TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUDES OPERATIVOS Y TALUD FINAL DE LA FOSA NORESTE DE LA MINA PASO DIABLO, CARBONES DEL ZULIA S.A, ESTADO ZULIA

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela,
por el Br. Sánchez Seijas, Tomás Alejandro
Para optar al Título de Ingeniero de Minas

Caracas, 2017

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE GEOLOGIA, MINAS Y GEOFISICA
DEPARTAMENTO DE MINAS

ACTA

Quienes suscriben, integrantes de la totalidad del jurado examinador del Trabajo Especial de Grado, titulado: **"PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUDES OPERATIVOS Y TALUD FINAL DE LA FOSA NOROESTE DE LA MINA PASO DIABLO, CARBONES DEL ZULIA, S.A."**, presentado por el **Bachiller Tomás Alejandro Sánchez Seijas**, portador de la cédula de identidad V-17.978.143, para optar al título de Ingeniero de Minas, acordaron por unanimidad solicitarles a las autoridades correspondientes de la Facultad de Ingeniería, tengan a bien otorgar **MENCIÓN HONORÍFICA** al Trabajo de Grado antes mencionado.

Esta solicitud se hace con base en la originalidad del enfoque utilizado para tratar el tema presentado y a la excelencia, tanto de su contenido como de su presentación formal, atributos que lo convierten en una fuente de referencia útil.

Se levanta la presente Acta en Caracas, a los veintidós (22) días del mes de febrero del año dos mil diecisiete.

Profesor José L. Contreras
Jurado Principal

Profesora Sasha Cazal
Jurado Principal

Profesor Miguel Castillejo
Tutor Académico

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUDES OPERATIVOS Y TALUD FINAL DE LA FOSA NORESTE DE LA MINA PASO DIABLO, CARBONES DEL ZULIA S.A, ESTADO ZULIA

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Miguel Castillejo

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. José Antonio Paredes

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela,
por el Br. Sánchez Seijas, Tomás Alejandro
Para optar al Título de Ingeniero de Minas

Caracas, 2017

DEDICATORIA

A la Gloria de Dios todo poderoso, por iluminar mi camino.

A mis padres, que en este tiempo, a pesar de las adversidades estuvieron conmigo de una manera u otra, un ejemplo a seguir Los Amo enormemente

A mis hermanos, Víctor y María, que a pesar de mis locuras siempre me tuvieron paciencia y de una manera u otra han sido mi motivación principal

A mi familia que mucho me han servido a enseñar con sus ejemplos de trabajo, constancia y dedicación se llega construir un gran futuro, esto es para ustedes. ¡LO HICE!

A mi familia masónica, la universidad enseña y forma académicamente al ser humano, pero nuestra augusta orden enseña el complemento de lo académico, la formación moral, llena de las más puras virtudes, para ustedes, que con su ejemplo he rectificado mucho de quien soy, en mi corazón los llevo siempre.

A mi novia, Adriana Moreno, quien fue mi apoyo incondicional en este último trayecto de la carrera, gracias por creer en mí siempre.

A todos gracias por tanto.

Tomás Sánchez.

Febrero, 2017

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela, por ser mí casa de estudios, por la valiosa oportunidad de haber vivido tantas experiencias, por haber aprendido en ella tanto, incluso más fuera de los salones que dentro de ellos.

Al departamento de Ingeniería de Minas, que sin su formación no hubiese llegado hasta este punto.

A mi Tutor, profesor Miguel Castillejo, quien con su experiencia, dedicación y conocimiento hizo posible la culminación de este Trabajo Especial de Grado, y la gran cantidad de conocimientos adquiridos hasta su finalización

A la Superintendencia de Geología y la Superintendencia de Planificación de empresa Carbones del Zulia, el apoyo y la oportunidad invaluable para la ejecución de este trabajo

A todos mis profesores, en especial a los profesores, José Luis Contreras, Alba Castillo y Diego Merchan quienes me ayudaron y me apoyaron para salir adelante en esta carrera.

A mis compañeros Angel Mercado, Carlos Utches y Willdave Brandt, mi equipo A, grandes amigos que en momentos buenos y malos con sus consejos también aportaron su ayuda

.

Tomás Sánchez.

Febrero, 2017

Sánchez S, Tomás A.

PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUDES OPERATIVOS Y TALUD FINAL DE LA FOSA NORESTE DE LA MINA PASO DIABLO, CARBONES DEL ZULIA S.A, ESTADO ZULIA

Tutor Académico: Prof. Miguel Castillejo

Tutor Industrial: Ing. José Antonio Paredes.

Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Año 2017, nº pág. (189).

Palabras claves: Geotecnia, Estabilidad de taludes, Carbón, Mina Paso Diablo, Estado Zulia, SRM, Análisis Cinemático de Taludes, Análisis Mecánico de Taludes, Modelo, Diseño de Taludes

Resumen: El trabajo especial de grado basa su contenido en la elaboración de una propuesta de diseño de taludes operativos y talud final de la mina Paso Diablo, en el estado Zulia. El Trabajo tiene por objetivos fundamentales: a) Actualizar el modelo geológico de la zona, b) Definir las propiedades geomecánicas de los estratos, c) Diseñar el modelo geomecánico a partir del modelo geológico actualizado d) Diseñar el talud operativo y el talud final de la fosa Noreste. La metodología usada para el desarrollo del Trabajo Especial de Grado se basa en 3 etapas, la primera constituida por la recolección de datos de las perforaciones realizadas el área de estudio. En la segunda etapa se realizaron ensayos geomecánicos de compresión simple, corte directo, tracción indirecta y triaxiales a núcleos de rocas pertenecientes a las perforaciones realizadas previamente en el área. La tercera etapa fue el trabajo hecho en oficina, donde se analizaron los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio y trabajos previos para definir los parámetros de diseño de los taludes. Principalmente se realizó una propuesta de configuración de los taludes a partir de los resultados obtenidos en laboratorio, se obtuvieron cinco taludes finales los cuales fueron analizados cinemáticamente y a partir de las posibilidades cinemáticas de movimiento de taludes, se procedió al análisis mecánico de los mismos. Posteriormente se caracterizó el macizo rocoso según la clasificación SMR y se procedió al diseño sobre la topografía actualizada para el año.

.

INDICE

INTRODUCCIÓN 24

CAPITULO I FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACION 25

1.1. Planteamiento del problema 25

1.2. Objetivos de la investigación 25

1.2.1. Objetivo General 25

1.2.2. Objetivos Específicos 25

1.3. Justificación de la investigación 26

1.4. Alcance de la investigación 26

CAPITULO II MARCO TEORICO 27

2.1. Antecedentes de la investigación 27

2.2. Bases teóricas 30

2.2.1. Ubicación geográfica general 30

2.2.2. Geología 31

2.2.2.1. Geología Regional 31

2.2.2.2. Geología Local 39

2.2.3. Macizo Rocoso 41

2.2.4. Talud, concepto y definición. 43

2.2.5. Estabilidad de taludes 43

2.2.6. Ensayos Geomecánicos 44

2.2.6.1. Compresión Uniaxial 45

2.2.6.2. Compresión Triaxial 47

2.2.6.3. Tracción indirecta o ensayo brasilero 48
2.2.6.4. Ensayo de corte directo 50
2.2.7. Proyección estereográfica 52
2.2.7.1. Proyección en el plano ecuatorial 52
2.2.7.2. Diagrama de densidad de polos 53
2.2.7.3. Roseta de Diaclasas 54
2.2.8. Esfuerzo efectivo 55
2.2.8.1. Resistencia máxima o resistencia pico 56
2.2.8.2. Resistencia residual 56
2.2.9. Clasificación de Deere o Índice RQD 57
2.2.10. Criterio de Mohr-Coulomb 58
2.2.11. Clasificación de Bieniawski 60
2.2.12. Clasificación de Romana 62
2.2.13. Estabilidad de taludes 65
2.2.14. Factor de Seguridad 65
2.2.15. Tipo de falla 67
2.2.15.1. Falla Plana 68
2.2.15.2. Falla en Cuña 68
2.2.15.3. Falla por Volcamiento 69
2.2.16. RocData (Rocscience) 70
2.2.16.1. Criterios Fuerza: Generalizada Hoek-Brown 71
CAPITULO III 73

3.1. Tipo de la investigación 73
3.2. Diseño de la investigación 73
3.3. Población y muestra 74
3.4. Medios, instrumentos y técnicas. 74
3.5. Metodología 74
3.5.1 Fase I: Recopilación de información y Análisis de la información 75
3.5.1.1 Recopilación de la información 75
3.5.1.2 Análisis de la información recopilada 75
3.5.2 Fase II: Recolección de muestra 76
3.5.2.1. Selección de las muestras 76
3.5.2.2. Obtención de datos estructurales 76
3.5.3. Fase III: Trabajo de laboratorio y oficina 76
3.5.3.1. Estudios Geomecánicos 77
CAPITULO IV 81
4.1. Actualización del modelo geológico 81
4.2. Propiedades geomecánicas de los estratos 107
4.2.1. Ensayos de Corte Directo 107
4.2.1.1. Limolitas 107
4.2.1.2. Areniscas 109
4.2.2. Ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta 111
4.2.2.1. Limolitas 111
4.2.2.2. Areniscas 113

4.2.2.3. Carbones 115

4.3 Diseño del modelo geomecánico 117

4.3.1. Análisis de parámetros geomecánicos propuestos por Goder Associates y Carbozulia comparado con los resultados obtenidos en laboratorio 119

4.3.1.1. Pared Alta 119

4.3.1.2. Pared Baja 119

4.3.1.3. Piso 4O 119

4.3.1.4. Pared Final Noroeste 119

4.3.1.5. Pared Final Noreste 119

4.3.2 Análisis de estabilidad de taludes 120

4.3.2.1. Análisis Cinemático 126

4.3.2.2. Análisis Mecánico 159

4.3.2.3. Falla por volcamiento 165

4.3.3. Caracterización del macizo Rocoso 170

4.3.3.1 Zona FPPB 171

4.3.3.2, Zona FPPA1 y FPPA2 172

4.3.3.3. Zona FPNE1 y FPNE2 173

4.3.3.4. Zona FPNW 174

4.3.3.5. Zona FPP4O 176

4.4. Diseño de talud operativo y talud final de la fosa Noreste 177

CONCLUSIONES 182

5.1. Conclusiones 182

5.2. Recomendaciones..... 184

BIBLIOGRAFÍA..... 185

ANEXOS..... **¡Error! Marcador no definido.**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Determinación del RMR 1989 (Bañon & Beviá, 2000) 61

Tabla 2. Calidad de la roca en función del RMR 1989 (Bañon & Beviá, 2000) 62

Tabla 3. Factores de ajuste según método de excavación (Alpízar , 2012) 63

Tabla 4. Clasificación SMR (Belandria & Borgiorno, 2012) 64

Tabla 5. Calidad del talud rocoso según el índice SMR (Bañon & Beviá, 2000) 64

Tabla 6. Perforaciones en la fosa noreste 81

Tabla 7. Nivel freático 82

Tabla 8. Datos de la perforación PHG-012 83

Tabla 9. Datos de la perforación PHG-028R 86

Tabla 10. Datos de la perforación PHG-031 89

Tabla 11. Datos de la perforación PHG-030 90

Tabla 12. Datos de la perforación PHG-030A 95

Tabla 13. Collar 97

Tabla 14. Survey 97

Tabla 15. Assay 98

Tabla 16. Lithology 98

Tabla 17. Falla Ne1 100

Tabla 18. Falla Ne2 101

Tabla 19. Falla Aceit3 102

Tabla 20. Falla Nw3 103

Tabla 21. Falla Aceit1 104

Tabla 22. Falla Cor4 105

Tabla 23. Resumen de resultados de los ensayos 1621-2 y 1634-2 107

Tabla 24. Resumen de resultados del ensayo 1622-3 109

Tabla 25. Resultados de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para limolitas..... 111

Tabla 26. Resultados de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para areniscas. 113

Tabla 27. Resultados de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para carbones..... 115

Tabla 28. Comparación de las características geomecánicas de la litología de la zona. 117

Tabla 29. Parámetros geomecánicos de diseño de taludes en la fosa Noreste..... 118

Tabla 30. Ángulos de las Paredes obtenidos para la realizar el análisis de estabilidad de taludes..... 120

Tabla 31. Medición de planos de taludes..... 120

Tabla 32. Zonificación de la fosa noreste..... 124

Tabla 33. Casos para análisis cinemático de los taludes 125

Tabla 34. Familias preferenciales de diaclasas y estratificación 126

Tabla 35. Familias preferenciales para el caso II 132

Tabla 36. Familias preferenciales para el caso III 142

Tabla 37. Familias preferenciales para el Caso IV..... 152

Tabla 38. Familias preferenciales de discontinuidades para la zona FPP4O 157

Tabla 39. Discontinuidades de falla de cuña a estudiadas por análisis mecánico. 160

Tabla 40. Discontinuidades de falla de volcamiento estudiadas por análisis mecánico.. 165
Tabla 41. Grupo 1 de mantos con posible falla de volcamiento 165
Tabla 42. Grupo 2 de mantos con posible falla de volcamiento 166
Tabla 43. Grupo 3 de mantos con posible falla de volcamiento 166
Tabla 44. Grupo 1 de mantos con posible falla de volcamiento 167
Tabla 45. Grupo 2 de mantos con posible falla de volcamiento 168
Tabla 46. Grupo 2 de mantos con posible falla de volcamiento 169
Tabla 47. Parámetros de para clasificación RMR en la zona FPPA1 171
Tabla 48. Clasificación SMR para la zona FPPB 172
Tabla 49. Parámetros de para clasificación RMR en la zona FPPA1 y FPPA2 172
Tabla 50. Clasificación SMR para la zona FPPA1 y FPPA2..... 173
Tabla 51. Parámetros de para clasificación RMR en la zona FPNE1 y FPNE2..... 173
Tabla 52. Clasificación SMR para la zona FPNE1 y FPNE2 174
Tabla 53. Parámetros de para clasificación RMR en la zona FPNW..... 175
Tabla 54. Clasificación SMR para la zona FPNW 175
Tabla 55. Parámetros de para clasificación RMR en la zona FPP4O..... 176
Tabla 56. Clasificación SMR para la zona FPP4O 177
Tabla 57. Parámetros de diseño de talud final. 177

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la empresa Carbozulia. Fuente**:** (Gerencia de Ingeniería de Mina, Carbones del Zulia S.A, 2014)..... 30

Figura 2. Secuencia estratigráfica presente en la Mina Paso Diablo. Fuente. (Superintendencia de Geología, 2014) 40

Figura 3. Esquema gráfico del talud Fuente (Ochoa & Reyes, 2011)..... 43

Figura 4. Ensayo de compresión uniaxial Fuente: (Castillejo M. , 1993) 45

Figura 5. Variación de la resistencia a la compresión uniaxial en función de la relación L/D. Fuente: Datos de Green & Perkins, 1968; Mogi 1966. 46

Figura 6. Ensayo de compresión triaxial Fuente: (Castillejo M. , 1993) 47

Figura 7. Esquema de ensayo brasilero Fuente: (Castillejo M. , 1993). 48

Figura 8. Diagrama de las tensiones a lo largo del eje y para un disco sometido a compresión diametral concentrada y distribuida en un arco del circulo (Addinal & Hacket, 1964). Fuente: (Castillejo M. , 1993)..... 50

Figura 9. Esquema del aparato de Corte Directo (Kliche, 1999) 51

Figura 10. Gráfico en función del esfuerzo normal (Espinace, 1979) 52

Figura 11. Representación de un plano inclinado (Tomas et al, 2002). 53

Figura 12. Representación en una falsilla de Schmidt (Brown, 1981) 54

Figura 13. Representación de varias discontinuidades en una roseta (Brown, 1981) 55

Figura 14. Resistencia pico y residual (Suarez J., 1998)..... 57

Figura 15. Clasificación del Índice RQD (Gonzales de Vallejo, 2002) 58

Figura 16. Representación gráfica de la medición y cálculo del índice RQD (Gonzales de Vallejo, 2002)..... 58

Figura 17. a) Representación de los esfuerzos cortante y normal de una discontinuidad. b) Grafica entre el esfuerzo cortante y el desplazamiento horizontal (Zagoya, 2004)..... 59

Figura 18. Diferentes envolventes de Mohr-Coulomb (Gonzales de Vallejo, 2002)..... 60

Figura 19. Fuerzas actuando sobre una superficie de rotura en un talud (Ochoa & Reyes, 2011) 66

Figura 20. Tipos de fallas planas (Melentijevic, 2005)..... 68

Figura 21. Tipos de fallas en cuña (Melentijevic, 2005)..... 69

Figura 22. Tipos de fallas por volcamiento (Melentijevic, 2005) 70

Figura 23. Esquema metodológico..... 75

Figura 24. Pulidora GCTS RSG-200 (GCTS, 2015) 78

Figura 25. Equipo GCTS RDS-500 (GCTS, 2015) 79

Figura 26. Perforaciones en el programa..... 99

Figura 27. Planos de estratificación. 99

Figura 28. Topografía con el límite del PIT proyectado para la explotación de la fosa noreste. 106

Figura 29. Topografía con el límite del PIT y modelo geológico. 106

Figura 30. Ajuste geomecánico de los ensayos 1621-2 y 1634-2 usando ROCDATA (valores pico)..... 108

Figura 31. Ajuste geomecánico de los ensayos 1621-2 y 1634-2 usando ROCDATA (valores residuales)..... 108

Figura 32. Ajuste geomecánico del ensayo 1622-3 usando ROCDATA (valores pico)... 109

Figura 33. Ajuste geomecánico del ensayo 1622-3 usando ROCDATA (valores residuales) 110

Figura 34. Ajuste geomecánico de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para limolitas. 112

Figura 35. Ajuste geomecánico de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para areniscas. 114

Figura 36. Ajuste geomecánico de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para carbones. 116

Figura 36. Ubicación de paredes de la Fosa Noreste. (Superintendencia de Geología, 2014) 118

Figura 37. Planos preferenciales de paredes altas 122

Figura 38. Planos preferenciales de paredes bajas..... 122

Figura 39. Planos preferenciales de paredes noreste 123

Figura 40. Planos preferenciales de paredes noroeste 123

Figura 41. Planos preferenciales de paredes piso 4O..... 124

Figura 42. Análisis cinemático de falla plana en carbón..... 127

Figura 43. Análisis cinemático de falla plana en limolita..... 128

Figura 44. Análisis cinemático de falla plana en arenisca. 128

Figura 45. Análisis cinemático de falla de cuña en carbón..... 128

Figura 46. Análisis cinemático de falla de cuña en limolita..... 129

Figura 47. Análisis cinemático de falla de cuña en arenisca 129

Figura 48. Análisis cinemático de volcamiento en carbón 130

Figura 49. Análisis cinemático de volcamiento en limolita..... 130

Figura 50. Análisis cinemático de volcamiento en arenisca 131

Figura 51 Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales en carbón con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3. 132

Figura 52. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales en limolitas con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3. 133

Figura 53. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales en arenisca con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3. 133

Figura 54. Análisis cinemático de falla de cuña en carbón y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 134

Figura 55. Análisis cinemático de falla de cuña en limolitas y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 134

Figura 56. Análisis cinemático de falla de cuña en areniscas y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 135

Figura 57. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA1 en carbón 135

Figura 58. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA1 en limolitas 136

Figura 59. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA1 en areniscas 136

Figura 60. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 en carbón. 137

Figura 61. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 en limolita. 137

Figura 63. Análisis cinemático de falla de cuña y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 para carbón 138

Figura 64. Análisis cinemático de falla de cuña y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 para limolita 139

Figura 65. Análisis cinemático de falla de cuña y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 para areniscas 139

Figura 66. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA2 en carbón 140

Figura 67. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA2 en limolitas 140

Figura 68. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA2 en areniscas 141

Figura 69. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en carbón..... 142

Figura 70. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en limolitas..... 143

Figura 71. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en areniscas 143

Figura 72. Análisis cinemático de falla de cuña, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE1 en carbón 144

Figura 73#. Análisis cinemático de falla de cuña, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE1 en limolitas 144

Figura 75. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE1 en carbón 145

Figura 76. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE1 en limolitas 146

Figura 77. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE1 en areniscas..... 146

Figura 78. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en arenisca..... 147

Figura 79. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en carbón..... 147

Figura 80. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en limolita 148

Figura 81. Análisis cinemático de falla de cuña, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE2 en carbón 148

Figura 83. Análisis cinemático de falla de cuña, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE2 en areniscas 149

Figura 84. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE2 en carbón 150

Figura 85. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE2 en limolitas 150

Figura 86. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE2 en areniscas 151

Figura 87. Análisis cinemático de falla plana en carbón 152

Figura 88. Análisis cinemático de falla plana en limolitas 153

Figura 89. Análisis cinemático de falla plana en arenisca 153

Figura 90. Análisis cinemático de falla de cuña en carbón 154

Figura 91. Análisis cinemático de falla de cuña en limolita 154

Figura 92. Análisis cinemático de falla de cuña en arenisca 155

Figura 93. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNW en carbón 155

Figura 94. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNW en limolitas 156

Figura 95. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNW en areniscas 156

Figura 96. Análisis cinemático de falla plana en carbón 158

Figura 97. Análisis cinemático de volcamiento en carbón 158

Figura 98. Análisis cinemático de falla de cuña en carbón 159

Figura 99. Análisis de falla de cuña 1 160

Figura 100. Análisis de falla de cuña 2 161

Figura 101. Análisis de falla de cuña 3 162

Figura 102. Análisis de falla de cuña 4 162

Figura 103. Análisis de falla de cuña 5 163

Figura 104. Análisis de falla de cuña 6 163

Figura 105. Análisis de falla de cuña 7 164

Figura 106. Análisis de falla de cuña 8 164

Figura 107. Taludes obtenidos luego de análisis geomecánico, Rojo: Pared Noroeste, Verde: Pared Alta, Morado: Pared Baja, Azul: Pared Noreste, Blanco: Piso4O 178

Figura 108. Taludes intersectados con la topografía y ubicación de fallas, Rojo: Pared Noroeste, Verde: Pared Alta, Morado: Pared Baja, Azul: Pared Noreste, Blanco: Piso4O 179

Figura 109. Vista de Perfil (norte-este) del talud Pared Noroeste intersectado por las fallas ACEIT1y ACEIT3 en la coordenada este 798370. 179

Figura 110. Vista de Perfil (norte-este) del talud Pared Baja y del talud Piso4O en la coordenada este 798940 180

Figura 111. Vista de Perfil (este-oeste) del talud Pared Alta intersectada con las fallas ACEIT1, ACEIT3 y NW3 en la coordenada este 799010 180

Figura 112. Vista de Perfil (norte sur) del talud Pared Noreste y la falla NE1 en la coordenada norte 1224370 181

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se basa en realizar una propuesta de diseño de talud operativo y talud final de la fosa Noreste de la mina Paso Diablo, ubicada en el estado Zulia, para realizar este diseño debemos analizar los parámetros geomecánicos que caracterizan esta zona a partir de un modelo geológico actualizado. El objetivo principal de un diseño de talud (tanto final como operativo) es obtener las condiciones de equilibrio con los parámetros geomecánicos obtenidos, para así lograr la estabilidad del mismo.

En minería el diseño de los taludes depende de la disposición y profundidad del yacimiento. Por lo general en yacimientos de minerales no metálicos, dispuestos en capas horizontales o inclinadas, los taludes tienen carácter temporal y se proyectan para permanecer estables a corto o mediano plazo (meses o años), ya que, tras la extracción del mineral, se finaliza la excavación. La estabilidad de un talud se determina por la relación existente entre las fuerzas que tienden a producir la inestabilidad y las fuerzas resistentes producidas por las características del macizo rocoso. Mediante unos parámetros se mide la estabilidad del talud rocoso y se estiman los desperfectos que ocasionaría el desprendimiento. Así, se distinguen las clases y la calidad de las rocas que comprenden el macizo rocoso en estudio, y se ofrece información acerca de las características y del comportamiento que tienen el talud.

