17	1,57684658	1,0127249	1,59691179	BLOQUE	Paralelo	
42	45	31	26	1776,16916	13,65	7,6850788	0,92597118	7,11616151	BLOQUE	Paralelo	
39	44	34	31,5	1904,76636	7,63	4,00574063	0,94064962	3,76799839	BLOQUE	Paralelo	
72	57	45	43	3265,85943	10,35	3,16915048	1,06197167	3,36554804	BLOQUE	Paralelo	
67	60	40	39	3055,77491	1,445	0,47287514	1,04620262	0,49472322	BLOQUE	Paralelo	
71	50	44	32	2801,127	18	6,42598497	1,02591972	6,59254471	BLOQUE	Paralelo	
55	45	31,5	27	1804,81705	10,63	5,88979363	0,92931076	5,47344859	BLOQUE	Paralelo	
44	37	33	29,5	1554,62548	6,85	4,40620591	0,89862666	3,9595341	BLOQUE	Paralelo	
54	70	39	27,5	3475,94396	3,43	0,98678231	1,07697314	1,06273804	BLOQUE	Paralelo	
65	62	21	25	1657,75789	3,25	1,96047929	0,91170796	1,78738457	BLOQUE	Paralelo	

3,02817203

3,45076353

Muestra: IsM4											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
64	70	61	47	5436,73286	16,59	3,051465	1,19100764	3,63431812	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 5 y 4.
59	77	64,5	63,5	6323,5442	2,13	0,33683642	1,23219552	0,41504833	BLOQUE	Perpendicular	
47	45	62,5	51,5	3580,98622	16,67	4,65514218	1,08421171	5,04715967	BLOQUE	Perpendicular	
60	91	51	39	5909,10473	16,83	2,84814719	1,21354498	3,45635472	BLOQUE	Perpendicular	
50	64	51	44,5	4155,85387	16,96	4,08099046	1,12114571	4,57538493	BLOQUE	Perpendicular	
65	90	62,5	56	7161,97244	12,35	1,7243853	1,26720198	2,18514447	BLOQUE	Perpendicular	
65	86	45	43	4927,43704	14,24	2,88994053	1,16493915	3,36660487	BLOQUE	Perpendicular	
48	46	36	30	2108,48469	4,96	2,3524003	0,96240274	2,26395648	BLOQUE	Perpendicular	
37	55	61	58,5	4271,71867	8,71	2,03899195	1,12810388	2,30019473	BLOQUE	Perpendicular	
43	65	62,5	59,5	5172,53565	13,12	2,53647358	1,17773284	2,98728822	BLOQUE	Perpendicular	
46	52	45	37	2979,38053	14,91	5,00439599	1,04025986	5,20587229	BLOQUE	Paralelo	
36	49	39	37,5	2433,16077	5,4	2,21933547	0,99392114	2,20584445	BLOQUE	Paralelo	
32	42	23	22	1229,9494	6,29	5,11403152	0,85248771	4,35964903	BLOQUE	Paralelo	
35	36	21	19	962,569096	5,24	5,44376505	0,80674388	4,39172413	BLOQUE	Paralelo	
36	40	19	17	967,662054	6,4	6,61387927	0,80770232	5,34204566	BLOQUE	Paralelo	
47	41	25	23	1305,07053	7,48	5,73149099	0,86393515	4,95163653	BLOQUE	Paralelo	
30	42	26,5	24,5	1417,11561	7,05	4,97489403	0,88009527	4,3783807	BLOQUE	Paralelo	
20	30	24	22,5	916,732472	4,08	4,45058959	0,79793605	3,55128588	BLOQUE	Paralelo	
32	21	21,5	2	574,867654	2,51	4,36622235	0,71839991	3,13669374	BLOQUE	Paralelo	
31	17	22	2,1	476,19159	3,11	6,53098473	0,68859583	4,49720882	BLOQUE	Paralelo	

3,11170833

4,30905639

Muestra: I4M3											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
80	57	45	27	3265,85943	0,82	0,25108245	1,06197167	0,26664245	BLOQUE	Perpendicular	Limolita laminar de color gris oscuro, ubicado estratigráficamente entre los mantos 4 y 3.
42	55	33	28,5	2310,92977	1,44	0,62312582	0,98246145	0,61219709	BLOQUE	Perpendicular	
88	83	42	29	4438,51305	1,75	0,39427619	1,13786814	0,44863431	BLOQUE	Perpendicular	
55	70	41	19	3654,19749	1,34	0,36670158	1,08916005	0,39939671	BLOQUE	Perpendicular	
53	71	29	27	2621,60022	1,1	0,41959105	1,01074349	0,42409893	BLOQUE	Perpendicular	
39	62	21	16	1657,75789	0,85	0,51274074	0,91170796	0,46746981	BLOQUE	Perpendicular	
81	85	29	22	3138,53548	1,45	0,46199892	1,05251206	0,48625944	BLOQUE	Perpendicular	
52	62	29	20,5	2289,2847	0,8	0,34945413	0,98038341	0,34259904	BLOQUE	Perpendicular	
80	85	30	19,5	3246,76084	0,8	0,24639942	1,06057117	0,26132412	BLOQUE	Perpendicular	
81	57	30	25	2177,23962	1,31	0,60167929	0,9693763	0,58325365	BLOQUE	Perpendicular	
44	27	36	34,5	1237,58884	0,09	0,07272205	0,85367622	0,06208109	BLOQUE	Paralelo	
25	25	35	34	1114,0846	0,52	0,46675091	0,83371974	0,38913945	BLOQUE	Paralelo	
41	30	27,5	21	1050,42262	0,1	0,09519978	0,82275478	0,07832607	BLOQUE	Paralelo	
31	31	31	29,5	1223,5832	0,24	0,19614522	0,85149291	0,16701627	BLOQUE	Paralelo	
35	21	41	40	1096,25925	0,11	0,10034123	0,83069957	0,08335342	BLOQUE	Paralelo	
32	16	22,5	15,5	458,366236	0,17	0,37088247	0,68271012	0,25320521	BLOQUE	Paralelo	
35	25	22	21	700,28175	0,23	0,32843923	0,75101719	0,24666351	BLOQUE	Paralelo	
36	22	35	31	980,394449	0,25	0,2549994	0,81008145	0,20657029	BLOQUE	Paralelo	
75	36	50	41,5	2291,83118	0,9	0,39269908	0,98062867	0,38509198	BLOQUE	Paralelo	
51	28	49	31	1746,88466	0,54	0,30912173	0,92251397	0,28516911	BLOQUE	Paralelo	

0,42729429

0,21317448

Muestra: I1M3											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
61	55	47,5	33	3326,33831	3,21	0,96502511	1,06636515	1,02906914	BLOQUE	Perpendicular	Limolita laminar de color gris oscuro, ubicado estratigráficamente entre los mantos 4 y 3.
36	59	47,5	34	3568,25382	1,63	0,45680607	1,08334314	0,49487772	BLOQUE	Perpendicular	
67	63	40	29	3208,56365	2,76	0,86019799	1,05775088	0,90987518	BLOQUE	Perpendicular	
41	67	45	31	3838,81723	2,89	0,75283605	1,10130579	0,8291027	BLOQUE	Perpendicular	
41	84	47	31	5026,74972	0,81	0,16113792	1,17018124	0,18856057	BLOQUE	Perpendicular	
57	53	43	22	2901,71292	1,67	0,57552213	1,03409574	0,59514498	BLOQUE	Perpendicular	
54	75	56	47	5347,60609	1,61	0,3010693	1,1865864	0,35724473	BLOQUE	Perpendicular	
44	60	62	51	4736,45111	3,29	0,69461289	1,15462362	0,80201645	BLOQUE	Perpendicular	
50	59	38,5	22,5	2892,16363	2,57	0,88860809	1,03332906	0,91822456	BLOQUE	Perpendicular	
49	77	33	26,5	3235,30168	2,9	0,89636154	1,05972779	0,94989924	BLOQUE	Perpendicular	
36	53	36,5	36	2463,0819	0,06	0,02435973	0,99665819	0,02427832	BLOQUE	Paralelo	
36	27	35,5	35	1220,4001	0,1	0,08194034	0,85099401	0,06973074	BLOQUE	Paralelo	
33	22	25	24	700,28175	0,09	0,1285197	0,75101719	0,0965205	BLOQUE	Paralelo	
33	27	40	39	1375,09871	0,36	0,26179939	0,87415535	0,22885334	BLOQUE	Paralelo	
28	41	48	46	2505,73542	0,3	0,11972533	1,00051573	0,11978708	BLOQUE	Paralelo	
43	35	43	29	1916,22551	1,19	0,6210125	0,94191993	0,58494405	BLOQUE	Paralelo	
33	47	57	56	3411,00874	0,2	0,05863368	1,07241316	0,06287953	BLOQUE	Paralelo	
41	32	36	29	1466,77196	0,66	0,4499677	0,88694172	0,39909512	BLOQUE	Paralelo	
34	22	30	23,5	840,3381	0,64	0,76159822	0,78246633	0,59592497	BLOQUE	Paralelo	
49	50	58	56	3692,39468	1,09	0,29520138	1,09171135	0,32227469	BLOQUE	Paralelo	

0,7320482

0,23551063

MANEJO DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMI



ABCISA	MUESTRA	DISCONTINUIDADES										OBSERVACIONES	
		ORIENTACIÓN (R/B)	DIP/DIRECCION	Tipo	Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración		JRC
00+6	11M4	N70E/13SE	13/160	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+13	11M4	N65E/10SE	10/155	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	5	
00+14	12M4	N70E/57NW	57/340	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+15	12M4	N15W/79SW	79/255	JT	I	1	C	P	MS	N	1	5	
00+18	13M4	N76E/71NW	71/341	JT	II	3	C	P	MR	N	1	9	
00+20	14M4	N85E/20SE	20/175	BD	V	1	VC	P	MR	N	3	7	
00+35	14M4	N15E/73NW	73/285	JT	I	3	C	U	MR	N	1	7	
00+50	14M4	N77E/79NW	79/344	JT	IV	3	C	P	MS	N	1	5	
00+60	15M4	N44E/17SE	17/134	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+80	15M4	N5E/64NW	64/275	JT	I	2	C	U	MS	N	1	5	
00+95	15M4	N83E/62NW	62/353	JT	II	3	C	P	MR	N	1	9	
00+110	16M4	N70E/72NW	72/340	JT	I	2	C	U	MR	N	1	9	
00+112	16M4	N65E/20SE	20/155	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+114	M4	N17W/84NE	84/73	JT	I	1	C	P	S	N	1	1	
00+116	M4	N73E/69NW	69/343	JT	I	1	C	U	R	N	1	15	
00+118	11M3	N86E/14SE	14/176	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+119	11M3	N87E/73NW	73/357	JT	I	2	C	P	MS	N	1	5	
00+119,5	11M3	N10W/85NE	85/80	JT	I	3	C	P	MS	N	1	5	
00+125	12M3	N75E/13SE	13/165	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+134	12M3	N71E/14SE	14/161	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	5	
00+135	13M3	N86E/86NW	86/353	JT	I	2	C	U	MR	N	1	9	
00+137	13M3	N42W/89NE	89/48	JT	I	3	C	P	MS	N	1	5	
00+140	14M3	N45W/84NE	84/45	JT	II	2	C	P	MR	N	1	7	
00+144	14M3	N70E/8SE	8/160	BD	V	1	VC	P	MS	N	1	5	