El informe está constituido en tres capítulos principales, en el capítulo I generalidades de la investigación que comprende: el planteamiento del problema, objetivos de investigación y la justificación de la investigación, el capítulo II menciona la ubicación de la zona de estudio, además de trabajos previos que ofrecen información relacionada con el tema y enfoque de la investigación realizar, por último están las bases teóricas, el capítulo III, la metodología de la investigación, indica la población, muestra y tipo de investigación realizada en el presente informe. Se agrega el plan de acción, las fuentes bibliográficas utilizadas y al final un cronograma de actividades que consta de 24 semanas para la realización de la investigación.

CAPITULO I
FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACION

En el presente capítulo se describirá el problema que originó dicha investigación, así como los objetivos fundamentales para su desarrollo y la justificación de la investigación.

1.1. Planteamiento del problema

La mina Paso Diablo se ubica en el Noroeste del estado Zulia, en esta se desarrolla una explotación de mineral combustible (carbón), este yacimiento de carbón está dispuesto en capas inclinadas en la cual se ejecuta una explotación minera a cielo abierto. En la actualidad se tiene proyectado el inicio de una excavación de una nueva fosa ubicada al Noreste de la mina, lo cual ocasionará grandes modificaciones al terreno.

La realización de una modificación de un terreno de este tipo, genera condiciones de desequilibrio en la zona y por lo tanto es necesario, para realizar esta excavación, un diseño de taludes, tanto operativo como de talud final, considerando las diferentes variables geomecánicas de tal manera que el terreno siempre este en equilibrio y de esta manera pueda ser ejecutada con seguridad.

Actualmente la fosa Noreste no posee un diseño de taludes (operativos y final) basado en parámetros geomecánicos, la elaboración de una propuesta para el diseño de los mismos es la finalidad con que se realiza este trabajo de investigación.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo General

Diseñar el talud operativo y el talud final de la fosa Noreste de la mina Paso Diablo

1.2.2. Objetivos Específicos

- Actualizar el modelo geológico de la zona
- Definir las propiedades geomecánicas de los estratos

- Diseñar el modelo geomecánico a partir del modelo geológico actualizado
- Diseñar el talud operativo y el talud final de la fosa Noreste

1.3. Justificación de la investigación

La necesidad de un diseño de taludes es importante para Carbones del Zulia, debido a que la mina Paso Diablo si posee un anteproyecto de diseño para la fosa Noreste, realizado por (Golder Associates, 2008/12/29), que se basó en un estudio geomecánico preliminar que está elaborado en función de valores de carga puntual de las diferentes rocas del yacimiento que estaba en proyecto de explotación. En el mismo informe se recomendaba la realización de un estudio geomecánico que preciara los distintos parámetros geomecánicos con mucha más precisión y con métodos más sofisticados de estudio.

Esto es necesario para el diseño de taludes y proseguir en el avance de la mina, debido a que permitirá realizar la excavación de manera segura, con ayuda de las condiciones geomecánicas de la zona, a posterior servirá este de base para definir el diseño de la fosa y proseguir con el avance de la extracción de carbón, así mismo contribuirá a definir a detalle el modelo geomecánico de la zona Noreste. Conocer las propiedades de la roca permitirá tomar decisiones correctas sobre todos los aspectos relacionados con las labores de la mina y se podrá establecer la dirección en la que se realizará la explotación minera.

1.4. Alcance de la investigación

Para comprobar la calidad de la roca donde se realizara la excavación de la fosa noreste, se ejecutaran estudios geológicos, y geomecanicos en la zona, lo cual son necesarios para la continuación de la explotación de la mina Paso Diablo, debido a que permitirá conocer el ángulo de inclinación de talud de corte final que permite el macizo rocoso en la zona y a partir de esto poder realizar la excavación de la fosa de manera segura.

CAPITULO II
MARCO TEORICO

En el presente capítulo se describirá el problema que originó dicha investigación, así como los objetivos fundamentales para su desarrollo, y la justificación de la investigación.

2.1. Antecedentes de la investigación

- **Golder Associates, 29/12/2008**

  En este informe se presenta una breve descripción de la ingeniería geológica de la Minas paso Diablo, una breve descripción de la propuesta de pit para la fosa El Planeta, una discusión de las consideraciones de estabilidad de taludes propuestas para el área de minado, discusión de los resultados de los análisis de taludes, recomendaciones y criterios para el diseño propuesto para el pit. Este informe también tiene recomendaciones y análisis que deben ser realizados para afinar la propuesta hecha para el pit El Planeta

- **Manuel R., Vicente J. 2015, Universidad Central de Venezuela, "Análisis Geomecánico y estabilidad en los estribos en la presa sobre el río Cuira del sistema Tuy IV, en el sector el dinero, municipio Acevedo, estado Miranda.**

  Para la construcción de una obra hidráulica de envergadura como lo es la presa sobre el río Cuira, se necesita que el macizo cumpla con ciertos factores, Estos parámetros son importantes debido al empuje que ejercerá el agua tanto en la presa como en los estribos; por tal motivo es necesario que estos sean competentes. Debido a esto se realizaron diversos estudios de caracterización en razona, al igual que una evaluación de cada uno de los taludes que conforman cada estribo de la presa, con la finalidad de conocer la calidad de cada uno de los macizos. Se llevaron a cabo los respectivos ensayos geomecánicos para definir los parámetros de resistencia y estabilidad, logrando caracterizar el macizo y conocer la existencia de algún tipo de inestabilidad de los taludes, para así tomar medidas de seguridad en caso de deslizamientos o caída de roca. Por otro lado, se clasificó el macizo y los distintos taludes para establecer patrones

de referencia en función de la calidad de los mismos, de igual manera se analizaron las distintas etapas, tanto verticales como horizontales. Llegando a la conclusión de que los estribos están en la capacidad de soportar toda la carga que puede llegar a ejercer la presa

- **Merchán, J. y Sánchez, D. 2013, Universidad de Cuenca – Ecuador, "Evaluación de la estabilidad de Taludes en un sector de la cantera de materiales pétreos Las Victorias".**

  Presenta la evaluación de la estabilidad de los taludes en un sector de la cantera "Las Victorias", mediante la caracterización geomecánica del macizo rocoso afectado y la determinación del factor de seguridad de los taludes; evaluación que fue evaluada mediante mediciones in sito e información existente para esto se aplica: método del circulo de fricción, método de Markland y los programas Dips v5.103 y GEO5.

- **Ochoa, K. y Reyes, G. 2011, Universidad Central de Venezuela, "Propuesta de los parámetros para el diseño de estabilidad de taludes y de los depósitos finales en minera loma de níquel, C.A. municipio Guaicaipuro, estado Miranda".**

  Tiene como finalidad obtener los parámetros de estabilidad de los taludes de mina de cada uno de los materiales que componen los taludes de explotación y los depósitos de estéril, es planificada y llevada a cabo una campaña de muestreo con el fin de recolectar los datos de campo y especímenes necesarios para desarrollar los ensayos de caracterización geomecánica correspondientes. A partir de estos datos se procede a realizar el análisis de estabilidad en suelos, para los materiales, mediante el programa GeoSlope2007® versión estudiante, y el análisis de estabilidad de un talud de roca correspondiente al Sector 1 del yacimiento mediante el programa Dips 2005®.

- **Ing. Kerguelen, A. 2009, Universidad de los Andes, Tesis de Maestría, "Análisis probabilístico de estabilidad de taludes".**

  Este trabajo presenta una nueva metodología de análisis de estabilidad de taludes que considera la variabilidad espacial y la incertidumbre de los parámetros geotécnicos

involucrados en los análisis. Los parámetros del suelo son tratados como variables aleatorias con el propósito de modelar la condición incierta del suelo.

El trabajo presenta los resultados de análisis de estabilidad de taludes con mecanismo de fallas compuestas y falla traslacional. Los resultados obtenidos muestran que la metodología implementada proporciona mayor información para la toma de decisiones que aquella basada en factores de seguridad convencionales, lo cual repercute en el nivel de confiabilidad del diseño.

- **Alvarado, D. 2007, Universidad Central de Venezuela, "Interpretación geológico-estructural del área Noreste de la Mina Paso Diablo, municipio Mara-estado Zulia, a partir de información proveniente de la descripción de núcleos".**

  La interpretación geológica-estructural del área Noreste de la mina Paso Diablo ubicada en la cuenca carbonífera del Guasare al noroeste del estado Zulia, es realizada con el fin de obtener las características del depósito, en especial la concentración de carbón, para posteriormente calcular las reservas que conllevara a la explotación de esa área de la mina. La interpretación se llevó a cabo a partir de la descripción litológica y estructural de los núcleos de rocas provenientes de 72 perforaciones realizadas en el área. La descripción litológica consistió en una caracterización física y petrográfica de los diferentes tipos de rocas reconocidos en los pozos descritos, mientras que la descripción estructural consistió en la identificación de la orientación de los planos de estratificación, planos de falla, diaclasas y micropliegues presentes.

- **Rosa, P. 2003, Universidad Central de Venezuela, "Minería de Campo. 2003. Observaciones y recomendaciones geotécnicas en la estabilidad de taludes, Mina Paso Diablo Carbones del Guasare, S.A. Dtto Mara, Estado Zulia".**

  El trabajo se realizó en el departamento de geología, consistió en hacer observaciones y recomendaciones sobre la ejecución de pozos piezómetros y la estabilidad de los taludes en mina, con el fin de aportar ideas que les sean útiles al momento del diseño de los mismos. El trabajo permitió tener una visión general de todos los problemas que afectan la estabilidad de un talud, y cuáles son las medidas preventivas más económicas y satisfactorias para minimizar el riesgo de colapso.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ubicación geográfica general

El Yacimiento Carbonífero del Guasare, depositario de la Mina Paso Diablo, donde la Empresa Carbones del Zulia S.A., realiza sus operaciones mineras “se encuentra ubicado en las coordenadas 797.137 (este) y 1.220.566 (norte) referidas al sistema Universal Transversal Mercator (UTM).

Este se localiza en el estado Zulia, Municipio Mara, Parroquia Luis de Vicente específicamente en la parte sur (bloque Norte de Carichuano) de la mina Paso Diablo de CARBOZULIA. Geográficamente se localiza a unos 120 km al noroeste de la ciudad de Maracaibo en el pie de monte oriental de la Sierra de Perijá y al oeste del Sinclinal de Manuelote. La misma se encuentra enmarcada dentro de la cuenca del río Guasare. Dicha mina limita al Norte con el río Guasare y por el Sur con el Caño Norte, guasare.com. (2005-2006). Ver figura 1.



Figura 1. Ubicación geográfica de la empresa Carbozulia. Fuente**:** (Gerencia de Ingeniería de Mina, Carbones del Zulia S.A, 2014)

2.2.2. Geología

2.2.2.1. Geología Regional

Las unidades litológicas que constituyen la mina Paso Diablo y que se ubican en el sinclinal de Manuelote son las Formaciones Guasare, Paso Diablo, Marcelina y Misoa, en donde la Formación Marcelina contiene los carbones que son económicamente explotables.

a) Consideraciones sobre la Formación Paso Diablo y Marcelina

Según el Léxico Estratigráfico (CIEN, 1997), la Formación Paso Diablo fue definida y descrita por Hedberg y Sass (1937), en la zona del Sinclinal de Manuelote, sin embargo, Sutton (1946), publicó en un trabajo en inglés que las areniscas superiores de la Formación Paso Diablo correspondían a la Formación Misoa por lo que separó la unidad, llamando la unidad inferior Marcelina, quedando las areniscas de Misoa, suprayacente. De acuerdo con el Código de Nomenclatura Estratigráfica (Amer. Comm. Strat. Nomencl., 1961, Art. 14-a) el procedimiento apropiado hubiera sido conservar el término Paso Diablo en un sentido restringido, i.e. excluyendo las areniscas de Misoa. Por no haberse aplicado este criterio, la Formación Marcelina es sinónima, en su mayor parte, de la Formación Paso Diablo.

La Formación Marcelina ha sido utilizada más ampliamente en diversos trabajos desde que fue definida por Sutton (1946), actualmente todos los trabajos realizados en la mina Paso Diablo utilizan esta definición; mientras que la Formación Paso Diablo solo se ha reconocido en el sinclinal de Manuelote, apareciendo aún además en los cuadros de correlación donde ambas formaciones se han mantenido vigentes.

b) Formación Guasare (Paleoceno)

Es la formación más antigua presente en la cuenca carbonífera del Guasare. Descrita originalmente por Garner (1926), posee su localidad tipo al margen sur del río Guasare, a unos 4 km aguas arriba de El Carbón y 300 m bajo la desembocadura del caño Colorado, en el límite norte del distrito Mara, estado Zulia.

En los afloramientos de los ríos Guasare, Socuy y Cachirí, la formación consiste en calizas pardo grisáceo a gris amarillento o gris, generalmente glauconíticas. Algunas capas son ricas en restos de Ostrea y Venezulia. Intercaladas con las calizas, se presentan lutitas y

limolitas grises a parduscas y areniscas grises, calcáreas y glauconíticas. En el subsuelo del campo Alturitas la litología consiste principalmente en lutitas gris oscuro, arenosas, macizas o laminadas, arenisca marrón claro, calcáreas y glauconíticas, limolitas y arcilitas grises con esférulas de limolita, y en menor proporción caliza arenosa gris y algunas capas muy delgadas de carbón: esta litología es representativa de la transición lateral, a los sedimentos deltaicos del Grupo Orocué.

En la sección tipo, el espesor (incompleto) de la Formación Guasare es de unos 120 m. En el río Cachirí es de 390 m, y en el río Socuy, de 370 m. En el subsuelo de Alturitas, es de 165 a 193 m.

Los afloramientos de la Formación Guasare se presentan a lo largo de una faja de 50 a 60 km de ancho, que se extiende a lo largo de los contrafuertes de la sierra de Perijá, desde el río Guasare, hasta el área sur del distrito Perijá. Aflora en la isla de Toas, y al lado oriental del Lago de Maracaibo, se encuentra en las cabeceras del río Misoa, extendiéndose por todo el subsuelo del lago.

En la sierra de Perijá y la mayor parte de la plataforma de Maracaibo, la Formación Guasare yace concordantemente sobre la Formación Mito Juan. Al sureste del lago, yace sobre la Formación Colón. En el tope, el contacto es transicional con la Formación Marcelina en Perijá y en la costa occidental del lago. Hacia el este, al desaparecer Marcelina por erosión, el contacto pasa a ser discordante con la Formación Misoa.

Sutton (1947) menciona que en el área de la sección tipo se han descrito Venericardia sp., Turitella negritoensis, Ostra sellaeformis y Perulata crassiuscula. En la isla de Toas, el mismo autor cita una fauna de foraminíferos y macrofósiles, entre los cuales están Haplophragmoides sp., Eponides lotus, Cibicides praecursorius y Venericardia (Venericar) toensis. Sutton (op. cit.) añade una lista de fósiles recobrados en el pozo DM-1 en el distrito Mara, con varios de los fósiles hallados en la isla de Toas, y otros como Nodosaria latejugata, Discorbis midwayensis var. Soldadoensis, Cibicides howelli, Vaginulinopsis wilcoxensis, etc. En el subsuelo de Alturitas, Key (1960) menciona una microfauna escasa, con Haplophragmoides sp., Miliammina fusca., Trochammina sp. y Cytherella sp. Kuil et al. (1955) determinan el contenido palinológico de la formación.

La fauna y el contenido palinológico, permiten establecer firmemente la edad paleocena de la Formación Guasare.

La Formación Guasare correlaciona, hacia el sur de Perijá, con las formaciones Barco y Catatumbo del Grupo Orocué; hacia el este y sureste del Lago de Maracaibo, la formación correlaciona con la porción inferior de la Formación Trujillo y con la Formación Ranchería del noroeste de Trujillo.

La Formación Guasare representa la sedimentación de plataforma, desarrollada en la porción central de la cuenca de Maracaibo durante el Paleoceno. Su litología y contenido fosilífero, corresponden a un ambiente marino nerítico, el cual estuvo sujeto a influencias de tipo deltaico, especialmente hacia el suroeste, donde se observa la interdigitación de la típica litología de Guasare con los sedimentos del Grupo Orocué.

c) Formación Paso Diablo (Paleoceno-Eoceno Temprano)

Los afloramientos consisten principalmente de areniscas macizas, ligeramente calcáreas, sobre todo en la base de la unidad, de color gris claro, areniscas laminadas gris claro interestratificadas con arcillas y limolitas gris oscuro a gris claro, localmente carbonáceas y micáceas, y numerosas capas de carbón (lignito sub-bituminoso) que varían en espesor desde 1 m en el tope hasta 18 m en la parte inferior de la formación. En la base de la formación las areniscas son muy calcáreas, casi margas, mientras que en la parte media y superior dominan areniscas macizas con nódulos y concreciones ferruginosas de hasta 0,5 m diámetro; tienen estratificación cruzada y planar frecuente, y localmente se encuentran lentes y capas de conglomerados con cemento ferruginosos. Los intervalos cubiertos constituyen aproximadamente un 25 % de la sección, y son probablemente arcillas. Cerca de algunas capas de carbón, sobre todo en la sección del caño Sierra Azul, se encuentran capas de "roca quemada" o "lavas - diques de basalto" que constituyen los remanentes de capas de carbón oxidadas por combustión espontánea, fenómeno frecuente en áreas de afloramiento de carbón, reportado ya desde el siglo pasado por Briceño Méndez (1876) en el caño El Paso del Diablo, el cual deriva su nombre precisamente por los incendios subterráneos que allí se producían. Estas rocas fueron analizadas científicamente por Moticska (1977) quien explica el fenómeno en detalle.

El espesor del neoestratotipo, medido con plancheta y corregido por las numerosas repeticiones y fallas mediante fotografías aéreas detalladas, es de 461 m, Scherer et al. (1997). Hedberg y Sass (1937) reportan un espesor aproximado de 1000 m para la sección hoy inexistente del caño El Paso del Diablo. Gordon Young (1956), posiblemente en conocimiento del informe interno de Hedberg (1929), en la 1a Edición del LEV reporta 848 m (2800 pies) para la sección tipo y 1075 m (3350 pies) en la sección del río Guasare.

Los afloramientos de la formación están en gran parte limitados a la Sierra de Perijá y al levantamiento de Totumo-Inciarte en el distrito Mara del estado Zulia. Se conoce en el subsuelo de los campos Concepción, Mara, La Paz y Alturitas.

El contacto inferior con la Formación Guasare es concordante y gradacional y se coloca en la base del último afloramiento de lutitas con restos de plantas y/o en el tope de la última capa de calizas fosilíferas grises y amarillentas de la Formación Guasare. El contacto superior con las formaciones Mostrencos y Misoa es concordante y gradacional y se coloca en la base de una gruesa secuencia de areniscas laminadas de color pardo grisáceo.

Los fósiles son raros en la formación, y los que se han reportado tienen escaso valor diagnóstico de edad. G. Young (LEV, 1956) reporta foraminíferos arenáceos de los géneros Ammobaculites, Haplophragmoides, Trochamimina y Textularia.

Por su posición estratigráfica encima de la Formación Guasare del Paleoceno y debajo de las formaciones Mostrencos y Misoa del Eoceno Temprano, la edad de la Formación Paso Diablo se considera Paleoceno-Eoceno Temprano. Es equivalente lateral de todo o gran parte de la Formación Los Cuervos (antiguamente "Tercer Horizonte de Carbón") en el estado Táchira.

La secuencia litológica de unos 14 ciclotemas de carbón y la granulometría de las areniscas sugieren un ambiente deltaico a paludal regional, con periódicas invasiones marinas en la parte inferior y en el tope de la sección.

d) Formación Marcelina (Paleoceno)

El nombre de Formación Marcelina fue introducido y publicado originalmente por Sutton (1946), para designar la unidad denominada por Garner (1926) Paquete de Carbón de La

Rosa. Tal como fue descrita por Sutton, la formación equivale a la parte inferior de la Formación Paso Diablo de Hedberg y Sass (1937). González de Juana (1951) comentó e ilustró esta equivalencia. Sutton (op. cit.) estableció la localidad tipo de la formación en el río Guasare, desde el tope de una caliza maciza, 550 m aguas arriba de la desembocadura del caño Colorado, hasta la base de una unidad de areniscas gruesas y masivas, a 50 m bajo la boca del caño Santa Rosa, también afluente del Guasare. Las secciones de referencia establecidas por Miller y San Juan (1963), están respectivamente en el río Socuy, entre los caños Pedrú y La Arena, al oeste del embalse Socuy y en el río Cachirí, unos 700 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada La Cruz (caño del Norte).

Sutton (op. cit., 1947) describe la litología de la formación como una intercalación de areniscas, lutitas, lutitas arenosas y capas de carbón. En la base de la unidad, las areniscas son macizas, gruesas, de color gris claro y localmente calcáreas. Más arriba se hacen delgadas, están intercaladas con lutitas color gris y presentan planos de estratificación con mica y carbón. Las lutitas son de color gris oscuro a negro, con fractura concoidal o de lápices. Tanto en las areniscas como en las lutitas, se encuentran nódulos de arenisca y caliza arenosa de color gris azulado, de forma alargada y midiendo de 1.2 a 2.4 m de largo por 0.6 a 1.2 m de diámetro. El carbón es de tipo subbituminoso a bituminoso, y se presenta principalmente hacia la base de la formación, en capas de 2 hasta 10 m de espesor. En el río Socuy, Miller y San Juan (op. cit.) mencionan, además, capas de caliza y areniscas calcáreas con restos de moluscos. Las calizas son generalmente delgadas, aunque en la parte inferior de la sección, señalan una capa de 3 m. Ruíz (1983), describe en detalle la litología de la Formación Marcelina a partir de núcleos, en el área tipo, y señala areniscas gris claro a blancuzco, de grano muy fino a medio, subangulares, moderadamente escogidas, con pequeñas cantidades de mica y feldespatos; areniscas limosas gris oscuro, a veces micáceas; conglomerados oligomícticos (asperonoes) y polimícticos; lodolitos y lutitas gris oscuro a negro, arcilla gris y carbón. Dicho autor indica la existencia de 25 a 30 mantos importantes de carbón, con espesores de 1 a 13 m.

En la Formación Marcelina se observa un conjunto de rocas alteradas por el calor de la oxidación (combustión) de mantos de carbón, las cuales fueron señaladas por Hedberg y Sass (op. cit., 1946) González de Juana (op. cit.) y Sutton (op. cit.). Interpretadas

erróneamente como de origen ígneo, fueron estudiadas en forma detallada por Moticska (1977), quien determinó tres tipos principales: porcelanitas producto de limolitas carbonáceas y en parte de areniscas finas, calizas y conglomerados; brechas soldadas y flujos de brechas formados por fragmentos líticos embebidos en roca fundida, y lavas (para-lavas) formadas por la fusión completa del material rocoso. Todas estas variedades presentan diversas tonalidades de rojo, marrón y ocre.

En la sección tipo, la Formación Marcelina tiene alrededor de 610 m de espesor (Sutton, op. cit.).

Los afloramientos de la Formación Marcelina abarcan una faja de unos 54 km de largo, por no más de 4 km de ancho, que va desde unos 3 km al norte del río Guasare, hasta la confluencia del caño Colorado con el río Palma, al sur (Motiscka, op. cit.), en el distrito Perijá. Miller y San Juan (op. cit.) señalan su extensión en la vertiente occidental de la sierra de Montes de Oca, en el valle del río Ranchería, Colombia. La formación desaparece hacia el este, en el Lago de Maracaibo, por erosión.

El contacto de la Formación Marcelina con la Formación Guasare infradyacente, es concordante y transicional. Hacia el sur del macizo de El Totumo, el contacto entre ambas formaciones se hace más difícil de determinar, al ir desapareciendo los rasgos característicos de cada una.

El contenido fosilífero de la formación es pobre y poco diagnóstico, Key (1960) menciona escasos ejemplares de Miliammina fusca, Haplophragmoides sp. y Trochammina sp. Mederos y Castro (1983) citan varias especies de polen en una muestra de lutita carbonosa de la mina Paso Diablo, cerca del área tipo, siendo las más abundantes Proxapertites operculatus, P. cursus y Palmacidites sp. Ruíz (op. cit., 1983) cita gasterópodos como Andícula thompsoni y Amaurellina cf. moroeana.

Las evidencias palinológicas (Kuyl et al., 1955, Mederos, 1983) y su posición estratigráfica respecto a la Formación Guasare, dan una edad paleocena para la Formación Marcelina.

La Formación Marcelina correlaciona, hacia el sur, con la Formación Los Cuervos, del Grupo Orocué. Hacia el oeste, correlaciona estrechamente con la Formación Cerrajón del Paleoceno, en la cuenca de Ranchería, al NE de Colombia (Caceres et al., 1980)

La Formación Marcelina representa un ambiente sedimentario de tipo paludal, originado por el avance deltaico del Paleoceno, sobre los ambientes de plataforma de la Formación Guasare, Ruíz (1983) al analizar el ambiente de la formación, indica la presencia de ciclotemas incompletos, relacionados con los grupos de carbón identificados en el área de la mina Paso Diablo.

e) Formación Misoa (Eoceno)

Garner (1926) introdujo el nombre Formación Cerro Misoa, para designar una unidad compuesta de areniscas y lutitas intercaladas, la cual aflora en el cerro del mismo nombre. La localidad tipo de la sierra Misoa, designada por Garner (op. cit.), fue extendida por Sutton (1946) hacia el este, a lo largo del río Misoa, hasta el flanco de la serranía de Trujillo.

Las características de los sedimentos de la Formación Misoa, dependen de su posición en la cuenca, del ambiente de sedimentación, de la distancia entre ellos y de la fuente de los mismos. Hacia el Noreste hay más lutitas y areniscas de grano fino, mientras que, hacia el sur y sureste, el porcentaje de arena aumenta al 80 y 90% de la sección, y los granos se hacen más gruesos. Se encuentran areniscas, limolitas y lutitas intercaladas en distintas cantidades, en toda la sección y hacia el este, en la sierra, algunas capas de caliza en la parte inferior. En el área del lago se encuentran capas delgadas de caliza, en la parte inferior (Miembro C-7).

Las areniscas presentan tamaños variados de grano, pero en general, son de grano fino y gradan a limolitas y luego a lutitas. Son generalmente puras, micáceas, frecuentemente carbonáceas y generalmente bien estratificadas a macizas. Se presentan en unidades compuestas, con espesores normales de varias decenas de metros, las cuales localmente se agregan para totalizar espesores de centenares de metros, formando serranías pronunciadas.

Las lutitas tienen composición variable, casi siempre son micáceas, arenosas a limolíticas, con abundantes estratos delgados, estrías y películas de arena, limo y material carbonáceo (incluyendo restos de hojas), que les den un aspecto laminado con estructura "flaser". Se presentan tanto en forma de intercalaciones menores en las unidades compuestas de arenisca-limolita, como en secuencias que alcanzan varios centenares de metros de

espesor, entre complejos de areniscas. Las lutitas han sido depositadas en ambientes de prodelta, de aguas someras, e interdeltaico, principalmente, y son diferenciables por las delgadas capas de lignito y por el material carbonáceo que contienen.

Las calizas son escasas y se presentan en la base de la formación, en la región suroriental y en el subsuelo del lago. Generalmente son bioclásticas, con foraminíferos grandes, algas y fragmentos de moluscos. En las antiguas referencias se denominaban Segundo Horizonte de Orbitoideos.

En la región descrita por Brondijk (1967), se mencionó un espesor compuesto de 5.000 m, y sugirió una probable variación de 3.500 a 5.500 m. La unidad adelgaza hacia el oeste, donde se encuentra reducida por la erosión. Al norte del lago, frente a Maracaibo, hay 3.000 m preservados, con aproximadamente 1.500 m erosionados. En el campo Urdaneta norte y en Cabimas, hay 4.600 m. En el lado oeste del lago, en los pozos UD-Sur y SOL, se encuentran 1.000 m preservados, con aproximadamente 500 m erosionados, mientras que en Bachaquero, hay 3.500 m preservados bajo la Formación Paují.

En el alto del campo petrolífero de Ceuta, el espesor total es menor de 1.600 m y en el alto estructural de Lama-Icotea, hay un mínimo de 200 m, mientras que en los flancos aumenta hasta 3.700 m.

La Formación Misoa se reconoce en el subsuelo del Lago de Maracaibo y al oeste del mismo, desde el campo Mara a Alturitas, al suroeste se extiende hacia el campo de Tarra, donde se relaciona lateralmente con la Formación Mirador. En la superficie se presenta en una extensa faja, alrededor del lado este del lago, hasta el macizo de Avispa, en Mérida septentrional.

La Formación Misoa representa un proceso sedimentario que varía desde deltaico alto, al suroeste y sur, a deltaico bajo y marino somero al norte y Noreste. Van Veen (op. cit.) al estudiar núcleos del centro del lago y material de los afloramientos en el área tipo, encontró tres tipos de acumulaciones de arena: 1) barras de meandro (espolones aluviales), 2) rellenos de canales de distributarios, y 3) barras de desembocadura y/o barras litorales. Las dos primeras corresponden al ambiente sedimentario de alto delta, mientras que la tercera, estaría en el bajo delta y zona litoral adyacente. Ghosh et al. (1989) reconocen ambientes

que varían desde fluvial a deltaico y próximo costero, en las áreas de Lagunillas y Urdaneta, a nerítico interno, en la parte sur del área de Lagunillas y en la de Barúa-Motatán.

Existen numerosos sinónimos del término Misoa. Algunos, caídos en desuso desde hace mucho tiempo, se aplicaron a afloramientos restringidos: Formación Cañadones, Arenisca de La Rosa, Arenisca de Bocorrón (Garner op. cit.), Capas de Palmarejo y Formación Paparro (Liddle, 1928, 1946). Las formaciones Mostrencos, Orumo y Escuque (Hedberg y Sass, 1937-a, b), fueron más claramente definidas, pero en términos regionales, parecen ser variantes normales de la Formación Misoa, con rango de miembros locales.

2.2.2.2. Geología Local

Según Sutton (op. cit., 1947) éste describe la litología presente en la zona como una intercalación de areniscas, lutitas, lutitas arenosas y capas de carbón. El carbón es de tipo subbituminoso a bituminoso, y se presenta principalmente hacia la base de la formación, en capas de 2 hasta 10 m de espesor.

La zona de explotación actual correspondiente al área Noroeste, sector Transición. En el área futura a extraer se encuentra el grupo de los mantos del uno al nueve. Estos a su vez presentan variación por cada número dependiendo de la continuidad de las capas. La figura 5 muestra los espesores de mantos de carbón correspondiente al grupo de los superiores (cuyos extremos son el 4O y el 9K).

Los mantos inferiores, correspondientes al grupo que va del 3 al 1, no es contemplado dentro de la extracción, estos afloran hacia el Oeste del área de concesión.

A continuación, se muestra la columna estratigráfica del yacimiento explotado en la mina Paso Diablo. (Superintendencia de Geología, 2014)

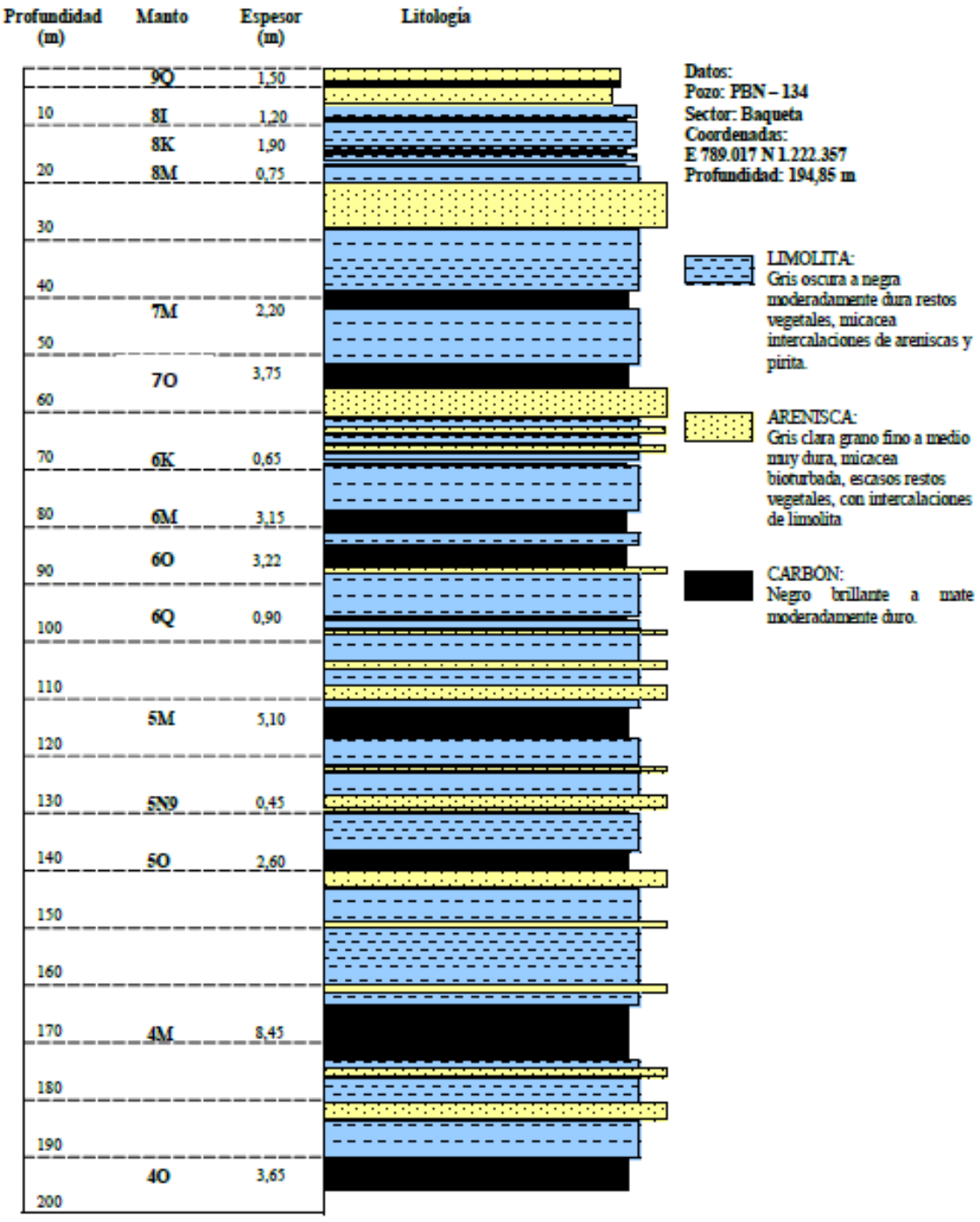


Figura 2. Secuencia estratigráfica presente en la Mina Paso Diablo. Fuente. (Superintendencia de Geología, 2014)

2.2.3. Macizo Rocoso

(Castillejo M. , 1993) “un macizo rocoso es un medio heterogéneo y discontinuo cuyas propiedades resistentes y deformacionales no pueden ser medidas directamente en laboratorio, existiendo una diferencia muy apreciable entre los valores que se obtienen en los ensayos de laboratorio y los que se obtienen mediante medidas in situ que afectan, en el ensayo, a un volumen de terreno mayor”

El estudio geológico y geotécnico fundamental de un macizo rocoso debe abordarse mediante (Castillejo M. , 1993)

1) El levantamiento en superficie de los afloramientos, tomando en cuenta discontinuidades, contacto y distribución de litología, geomorfología, posición y movilidad del agua, espesor de materiales de recubrimiento entre otros factores
2) Mediciones indirectas basadas en técnicas geofísicas que permitan obtener datos con los que sea posible contrastar la información obtenida a partir de los levantamientos en superficie, y así generar una idea de lo que pueda encontrarse por debajo de esta.
3) Mediciones puntuales como los sondeos mecánicos puntuales. Estos estudios tienen como objeto final generar un modelo geológico y a su vez un modelo geomecánico donde se representen los parámetros físicos, resistentes y deformacionales del macizo rocoso involucrado en la excavación, tanto en sus valores medios más representativos y locales, como en su variabilidad.

(Castillejo, 1993) también afirma que “una vez caracterizados los litótipos a nivel de roca intacta se evalúan las propiedades del macizo rocoso empleando la clasificación de Bieniawski, que proporciona el índice RMR (Rock Mass Ratio) y que permite, a partir de las expresiones de Priest y Brown, minorar las propiedades de la roca intacta obteniendo los parámetros m y *s* del criterio de rotura Hoek Brown para el macizo rocos Sin embargo todavía la mayor parte de los programas de cálculo utilizan internamente el criterio de rotura de Mohr-Coulomb, definido por la cohesión y la fricción. Por ello se han desarrollado las expresiones que permiten definir la cohesión y la fricción a partir del *m* y del *s,* y siempre en función del estado tensional existente en el macizo rocoso a excavar… Para la obtención de los parámetros elásticos es preferible la realización de ensayos presiométricos y

dilatométrico in situ, que permiten no sólo conocer el módulo de elasticidad, sino además correlacionas dicho módulo con los obtenidos en laboratorio."

Los parámetros m y s vienen dados por las siguientes expresiones:

$$m = m_i . e^{\frac{(RMR-100)}{14}} \quad (0.1)$$

$$s = e^{\frac{(RMR-100)}{6}} \quad (0.2)$$

Siendo m_i un parámetro dependiente de la litología de la roca. Su valor puede tomarse de la bibliografía, o determinarse, en cada caso concreto, mediante ensayos de laboratorio.

Una vez conseguidos m y s se pueden estimar los valores de la cohesión y fricción del macizo rocoso, ya que existe una relación para un determinado nivel de presión de confinamiento representado por la presión de confinamiento, a la curva de resistencia intrínseca envolvente de los estados tensionales últimos definidos por el criterio de Hoek y Brown, puede sustituirse por una recta definida por el ángulo de fricción y la cohesión determinada por las siguientes expresiones:

$$C = \left(c.\tan\varphi.\cos\varphi\right)\frac{m.\sigma_c}{8} - \sigma.\tan\varphi \quad (0.3)$$

$$\varphi = \arctan\left[4.h.cos\left(30 + \frac{1}{3}.\arcsin\left(h^{\frac{-3}{2}}\right)\right) - 1\right]^{\frac{-1}{2}} \quad (0.4)$$

en donde:

$$h = \frac{1+16\left(m\,\sigma + s\,\sigma_c\right)}{3\,m^2\,\sigma_c} \qquad (0.5)$$

Esto define los valores de cohesión y fricción para un entorno específico de presiones en el terreno. A su vez la resistencia a la compresión del macizo rocoso viene dada por esta expresión:

$$\sigma_{cs} = \sqrt{s}\;\sigma_c \qquad (0.6)$$

2.2.4. Talud, concepto y definición.

"Un talud es cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal, que hayan de adoptar permanentemente las masas de tierra o sectores rocosos sobre la corteza terrestre". (Merchán & Sánchez, 2013)

Los taludes artificiales son estructuras construidas con un material relativamente controlado, o que, por lo menos en principio se puede controlar, lo que es muy favorable para su estudio. (Ochoa & Reyes, 2011)

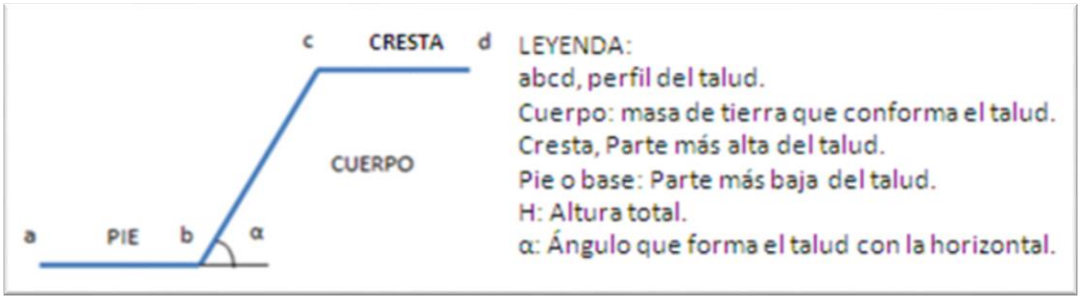


Figura 3. Esquema gráfico del talud

Fuente (Ochoa & Reyes, 2011)

2.2.5. Estabilidad de taludes

Se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, entendiéndose por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cuál será

la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén; casi siempre la más apropiada será la más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse. (Alvarado, 2007)

La estabilidad de taludes es la teoría que estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil y minera, siendo un aspecto directamente relacionado con la geotecnia.

Los taludes además serán estables dependiendo de la resistencia del material del que estén compuestos, los empujes a los que son sometidos o las discontinuidades que presenten. Los taludes pueden ser de roca o de tierras. Ambos tienden a estudiarse de forma distinta.

La estabilidad de una excavación depende de:

a) La resistencia del terreno donde se excava el talud, caracterizada por sus parámetros de resistencia;
b) El peso unitario del terreno;
c) La altura del talud;
d) La pendiente del talud; y
e) La presión de poros

El mecanismo de falla crítico es usualmente una superficie profunda en terrenos cohesivos homogéneos, y un deslizamiento superficial en terrenos granulares homogéneos. En taludes heterogéneos la superficie crítica puede ser superficial o profunda, dependiendo de la resistencia y el perfil del terreno. (Alva Hurtado, 1994)

La estabilidad a largo plazo de los taludes de excavación en terrenos cohesivos es usualmente más crítica que la estabilidad a corto plazo, debido a que el terreno cercano a la excavación se expande bajo la reducción de esfuerzos, quedando más débil con el tiempo. (Alva Hurtado, 1994)

2.2.6. Ensayos Geomecánicos

Los ensayos geomecánicos representan una etapa imprescindible en el proceso de caracterización del macizo rocoso, los valores obtenidos a partir de estos permiten cuantificar de una manera aproximada los estados de esfuerzos máximos que puede

soportar dicho cuerpo rocoso durante la excavación. Dentro de estos ensayos destacan los siguientes:

2.2.6.1. Compresión Uniaxial

(Castillejo M. , 1993) “la resistencia a la compresión uniaxial está definida como la solicitación $\sigma_1 = C_0$ máxima que una muestra cilíndrica de roca es capaz de soportar. El valor determinante para C_0 depende de la rugosidad de la superficie, del no paralelismo y la perpendicularidad entre las caras”. Debe tomarse en cuenta además las dimensiones de la muestra, tal es el caso del diámetro D. En este ensayo la muestra cilíndrica de roca es colocada entre dos piezas cilíndricas de metal y por medio de una prensa se somete a una solicitación creciente de σ_1, tal como se muestra en la figura 4

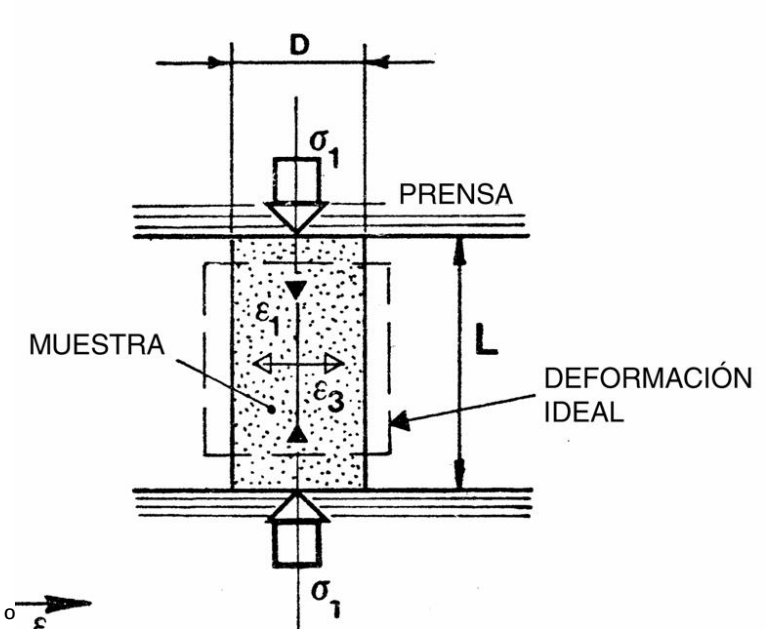


Figura 4. Ensayo de compresión uniaxial

Fuente: (Castillejo M. , 1993)

(Castillejo M. , 1993), sugiere “determinar el máximo diámetro d de un grano sencillo componente de la roca y seleccionar el diámetro de la muestra D de manera que se cumpla la relación $D/d > 10$. La altura de la muestra L deberá ser múltiplo del diámetro”. Diversos

ensayos de laboratorio, realizados en distintos tipos de rocas confirman que C_o disminuye al aumentar la relación L/D, según una ley del tipo:

$$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right) \qquad (0.7)$$

Donde $(C_o)_1$ representa la resistencia a la compresión de una muestra de roca cuyo $L/D < 2$. En la figura 5, se refleja el diagrama correspondiente a dicha ecuación, comparada con resultados experimentales. Se puede constatar que, para $L/D \geq 2.5$ la variación de C_0/C es despreciable, siendo esta relación la sugerida por muchos investigadores, y considerando la relación mínima de $L/D = 2$ como aceptable.

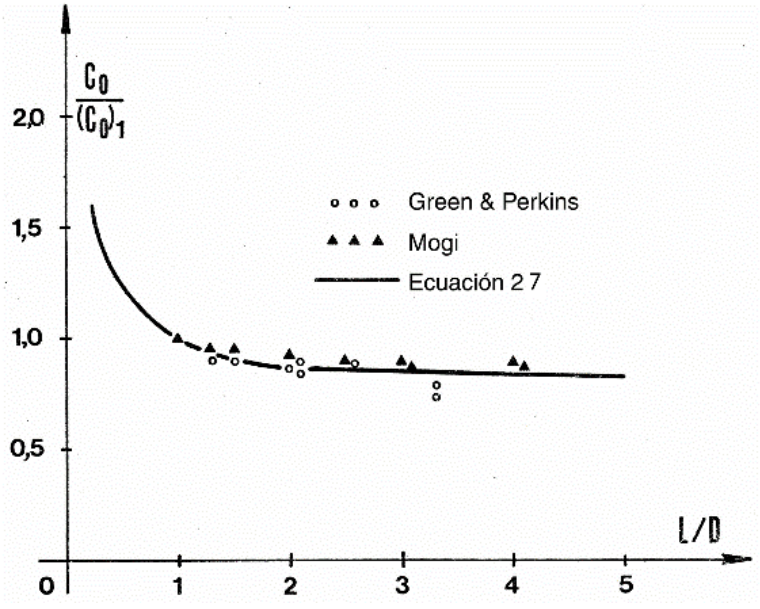


Figura 5. Variación de la resistencia a la compresión uniaxial en función de la relación L/D. Fuente: Datos de Green & Perkins, 1968; Mogi 1966.