MANEJO DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO (I)



ABCISA	MUESTRA	LITOLÓGIA							% RQD	Grado de meteorización	Resistencia de roca
		Tipo de roca	Tamaño de grano	Color	Estructuras sedimentarias	Laminación	Espesor	Disposición de estratificación			
00+13,1	I1M4	CS	CY	G	LAMINAR	PARALELA	1	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+15,3	I2M4	CO	F	K	LAMINAR	PARALELA	0,4	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R3
00+18,5	I3M4	CS	CY	G	LAMINAR	PARALELA	0,65	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+51,2	I4M4	ST	SI	G	LAMINAR	PARALELA	4	PLANOPARALELA	69	SW	R2
00+109,8	I5M4	SD	F	G	LAMINAR	PARALELA	6	PLANOPARALELA	82	SW	R3
00+113,4	I6M4	ST	SI	G	LAMINAR	PARALELA	0,6	PLANOPARALELA	66	MW	R3
00+118	M4	CO	F	K	LAMINAR	PARALELA	0,9	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R2
00+119,8	I1M3	ST	SI	G	LAMINAR	PARALELA	0,3	PLANOPARALELA	72	SW	R2
00+134,5	I2M3	ST	SI	G	LAMINAR	PARALELA	1,85	PLANOPARALELA	MUY POBRE	SW	R2
00+137,7	I3M3	SD	F	G	LAMINAR	PARALELA	0,85	PLANOPARALELA	85	SW	R3
00+144,2	I4M3	ST	SI	G	LAMINAR	PARALELA	2,7	PLANOPARALELA	46	SW	R2

DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DE LAS ROCAS CON EL MARTILLO DE SCHMIDT



ABCISA	MUESTRA	ROCA	p	FECHA	ORIENTACIÓN	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R	σc	
00+13,1	I1M4	CS	23,05	20/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO												
00+15,3	I2M4	CO	12,55	20/10/2009		30	31	30	30	31	35	33	30	39	38	35,2	23,5677934	
00+18,5	I3M4	CS	23,05	20/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO												
00+51,2	I4M4	ST	25,4	20/10/2009		34	39	38	36	37	36	39	30	29	30	37,8	64,3677733	
00+109,8	I5M4	SD	25,2869565	20/10/2009		25	32	25	32	28	26	36	25	28	36	32,8	53,4502149	
00+113,4	I6M4	ST	25,4	20/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO												
00+118	M4	CO	12,55	20/10/2009		28	20	25	23	28	33	25	30	26	20	29	20,2646926	
00+119,8	I1M3	ST	25,4	20/10/2009		20	18	20	25	31	31	30	34	31	25	31,4	50,1320785	
00+134,5	I2M3	ST	25,4	20/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO												
00+137,7	I3M3	SD	25,2869565	20/10/2009		43	37	37	36	34	30	25	38	22	28	38,2	70,4360175	
00+144,2	I4M3	ST	25,4	20/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO												

Muestra: I3M2											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
48	70	41	37	3654,19749	4,03	1,10284132	1,08916005	1,20117071	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 3 y 2.
55	63	50	43	4010,70457	6,48	1,61567622	1,11221347	1,79697685	BLOQUE	Perpendicular	
43	44	40,5	38,5	2268,91287	2,41	1,0621827	0,97841366	1,03925406	BLOQUE	Perpendicular	
48	61	41	39,5	3184,3721	3,62	1,13680182	1,05595122	1,20040727	BLOQUE	Perpendicular	
47	72	47,5	46	4354,47924	1,29	0,29624668	1,13298497	0,33564303	BLOQUE	Perpendicular	
44	66	45	31	3781,52145	2,54	0,67168732	1,09758579	0,73723446	BLOQUE	Perpendicular	
48	79	31	25	3118,16365	3,5	1,12245552	1,05097105	1,17966825	BLOQUE	Perpendicular	
41	52	26	23	1721,41986	1,78	1,03403013	0,91947099	0,9507607	BLOQUE	Perpendicular	
34	56	32,5	29,5	2317,29597	2,52	1,08747438	0,98306976	1,06906318	BLOQUE	Perpendicular	
57	42	44	41,5	2352,94668	2,29	0,97324772	0,98645259	0,96006274	BLOQUE	Perpendicular	
44	63	37	3,05	2967,92138	2,29	0,77158378	1,03935829	0,801952	BLOQUE	Paralelo	
43	54	38	36	2612,68755	0,42	0,16075401	1,00996932	0,16235662	BLOQUE	Paralelo	
38	42	39,5	38	2112,3044	1,28	0,60597327	0,96279475	0,58342788	BLOQUE	Paralelo	
35	47	41	38	2453,5326	1,83	0,74586333	0,99578748	0,74272137	BLOQUE	Paralelo	
31	36	36,5	35	1673,03676	1,02	0,60966981	0,91359188	0,55698939	BLOQUE	Paralelo	
43	41	31	30	1618,28746	1,66	1,02577573	0,9067781	0,93015097	BLOQUE	Paralelo	
29	35	35	33	1559,71844	1,26	0,80783811	0,8992882	0,72647928	BLOQUE	Paralelo	
40	55	50	48	3501,40875	2,12	0,60547058	1,07874335	0,65314737	BLOQUE	Paralelo	
36	45	38	31,5	2177,23962	1,59	0,7302825	0,9693763	0,70791855	BLOQUE	Paralelo	
48	43	41	39,5	2244,72132	2,46	1,09590441	0,9760567	1,06966484	BLOQUE	Paralelo	

1,04220267

0,71284835

Muestra: I1M1											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	I _s (Mpa)	F	I _{s(50)} (Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
51	68	52	49	4502,17503	3,4	0,75519054	1,14152002	0,86206512	BLOQUE	Perpendicular	Arenisca de grano fino color gris, ubicada estratigráficamente entre los mantos 2 y 1.
42	76	53,5	42,5	5176,99199	4,24	0,81900841	1,17796106	0,96476002	BLOQUE	Perpendicular	
40	51	47	43	3051,95519	4,71	1,54327299	1,04590823	1,61412193	BLOQUE	Perpendicular	
34	47	46,5	31	2782,66503	3,15	1,13200833	1,02439443	1,15962303	BLOQUE	Perpendicular	
42	42	40	38,5	2139,04244	1,64	0,76669821	0,96552353	0,74026516	BLOQUE	Perpendicular	
53	32	25,5	21	1038,96347	2,85	2,74311859	0,8207267	2,25135066	BLOQUE	Perpendicular	
37	48	28	26,5	1711,23395	1,11	0,64865473	0,91824402	0,59562333	BLOQUE	Perpendicular	
35	38	24,5	23	1185,38602	1,28	1,07981702	0,84543837	0,91291874	BLOQUE	Perpendicular	
39	39	30,5	29,5	1514,51844	0,69	0,45559036	0,89335747	0,40700505	BLOQUE	Perpendicular	
35	37	21,5	20,5	1012,86206	0,81	0,79971403	0,81604163	0,65259994	BLOQUE	Perpendicular	
35	51	28,5	22	1850,65368	1,29	0,697051	0,93456962	0,65144269	BLOQUE	Paralelo	
40	52	32,5	30	2151,77483	2,08	0,96664389	0,96681367	0,93456453	BLOQUE	Paralelo	
42	62	41	39	3236,57492	1,93	0,59630938	1,05982161	0,63198157	BLOQUE	Paralelo	
36	41	42,5	40,5	2218,61991	2	0,90146131	0,97349147	0,8775649	BLOQUE	Paralelo	
45	48	28	25,5	1711,23395	2,06	1,20380968	0,91824402	1,10539105	BLOQUE	Paralelo	
39	52	29	24	1920,04523	1,51	0,78643981	0,94234206	0,74109531	BLOQUE	Paralelo	
32	36	37,5	34	1718,87339	0,96	0,55850536	0,91916478	0,51335845	BLOQUE	Paralelo	
45	37	37	32	1743,06494	2,53	1,45146629	0,92205972	1,3383386	BLOQUE	Paralelo	
32	45	32	22,5	1833,46494	1,65	0,8999354	0,9326095	0,8392883	BLOQUE	Paralelo	

0,93774716

0,82590405

Muestra: MANTO 2											
L(mm)	W _m (mm)	D(mm)	D'(mm)	D _e ² (mm)	P(KN)	Is(Mpa)	F	Is(50)(Mpa)	TIPO ENSAYO	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
82	67	36	37	3071,05378	0,4	0,13024845	1,04737733	0,13641928	BLOQUE	Perpendicular	Manto de carbón color negro.
57	37	46	42	2167,05371	0,33	0,15228049	0,96835405	0,14746143	BLOQUE	Perpendicular	
59	44	30	28,5	1680,6762	0,64	0,38079911	0,91452885	0,34825177	BLOQUE	Perpendicular	
72	36	25,5	23,5	1168,8339	1,03	0,88122016	0,84276769	0,74266388	BLOQUE	Perpendicular	
80	37	22,5	21,5	1059,97192	0,28	0,26415794	0,82443179	0,2177802	BLOQUE	Perpendicular	
47	38	22	20	1064,42826	0,35	0,32881502	0,82521039	0,27134157	BLOQUE	Perpendicular	
41	58	41	38	3027,76364	0,83	0,27412972	1,04403712	0,2862016	BLOQUE	Perpendicular	
77	49	48	46	2994,65941	0,61	0,20369595	1,04145779	0,21214074	BLOQUE	Perpendicular	
39	45	33	31	1890,76072	0,36	0,19039955	0,93908894	0,17880212	BLOQUE	Perpendicular	
45	45	29	27,5	1661,57761	0,36	0,21666156	0,9121802	0,19763439	BLOQUE	Perpendicular	
55	85	45	42	4870,14126	1,41	0,28951932	1,16187752	0,33638599	BLOQUE	Paralela	
55	69	44,5	43,5	3909,48202	0,36	0,09208381	1,10583498	0,1018295	BLOQUE	Paralela	
77	70	36	34,5	3208,56365	1,44	0,44879895	1,05775088	0,47471749	BLOQUE	Paralela	
83	50	35	33,5	2228,1692	1,13	0,50714281	0,97443267	0,49417653	BLOQUE	Paralela	
62	85	49	41,2	5303,0427	0,99	0,18668528	1,18435433	0,22110152	BLOQUE	Paralela	
97	64	64	65	5215,18918	1,05	0,20133498	1,17991104	0,23755736	BLOQUE	Paralela	
89	45	37	35	2119,94384	0,16	0,0754737	0,96357712	0,07272473	BLOQUE	Paralela	
50	45	26	25	1489,69027	0,31	0,20809695	0,89004117	0,18521485	BLOQUE	Paralela	
124	80	72,5	69	7384,78936	0,77	0,10426838	1,27596738	0,13304305	BLOQUE	Paralela	
119	72	67,5	61,5	6187,94419	2,22	0,35876212	1,22620035	0,43991424	BLOQUE	Paralela	