2.2.6.2. Compresión Triaxial

El ensayo de compresión triaxial, (Castillejo M. , 1993) “la muestra de roca es sometida a una solicitación creciente σ_1 de manera uniforme, mientras la tensión lateral σ_3 o la relación $(\sigma_1 / \sigma_3) = k_i$ se mantiene constante. La prueba puede ser también realizada con la presencia de un fluido en los poros de la roca ejerciendo un control de la presión intersticial.”

La muestra de forma cilíndrica, es colocada entre dos piezas cilíndricas de acero (una para el apoyo de la muestra y otra para la aplicación de la tensión axial σ_1, la muestra es revestida por una membrana impermeable y ensayada en una celda como se muestra en la figura 6, donde la tensión lateral σ_3 es aplicada mediante aceite a presión. Los resultados de este ensayo son afectados por los mismos factores discutidos en el ensayo de compresión uniaxial, con la diferencia de que, en el caso de este ensayo, al aumentar σ_3 se nota una disminución de la influencia de la fricción de entre la roca y las piezas de apoyo de la muestra. Según (Castillejo M. , 1993) “para valores de $L / D \geq 2.5$, el efecto de la fricción es despreciable en el cálculo de resistencia y deformabilidad”

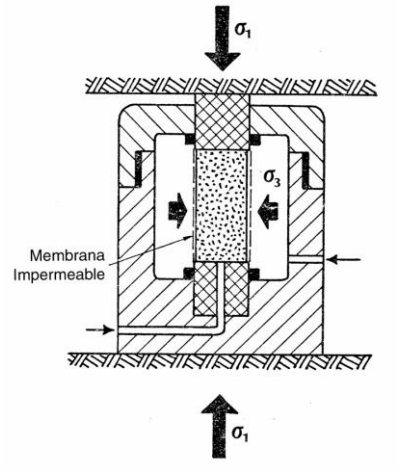


Figura 6. Ensayo de compresión triaxial
Fuente: (Castillejo M. , 1993)

2.2.6.3. Tracción indirecta o ensayo brasilero

(Castillejo M. , 1993)“la compresión diametral de un disco de roca es lo que se denomina ensayo brasilero por medio de la cual se induce una zona caracterizada por tensión a tracción. Al aplicar y aumentar la carga a lo largo del diámetro del disco se producirá una falla aparentemente debida a la tracción.”

Este método es el más empleado para la determinación de la resistencia a la tracción de la roca por su simplicidad al momento de la realización. Aunque este por ser un método indirecto presenta la desventaja de tener que recurrir a fórmulas teóricas para el cálculo de las tensiones, además de reconocer claramente el tipo de fractura que determina el tipo de falla de la muestra.

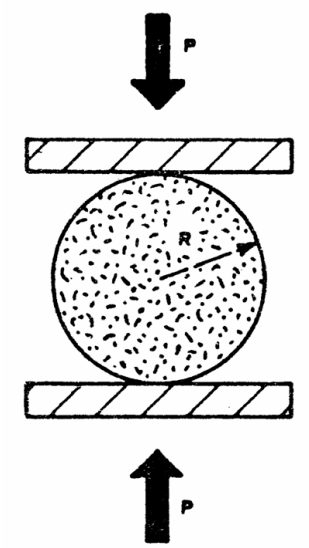


Figura 7. Esquema de ensayo brasilero

Fuente: (Castillejo M. , 1993).

Según la teoría clásica de elasticidad tenemos que las tensiones σ_x, σ_y y τ_{xy} a lo largo del eje y del disco de la figura 8:

$$\sigma_x = -\frac{P}{\pi t R}$$

$$\sigma_y = \frac{P}{\pi\, t\, R}\left(\frac{3R^2 + y^2}{R^2 - y^2}\right)$$

$$\tau_{xy} = 0$$

Donde t es el espesor del disco, R es el radio y P la carga aplicada diametralmente.

Estas ecuaciones dan las tensiones principales máximas y mínimas a lo largo del diámetro. Las mismas son graficadas en el diagrama de la figura 8 con una línea continua. En el centro de la muestra para $(x = 0,\ y = 0)$ se tiene para la tracción:

$$\sigma_x = -\frac{P}{\pi.t.R} \quad \text{(Tracción)} \tag{0.8}$$

$$\sigma_y = \frac{3P}{\pi.t.R} \quad \text{(Compresión)} \tag{0.9}$$

O también

$$\sigma_y = -3\sigma_x \tag{0.10}$$

Es decir que la tensión σ_y de compresión mínima y la tensión σ_x de tracción máxima, si se asume que la fractura de la muestra es debido al efecto de la σ_x y se calcula la resistencia a la tracción con la ecuación 1.5 tendremos que:

$$(To)_1 = -\frac{Pc}{\pi.t.R} \tag{0.11}$$

Donde ahora Pc es la carga al momento de la fractura y $(To)_1$ es la resistencia a la tracción, siendo esta una tensión aparente y solo aplicable al centro del disco y se mantiene que la tensión de compresión equivale a tres veces el valor de la tensión de tracción.

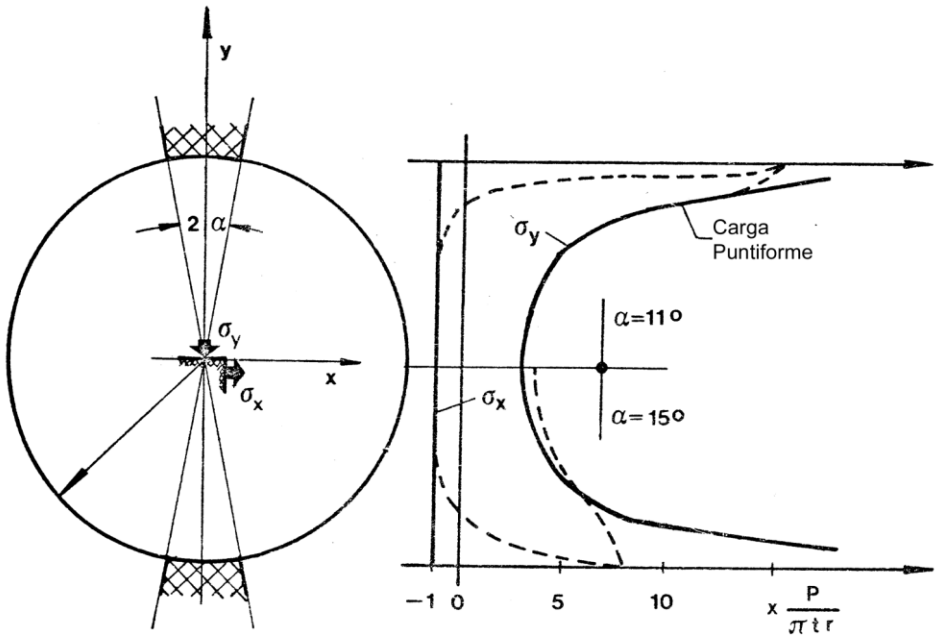


Figura 8. Diagrama de las tensiones a lo largo del eje y para un disco sometido a compresión diametral concentrada y distribuida en un arco del circulo (Addinal & Hacket, 1964). Fuente: (Castillejo M. , 1993)

2.2.6.4. Ensayo de corte directo

La finalidad de los ensayos de corte, es determinar la resistencia de una muestra de roca, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga (Espinace, 1979).

Para conocer una de estas resistencias en laboratorio se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades. Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento

(*Pv)* y luego una carga horizontal (*Ph)* creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra (Espinace, 1979).

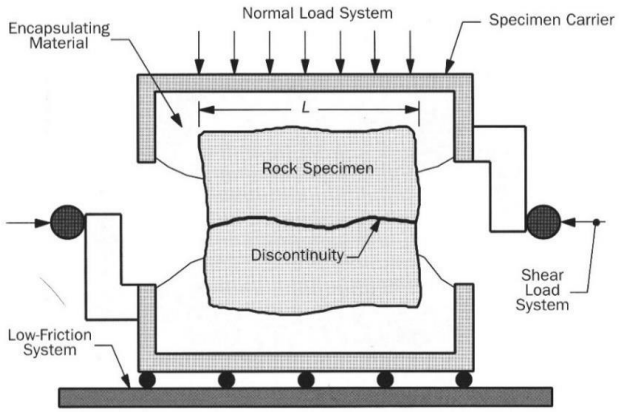


Figura 9. Esquema del aparato de Corte Directo (Kliche, 1999)

El ensayo induce la falla a través de un plano determinado. Sobre este plano de falla actúan dos esfuerzos (ver figura 9):

- un esfuerzo normal (σ_n), aplicado externamente debido a la carga vertical (*Pv*) .
- un esfuerzo cortante (τ), debido a la aplicación de la carga horizontal.

Estos esfuerzos se calculan dividiendo las respectivas fuerzas por el área (A) de la muestra o de la caja de corte y deberían satisfacer la ecuación de Coulomb:

$$\tau = c + \sigma_n * \tan \varphi \qquad (2.12)$$

Según esta ecuación la resistencia al corte depende de la cohesión (X) y la fricción interna del suelo (φ) (Espinace, 1979).

Al aplicar la fuerza horizontal, se van midiendo las deformaciones y con estos valores es posible graficar la tensión de corte (τ) , en función de la deformación (ε) en el plano de esta tensión de corte. De la gráfica es posible tomar el punto máximo de tensión de corte como la resistencia al corte de la roca (Espinace, 1979).

(Espinace, 1979) Los valores de se llevan a un gráfico en función del esfuerzo normal, obteniendo la recta intrínseca, donde (τ) va como ordenada y (σ_{ν}) como abscisa. El ángulo que forma esta recta con el eje horizontal es el ángulo (φ) y el intercepto con el eje (τ) , la cohesión (X) (ver figura 10).

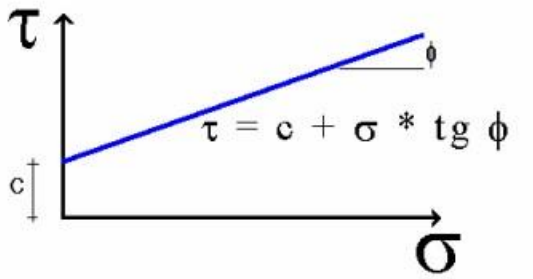


Figura 10. Gráfico en función del esfuerzo normal (Espinace, 1979)

2.2.7. Proyección estereográfica

La proyección estereográfica es un tipo de proyección azimutal muy usado en cristalografía y geología estructural para establecer la relación angular existente entre las caras de los cristales o entre las estructuras geológicas.

Todas las proyecciones permiten la representación de objetos tridimensionales en una superficie de dos dimensiones. Cualquiera que sea el sistema de proyección elegido, la representación plana presenta deformaciones que pueden ser lineales, angulares y superficiales. Dependiendo de la finalidad de la representación elegiremos uno u otros tipos de proyección. Por ejemplo, nos puede interesar que los ángulos se proyecten en verdadera magnitud aunque las magnitudes lineales y superficiales sufran deformaciones en mayor o menor grado (Tomas Jover, Ferreiro Prieto, Sentana Gadea, & Diaz Ivorra, 2002).

2.2.7.1. Proyección en el plano ecuatorial

En la proyección estereográfica en el plano ecuatorial es el plano de proyección pasa por el ecuador y el centro de proyección esta sobre la superficie de la esfera

en una recta perpendicular a él. Este tipo de proyección define una inversión en el espacio que transforma los puntos de la esfera en puntos del plano. Además, presenta la ventaja de que la proyección de los círculos de la esfera se produce como círculos, lo que hace muy sencillo la construcción de la proyección (ver figura 11). La proyección estereográfica es conforme, es decir, conserva la verdadera magnitud de los ángulos en la proyección, de ahí que también se denomine proyección equiangular (Tomas et al, 2002).

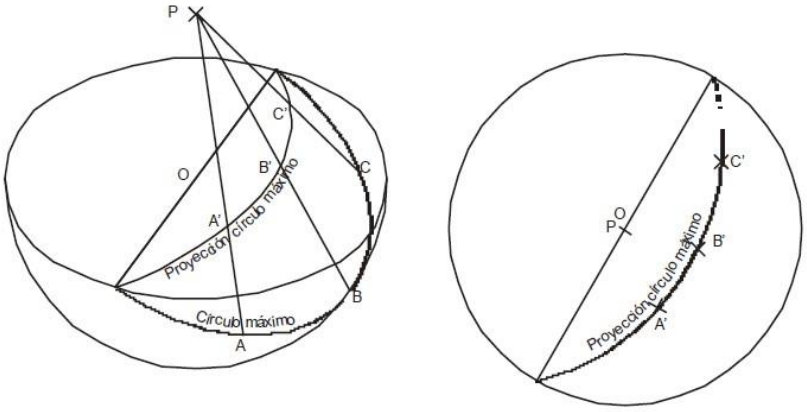


Figura 11. Representación de un plano inclinado (Tomas et al, 2002).

2.2.7.2. Diagrama de densidad de polos

La proyección estereográfica de un determinado elemento de la naturaleza, nunca es tan exacta como la de líneas y planos teóricos, ya que presentan irregularidades puntuales, falta de ajuste con la geometría ideal, en muchos casos, y posibles errores de precisión. Esto hace que se produzcan dispersiones que, dependiendo de su magnitud, pueden o no facilitar la interpretación de un polo o un círculo máximo. De ser así y producirse una gran dispersión de datos, será preciso recurrir a un análisis estadístico de una muestra grande de datos con el fin de determinar la dirección y buzamiento predominantes (ver figura 12) (Tomas et al, 2002).

Este análisis estadístico no se puede realizar mediante la proyección estereográfica ya que se producirá una gran concentración de puntos en la parte

central del diagrama. Para realizar este análisis se recurre a la proyección equiareal, empleando la falsilla de Schmidt, que nos permite el recuento directo de los polos, calcular su valor estadístico por unidad de superficie y determinar las direcciones y buzamiento predominante (Tomas et al, 2002).

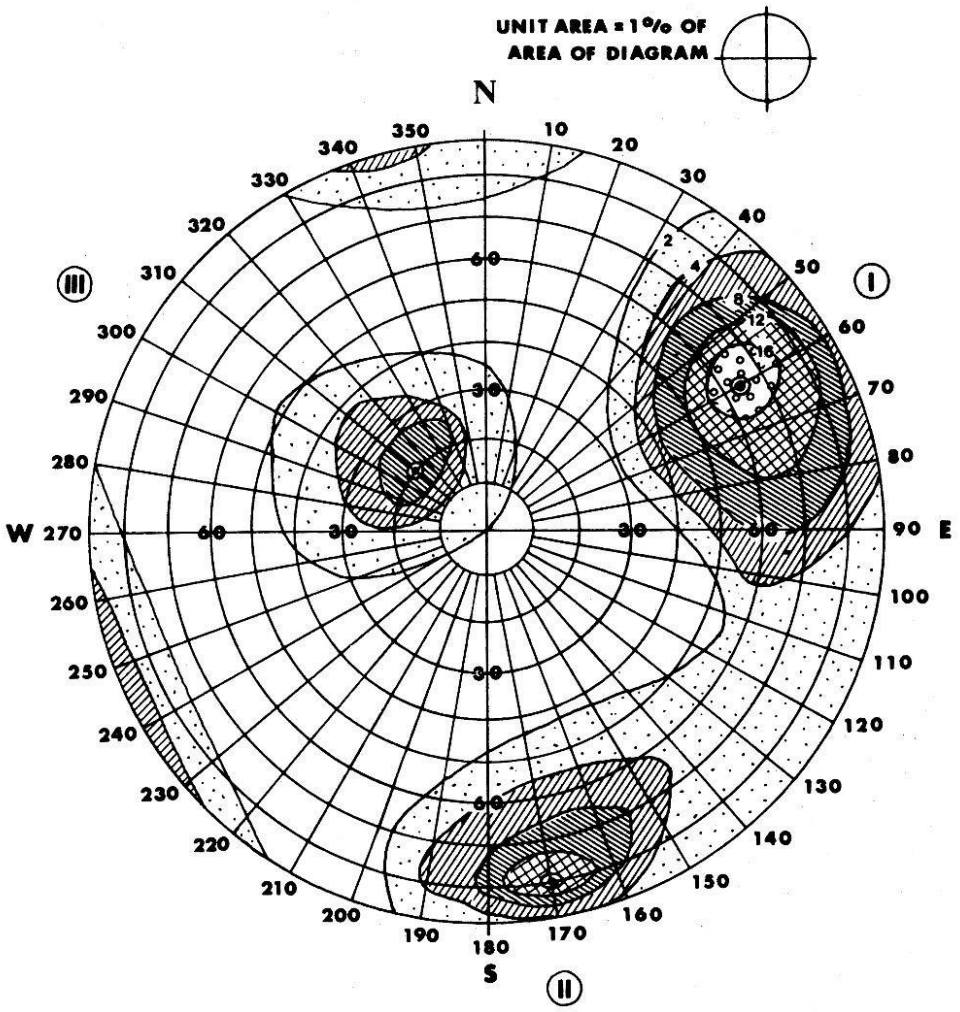


Figura 12. Representación en una falsilla de Schmidt (Brown, 1981)

2.2.7.3. Roseta de Diaclasas

Una roseta de diaclasas es un diagrama sencillo para visualizar las direcciones de los rumbos generales de estructuras tabulares (diques, vetas) y de planos

tectónicos (diaclasas, fallas). En este tipo de diagrama no hay información sobre el manteo o la dirección de inclinación. En conclusión, se puede describir este diagrama como un histograma de forma redondo. Significa los rangos de rumbo se ubican al margen del circulo desde arriba (Norte o 0 º) hacia abajo (Sur o 180 º) en sentido de reloj. La cantidad de los datos a respeto de un rango se encuentra en el eje desde el centro (como 0 %) hacia al margen (como 100 %). Solamente es necesario calcular la mitad de los rangos (el medio circulo) porque el rumbo es un elemento bidireccional y automáticamente cubre el rango opuesto es decir el rango de diferencia de 180 º (lado opuesto) se marca igualmente (Brown, 1981) (ver figura 13).

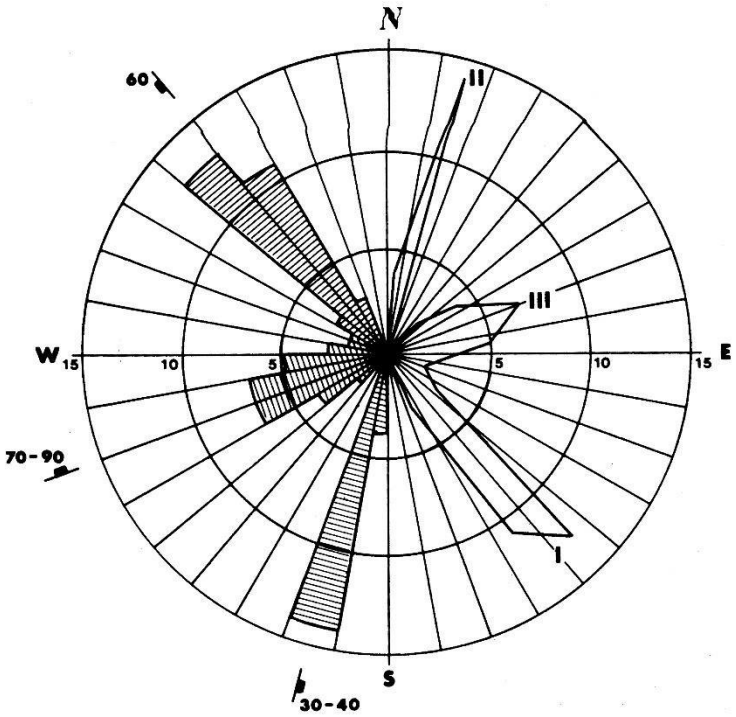


Figura 13. Representación de varias discontinuidades en una roseta (Brown, 1981)

2.2.8. Esfuerzo efectivo

Según (Suarez J., 1998) los esfuerzos efectivos son los que controlan el comportamiento del suelo y no los esfuerzos totales. En problemas prácticos el

análisis con esfuerzos totales podría utilizarse en problemas de estabilidad a corto plazo y las presiones efectivas para analizar la estabilidad a largo plazo.

Desde el punto de vista de la relación esfuerzo – deformación, en estabilidad de taludes se deben tener en cuenta dos tipos de resistencia (ver figura 14):

2.2.8.1. Resistencia máxima o resistencia pico

Es la resistencia al corte máxima que posee el material que no ha sido fallado previamente, la cual corresponde al punto más alto en la curva esfuerzo - deformación.

La utilización de la resistencia pico en el análisis de estabilidad asume que la resistencia pico se obtiene simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla. Sin embargo, algunos puntos en la superficie de falla han alcanzado deformaciones mayores que otros, en un fenómeno de falla progresiva y asumir que la resistencia pico actúa simultáneamente en toda la superficie de falla puede producir errores en el análisis (Suarez J. , 1998).

2.2.8.2. Resistencia residual

Es la resistencia al corte que posee el material después de haber ocurrido la falla. Otro factor que determina las diferencias entre la resistencia pico y residual es la sensitividad, la cual está relacionada con la perdida de resistencia por el remoldeo o la reorientación de las partículas de las rocas (Suarez J., 1998).

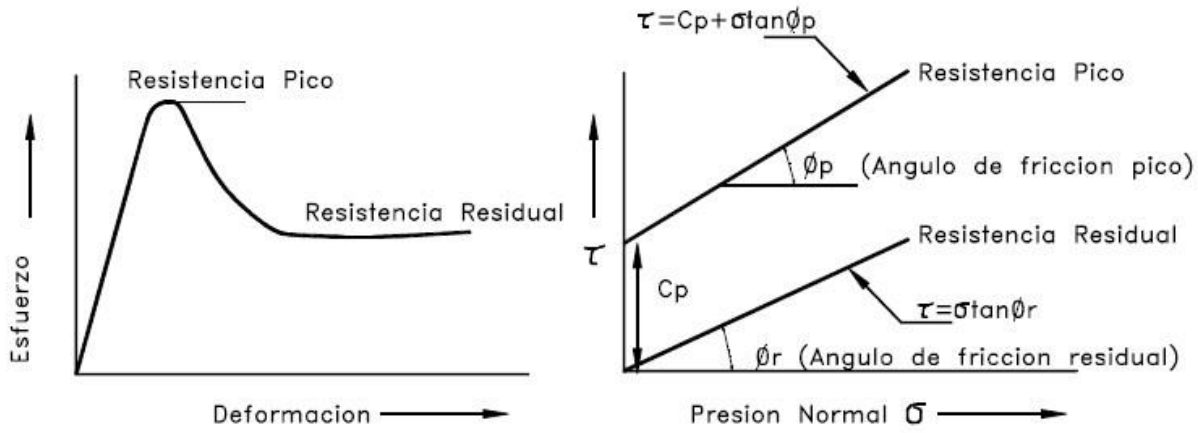


Figura 14. Resistencia pico y residual (Suarez J., 1998)

2.2.9. Clasificación de Deere o Índice RQD

El índice RQD representa la relación entre la suma de las longitudes de los fragmentos de testigos mayores a de 10 cm y la longitud total del tramo considerado (ver figura 16).

$$RQD = \frac{\sum longitud\ de\ los\ trozos\ de\ testigo > 10\ cm}{longitud\ total} * 100 \qquad (2.13)$$

Para la estimación del RQD se consideran sólo los fragmentos o trozos de testigo de material fresco, excluyéndose los que presentan un grado de alteración importante (a partir de grado IV inclusive), para los que se considera un RQD = 0 %. La medida del RQD se debe realizar en cada maniobra del sondeo o en cada cambio litológico, siendo recomendable que la longitud de maniobra no exceda de 1.5 m. El diámetro mínimo de los testigos debe ser 48 mm. La medida de la longitud del testigo se realiza sobre el eje central del mismo, considerándose los fragmentos con, un diámetro completo (Gonzales de Vallejo, 2002).