0,23245173

0,2662205

MANEJO DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO (DISCONTINUIDADES)

ABCISA	MUESTRA	DISCONTINUIDADES										OBSERVACIONES	
		ORIENTACIÓN (R/B)	DIP/DIRECCION	Tipo	Continuidad	Espaciamiento	Abertura	Forma	Rugosidad	Relleno	Infiltración		JRC
00+1	M3	N23W/83NE	83/67	JT	I	1	C	P	MR	N	1	7	
00+2	M3	N79E/88SE	88/169	JT	I	1	C	P	MR	N	1	9	
00+5	I1M2	N60W/88NE	88/30	JT	II	4	C	U	MR	N	1	11	
00+8	I1M2	N37W/84NE	84/53	JT	II	2	C	U	MR	N	1	11	
00+10	I1M2	N65E/14SE	14/155	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	9	
00+11	I2M2	N5E/86SE	86/95	JT	I	2	C	P	MR	N	1	9	
00+21	I3M2	N25E/80SE	80/115	JT	II	3	C	P	MR	N	1	9	
00+30	I3M2	N87E/73NW	73/357	JT	III	4	C	P	MR	N	1	9	
00+35	I3M2	N30W/58SW	58/240	JT	II	2	C	P	MR	N	1	9	
00+42	I3M2	N33W/88SW	88/237	JT	III	1	C	P	MR	N	1	9	
00+50	I3M2	N50E/12SE	12/140	BD	V	1	VC	U	MR	N	1	9	
00+56	I3M2	N83W/79NE	79/7	JT	II	2	VC	P	MR	N	1	11	
00+92	M2	N12W/84NE	84/78	JT	I	1	C	P	MR	N	1	7	
00+196	M2	N70E/17SE	17/160	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+100	M2	N86E/71SE	71/176	JT	I	1	C	P	MR	N	1	9	
00+115	I1M1	N45W/86NE	86/45	JT	II	3	C	P	S	N	1	3	
00+130	I1M1	N83E/83NW	83/353	JT	I	3	C	P	MR	N	1	7	
00+140	I2M1	N50W/82NE	82/40	JT	II	2	C	P	MS	N	1	9	
00+165	I2M1	N80E/85NW	85/350	JT	I	3	C	P	MR	N	1	9	
00+260	M1	N54E/21SE	21/144	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	
00+263	M1	N75E/89SE	89/165	JT	I	1	C	P	MR	N	1	7	
00+275	I1M0	N65W/87NE	87/25	JT	III	3	C	P	MR	N	1	9	
00+282	I2M0	N2E/70NW	70/272	JT	II	2	C	P	MR	N	1	7	
00+290	I2M0	N76E/50NW	50/346	JT	I	2	C	P	MR	N	1	9	
00+300	I2M0	N26W/88NE	88/64	JT	I	2	C	P	MR	N	1	9	
00+302	M0	N10W/76NE	76/10	JT	I	1	C	P	MR	N	1	7	
00+303	M0	N60E/14SE	14/150	BD	V	1	VC	P	MR	N	1	7	

MANEJO DE DATOS GEOTÉCNICOS EN CAMPO (I)



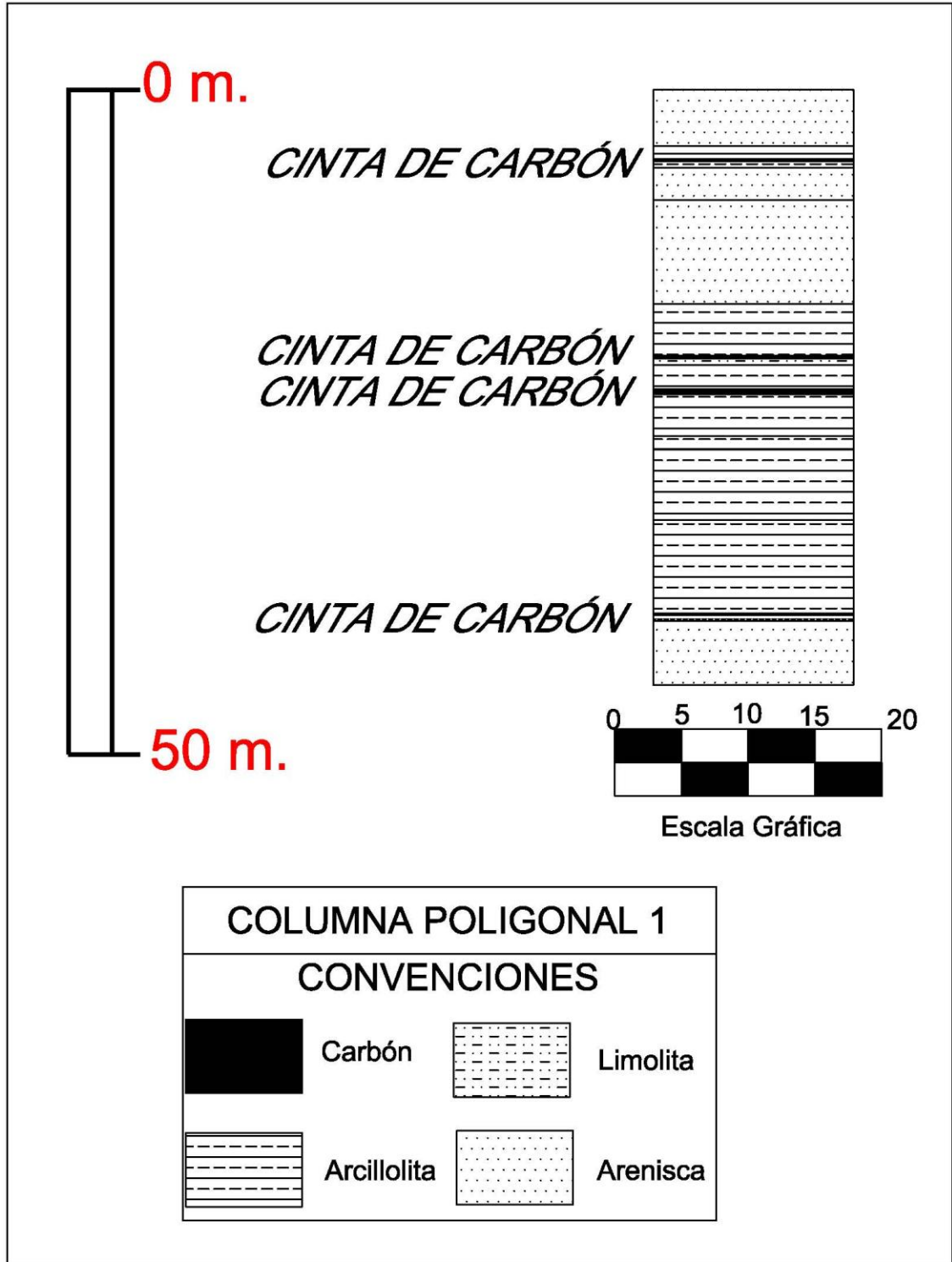
ABCISA	MUESTRA	LITOLÓGIA							% RQD	Grado de meteorización	Resistencia de roca
		Tipo de roca	Tamaño de grano	Color	Estructuras sedimentarias	Laminación	Espesor	Disposición de estratificación			
00+2	M3	CO	F	K	LAMINAR	PARALELA	1,8	PLANOPARALELA	66	SW	R3
00+10	I1M2	SD	F	G	LAMINAR	PARALELA	2,8	PLANOPARALELA	72	SW	R2
00+11	I2M2	CS	CY	G	LAMINAR	PARALELA	0,45	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+57	I3M2	SD	F	G	LAMINAR	PARALELA	11,3	PLANOPARALELA	89	SW	R2
00+100.8	M2	CO	F	K	LAMINAR	PARALELA	3,5	PLANOPARALELA	59	SW	R3
00+131,2	I1M1	SD	F	G	LAMINAR	PARALELA	7,6	PLANOPARALELA	82	SW	R2
00+167.7	I2M1	ST	SI	G	LAMINAR	PARALELA	6,6	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R2
00+263.7	M1	CO	F	K	LAMINAR	PARALELA	0,45	PLANOPARALELA	63	SW	R3
00+283,5	I1M0	SD	F	G	LAMINAR	PARALELA	5,6	PLANOPARALELA	72	SW	R2
00+301.7	I2M0	ST	SI	G	LAMINAR	PARALELA	4,8	PLANOPARALELA	MUY POBRE	MW	R1
00+303.7	M0	CO	F	K	LAMINAR	PARALELA	0,5	PLANOPARALELA	59	SW	R3

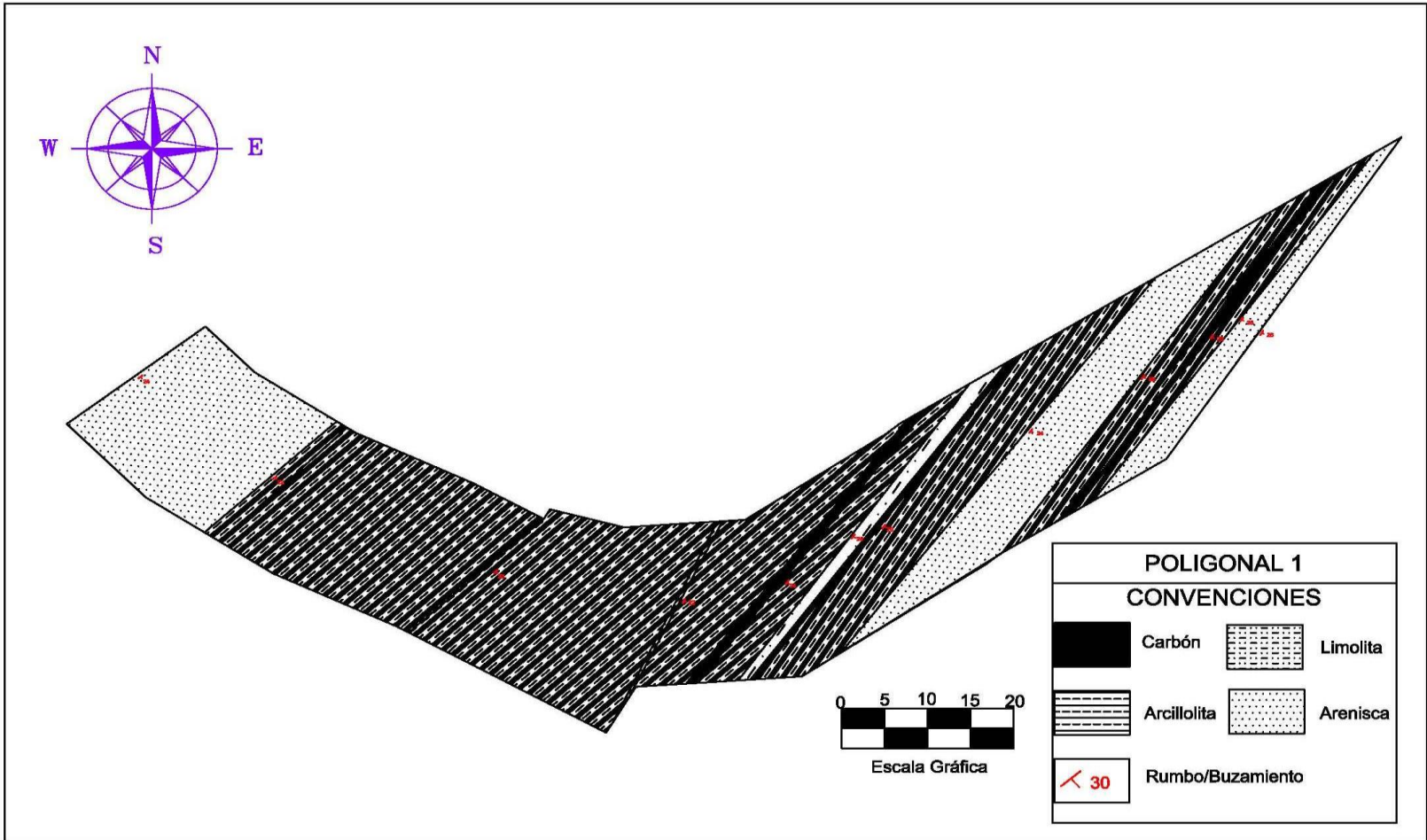
DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON EL MARTILLO DE SCHMIDT



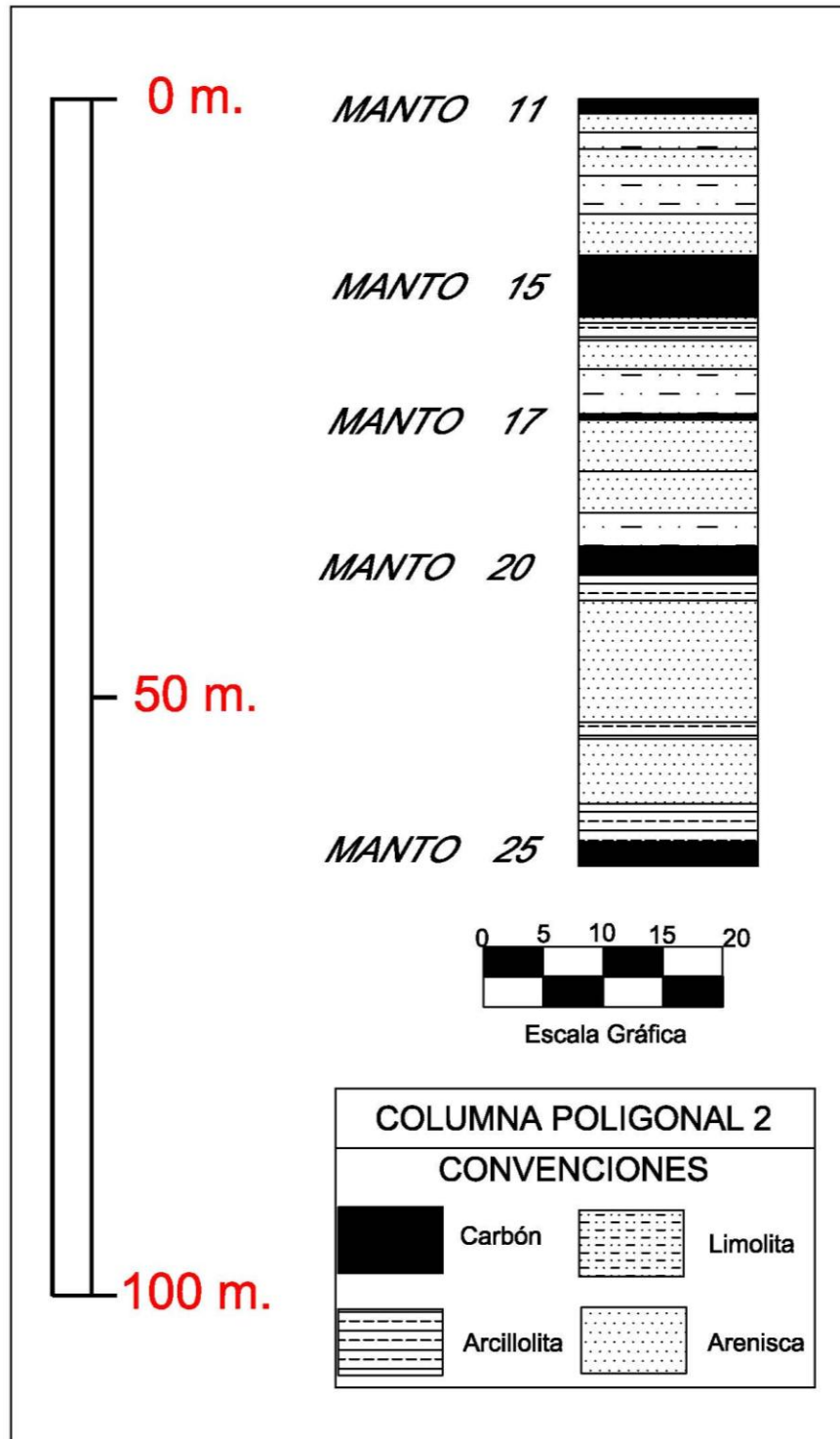
ABCISA	MUESTRA	ROCA	d	FECHA	ORIENTACIÓN	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R	σc
00+2	M3	CO	12,55	22/10/2009		39	35	44	34	39	40	36	35	29	28	39,6	22,3021501
00+10	I1M2	SD	25,2869565	22/10/2009		23	20	25	26	30	26	26	28	25	24	27,2	40,1481374
00+11	I2M2	CS	23,05	22/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+57	I3M2	SD	25,2869565	22/10/2009		39	42	38	28	35	32	29	43	35	37	39,8	64,9286464
00+100,8	M2	CO	12,55	22/10/2009		20	18	17	40	33	39	38	37	30	35	37,8	21,5036802
00+131,2	I1M1	SD	25,2869565	22/10/2009		30	27	31	26	27	29	29	30	28	28	29,8	45,8531011
00+167,7	I2M1	ST	25,4	22/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+263,7	M1	CO	12,55	22/10/2009		22	35	39	42	30	32	33	36	34	30	37,2	24,7441994
00+283,5	I1M0	SD	25,2869565	22/10/2009		23	20	21	23	20	26	21	23	27	20	24,4	34,7955236
00+301,7	I2M0	ST	25,4	22/10/2009		NO HAY CONDICIONES PARA REALIZAR ENSAYO											
00+303,7	M0	CO	12,55	22/10/2009		21	28	26	20	26	29	22	19	22	28	27,4	17,4191834

ANEXO H. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 1.