A continuación se muestra el procedimiento de medida del RQD y se describe la calidad de la roca en función de este índice (ver figura 15) (Gonzales de Vallejo, 2002).

RQD (%)	Calidad de roca
< 25	muy mala
25 - 50	mala
50 - 75	regular
75 - 90	buena
90 - 100	excelente

Figura 15. Clasificación del Índice RQD (Gonzales de Vallejo, 2002)

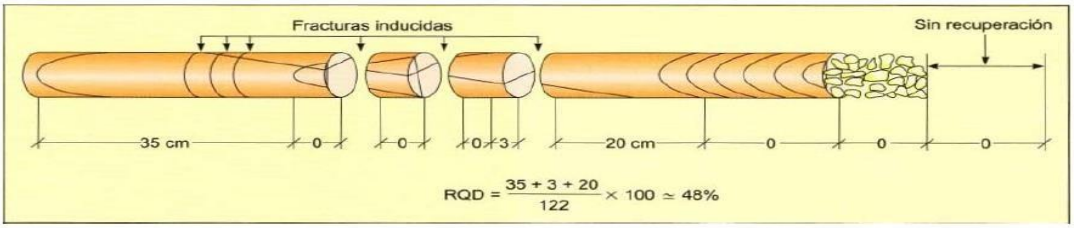


Figura 16. Representación gráfica de la medición y cálculo del índice RQD (Gonzales de Vallejo, 2002)

2.2.10. Criterio de Mohr-Coulomb

Según (Gonzales de Vallejo, 2002), este criterio expresa la resistencia al corte a lo largo de un plano en un estado Triaxial de tensiones, obteniéndose la relación entre los esfuerzos normal y tangencial actuantes en el momento de la rotura (ver figura. 17) mediante la expresión matemática:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \qquad (2.14)$$

Donde:

τ y σ_n son tensiones tangencial y normal sobre el plano de rotura (ver figura. 18).

C y ϕ son la cohesión y el ángulo de rozamiento.

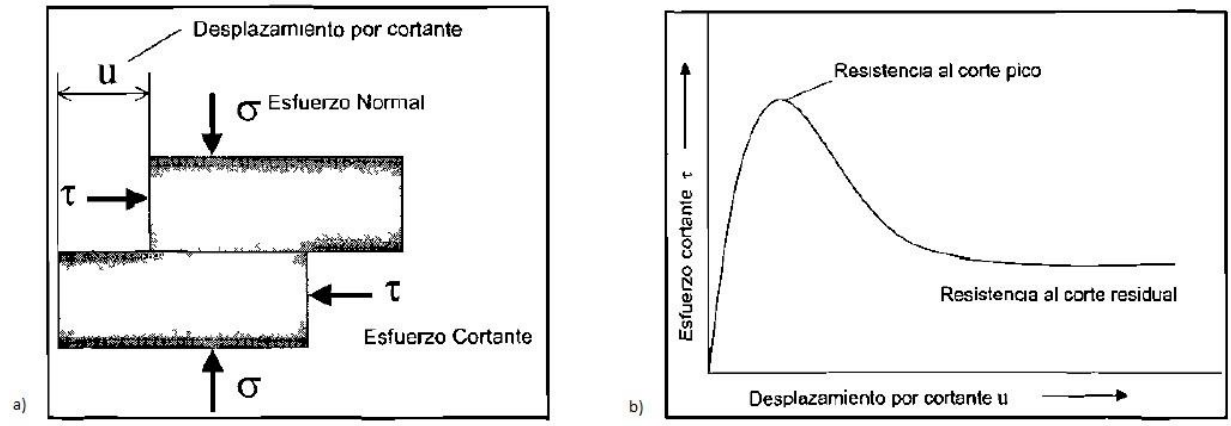


Figura 17. a) Representación de los esfuerzos cortante y normal de una discontinuidad. b) Grafica entre el esfuerzo cortante y el desplazamiento horizontal (Zagoya, 2004)

El criterio puede expresarse igualmente en función de los esfuerzos principales σ_1 y σ_3.

$$\sigma = \frac{2c + \sigma_3[\sin 2\theta + \tan\phi\,(1 - \cos 2\theta)]}{\sin 2\theta - \tan\phi\,[1 + \cos 2\theta]} \tag{2.15}$$

Permientiendo obtener la resistencia en cualquier plano definido por θ. Para el plano critico de rotura, $\theta = 45^o + \phi/2$, la expresión anterior tomará la forma:

$$\sigma_1 = \frac{2c * \cos\phi + \sigma_3(1 + \sin\phi)}{(1 + \sin\phi)} \tag{2.16}$$

Si se da la condición $\sigma_3 = 0$, σ_1 sera la resistencia a compresión simple de la roca:

$$\sigma_1 = \sigma_c = \frac{2c * \cos\phi}{1 - \sin\phi} \tag{2.17}$$

El criterio también proporciona el valor de la resistencia a tracción:

$$\sigma_1 = \frac{2c * \cos\phi}{1 + \sin\phi} \tag{2.18}$$

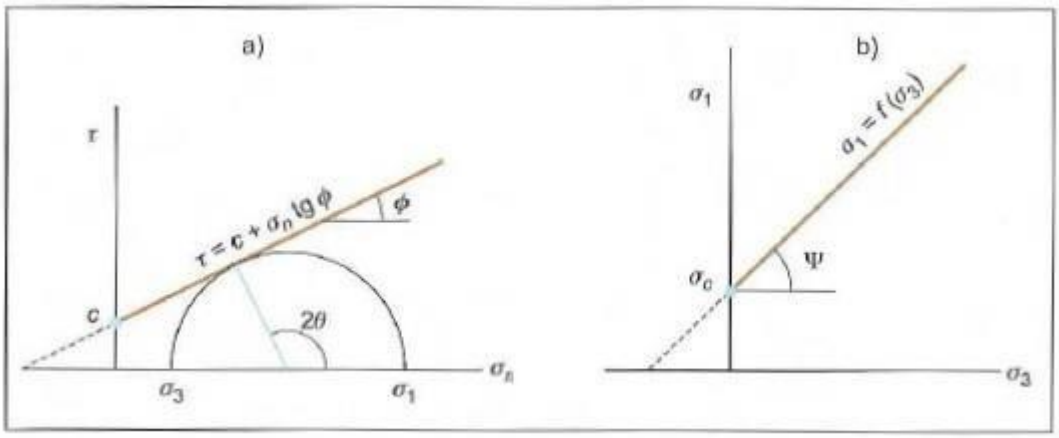


Figura 18. Diferentes envolventes de Mohr-Coulomb (Gonzales de Vallejo, 2002)

2.2.11. Clasificación de Bieniawski

Esta clasificación, se basa en el índice **RMR (*Rock Mass Rating)***, la cual da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Resistencia de la roca matriz.
- Condiciones del diaclasado.
- Efecto del agua.
- Posición relativa del diaclasado respecto a la excavación.

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros, definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma, en cada caso, da el índice de calidad RMR, que varía entre 0 y 100.

- Los objetivos que se persiguen con esta clasificación son:
  - Dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga. o Proporcionar una buena base de entendimiento de las características del macizo rocoso.
  - Facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca, proporcionando datos cuantitativos necesarios para la solución real de los problemas de ingeniería.

- Proporcionar una base común para la comunicación efectiva entre todas las personas que trabajan en un determinado problema de geomecánica.

- Se clasifican las rocas en 5 categorías. En cada categoría se estiman los valores de la cohesión y del ángulo de rozamiento interno del macizo rocoso. A continuación se definen y valoran cada uno de los factores que intervienen en la clasificación:
  - Resistencia de la roca intacta o Calidad de la roca o Espaciado de las juntas o Condición de las juntas o Apertura o Tamaño
  - Rugosidad. En esta clasificación se establecen 5 categorías de rugosidad: rugosa, ligeramente rugosa, suave y espejo de falla.
  - Dureza de los labios de la discontinuidad. o Relleno.
  - Presencia de agua o Orientación de las discontinuidades.

PARÁMETRO			RANGO DE VALORES						
1	Resistencia de la roca sana (MPa)	Carga puntual	> 10	4 a 10	2 a 4	1 a 2	Preferible ver compr. Uniaxial		
		Compresión simple	> 250	100 a 250	50 a 100	25 a 50	5 a 25	1 a 5	<1
	VALORACIÓN (R_C)		**15**	**12**	**7**	**4**	**2**	**1**	**0**
2	RQD (%) Rock Quality Designation		90 a 100	75 a 90	50 a 75	25 a 50	< 25		
	VALORACIÓN (R_{RQD})		**20**	**17**	**13**	**8**	**3**		
3	Separación entre diaclasas (m)		> 2.00	0.60 a 2.00	0.20 a 0.60	0.06 a 0.20	< 0.06		
	VALORACIÓN (R_d)		**20**	**15**	**10**	**8**	**5**		
4	Estado de las diaclasas		Muy rugosas Discontinuas Sin espacios Bordes sanos y duros	Ligeramente rugosas Aberturas de más de 1mm Bordes duros	Ligeramente rugosas Aberturas de más de 1mm Bordes blandos	Espejos de falla o Relleno < 5mm o Separación entre 1-5mm (Diaclasas continuas)	Relleno blando superior a 5mm o Abertura > 5mm (Diaclasas continuas)		
	VALORACIÓN (R_S)		**30**	**25**	**20**	**10**	**0**		
5	Agua freática en juntas		Seco	Algo húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
	VALORACIÓN (R_u)		**15**	**10**	**7**	**4**	**0**		

Tabla 1. Determinación del RMR 1989 (Bañon & Beviá, 2000)

CLASE	I	II	III	IV	V
RMR	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 20
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Mala	Muy mala
Cohesión (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Rozamiento interno	> 45º	35 – 45º	25 – 35º	15 – 25º	< 15º
Estabilidad	Desliza 15 m. en 20 años	Desliza 10 m. en 1 años	Desliza 5 m. en 1 semana	Desliza 2.5 m. en 10 horas	Desliza 1 m. en 15 minutos

Tabla 2. Calidad de la roca en función del RMR 1989 (Bañon & Beviá, 2000)

2.2.12. Clasificación de Romana

El índice SMR (*Slope Mass Rating*) para la clasificación de taludes se obtiene del índice RMR básico, restando un "factor de ajuste" que es función de la orientación de las discontinuidades (y producto de tres subfactores) y sumando un "factor de excavación" que depende del método utilizado (Belandria & Borgiorno, 2012).

$$SMR = RMR + (F_1 * F_2 * F_3) + F_4 \tag{2.19}$$

El factor de ajuste de las discontinuidades es producto de tres subfactores:

- F1, depende del paralelismo entre el rumbo de las discontinuidades y la cara del talud. Varía entre 1,00 (cuando ambos rumbos son paralelos) y 0,15 (cuando el ángulo entre ambos rumbos es mayor de 30^o y la probabilidad de rotura es muy baja, Siendoα_J y α_s los valores de dirección de la discontinuidad (α_J) y del talud (α_s). Estos valores establecidos empíricamente ajustan aproximadamente a la expresión:

$$F_1 = \left(1 - \sin\left(\alpha_J - \alpha_S\right)\right)^2 \tag{2.20}$$

- F2, depende del buzamiento de la discontinuidad en la rotura plana. Varía entre 1,00 (para discontinuidades con buzamiento superior a 45º) y 0,15 (para discontinuidades con buzamiento inferior a 20º), Donde β_J es el buzamiento de la discontinuidad. Puede ajustarse aproximadamente según la relación:

$$F_2 = \tan^2 \beta_J \tag{2.21}$$

- F3, refleja la relación entre los buzamientos de la discontinuidad β_J y del talud β_S.

$$F_3 = \beta_J + \beta_S \ (rotura\ plana\ y\ en\ cuña) \tag{2.22}$$

$$F_3 = \beta_J - \beta_S \ (rotura\ con\ vuelco) \tag{2.23}$$

- El F_4 hace referencia a la influencia del método de excavación ultilizado en la estabilidad del talud. Aquellos métodos que originen un mayor residuo o fisuren las capas superficiales del talud favorecerán el desprendimiento de fragmentos y bloques rocosos, precipitándose ladera abajo hacia la zona de explanación. (Belandria & Borgiorno, 2012) & (Bañon & Beviá, 2000).

Método	Talud Natural	Precorte	Voladura Suave	Voladura o Mecánico	Voladura Deficiente
F4	+15	+10	+8	0	-8

Tabla 3. Factores de ajuste según método de excavación (Alpízar , 2012)

TIPO DE ROTURA			MUY FAVORA-BLE	FAVORABLE	NORMAL	DESFAVORA-BLE	MUY DESFAVORA-
Plana	A	$\lvert\alpha_j-\alpha_s\rvert$	>30º	30-20º	20-10º	10-5º	<5º
Vuelco		$\lvert\alpha_j-\alpha_s-180\rvert$					
Cuña		$\lvert\alpha_i-\alpha_s\rvert$					
F_1			**0.15**	**0.40**	**0.70**	**0.85**	**1.00**
	B	$\lvert\beta_j\rvert$ ó $\lvert\beta_i\rvert$	<20º	20-30º	30-35º	35-45º	>45º
Plana/Cuña	**F_2**		**0.15**	**0.40**	**0.70**	**0.85**	**1.00**
Vuelco			**1.00**				
Plana	C	$\beta_j-\beta_s$	>10º	10-0º	0º	0-(-10º)	<(-10º)
Cuña		$\beta_i-\beta_s$					
Vuelco		$\beta_j+\beta_s$	<110º	110-120º	>120º	-	-
F_3			**0**	**-6**	**-25**	**-50**	**-60**

MÉTODO DE EXCAVACIÓN	F_4	MÉTODO DE EXCAVACIÓN	F_4
Talud natural	+15	Voladura normal o excavación mecánica	0
Precorte	+10	Voladura deficiente	-8
Voladura suave	+8		

Tabla 4. Clasificación SMR (Belandria & Borgiorno, 2012)

CLASE	I	II	III	IV	V
SMR	81 - 100	61 - 80	41 – 60	21 - 40	0 - 20
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Mala	Muy mala
Estabilidad	Totalmente estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Grandes por planos contínuos	Juntas o grandes cuñas	Sistemáticas	Ocasionales	Escasas o ninguna

Tabla 5. Calidad del talud rocoso según el índice SMR (Bañon & Beviá, 2000)

2.2.13. Estabilidad de taludes

(Suarez J. , 1998), la estabilidad de taludes es la teoría que estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la geotecnia. La inestabilidad de un talud, se puede producir por un desnivel, que tiene lugar por diversas razones:

- Razones geológicas: laderas posiblemente inestables, orografía acusada, estratificación, meteorización, etc.
- Variación del nivel freático: situaciones estacionales, u obras realizadas por el hombre.
- Obras de ingeniería: rellenos o excavaciones tanto de obra civil, como de minería.

Los taludes además serán estables dependiendo de la resistencia del material del que estén compuestos, los empujes a los que son sometidos o las discontinuidades que presenten. Los taludes pueden ser de roca o de tierras. Ambos tienden a estudiarse de forma distinta (Suarez J. , 1998).

2.2.14. Factor de Seguridad

El coeficiente de seguridad (también conocido como factor de seguridad) es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos (Ochoa & Reyes, 2011).

Según tales condiciones, es permitido establecer las ecuaciones de equilibrio entre fuerzas que inducen el deslizamiento (actuantes) y las fuerzas resistentes. Los

análisis proporcionan el valor del factor de seguridad del talud para la superficie en análisis, bajo equilibrio estricto o equilibrio límite de las fuerzas que actúan (Ochoa & Reyes, 2011). Este factor se expresa de la siguiente forma:

$$F = \frac{Fuerzas\ Resistente}{Fuerzas\ Actuantes} \tag{2.24}$$

O expresado en términos de esfuerzos:

$$F = \frac{Fuerzas\ tangenciales\ resistentes}{Fuerzas\ tangenciales\ deslizantes\ o\ actuantes} \tag{2.25}$$

Después de evaluar el factor de seguridad de la superficie supuesta, es necesario analizar otras superficies de rotura, hasta encontrar la condición con el menor factor, reconocida como superficie potencial de rotura del talud, este factor se toma como el factor de seguridad de todo el talud (Ochoa & Reyes, 2011).

Las fuerzas que actúan sobre un plano de rotura o deslizamiento potencial, suponiendo que no existen fuerzas externas sobre el talud, son las debidas al peso del material, Wa la cohesión c, y a la fricción, ϕ, del plano (Ochoa & Reyes, 2011). (Figura 19)

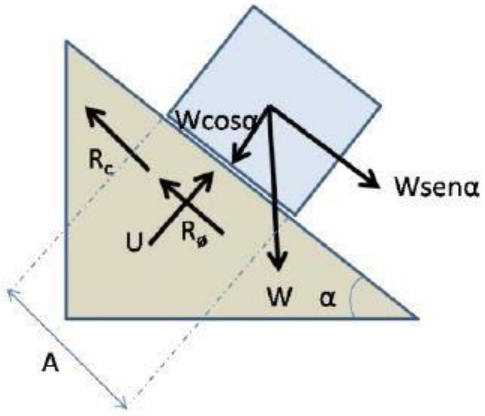


Figura 19. Fuerzas actuando sobre una superficie de rotura en un talud (Ochoa & Reyes, 2011)

En este caso, el factor de seguridad viene dado por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{R_C + R_\phi}{S} \tag{2.26}$$

Siendo:

- R_C: las fuerzas cohesivas = cA.
- R_ϕ: las fuerzas friccionantes = $(W * \cos \alpha) * \tan$.
- S: las fuerzas que tienden al deslizamiento = $(W * \cos \alpha)$.
- A: área del plano de rotura.

Si existe *U* , es decir, las fuerzas totales debido a una presión de agua sobre la superficie *A* ; la ecuación se traduciría a:

$R_\phi = (W * \cos \alpha - U) * \tan \phi$ (2.27)

Existen distintos métodos para el cálculo del factor de seguridad por equilibrio límite, que varían en complejidad, fundamentados en la aplicación para análisis de suelos. Estos métodos proporcionan un factor de seguridad a partir de la solución inmediata de ecuaciones con alta simplicidad, mientras que hay otros métodos numéricos que requieren de sistemas de ecuaciones y procesos de cálculo iterativo (Ochoa & Reyes, 2011).

2.2.15. Tipo de falla

Los diferentes tipos de falla están condicionados por el grado de fracturación del macizo rocoso y por la orientación y distribución de las discontinuidades con respecto al talud, quedando la estabilidad definida por los parámetros resistentes de las discontinuidades determinan la situación de los planos de falla (Gonzales de Vallejo, 2002), Los tres principales mecanismos de rotura de un talud rocoso son los que a continuación se mencionan:

2.2.15.1. Falla Plana

Cuando el deslizamiento corresponde a uno o varios bloques a favor de planos de deslizamiento, las roturas se llaman planas. El deslizamiento plano suele producirse cuando la masa no esté confinada lateralmente. Normalmente ocurre en taludes naturales o en desmontes cuando las discontinuidades tienen casi la misma dirección del buzamiento que la superficie natural del talud. La tipología de falla plana es muy frecuente y puede ser de máxima peligrosidad. La falla plana en un macizo rocoso representa uno de los mecanismos más simples de rotura (Melentijevic, 2005). Los mecanismos básicos de deslizamientos traslacionales planos se pueden subdividir en (ver figura 20):

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

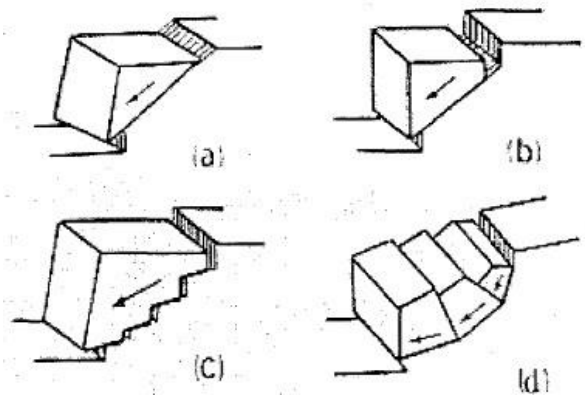


Figura 20. Tipos de fallas planas (Melentijevic, 2005)

2.2.15.2. Falla en Cuña

Cuando el bloque que desliza está limitado por dos o tres juntas se trata de una rotura por cufia. Ocurre en taludes cortados por dos superficies de discontinuidades, no paralelas, de tal manera que la línea de intersección de

ambos planos aflora en el talud y buza en sentido desfavorable. Normalmente este tipo de rotura es limitado por cuatro caras, dos de planos de discontinuidades, dos de superficie de roca, y a veces incluye un plano correspondiente a la grieta de tracción. También la superficie de falla puede estar formada por planos escalonados e incluso con puentes de roca matriz (Melentijevic, 2005) (ver figura 21).

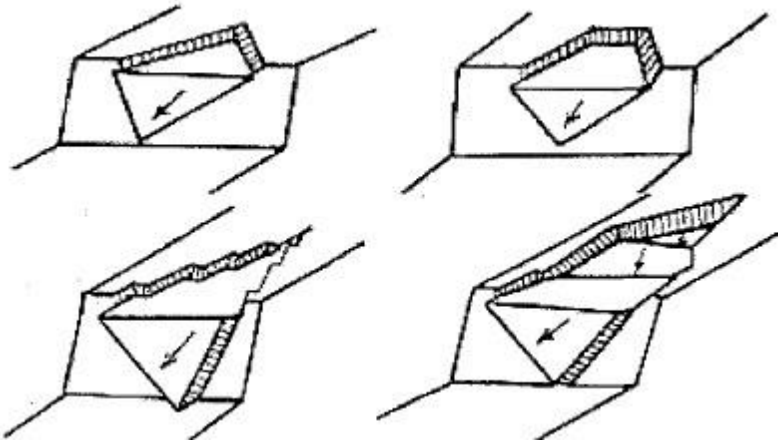


Figura 21. Tipos de fallas en cuña (Melentijevic, 2005)

2.2.15.3. Falla por Volcamiento

Para que se produzca en un talud el fenómeno de vuelco, también conocido como "cabeceo", o a menudo con la denominación inglesa "toppling", es necesario que exista una familia de discontinuidades que siendo paralelas tengan casi el mismo rumbo que el talud, con buzamiento alto y orientación hacia el interior del talud (Melentijevic, 2005).

El vuelco conlleva la rotación de los bloques, o columnas, en tomo de una base fija bajo la acción gravitatoria o presión de agua en las discontinuidades. Implica que un estrato tiende a quedar colgado y soportado por la resistencia pasiva de las capas de la base del talud (Melentijevic, 2005).

(Melentijevic, 2005) Cifra en ±10° la diferencia máxima entre ambos para que se produzca el fenómeno. Las roturas por vuelco pueden manifestarse a cualquier escala y en casi todo tipo de roca, incluso pueden ser profundas y grandes. Pueden incluir también roca bastante sana. Ocurren tanto en taludes naturales como en taludes excavados, en desmontes en obras civiles o cortas mineras (ver fig. 22).