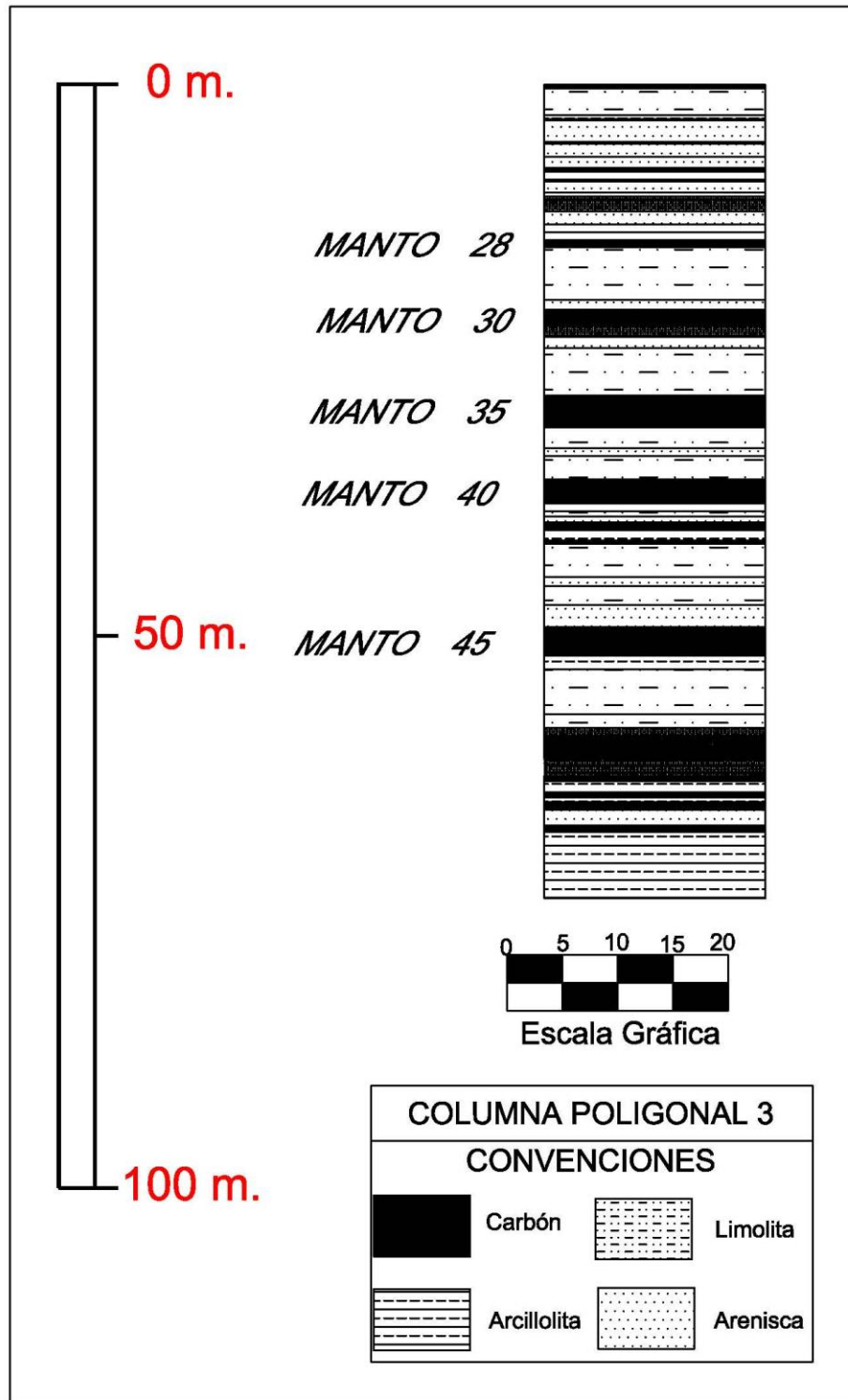


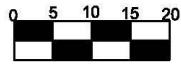
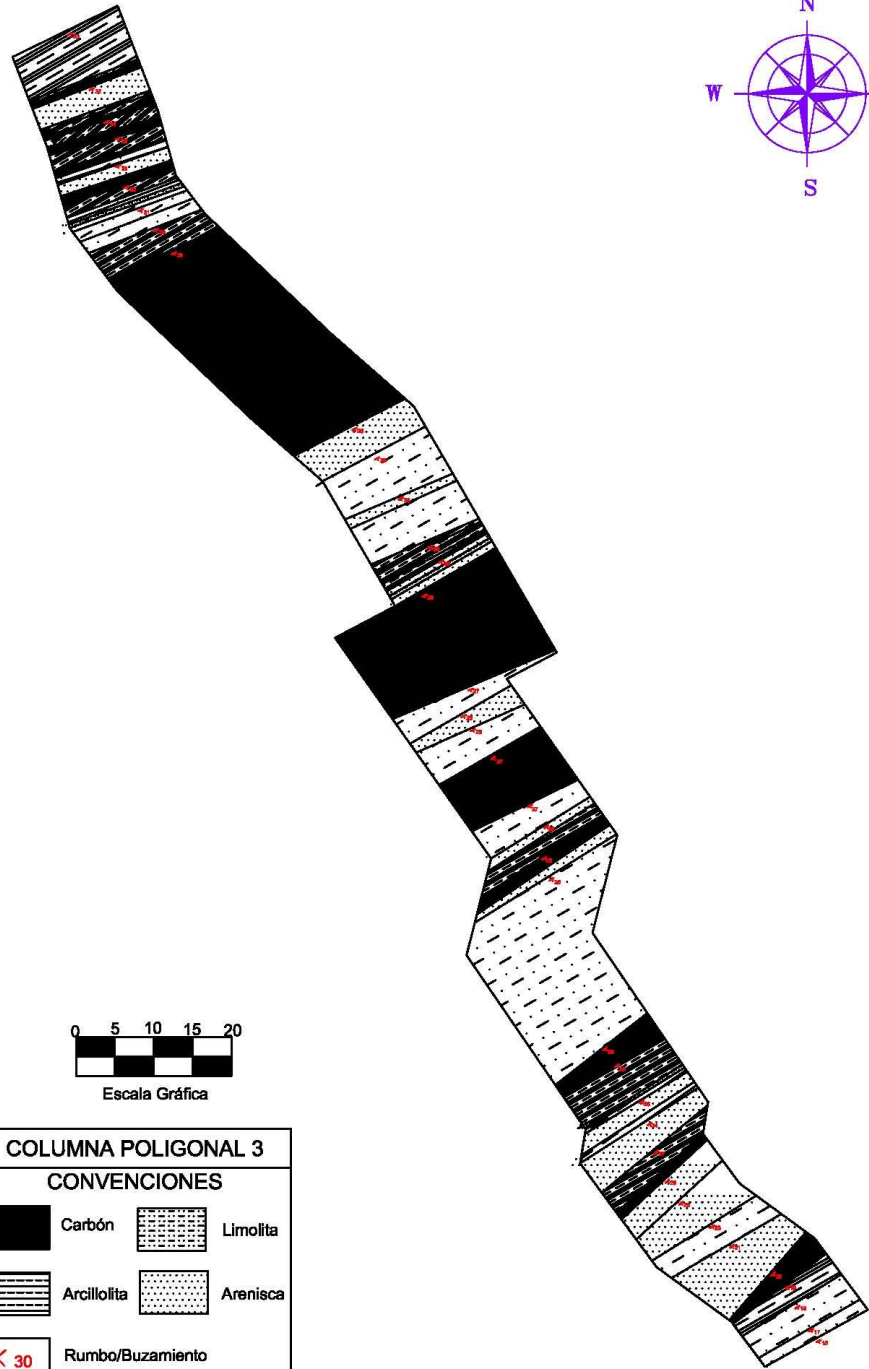
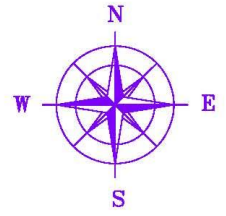
ANEXO I. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 2.





ANEXO J. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 3.

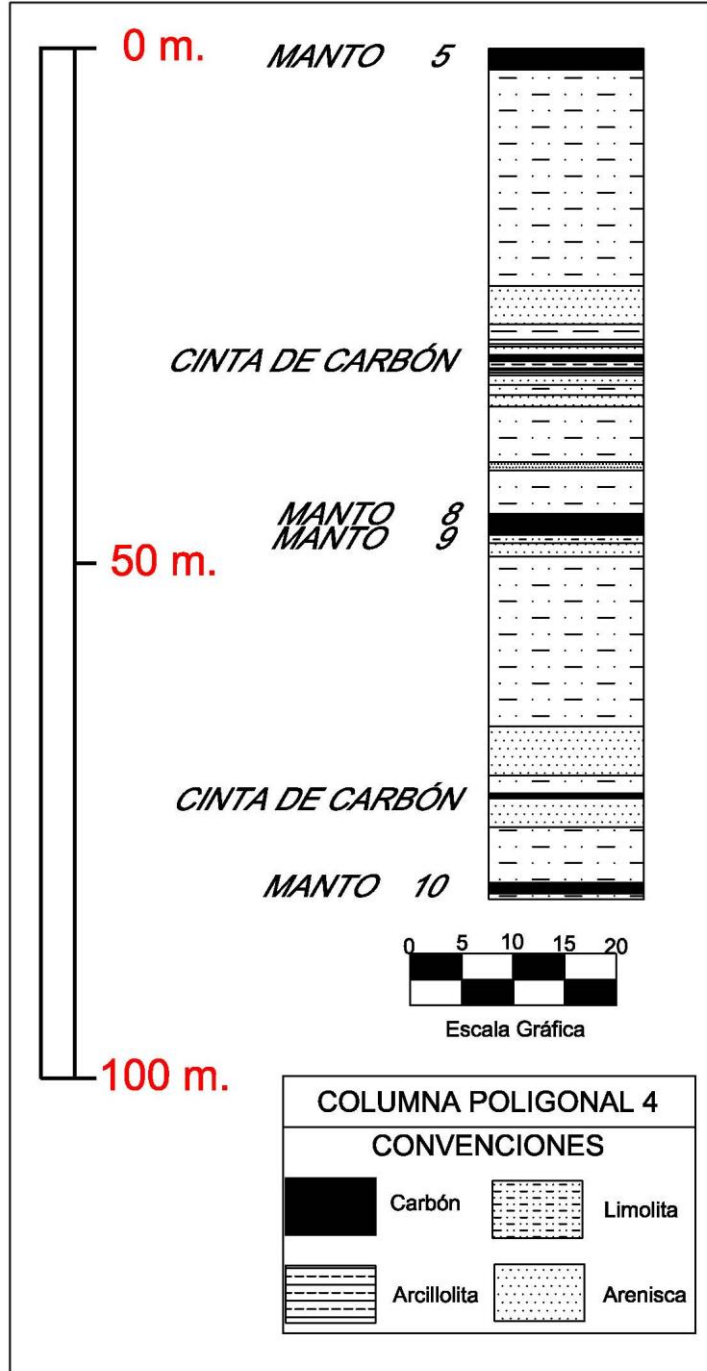


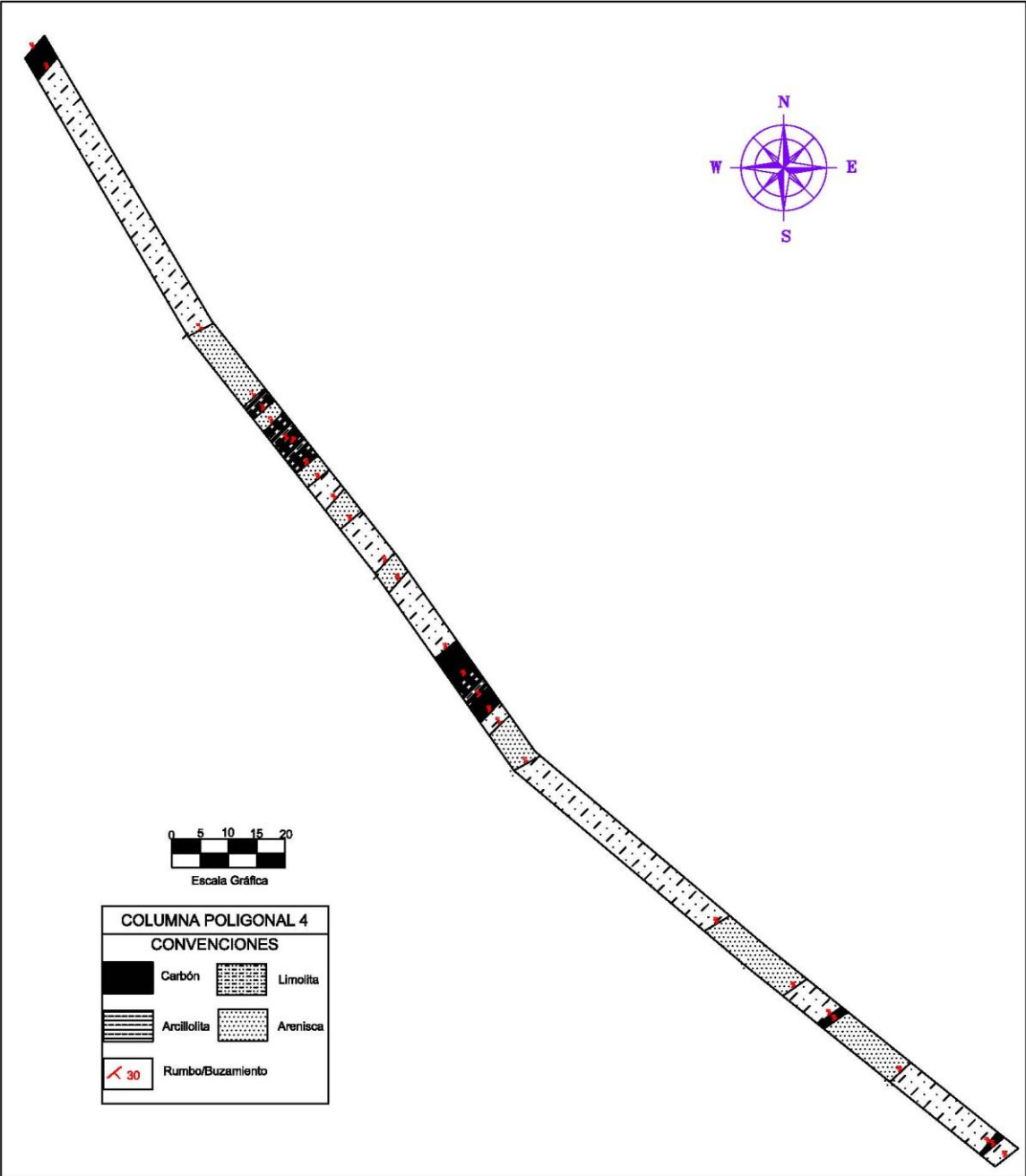


Escala Gráfica

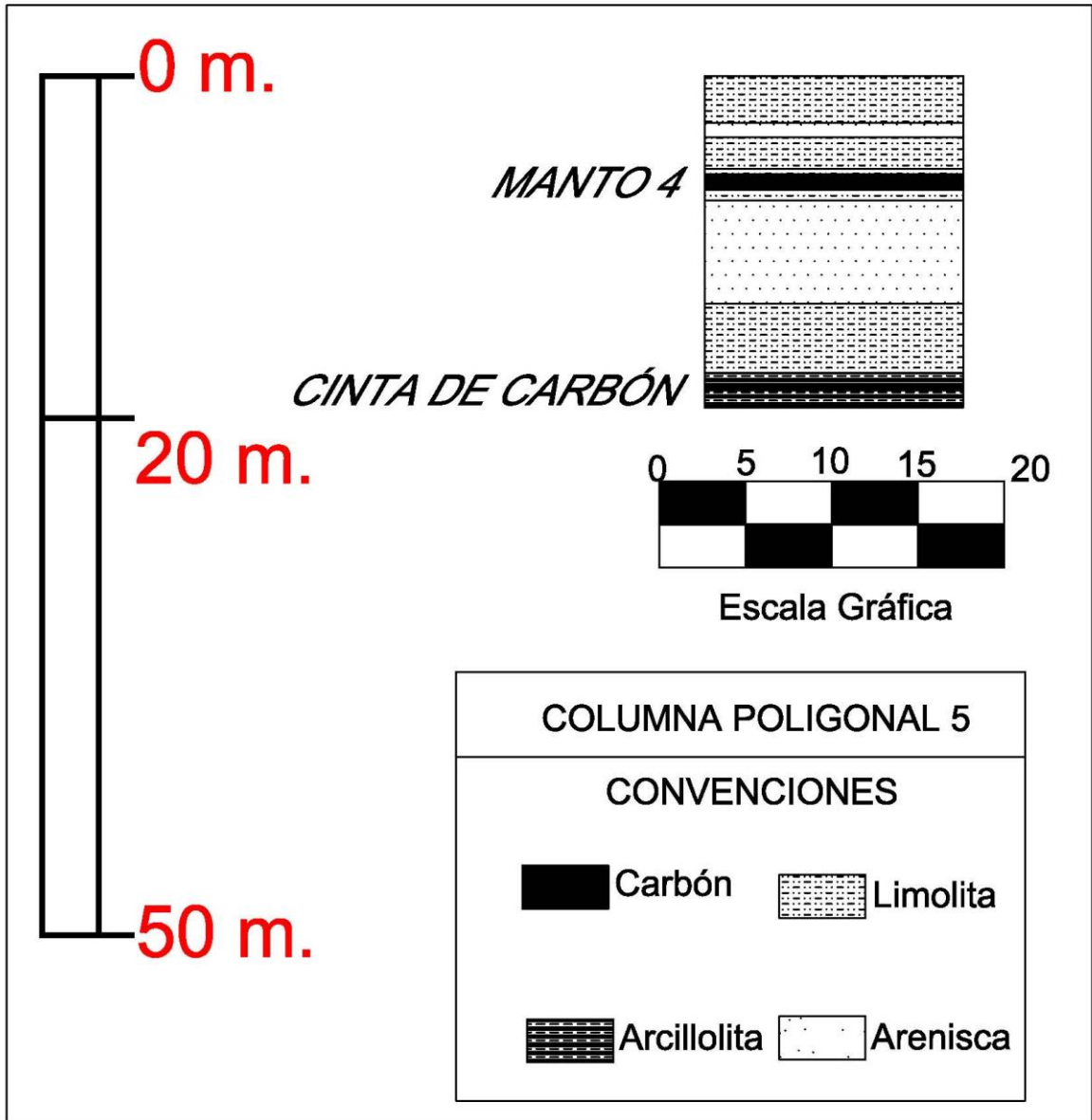
COLUMNA POLIGONAL 3			
CONVENCIONES			
	Carbón		Limolita
	Arcillolita		Arenisca
	Rumbo/Buzamiento 30		

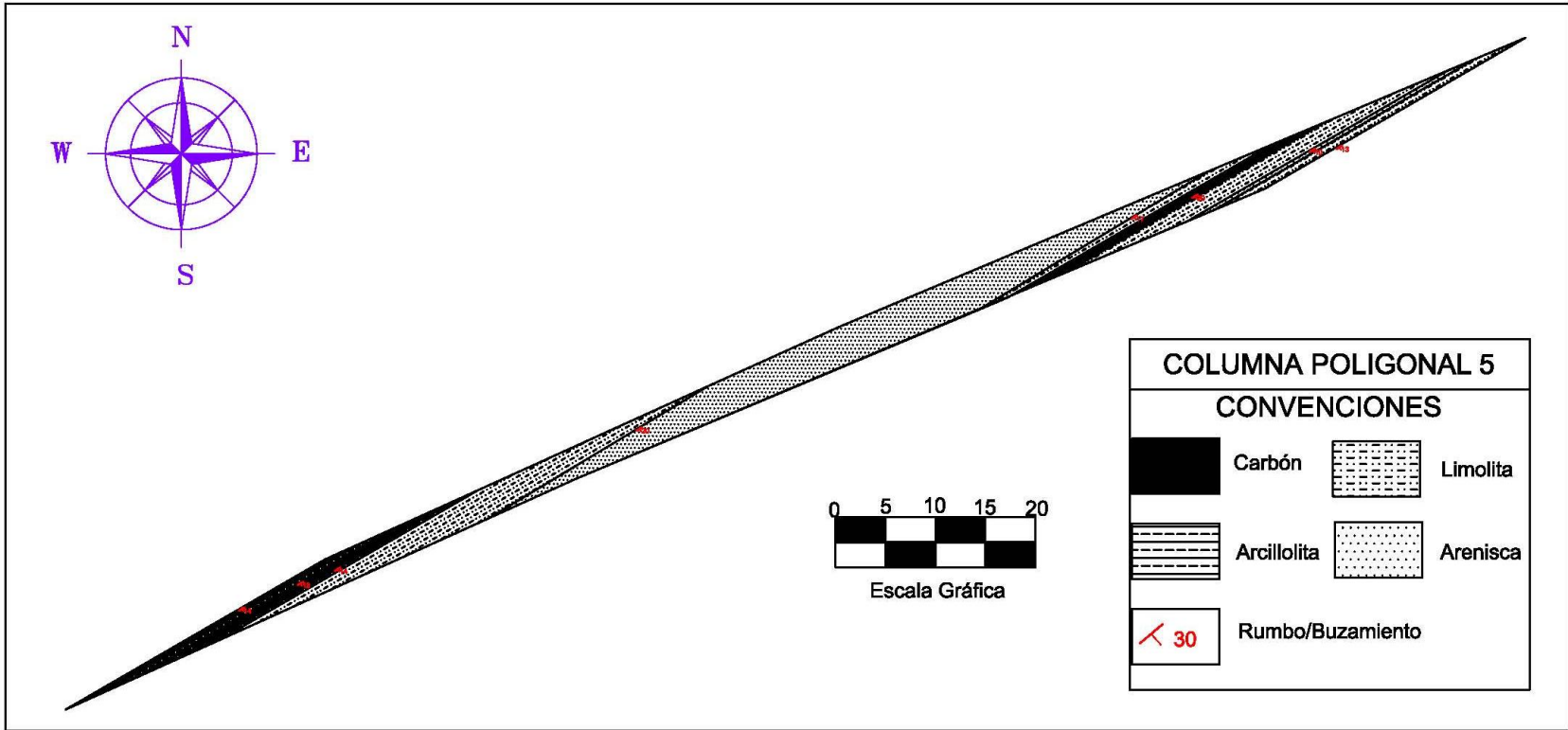
ANEXO K. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 4.