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

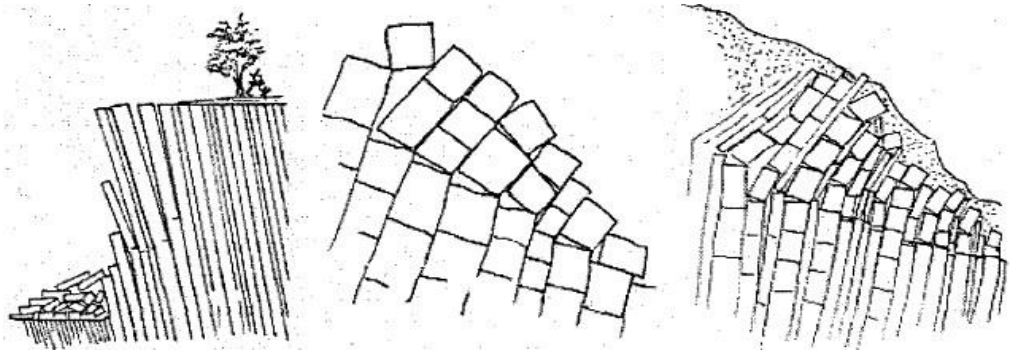


Figura 22. Tipos de fallas por volcamiento (Melentijevic, 2005)

2.2.16. RocData (Rocscience)

RocData es un programa interactivo que permite a los usuarios probar fácilmente diferentes parámetros de resistencia y observar cómo afectan la envolvente de rotura, brindando una mejor comprensión de la resistencia del material. Utiliza un conjunto de herramientas versátil para el análisis de la roca y datos de la resistencia del suelo, así como para la determinación de la fuerza sobre parámetros físicos; puede emplearse para determinar los parámetros de fuerzas lineales y no lineales de roca y suelo, con base en el análisis de los datos de resistencia al corte, compresión triaxial o simple (Rocscience, 2013).

Además ofrece cuatro de los criterios de resistencia más utilizados para aplicaciones de ingeniería geotécnica que involucran rocas, el suelo o la fuerza conjunta. Las siguientes opciones son:

- Generalizado de Hoek-Brown
- Mohr-Coulomb
- Barton-Bandis
- Curva de potencia

El criterio de resistencia se selecciona en el cuadro de diálogo configuración del proyecto. Cuando se elige un criterio de resistencia, todos los parámetros de entrada y de salida corresponderán con el criterio seleccionado (Rocscience, 2013).

2.2.16.1. Criterios Fuerza: Generalizada Hoek-Brown

El criterio generalizado de Hoek-Brown es un criterio de falla empírica para la roca, que establece la fuerza en términos de tensiones principales mayores y menores. Predice la actuación de las fuerzas, que concuerdan bien con los valores determinados a partir de ensayos triaxiales de laboratorio en roca intacta y de las fallas observadas en macizos rocosos fracturados.

El criterio generalizado de Hoek-Brown es no lineal y se relaciona con las tensiones principales eficaces mayores y menores (sigma 1 y sigma 3) (Rocscience, 2013)

$$\sigma^{1} = \sigma_3 + \sigma_{ci} * \left(mb * \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_{ci} + s} \right)^{a} \right) \quad (2.28)$$

Los parámetros de la Generalizado de Hoek-Brown criterio (mb, s, a) puede obtenerse a partir de relaciones empíricas sobre la base de las observaciones de GSI (índice de fuerza geológica), sigci (resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta), mi (parámetro m de roca intacta) y D (factor de perturbación masiva) (Rocscience, 2013).

Para un conjunto dado de parámetros de entrada (sigci, GSI, mi y D), *RocData*® calcula los valores de mb, s, a, y otros parámetros del macizo rocoso cuyos resultados son mostrados en la barra lateral (Rocscience, 2013).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el siguiente capítulo, se describirá el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, los instrumentos y técnicas, así como el análisis y la metodología empleada para poder ejecutarla y llevarla a cabo los objetivos propuestos en la investigación.

3.1. Tipo de la investigación

La investigación que se realizo es de tipo descriptiva, ya que caracterizo un hecho, fenómeno o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Por lo cual el estudio llevo a cabo la observación y estudios, tanto cualitativos como cuantitativos de todas las variables que entran en juego, al momento de caracterizar el comportamiento mecánico que tendrá el macizo rocoso cuando se realice la excavación de la fosa Noreste de la mina. También es de Campo, debido a que la información que se recolecto, se extrajo de un ambiente natural, en este caso es la zona en donde se desarrollara el proyecto.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental (Lerna, 2011) (Sierra & Alvarez), debido a que se realiza manipulando las variables, es decir se trata de una investigación donde se alteran intencionalmente las variables independientes, con el fin de observar los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después ser analizados. A través de los ensayos que serán las variables independientes se obtendrán los parámetros geomecánicos tales como la resistencia a la compresión simple, resistencia a la compresión confinada, resistencia a la tracción indirecta y la resistencia al corte (variables independientes), los cuales mediante herramientas podrán definir el comportamiento de la roca. En este proyecto se procede a experimentar, observar, explicar y analizar los parámetros que intervienen en la estabilidad de taludes de la fosa.

3.3. Población y muestra

La población de estudio es la Fosa Noreste de la Mina Paso Diablo. La muestra estará representada por 6 perforaciones hechas en la zona de estudio, las cuales tienen profundidades entre 117,9 m y 256,3 m (Ver Anexo A), de las cuales se tomaron 103 especímenes, de los cuales solo se utilizaron 87 para la realización de los distintos ensayos. Para compresión simple se usaron 49 especímenes, para corte directo 10, para Triaxial 12, tracción indirecta 16, haciendo uso de las normas correspondientes en cada uno de ellos.

3.4. Medios, instrumentos y técnicas.

Medios:

- Ensayos mecánicos de laboratorio (compresión uniaxial y triaxial, tracción indirecta, corte directo, cerchar, indentación)
- Estudios de laboratorio (tamaño de grano, límite de Atterberg y existencia de arcillas en las muestras).

Instrumentos:

- Equipos *GCTS*®
- *Software RocData®, Dips®, Phase 2.0®, Grapher®, Strater®, GeoStudio®, Slide®, RocPlane®, Wedge®, Minesigh 9.50®*

Técnicas:

- Normas ASTM (D7531-08, D7012-10, D5607-08, D2664-95a)
- Normas ISRM.
- Análisis de estabilización de Taludes (análisis cinemáticos y mecánicos

3.5. Metodología

Para lograr los objetivos planteados se procederá a llevar a cabo la siguiente metodología, esquematizada en 3 fases:

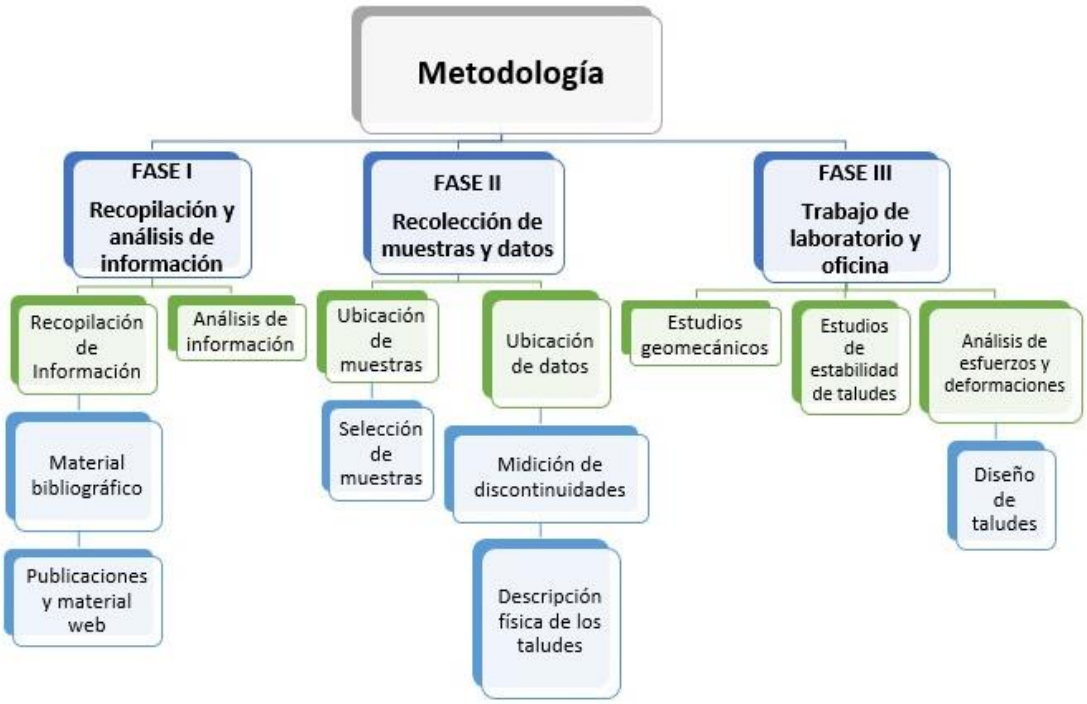


Figura 23. Esquema metodológico

3.5.1 Fase I: Recopilación de información y Análisis de la información

3.5.1.1 Recopilación de la información

Consistió en la búsqueda de información geológica publicada en Trabajos Especiales de Grado, mapas topográficos del área de estudio, perfiles de las zonas estudiadas y publicaciones, haciendo énfasis en las que contengan datos de la zona de estudio, específicamente en la zona Noreste de la mina Paso Diablo, estado Zulia.

3.5.1.2 Análisis de la información recopilada

El material recopilado fue estudiado para comprender los aspectos geológicos de la zona de estudio, para así poder realizar los estudios geomecánicos con parámetros adecuados.

3.5.2 Fase II: Recolección de muestra

La recolección de muestras se obtuvo a partir de núcleos de perforación realizadas en la zona de estudio, que fueron llevados al laboratorio de Mecánica de Rocas; como también la obtención de datos estructurales a partir de la descripción de núcleos hechos en campo y el software minero Mincom, utilizado en la empresa.

3.5.2.1. Selección de las muestras

La escogencia de las muestras se realizó por medio de las normas existentes para cada ensayo, descritos a continuación:

- Ensayo uniaxial (ASTM D2938-95)
- Ensayo triaxial (ASTM D7012-10)
- Ensayo de corte directo (ASTM D5607-08)
- Ensayo brasilero (ASTM D5731-08)

Para los núcleos de las perforaciones obtenidos, se tomó en cuenta:

- Longitud de los núcleos.
- Profundidad del núcleo de perforación.
- Discontinuidades en las muestras.

3.5.2.2. Obtención de datos estructurales

A través de la descripción de los núcleos de perforación se pudieron medir discontinuidades respecto a los planos de estratificación de la zona, así como también se pudieron medir planos de falla a través del software minero Mincom.

3.5.3. Fase III: Trabajo de laboratorio y oficina

Se llevó a cabo la realización de los ensayos de laboratorio (ensayo de compresión uniaxial para calcular la resistencia a la compresión simple, ensayo triaxial para calcular la resistencia confinada, ensayo de corte directo para calcular la resistencia al corte y ensayo

brasilero para calcular la resistencia a la tracción), así como los análisis cinemáticos y mecánicos de los taludes, y las deformaciones e esfuerzos que actúan sobre la excavación.

3.5.3.1. Estudios Geomecánicos

La elaboración de muestras con distintos parámetros (preparación), para su posterior clasificación y estudio geomecánico se basó en:

- Preparación de muestras

Una vez tomadas las muestras se procedió a su respectiva preparación para ser ensayadas. (Para los ensayos de corte directo (ASTM D5607-08) se colocó la muestra en dos anillos de acero de alta resistencia con material cementante para evitar el corrimiento de la misma durante el ensayo). Para los demás ensayos se subdividió esta etapa en:

- Corte de muestras
- Las muestras fueron llevadas al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Facultad de Ingeniería para reducir su longitud y tamaño hasta lo indicado en las normas de los ensayos que así lo requieran. El corte es producido con un disco de corte (Ensayo uniaxial (ASTM D2938-95), Ensayo triaxial (ASTM D7012-10), Ensayo brasilero (ASTM D5731-08)).
  o Rotulado de muestras

  Una vez realizado la reducción de tamaño, se procedió a rotular las muestras, con el fin de llevar un control del número de ensayos a realizar, estas se comenzarán a numerar a partir de la última muestra que haya entrado al Laboratorio de Mecánica de Rocas “Miguel Castillejo” de la Facultad de Ingeniería.
- Reparación de muestras

  Durante la etapa de compresión es muy probable que los cilindros de roca muy meteorizadas fragmenten en los extremos y que las muestras de mano se disgreguen, de ser ese el caso hay que reparar las mismas utilizando una mezcla de acero al frío (Epoxy) para rellenar cualquier grieta producida. Si la muestra es reparada hay que esperar mínimo un día para volver a manipularla (Ensayo uniaxial (ASTM D2938-95), Ensayo traxial (ASTM

D7012-10), Ensayo brasilero (ASTM D5731-08)). o Refrentado ó Pulitura de las caras de los cilindros de roca (muestras)

Para garantizar la perpendicularidad de las caras y una superficie totalmente libre de rugosidades e irregularidades es necesario pulir las muestras destinadas a Ensayo uniaxial (ASTM D7012-10), Ensayo traxial (ASTM D7012-10), Ensayo brasilero (ASTM D5731-08) con el fin de garantizar una distribución de esfuerzos regular (véase sección de ensayos geomecánicos del capítulo II). Esta refrentado es realizada con una refrentadora GCTS RSG-200 (ver figura. 24) que cuenta con un carro móvil con libertad de movimiento en sus tres ejes que permite que las muestras pongan en contacto sus caras, paralelamente, con un disco giratorio de diamante.



Figura 24. Pulidora GCTS RSG-200 (GCTS, 2015)

- Medición y pesado de muestras

Se midieron, la altura y el diámetro de las muestras para todos los ensayos, al igual que área de discontinuidad en un recorrido de 6 a 15mm (muestras de mano (Ensayo de corte directo (ASTM D5607-08))), sin embargo se pesaran todas y cada una de estas. Todos estos datos se registraron en un cuaderno de anotaciones, ya que en la etapa de ensayo fueron requeridas. Ya con este último paso realizado las muestras estuvieron listas para ser ensayadas.

- Ejecución de ensayos

Los ensayos mecánicos que se realizaron fueron: compresión uniaxial, compresión triaxial y corte directo siguiendo las normas (Ensayo uniaxial (ASTM D7012-10), Ensayo traxial (ASTM D7012-10), Ensayo brasilero (ASTM D5731-08), (Ensayo de corte directo (ASTM D5607-08))), usando el equipo GCTS RDS-500 (ver figura 25). La metodología de estos ensayos es explicada a detalle en la sección de ensayos mecánicos del capítulo II.



Figura 25. Equipo GCTS RDS-500 (GCTS, 2015)

- Elaboración de reportes y análisis de los resultados

Una vez extraídos los datos del procesador de la máquina, son importados en formato ".txt" hasta una computadora personal en donde fueron leídos a través del programa Office Excel. Las gráficas pertinentes a cada tipo de ensayo se realizaron con el programa Grapher V.0, mientras que los reportes fueron construidos con Office Word.

- Caracterización del Macizo Rocoso

Se hicieron los estudios geológicos estructurales en el área de estudio con los cuales se logró realizar las distintas clasificaciones para estimar el estado del macizo de cada talud al igual que su estabilidad. Parámetros que sirvieron de guía para lograr complementar los resultados con el fin de determinar si podría haber algún problema en el área de excavación.

Estudio de estabilidad de taludes

Se realizaron los análisis cinemáticos de los distintos taludes con los estudios estructurales obtenidos, donde se plasmaron los datos estructurales obtenidos en campo mediante redes estereográficas, con el programa DIPS, para posteriormente realizar los análisis mecánicos ya sean en fallas planas o en cuñas, mediante la obtención de sus factores de seguridad en los distintos planos adquiridos anteriormente, usando los programas SWEDGE y ROCPLANE.

Análisis de esfuerzos y deformaciones

Se analizaron los esfuerzos, tanto laterales como verticales del macizo rocoso así como también el movimiento relativo que éste podría sufrir ya sean horizontales o verticales con la realización de la excavación al igual que las líneas de esfuerzos y su dirección de aplicación y su deformación. Para esto de utilizo el programa PHASE 2, que mediante el modelado de elementos finitos se obtuvo, los distintos comportamiento de los taludes con los parámetros geomecánicos.

Diseño del talud operativo y del talud final

Luego de realizar el análisis de esfuerzos y deformaciones y de obtener los parámetros en los cuales serán estables los taludes, se procederá a través de un programa informático a realizar el diseño del talud operativo y el talud final de la excavación que se realizará en la fosa Noreste.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANALISIS

4.1. Actualización del modelo geológico

Para realizar la actualización del modelo geológico se tomó la descripción de los núcleos de las perforaciones realizadas en la zona noreste previamente. Dichas perforaciones son las que se muestran en la tabla 6

PERFORACIÓN	COORDENADAS (m)			PROFUNDIDAD (m)
	ESTE	NORTE	ELEVACION	
PHG-012	798491,48	1223360,33	98,10	214,55
PHG-028R	799225,00	1223735,00	79,98	256,30
PHG-031	799283,00	1224416,00	90,06	117,90
PHG-030 A	800107,90	1224182,79	98,55	244,55
PHG-030	799671,71	1224182,71	85,44	222,80
PHG-034	798416,93	1223981,96	126,20	222,80

Tabla 6. Perforaciones en la fosa noreste

En algunas de las perforaciones se realizó la medición del nivel freático, tomando como nivel de referencia para este trabajo el valor máximo medido, tal como se muestra en la tabla 7

PERFORACION	NIVEL FREATICO (m)
PHG-028R	192,63
PHG-030A	151,14
PHG-031	101,14

Tabla 7. Nivel freático

Una vez obtenida la descripción de los núcleos de las perforaciones en físico, estas fueron digitalizadas en tablas de Excel para facilitar el manejo de la información, dichas tablas se muestran a continuación:

Coodenadas		PHG-012								
Norte	Este	Elevacion	Diametro De Perforacion	Inclinacion de perforación (Grados)						
1,223,360.3300	798,491.4800	98.1800	HQ	90.0000						
					Profundidad (m)	RQD (%)	Estratificación		Diaclasas	
Roca	Tipo	Longitud (m)	Desde (m)	Hasta (m)			Rumbo	Buzamiento	Rumbo	Buzamiento
Esteril	Ripio	3.7500	0.0000	3.7500	94.4300					
Esteril	Sin recuperación	19.3000	3.7500	23.0500	75.1300					
Esteril	Limolita	4.0000	23.0500	27.0500	71.1300	31.0000	N56E	12S		80N
										77N
										40S
										83N
										85N
Carbón	9O	0.1400	27.0500	27.1900	70.9900	0.0000	N56E	10S		
Esteril	Limolita	10.5000	27.1900	37.6900	60.4900	34.8300	N56E	12S		25S
										45N
										40S
										85N
										78N
										78N
										55N
Carbón	9Q	1.7600	37.6900	39.4500	58.7300	74.0000	N56E	15S		
Esteril	Limolita	9.9500	39.4500	49.4000	48.7800	56.5000	N56E	13S		45N
										60S
										85N
										82S
										48S
										80S
										77N
Carbón	8I	1.5000	49.4000	50.9000	47.2800	15.0000	N56E	6S		
Esteril	Limolita	4.3500	50.9000	55.2500	42.9300	49.0000	N56E	6S		88S
Carbón	8KM	3.3000	55.2500	58.5500	39.6300	19.0000	N56E	5S		
Esteril	Limolita	3.7700	58.5500	62.3200	35.8600	55.0000	N56E	6S		85S
Esteril	Arenisca	2.2300	62.3200	64.5500	33.6300	52.0000	N56E	9S		55S
										48N
										55N
										55S
										80S
Esteril	Limolita	2.9000	64.5500	67.4500	30.7300	7.0000	N56E	8S		
Carbón	7M	3.0000	67.4500	70.4500	27.7300	16.0000	N56E	8S		
Esteril	Limolita	9.1000	70.4500	79.5500	18.6300	38.0000	N56E	7S		78N
										73N
										76N
										84N
										85N
										80N
										75N
										77N
										88N
										86N
Carbón	Carbón	0.1000	79.5500	79.6500	18.5300	0.0000	N56E	5S		
Esteril	Limolita	3.7800	79.6500	83.4300	14.7500	14.5000	N56E	5S		70N
										38N
										80N
										73N
Esteril	Arenisca	2.1200	83.4300	85.5500	12.6300	39.0000	N56E	6S		62N
										82N
Esteril	Limolita	1.7500	85.5500	87.3000	10.8800	53.0000	N56E	9S		55N
										70N
										38N
Esteril	Arenisca	1.9500	87.3000	89.2500	8.9300	94.5000	N56E	10S		75N
										83N

Tabla 8. Datos de la perforación PHG-012

Esteril	Limolita	3.2000	89.2500	92.4500	5.7300	70.0000	N56E	11S		75N
										83N
										85N
										50N
										45N
										30N
Esteril	Arenisca	0.6100	92.4500	93.0600	5.1200	100.0000	N56E	10S		80N
Esteril	Limolita	1.5900	93.0600	94.6500	3.5300	15.0000	N56E	10S		45S
Esteril	Limolita parcialmente quemada, algo fosilifera	2.9000	94.6500	97.5500	0.6300	24.0000	N56E	8S		76N
										88N
										85N
										82N
										87N
										45S
										50S
										57N
Esteril	Intercalaciones Areniscas - Limolitas	0.8500	97.5500	98.4000	-0.2200	92.0000	N56E	8S		
Esteril	Roca quemada	3.4500	98.4000	101.8500	-3.6700	15.0000	N56E	8S		45S
										72N
Esteril	Limolita	28.7000	101.8500	130.5500	-32.3700	71.6600	N56E	10S		82N
										73N
										40S
										75N
										72S
										71N
										83S
										75S
										50S
										40S
										52S
										45N
										84N
										48N
										40N
										52N
										40N
										75N
										70N
										40S
										45S
										50N
										71N
										48S
										45N
										43N
										45N
										60N
										22S
										55S
										52N
										17S
										12N
										26N
										35N
										44N
										45N
										33N
										67N
										38S
										85N

Tabla 8(continuación). Datos de la perforación PHG-012

Carbón	5M	3.2000	130.5500	133.7500	-35.5700	17.0000	N56E	18S		
Esteril	Arenisca	3.5000	133.7500	137.2500	-39.0700	59.0000	N56E	18S		45N
										46S
										48S
										36S
										45N
Carbón	5N5	1.1800	137.2500	138.4300	-40.2500	21.0000	N56E	15S		
Esteril	Limolita	1.9800	138.4300	140.4100	-42.2300	57.5000	N56E	15S		
Esteril	Arenisca	1.2700	140.4100	141.6800	-43.5000	87.0000	N56E	15S		65N
										28S
Esteril	Limolita	2.8200	141.6800	144.5000	-46.3200	76.0000	N56E	15S		48S
										53N
Esteril	5N7	0.2000	144.5000	144.7000	-46.5200	0.0000	N56E	8S		
Esteril	Limolita	1.3500	144.7000	146.0500	-47.8700	75.0000	N56E	8S		
Esteril	Arenisca	2.8800	146.0500	148.9300	-50.7500	83.0000	N56E	8S		65S
										48N
Esteril	Limolita	0.2000	148.9300	149.1300	-50.9500	70.0000	N56E	8S		
Carbón	5N9	0.3300	149.1300	149.4600	-51.2800	64.0000	N56E	12S		
Esteril	Limolita	3.9500	149.4600	153.4100	-55.2300	58.5000	N56E	9S		76N
										80S
										45N
										78S
Esteril	Arenisca	4.2200	153.4100	157.6300	-59.4500	94.5000	N56E	12S		50N
Carbón	5O	2.6500	157.6300	160.2800	-62.1000	34.0000	N56E	12S		
Esteril	Limolita	3.2700	160.2800	163.5500	-65.3700	30.0000	N56E	13S		58N
										69N
										77N
										65N
Esteril	Arenisca	11.0000	163.5500	174.5500	-76.3700	83.0000	N56E	12S		65N
										70N
										78S
										85S
										40N
Esteril	Intercalaciones Areniscas - Limolitas	3.0300	174.5500	177.5800	-79.4000	88.5000	N56E	12S		38N
Esteril	Limolita	13.2700	177.5800	190.8500	-92.6700	91.5000	N56E	17S		90
										55N
										70N
										75N
										55N
										62N
										75N
										85N
										80N
										75N
										50N
										33N
										75N
										85N
Esteril	Arenisca	2.7000	190.8500	193.5500	-95.3700	100.0000	N56E	14S		60S
										80N
										75N
Esteril	Limolita	5.3700	193.5500	198.9200	-100.7400	97.5000	N56E	7S		32N
										85N
Carbón	4M	9.5000	198.9200	208.4200	-110.2400	51.2500	N56E	7S		
Esteril	Limolita	0.3000	208.4200	208.7200	-110.5400	90.0000	N56E	7S		
Carbón	4O	4.1500	208.7200	212.8700	-114.6900	29.0000	N56E	7S		
Esteril	Limolita	1.6800	212.8700	214.5500	-116.3700	92.0000	N56E	7S		
	Total	**214.5500**								