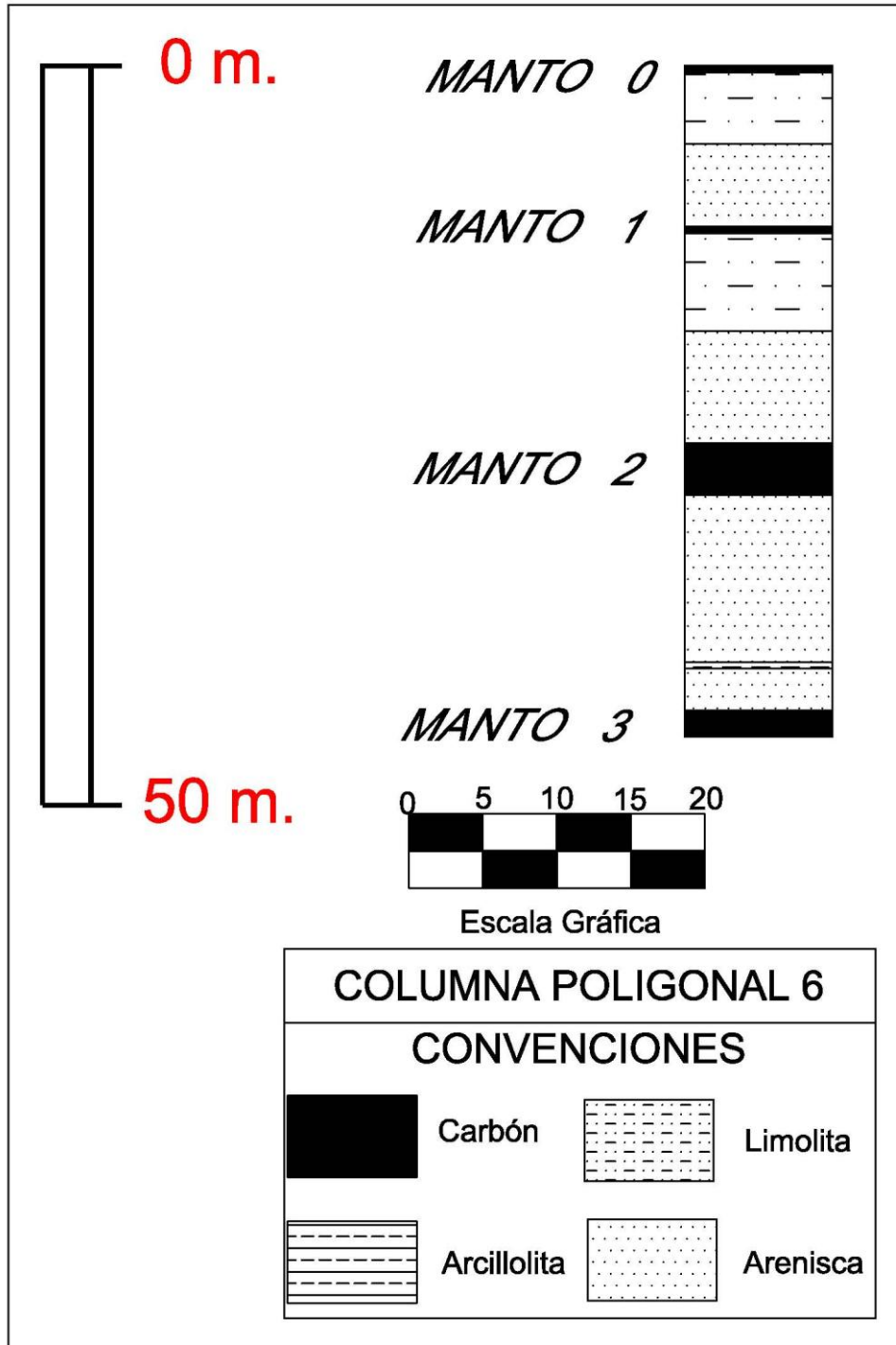


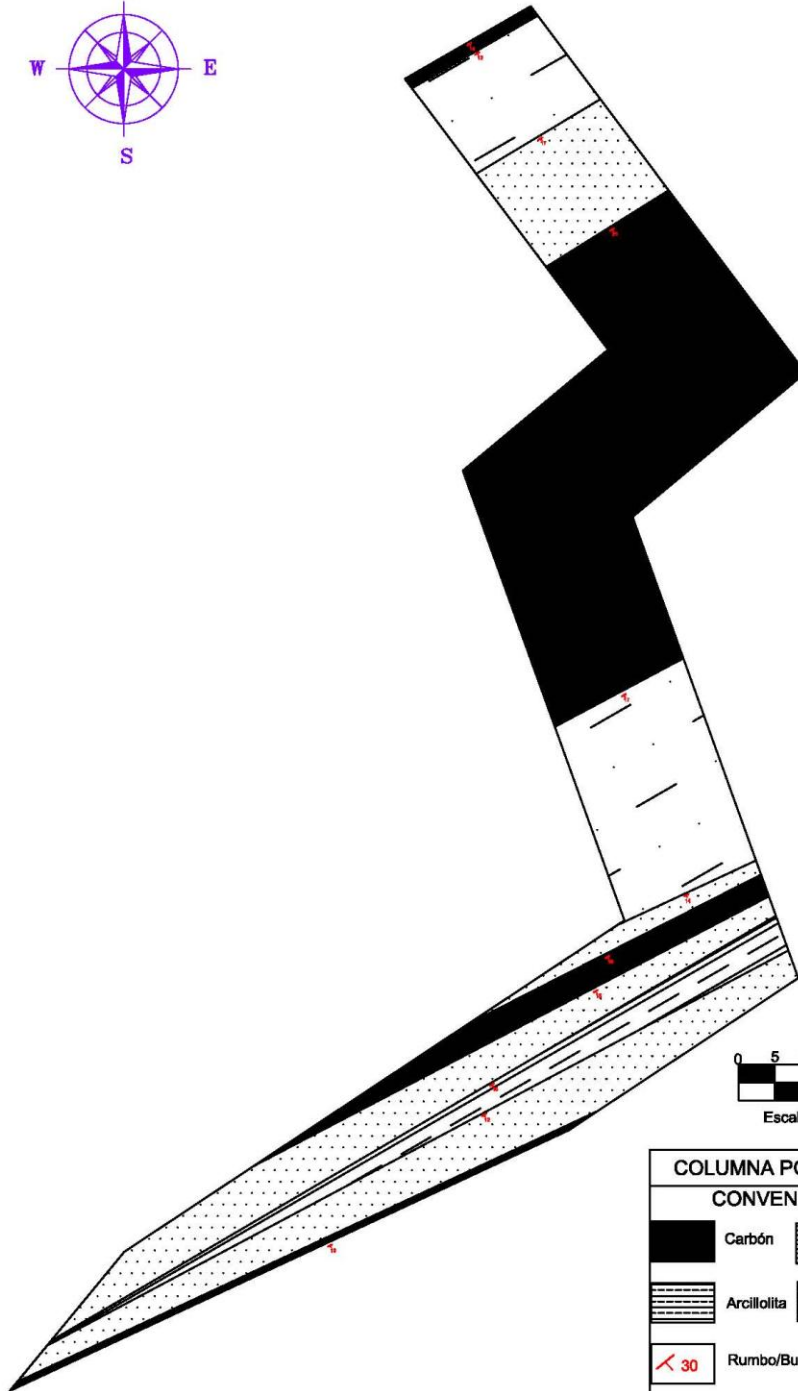
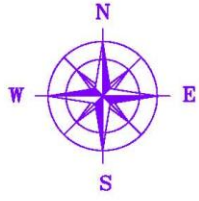
ANEXO M. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 5.





ANEXO N. PLANO Y COLUMNA DE LA POLIGONAL 6.