Tabla 8 (continuación). Datos de la perforación PHG-012

Coodenadas		PHG-028R								
Norte	Este	Elevacion	Diametro De Perforacion	Inclinacion de perforación (Grados)						
1,223,735.0000	799,225.0000	79.9800	HQ	90.0000						
							Estratificación		Diaclasas	
Roca	Tipo	Longitud (m)	Desde (m)	Hasta (m)	Profundidad (m)	R.Q.D(%)	Rumbo	Buzamiento	Rumbo	Buzamiento
Esteril	Ripio	6.1000	0.0000	66.8000	13.1800					
Esteril	Limolita	4.7000	66.8000	71.5000	8.4800	60.0000	N21E	12S		70N
										70N
										80N
										60N
										80N
										20S
Carbón	8I	3.3500	71.5000	74.8500	5.1300	72.5000	N21E	10S		90
Esteril	Limolita	1.2500	74.8500	76.1000	3.8800	88.3300	N21E	15S		90
										85N
Esteril	Arenisca	0.6000	76.1000	76.7000	3.2800	78.3300	N21E	18S		50N
										70N
Esteril	Limolita	10.0500	76.7000	86.7500	-6.7700	83.7475	N21E	15S		90
										90
										70N
										90
										30N
										40N
										70N
										70S
										45S
										70N
										30N
										61N
										70S
										50N
										70N
										20S
										60N
Esteril	Arenisca	0.9000	86.7500	87.6500	-7.6700	100.0000	N21E	10S		65N
										40N
										50N
										40N
Esteril	Limolita	13.3500	87.6500	101.0000	-21.0200	89.7128	N21E	9S		50N
										80N
										80N
										70N
										80N
										80N
										60S
										70N
										75N
										30N
										60S
Esteril	Arenisca	2.2500	101.0000	103.2500	-23.2700	95.0000	N21E	10S		70S
										60N
										50N
										80N
										80N
Esteril	Limolita	0.8500	103.2500	104.1000	-24.1200	95.0000	N21E	10S		20N
										80S
										60S
										30N
Esteril	Arenisca	0.4500	104.1000	104.5500	-24.5700	87.5000	N21E	10S		80N
										40N

Tabla 9. Datos de la perforación PHG-028R

Esteril	Limolita	0.8000	104.5500	105.3500	-25.3700	80.0000	N21E	10S		80N
Esteril	Arenisca	4.3500	105.3500	109.7000	-29.7200	76.6666	N21E	11S		60N
										60S
										70N
										70N
										75N
										20N
										40S
										50N
Esteril	Limolita	0.6000	109.7000	110.3000	-30.3200	6.6700	N21E	15S		70N
Carbón	7O	1.1500	110.3000	111.4500	-31.4700	6.6700	N21E	15S		
Esteril	Limolita	4.2000	111.4500	115.6500	-35.6700	35.8350	N21E	13S		70N
										40S
										60N
										50S
										20S
										30S
										50N
Esteril	Arenisca	12.5500	115.6500	128.2000	-48.2200	96.2475	N21E	13S		70N
										50N
										60N
										70N
										70N
										30S
										60N
										70N
										20N
										60S
										40N
										75N
										70N
										20S
										70N
										40S
										80N
										70N
										65N
										70N
										80N
										60N
										50S
										70N
										70N
Esteril	Limolita	27.6500	128.2000	155.8500	-75.8700	60.5558	N21E	15S		40S
										85S
										60S
										80N
										70N
										60N
										40S
										70N
										70N
										70N
										60S
										65S
										50S
										40S
										60N
										10N
										60N

Tabla 9(continuación). Datos de la perforación PHG-028R

Esteril	Ripio	18.9500	155.8500	174.8000	-94.8200		N21E			
Esteril	Arenisca	2.0000	174.8000	176.8000	-96.8200	98.3350	N21E	15S		15S
										50N
										70N
Esteril	Limolita	1.3500	176.8000	178.1500	-98.1700	83.3350	N21E	10S		
Esteril	Arenisca	1.8500	178.1500	180.0000	-100.0200	90.0000	N21E	13S		40S
										74N
Esteril	Limolita	0.8500	180.0000	180.8500	-100.8700	90.0000	N21E	20S		70N
Esteril	Arenisca	0.5500	180.8500	181.4000	-101.4200	83.8300	N21E	13S		
Esteril	Limolita	1.5500	181.4000	182.9500	-102.9700	83.8300	N21E	17S		70N
										70N
Carbón	6K	0.0500	182.9500	183.0000	-103.0200	83.8300	N21E	15S		
Esteril	Limolita	2.6000	183.0000	185.6000	-105.6200	96.6700	N21E	25S		70N
										50N
										60N
										80S
										65N
										60N
										30N
										30N
Esteril	Arenisca	1.0000	185.6000	186.6000	-106.6200	96.6700	N21E	25S		60N
										32N
										30N
Esteril	Limolita	4.7500	186.6000	191.3500	-111.3700	93.3333	N21E	19S		60N
										70S
										70N
										80N
										60N
										60N
										60N
										80N
										50N
										60N
										70N
										75N
										20N
Carbón	6M	2.8500	191.3500	194.2000	-114.2200	91.6650	N21E	10S		
Esteril	Limolita	7.4500	194.2000	201.6500	-121.6700	92.2233	N21E	14S		83N
										70N
										60S
Carbón	6O	2.5500	201.6500	204.2000	-124.2200	78.3350	N21E	15S		
Esteril	Intercalaciones Arenisca-Limolita	8.5500	204.2000	212.7500	-132.7700	95.3340	N21E	15S		
Carbón	6Q	1.1500	212.7500	213.9000	-133.9200	96.6700	N21E	15S		
Esteril	Limolita	7.7500	213.9000	221.6500	-141.6700	99.3340	N21E	48S		75N
										60N
Carbón	5M	1.8000	221.6500	223.4500	-143.4700	100.0000	N21E	48S		
Esteril	Limolita	6.3000	223.4500	229.7500	-149.7700	96.6666	N21E	18S		90
Carbón	Carbòn	0.2500	229.7500	230.0000	-150.0200	100.0000	N21E	18S		
Esteril	Limolita	10.5000	230.0000	240.5000	-160.5200	97.6660	N21E	13S		40N
Carbón	5M1	0.2000	240.5000	240.7000	-160.7200	100.0000	N21E	10S		
Esteril	Intercalaciones Arenisca-Limolita	1.5500	240.7000	242.2500	-162.2700	100.0000	N21E	10S		
Carbón	5M2	0.1000	242.2500	242.3500	-162.3700	100.0000	N21E	10S		
Esteril	Intercalaciones Arenisca-	2.5500	242.3500	244.9000	-164.9200	99.1650	N21E	10S		
Carbón	5N5	0.2500	244.9000	245.1500	-165.1700	98.3300	N21E	10S		
Esteril	Intercalaciones Arenisca-	2.6000	245.1500	247.7500	-167.7700	95.8300	N21E	10S		
Carbón	5N7	0.5000	247.7500	248.2500	-168.2700	93.3300	N21E	10S		
Esteril	Limolita	3.2500	248.2500	251.5000	-171.5200	89.9966	N21E	15S		
Carbón	5N9	0.4500	251.5000	251.9500	-171.9700	88.3300	N21E	15S		
Esteril	Intercalaciones Arenisca-	9.7500	251.9500	261.7000	-181.7200	97.0825	N21E	15S		
Carbón	5O	2.7000	261.7000	264.4000	-184.4200	91.6650	N21E	15S		
Esteril	Intercalaciones Arenisca-	1.6500	264.4000	266.0500	-186.0700	91.6650	N21E	15S		
Carbón	4M	0.1000	266.0500	266.1500	-186.1700	100.0000	N21E	15S		
Esteril	Arenisca	39.4000	266.1500	305.5500	-225.5700	92.1576	N21E	12S		
Carbón	4O	11.4500	305.5500	317.0000	-237.0200	80.5566	N21E	14S		
	Total	**256.3000**								

Tabla 9(continuación). Datos de la perforación PHG-028R

Coodenadas		PHG-031								
Norte	Este	Elevacion	Diametro De Perforacion	Inclinacion de perforación (Grados)						
1,224,416.0000	799,283.0000	90.0600	HQ	90.0000						
							Estratificación		Diaclasas	
Roca	Tipo	Longitud (m)	Desde (m)	Hasta (m)	Profundidad (m)	R.Q.D(%)	Rumbo	Buzamiento	Rumbo	Buzamiento
Esteril	Ripio	6.1000	0.0000	6.1000	83.9600					
Esteril	Arenisca	2.9000	6.1000	9.0000	81.0600	60.0000	N52E	50S		45N
										90
Esteril	Limolita	5.9500	9.0000	14.9500	75.1100	80.0000	N52E	53S		
Esteril	Arenisca	1.4500	14.9500	16.4000	73.6600	90.0000	N52E	43S		
Esteril	Ripio	4.8500	16.4000	21.2500	68.8100					
Esteril	Arenisca	3.7500	21.2500	25.0000	65.0600	58.3350	N52E	30S		
Esteril	Limolita	2.0500	25.0000	27.0500	63.0100	80.8200	N52E	38S		
Carbón	9M	3.7500	27.0500	30.8000	59.2600	66.6550	N52E	42S		
Esteril	Arenisca	3.6000	30.8000	34.4000	55.6600	35.0000	N52E	39S		
Esteril	Limolita	0.1500	34.4000	34.5500	55.5100	25.0000	N52E	35S		
Carbón	9O	2.7000	34.5500	37.2500	52.8100	15.0000	N52E	33S		
Esteril	Limolita	0.1500	37.2500	37.4000	52.6600	15.0000	N52E	32S		
Esteril	Arenisca	1.1000	37.4000	38.5000	51.5600	55.8350	N52E	30S		
Esteril	Limolita	9.9500	38.5000	48.4500	41.6100	98.4440	N52E	32S		
Carbón	9Q	1.1500	48.4500	49.6000	40.4600	95.5500	N52E	41S		
Esteril	Limolita	1.6000	49.6000	51.2000	38.8600	97.7750	N52E	35S		
Esteril	Arenisca	4.7000	51.2000	55.9000	34.1600	91.1100	N52E	40S		
Carbón	8I	0.6000	55.9000	56.5000	33.5600	73.3300	N52E	30S		
Esteril	Limolita	2.6000	56.5000	59.1000	30.9600	54.1650	N52E	25S		
Carbón	8KM	2.0000	59.1000	61.1000	28.9600	35.0000	N52E	23S		
Esteril	Arenisca	1.5500	61.1000	62.6500	27.4100	50.8350	N52E	22S		
Esteril	Limolita	1.5500	62.6500	64.2000	25.8600	33.3850	N52E	21S		
Carbón	7M	4.0000	64.2000	68.2000	21.8600	34.2450	N52E	21S		
Esteril	Limolita	6.2000	68.2000	74.4000	15.6600	72.7766	N52E	21S		
Esteril	Arenisca	7.9000	74.4000	82.3000	7.7600	100.0000	N52E	28S		
Esteril	Limolita	3.1500	82.3000	85.4500	4.6100	91.6650	N52E	29S		
Carbón	7O	2.0000	85.4500	87.4500	2.6100	100.0000	N52E	30S		
Esteril	Limolita	1.5500	87.4500	89.0000	1.0600	100.0000	N52E	25S		
Esteril	Arenisca	1.0000	89.0000	90.0000	0.0600	100.0000	N52E	38S		
Esteril	Limolita	1.4000	90.0000	91.4000	-1.3400	100.0000	N52E	43S		
Esteril	Arenisca	0.2000	91.4000	91.6000	-1.5400	100.0000	N52E	30S		
Esteril	Limolita	2.8000	91.6000	94.4000	-4.3400	100.0000	N52E	42S		
Esteril	Arenisca	6.0000	94.4000	100.4000	-10.3400	93.3350	N52E	38S		
Esteril	Limolita	0.8000	100.4000	101.2000	-11.1400	100.0000	N52E	33S		
Esteril	Arenisca	1.2000	101.2000	102.4000	-12.3400	100.0000	N52E	38S		
Esteril	Limolita	4.6000	102.4000	107.0000	-16.9400	100.0000	N52E	39S		
Esteril	Arenisca	2.0000	107.0000	109.0000	-18.9400	100.0000	N52E	36S		
Esteril	Limolita	8.9000	109.0000	117.9000	-27.8400	95.0000	N52E	37S		85N
Esteril	Arenisca	9.5000	117.9000	127.4000	-37.3400	80.0000	N52E	41S		
	Total	**117.9000**								

Tabla 10. Datos de la perforación PHG-031

Coodenadas		PHG-030								
Norte	Este	Elevacion	Diametro De Perforacion	Inclinacion de perforación (Grados)						
1,224,182.7990	800,107.9000	98.5500	HQ	90.0000						
							Estratificación		Diaclasas	
Roca	Tipo	Longitud (m)	Desde (m)	Hasta (m)	Profundidad (m)	R.Q.D(%)	Rumbo	Buzamiento	Rumbo	Buzamiento
Esteril	Ripio	30.5000	0.0000	30.5000	68.0500					
Esteril	Limolita	2.7500	30.5000	33.2500	65.3000	96.8366	N49E	9S		15S
										45N
										10S
										70N
										45N
										90
Carbón	8l	0.5000	33.2500	33.7500	64.8000	100.0000	N49E	9S		
Esteril	Limolita	4.9500	33.7500	38.7000	59.8500	97.7500	N49E	12S		10S
										15S
										15S
										90
										8S
										90
										15S
										52S
										20S
										40N
Esteril	Arenisca	22.6300	38.7000	61.3300	37.2200	91.3340	N49E	23S		82N
										35S
										55S
										85N
										20S
										55S
										20S
										15S
										83S
										28S
										42S
										50N
										18S
										20S
										50S
										25S
										58N
										20S
										40S
										42S
										55S
										45S
										15S
										40N
										15S
										80N
										55N
										18S
										25S
										45S
										32S
Esteril	Limolita	0.5700	61.3300	61.9000	36.6500	90.0000	N49E	35S		42S
Esteril	Arenisca	4.7000	61.9000	66.6000	31.9500	58.3350	N49E	16S		28S
										45N
										18S
										15N
										12S
										44N
										10S

Tabla 11. Datos de la perforación PHG-030

										8S
										8S
										14S
										45N
Esteril	Limolita	7.3000	66.6000	73.9000	24.6500	83.8900	N49E	14S		22S
										16S
										15S
										45N
										15S
										15S
										15S
										16S
										25S
										78N
										18S
Esteril	Arenisca	12.0000	73.9000	85.9000	12.6500	89.3300	N49E	14S		85N
										10S
										10S
										90
										82N
										10S
										12S
										35S
										16S
										16S
										12S
										15S
										3S
										3S
Esteril	Limolita	9.4500	85.9000	95.3500	3.2000	84.6640	N49E	8S		4S
										4S
										4S
										18S
										16S
										82N
										8S
										6S
Carbón	7O	1.4000	95.3500	96.7500	1.8000	63.3300	N49E	9S		80S
										12S
										10S
Esteril	Limolita	2.6500	96.7500	99.4000	-0.8500	73.7766	N49E	9S		15S
										8S
										8S
										90
										85N
Esteril	Arenisca	1.7500	99.4000	101.1500	-2.6000	67.5000	N49E	16S		90
										90
										85N
										20S
										18S
Esteril	Limolita	2.6500	101.1500	103.8000	-5.2500	40.0000	N49E	16S		90
										50S
										52S
Esteril	Arenisca	0.2000	103.8000	104.0000	-5.4500	40.0000	N49E	13S		85S
										40S
Esteril	Limolita	1.8500	104.0000	105.8500	-7.3000	93.3300	N49E	11S		12S
										10S

Tabla 11(continuación). Datos de la perforación PHG-030

Carbón	6K	0.5000	105.8500	106.3500	-7.8000	93.3300	N49E	12S		
Esteril	Limolita	2.8500	106.3500	109.2000	-10.6500	100.0000	N49E	17S		15S
										18S
										50S
										45S
										10S
										20S
										20S
Esteril	Arenisca	2.7000	109.2000	111.9000	-13.3500	98.3350	N49E	14S		50N
										48Sperp
										13S
										20S
										45N
Esteril	Limolita	0.7000	111.9000	112.6000	-14.0500	96.6700	N49E	12S		12S
										90
										12S
Esteril	Arenisca	2.3000	112.6000	114.9000	-16.3500	90.0000	N49E	12S		30S
										40Sperp
										45Sperp
										90
Esteril	Limolita	0.8000	114.9000	115.7000	-17.1500	50.8350	N49E	22S		18S
										12S
Esteril	Arenisca	0.3500	115.7000	116.0500	-17.5000	90.0000	N49E	12S		20S
										82N
										12S
Esteril	Limolita	2.4000	116.0500	118.4500	-19.9000	90.0000	N49E	8S		10S
										8S
										90
										10S
										8S
Esteril	Arenisca	0.7000	118.4500	119.1500	-20.6000	95.0000	N49E	10S		15S
										10S
Carbón	6MO	2.8000	119.1500	121.9500	-23.4000	97.5000	N49E	13S		
Esteril	Limolita	0.7500	121.9500	122.7000	-24.1500	95.0000	N49E	15S		10S
										45N
										14S
Carbón	6Q	0.3000	122.7000	123.0000	-24.4500	95.0000	N49E	13S		
Esteril	Limolita	2.0000	123.0000	125.0000	-26.4500	97.5000	N49E	12S		12S
										42S
										90
										12S
										45S
Carbón	5M1	2.3500	125.0000	127.3500	-28.8000	100.0000	N49E	12S		
Esteril	Limolita	6.5000	127.3500	133.8500	-35.3000	99.5825	N49E	12S		13S
										15S
										20S
										13S
										18S
										35S
										12S
										18S
										11S
										10S
Carbón	5M2	0.8500	133.8500	134.7000	-36.1500	95.8300	N49E	9S		
Esteril	Limolita	0.6000	134.7000	135.3000	-36.7500	93.3300	N49E	8S		8S
										45S
										8S
Esteril	Arenisca	10.8000	135.3000	146.1000	-47.5500	98.8883	N49E	13S		85N
										80N
										55S
										90
										83N
										68N
										85N
										80S
										14S
										18S
										12S
										12S
										12S
										20S
										12S
										15S
										12S

Tabla 11(continuación). Datos de la perforación PHG-030

Esteril	Limolita	2.7500	146.1000	148.8500	-50.3000	97.5000	N49E	10S		10S
										10S
										10S
										10S
										10S
Carbón	5N5	0.1500	148.8500	149.0000	-50.4500	95.0000	N49E	10S		
Esteril	Limolita	0.5500	149.0000	149.5500	-51.0000	95.0000	N49E	10S		10S
										10S
Carbón	5N9	0.4000	149.5500	149.9500	-51.4000	95.0000	N49E	10S		
Esteril	Limolita	3.4500	149.9500	153.4000	-54.8500	98.3333	N49E	11S		10S
										22S
										10S
										10S
										18S
										12S
Esteril	Arenisca	12.4000	153.4000	165.8000	-67.2500	99.165	N49E	17S		13S
										16S
										15S
										18S
										85N
										90
										18N
										90
										18S
										25S
Esteril	Limolita	1.8000	165.8000	167.6000	-69.0500	100.0000	N49E	16S		16S
										40N
										16S
Esteril	Arenisca	1.1000	167.6000	168.7000	-70.1500	100.0000	N49E	18S		18S
										22S
										55N
Esteril	Limolita	4.7500	168.7000	173.4500	-74.9000	100.0000	N49E	14S		20S
										18S
										15S
										20S
										12S
										12S
										13S
										15S
Esteril	Arenisca	5.0000	173.4500	178.4500	-79.9000	100.0000	N49E	13S		15S
										14S
										13S
										12S
										12S
										11S
Esteril	Limolita	1.7000	178.4500	180.1500	-81.6000	98.3350	N49E	11S		10S
										10S
										10S
										12S
Esteril	Arenisca	5.5500	180.1500	185.7000	-87.1500	100.0000	N49E	18S		15S
										18S
										35S
										90
										90
										90
										18S
										15S
										13S
Esteril	Limolita	2.1000	185.7000	187.8000	-89.2500	100.0000	N49E	12S		12S
										90
										12S
										80N
										90
										12S
Esteril	Arenisca	1.6500	187.8000	189.4500	-90.9000	100.0000	N49E	13S		13S
										13S
										90
										25S

Tabla 11(continuación). Datos de la perforación PHG-030

										10S
										10S
										10S
										90
										10S
										10S
Esteril	Limolita	9.1000	189.4500	198.5500	-100.0000	99.3340	N49E	10S		10S
										10S
										10S
										90
										85N
										10S
										90
										25S
										50S
Carbón	5O	2.6000	198.5500	201.1500	-102.6000	98.3350	N49E	10S		60S
										70S
										13S
Esteril	Limolita	3.1500	201.1500	204.3000	-105.7500	100.0000	N49E	13S		15S
										18S
										12S
										70N
										50N
										15S
										15S
Esteril	Arenisca	6.3000	204.3000	210.6000	-112.0500	97.3320	N49E	15S		18S
										15S
										23S
										10S
										15S
										15S
										18S
										13S
Esteril	Limolita	6.6000	210.6000	217.2000	-118.6500	97.7800	N49E	13S		18S
										13S
										15S
										15S
										13S
										13S
Esteril	Arenisca	8.4000	217.2000	225.6000	-127.0500	97.6680	N49E	14S		15S
										18S
										20S
										16S
										15S
										13S
	Limolita	0.9500	225.6000	226.5500	-128.0000	99.1650	N49E	13S		12S
Esteril										12S
Carbón	4M	5.9000	226.5500	232.4500	-133.9000	99.4433	N49E	12S		
										12S
										10S
										10S
										10S
										10S
										10S
Esteril	Limolita	10.3000	232.4500	242.7500	-144.2000	99.5825	N49E	10S		10S
										10S
										10S
										10S
										10S
										10S
										10S
Carbón	4O	1.8000	242.7500	244.5500	-146.0000	100.0000	N49E	10S		
	Total	**244.5500**								