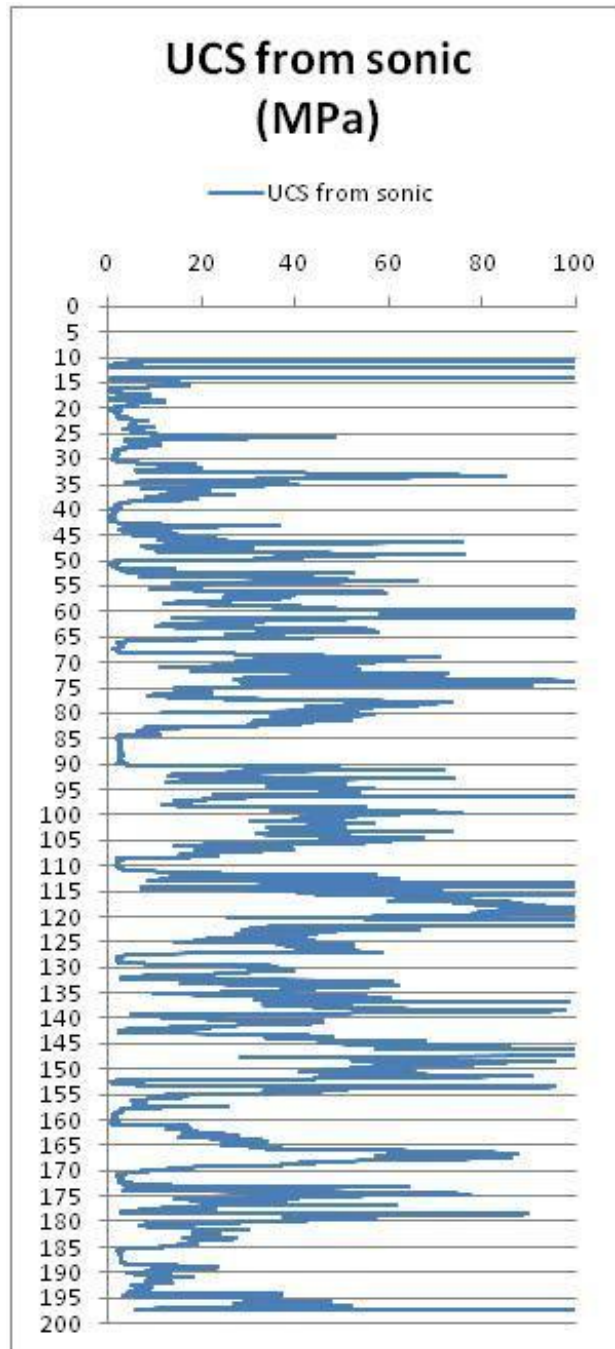




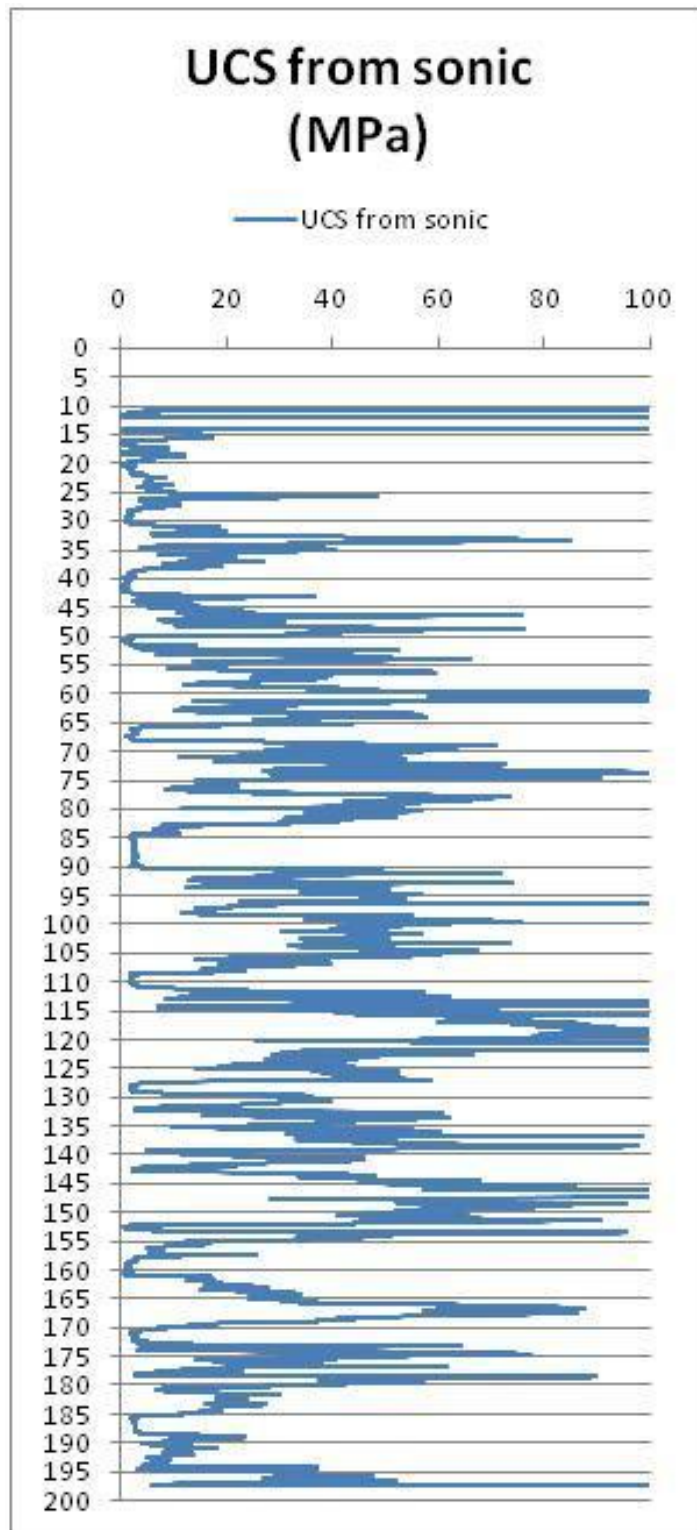
Escala Gráfica

COLUMNA POLIGONAL 6			
CONVENCIONES			
	Carbón		Limolita
	Arcillolita		Arenisca
	Rumbo/Buzamiento		

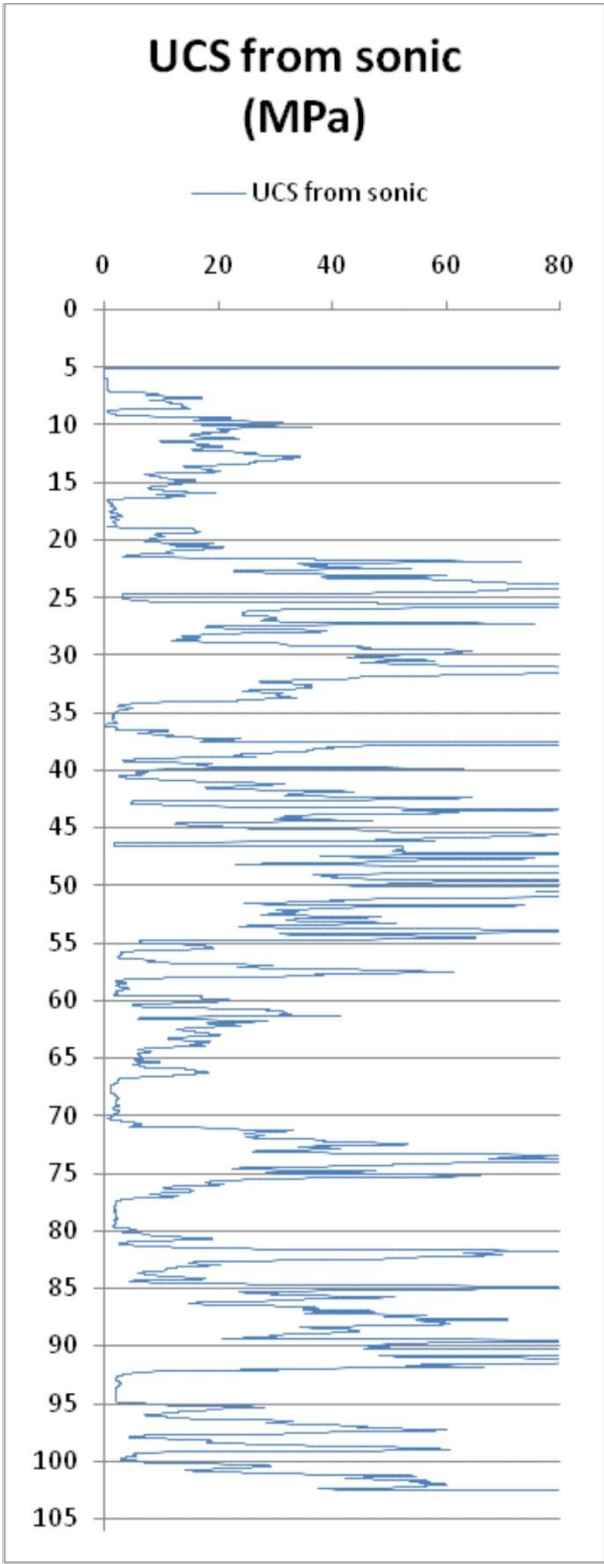
**ANEXO Ñ. REGISTROS DE COMPRESIÓN SIMPLE DE LOS POZOS
CORRELACIONADOS**



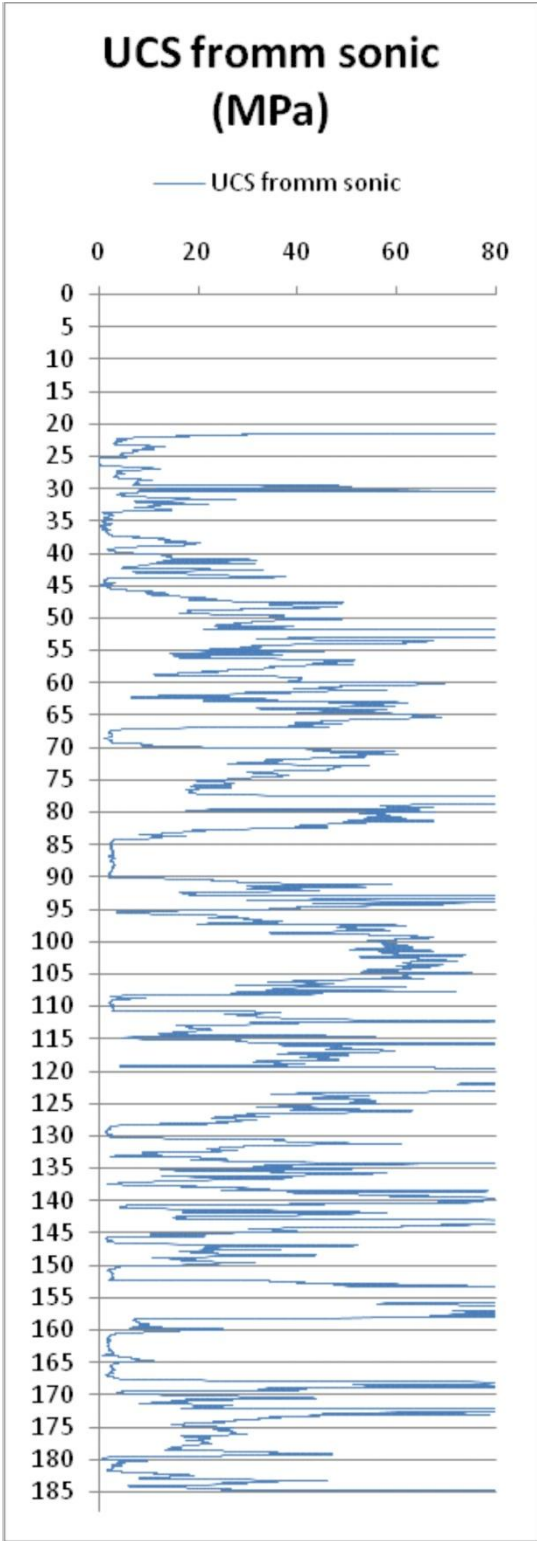
Coorelación registro sónico pozo JC4014



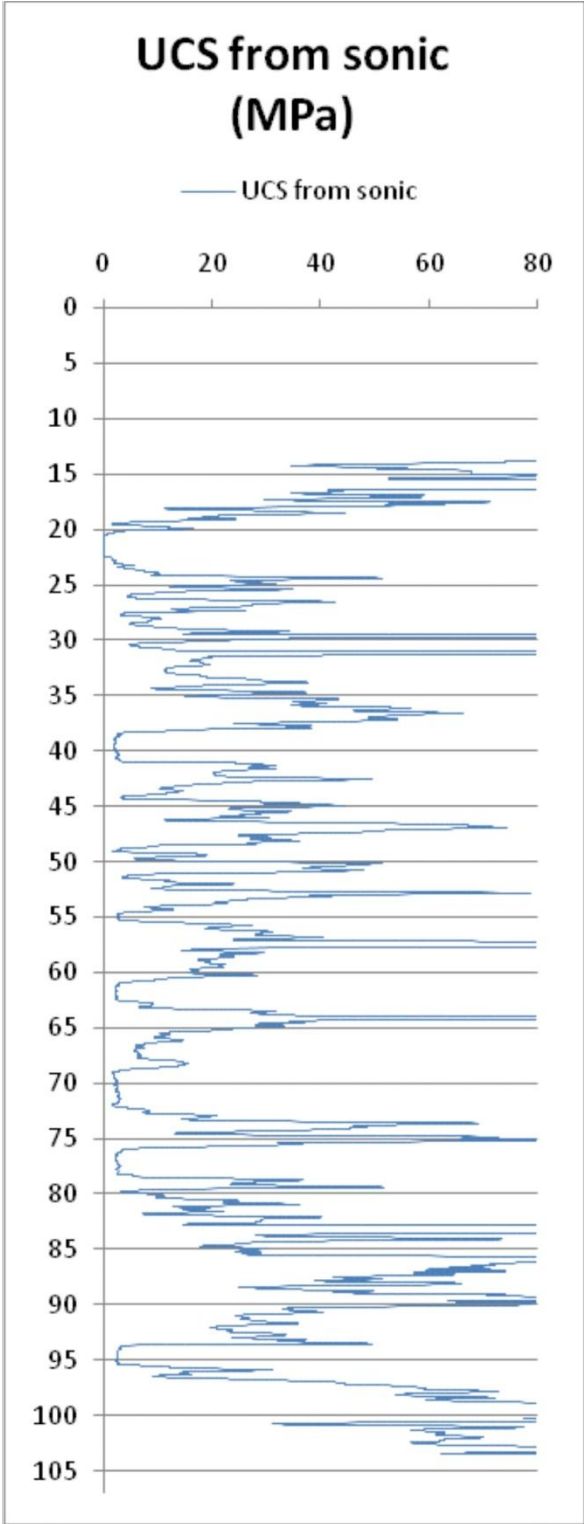
Coorelación registro sónico pozo JC4015



Coorelación registro sónico pozo JC4019



Coorelación registro sónico pozo JC4033



Coorelación registro sónico pozo JC4034