Tabla 11(continuación). Datos de la perforación PHG-030

Coodenadas		PHG-030A								
Norte	Este	Elevacion	Diametro De Perforacion	Inclinacion de perforación (Grados)						
1,224,182.7090	799,671.7080	85.0440	HQ	90.0000						
							Estratificación		Diaclasas	
Roca	Tipo	Longitud (m)	Desde (m)	Hasta (m)	Profundidad (m)	R.Q.D(%)	Rumbo	Buzamiento	Rumbo	Buzamiento
Esteril	Ripio	12.1000	0.0000	12.1000	72.9440					
Carbón	8I	0.1000	12.1000	12.2000	72.8440	80.7700	N61E	30S		
Esteril	Limolita	0.2000	12.2000	12.4000	72.6440	80.7700	N61E	30S		90
Carbón	7O	0.2000	12.4000	12.6000	72.4440	80.7700	N61E	30S		
Esteril	Limolita	0.1000	12.6000	12.7000	72.3440	80.7700	N61E	30S		
Carbón	Carbón	0.0500	12.7000	12.7500	72.2940	80.7700	N61E	26		
Esteril	Limolita	6.2000	12.7500	18.9500	66.0940	95.1925	N61E	22S		60S
										10N
										10N
Esteril	Arenisca	0.8000	18.9500	19.7500	65.2940	100.0000	N61E	20S		40N
Esteril	Limolita	4.7000	19.7500	24.4500	60.5940	100.0000	N61E	40S		20N
Esteril	Arenisca	1.7400	24.4500	26.1900	58.8540	100.0000	N61E	30S		40S
Esteril	Limolita	3.0100	26.1900	29.2000	55.8440	100.0000	N61E	34S		
Carbón	6K	4.3100	29.2000	33.5100	51.5340	87.5000	N61E	32S		
Esteril	Limolita	0.0900	33.5100	33.6000	51.4440	76.6700	N61E	30S		10N
Carbón	6M	0.9000	33.6000	34.5000	50.5440	88.3350	N61E	33S		
Esteril	Arenisca	2.7000	34.5000	37.2000	47.8440	100.0000	N61E	35S		20N
Esteril	Limolita	5.8000	37.2000	43.0000	42.0440	100.0000	N61E	43S		35N
										10S
Esteril	Arenisca	1.9500	43.0000	44.9500	40.0940	90.0000	N61E	45S		90
Carbón	6O	1.3000	44.9500	46.2500	38.7940	80.0000	N61E	43S		
Esteril	Limolita	0.7500	46.2500	47.0000	38.0440	90.0000	N61E	42S		
Esteril	Arenisca	3.2000	47.0000	50.2000	34.8440	100.0000	N61E	40S		50N
Esteril	Limolita	0.9000	50.2000	51.1000	33.9440	100.0000	N61E	30S		20N
Esteril	Arenisca	2.6500	51.1000	53.7500	31.2940	100.0000	N61E	59S		90
Esteril	Limolita	4.9500	53.7500	58.7000	26.3440	100.0000	N61E	25S		
Carbón	6Q	1.8000	58.7000	60.5000	24.5440	100.0000	N61E	28S		
Esteril	Limolita	1.5000	60.5000	62.0000	23.0440	100.0000	N61E	30S		
Esteril	Arenisca	2.4500	62.0000	64.4500	20.5940	100.0000	N61E	30S		60N
Esteril	Limolita	3.2000	64.4500	67.6500	17.3940	100.0000	N61E	35S		
Carbón	5M1	0.1500	67.6500	67.8000	17.2440	100.0000	N61E	33S		
Esteril	Limolita	17.9000	67.8000	85.7000	-0.6560	100.0000	N61E	36S		
Esteril	Arenisca	3.6000	85.7000	89.3000	-4.2560	100.0000	N61E	30S		
Esteril	Limolita	1.7000	89.3000	91.0000	-5.9560	100.0000	N61E	23S		
Carbón	5M2	0.4500	91.0000	91.4500	-6.4060	100.0000	N61E	25S		
Esteril	Limolita	0.3500	91.4500	91.8000	-6.7560	100.0000	N61E	23S		50S
										20N
Carbón	5N5	0.1000	91.8000	91.9000	-6.8560	93.3350	N61E	23S		
Esteril	Limolita	0.1500	91.9000	92.0500	-7.0060	100.0000	N61E	25S		90
Carbón	5N9	0.1000	92.0500	92.1500	-7.1060	100.0000	N61E	25S		
Esteril	Limolita	0.3000	92.1500	92.4500	-7.4060	100.0000	N61E	25S		
Esteril	Arenisca	2.3900	92.4500	94.8400	-9.7960	91.6650	N61E	30S		70S
										70S
										50S
										70N
Esteril	Limolita	5.6100	94.8400	100.4500	-15.4060	94.3333	N61E	30S		50N
										60S
										90
										58N

Tabla 12. Datos de la perforación PHG-030A

Esteril	Arenisca	1.8500	100.4500	102.3000	-17.2560	85.3185	N61E	60S		90
Esteril	Limolita	5.7000	102.3000	108.0000	-22.9560	88.5566	N61E	26S		
Carbón	5O	3.1000	108.0000	111.1000	-26.0560	97.5000	N61E	30S		
Esteril	Limolita	0.4000	111.1000	111.5000	-26.4560	100.0000	N61E	33S		
Carbón	4M	0.3000	111.5000	111.8000	-26.7560	100.0000	N61E	35S		
Esteril	Limolita	5.7000	111.8000	117.5000	-32.4560	100.0000	N61E	28S		80S
Esteril	Arenisca	1.0000	117.5000	118.5000	-33.4560	100.0000	N61E	30S		
Esteril	Limolita	2.8000	118.5000	121.3000	-36.2560	100.0000	N61E	30S		
Esteril	Arenisca	6.2000	121.3000	127.5000	-42.4560	100.0000	N61E	30S		60N
Esteril	Limolita	20.4000	127.5000	147.9000	-62.8560	80.0000	N61E	15S		85S
										90
										60N
										90
										90
										80S
										70N
										40N
										90
Carbón	4O	13.5500	147.9000	161.4500	-76.4060	97.0900	N61E	18S		
Esteril	Arenisca	0.6000	161.4500	162.0500	-77.0060	75.0000	N61E	10S		40N
Esteril	Limolita	3.1500	162.0500	165.2000	-80.1560	91.6700	N61E	32S		90
										90
										60S
										60N
Esteril	Arenisca	1.2000	165.2000	166.4000	-81.3560	100.0000	N61E	21S		80N
										80N
										90
Esteril	Limolita	8.1000	166.4000	174.5000	-89.4560	97.7800	N61E	21S		90
										80N
										80N
										90
										85N
										90
										50S
										90
										90
Esteril	Arenisca	2.4000	174.5000	176.9000	-91.8560	100.0000	N61E	13S		50N
Esteril	Limolita	3.1500	176.9000	180.0500	-95.0060	100.0000	N61E	12S		80N
Esteril	Arenisca	1.6500	180.0500	181.7000	-96.6560	100.0000	N61E	11S		50S
Esteril	Limolita	2.5000	181.7000	184.2000	-99.1560	100.0000	N61E	11S		90
Carbón	3G	0.3500	184.2000	184.5500	-99.5060	100.0000	N61E	15S		
Esteril	Limolita	8.9500	184.5500	193.5000	-108.4560	96.6700	N61E	18S		
Carbón	3H	0.8500	193.5000	194.3500	-109.3060	78.3300	N61E	19S		
Esteril	Limolita	1.1500	194.3500	195.5000	-110.4560	73.3300	N61E	20S		
Esteril	Arenisca	2.7000	195.5000	198.2000	-113.1560	91.1100	N61E	20S		
Esteril	Limolita	12.3000	198.2000	210.5000	-125.4560	80.0000	N61E	25S		90
										90
										90
										90
										90
Esteril	Arenisca	2.6000	210.5000	213.1000	-128.0560	94.7300	N61E	25S		
Esteril	Limolita	9.7000	213.1000	222.8000	-137.7560	85.0000	N61E	25S		
	Total	**222.8000**								

Tabla 12(continuación). Datos de la perforación PHG-030 A

La perforación PHG-034 no fue descrita debido a que el documento original (físico) presentaba defectos en cuanto a legibilidad, sin embargo, fue utilizada en los ensayos geomecánicos.

Luego de ser digitalizadas las descripciones fueron transformadas en 4 nuevas tablas en formato .csv, cuya forma se adaptará a los requerimientos del programa Minesight.

La primera tabla corresponde a los datos “Collar”, que permite al programa obtener la información referente al nombre del pozo, localización y longitud (ver tabla 13)

HOLE-ID	LOCATIONX	LOCATIONY	LOCATIONZ	LENGTH
PHG-012	798491.48	1223360.33	98.18	274.22
PHG-031	799283	1224416	90.06	275.92
PHG-030A	799671.71	1224182.71	85.044	222.8
PHG-030	800107.9	1224182.8	98.55	305.9
PHG-028R	799225	1223735	79.98	378.35

Tabla 13. Collar

La segunda tabla corresponde a los datos “Survey”, los mismos permiten al programa obtener la información referente al nombre del pozo, límites de estratos, rumbo e inclinación de la perforación. (ver tabla 14)

HOLE ID	FROM	TO	AZIMUTH	DIP
PHG-012	0	3.75	146	-90
PHG-012	3.75	23.05	146	-90
PHG-012	23.05	27.05	146	-90
PHG-012	27.05	27.19	146	-90
PHG-012	27.19	30.69	146	-90
PHG-012	30.69	34.19	146	-90
PHG-012	34.19	37.69	146	-90
PHG-012	37.69	39.45	146	-90
PHG-012	39.45	44.43	146	-90
PHG-012	44.43	49.4	146	-90

Tabla 14. Survey

La tercera tabla contiene información acerca del nombre del pozo, límites de estratos, nombre de muestra y las diferentes litologías, para este caso se utilizó el ripio, limolitas, areniscas y carbón representadas con las letras RIP, LIMO, SAND y C respectivamente (ver tabla 15). A cada capa de carbón se le asignó una numeración del 1 al 19.

HOLE ID	FROM	TO	SAMPLE	RIP	LIMO	SAND	C
PHG-012	0	3.75	PHG-012-001	100	0	0	0
PHG-012	3.75	23.05	PHG-012-002	0	100	0	0
PHG-012	23.05	27.05	PHG-012-003	0	100	0	0
PHG-012	27.05	27.19	PHG-012-004	0	0	0	15
PHG-012	27.19	30.69	PHG-012-005	0	100	0	0
PHG-012	30.69	34.19	PHG-012-006	0	0	100	0
PHG-012	34.19	37.69	PHG-012-007	0	100	0	0

Tabla 15. Assay

La cuarta tabla contiene el nombre de la perforación, los límites de los estratos y el tipo de roca y nombre del manto de carbón. Esta tabla es utilizada por el programa como soporte geológico de la tabla anterior (ver tabla 16)

HOLE ID	FROM	TO	ROCK TYPE
PHG-012	0	3.75	RIP
PHG-012	3.75	23.05	LIMO
PHG-012	23.05	27.05	LIMO
PHG-012	27.05	27.19	9O
PHG-012	27.19	30.69	LIM
PHG-012	30.69	34.19	SAND
PHG-012	34.19	37.69	LIMO
PHG-012	37.69	39.45	9Q
PHG-012	39.45	44.43	SAND
PHG-012	44.43	49.4	LIMO
PHG-012	49.4	50.9	8I
PHG-012	50.9	55.25	LIMO
PHG-012	55.25	58.55	8KM
PHG-012	58.55	62.32	LIMO

Tabla 16. Lithology

Luego de procesar y analizar los datos anteriores, el programa creo las perforaciones en el espacio, debidamente referenciadas, tal como se muestra en la figura 26.

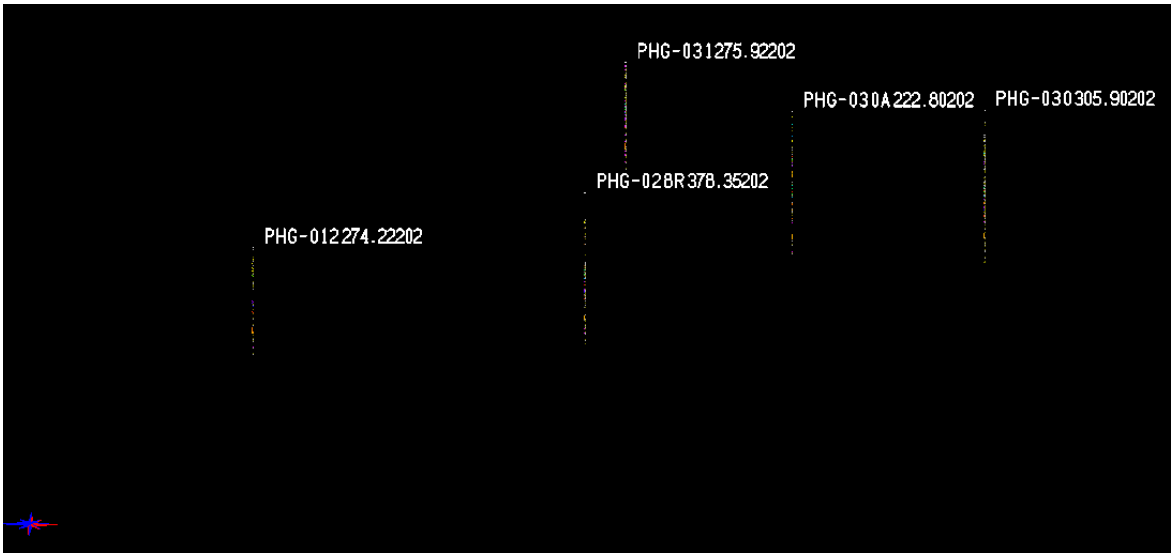


Figura 26. Perforaciones en el programa

Seguidamente se procedió a realizar la correlación entre los mantos de carbón, las limolitas y las areniscas en cada una de las perforaciones, obteniéndose los planos de los estratos, tal como se muestra en la figura 27.

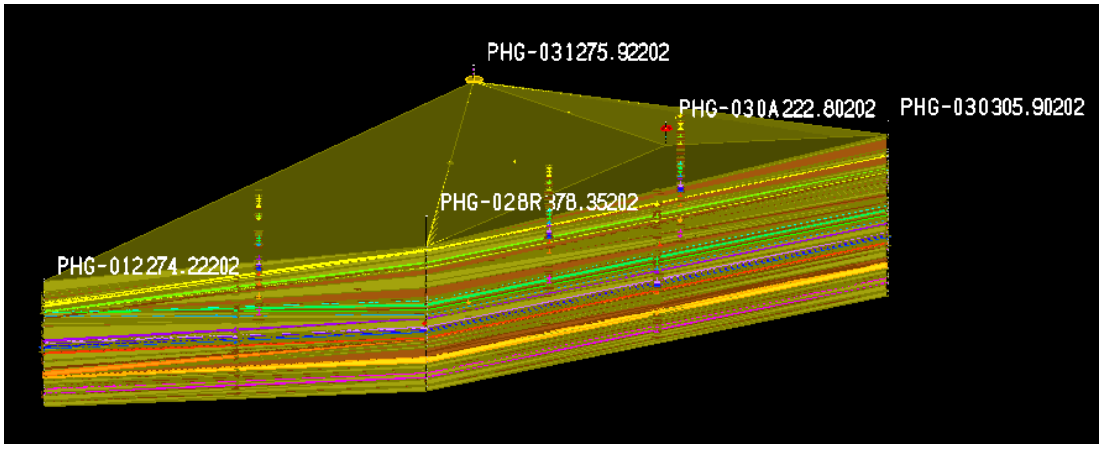


Figura 27. Planos de estratificación.

Posteriormente se procedió a introducir la información referente a las fallas en la zona de estudio, la cual se obtuvo en mediciones previas realizadas por la empresa. Dicha información se muestra en las siguientes tablas:

Element Details

Stratfault Details

Object Header

File: faults10a Layer: Faults Name: Ne1 ID: 64

Vertex Data

	X Coordinate	Y Coordinate	Z Coordinate	Fault Throw	Fault I
1	801412.010	1222791.590	-1130.755	50	80
2	801037.642	1223104.918	-866.380	-	80
3	800629.860	1223445.592	-574.502	-	80
4	800246.501	1223766.122	-301.735	-	80
5	799945.396	1224019.016	-94.696	-	80
6	799795.354	1224165.378	-50.406	-	80
7	799759.679	1224200.057	-41.067	50	80
8	799712.277	1224237.972	-13.542	-	80
9	799674.438	1224267.388	8.715	-	80
10	799652.427	1224285.087	21.465	-	80
11	799626.022	1224307.919	36.224	-	80
12	799609.758	1224323.953	44.654	-	80
13	799597.671	1224338.610	50.000	55	80
14	799585.266	1224358.926	53.548	-	80
15	799576.610	1224376.186	54.831	-	80
16	799568.549	1224394.655	55.167	-	80
17	799558.790	1224420.345	54.505	-	80
18	799548.300	1224452.595	52.594	-	80
19	799541.379	1224477.142	50.808	-	80
20	799532.463	1224523.256	46.472	-	80

Object | Vertex | Attributes

Report | Statistics | Cancel | Help

Tabla 17. Falla Ne1

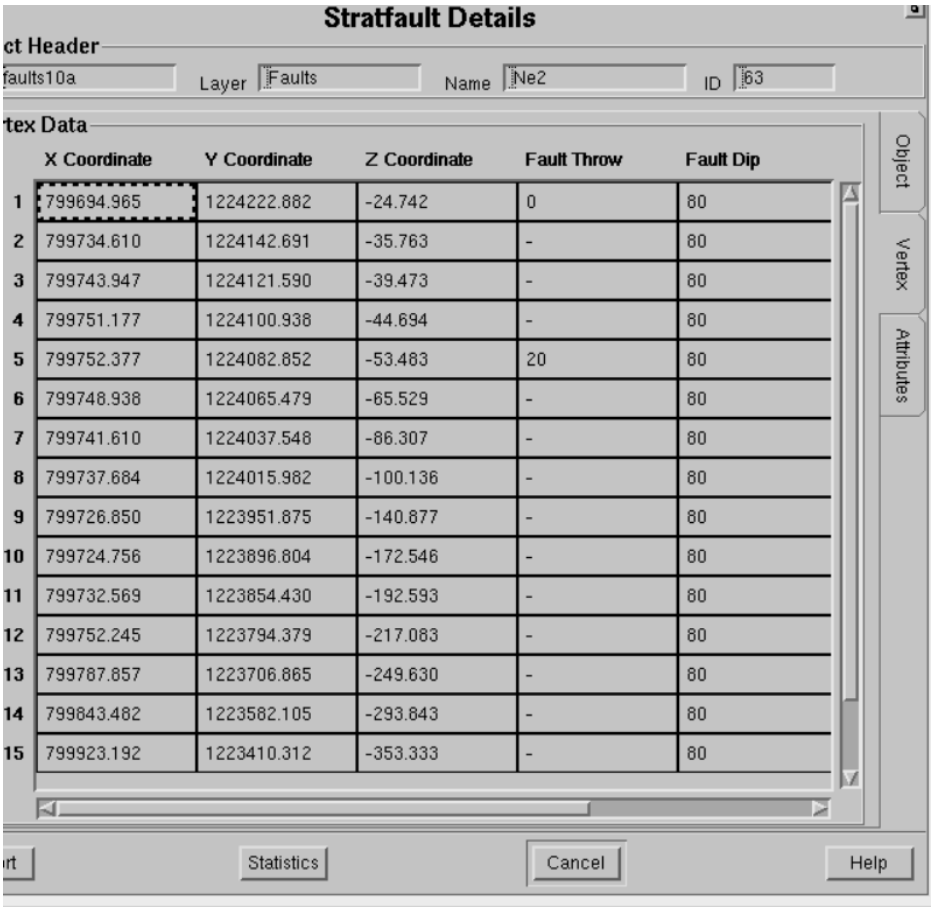
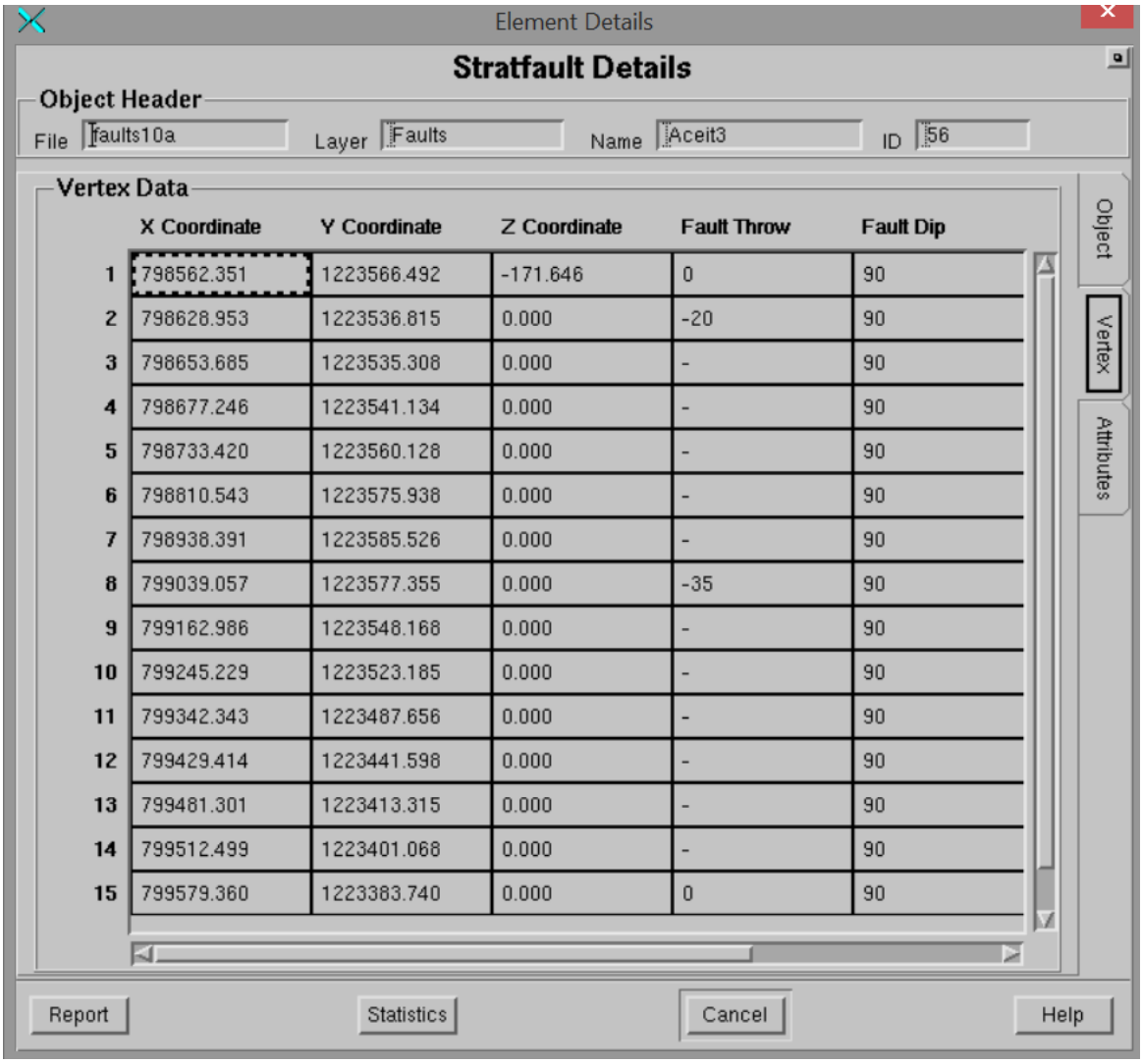


Tabla 18. Falla Ne2



	X Coordinate	Y Coordinate	Z Coordinate	Fault Throw	Fault Dip
1	798562.351	1223566.492	-171.646	0	90
2	798628.953	1223536.815	0.000	-20	90
3	798653.685	1223535.308	0.000	-	90
4	798677.246	1223541.134	0.000	-	90
5	798733.420	1223560.128	0.000	-	90
6	798810.543	1223575.938	0.000	-	90
7	798938.391	1223585.526	0.000	-	90
8	799039.057	1223577.355	0.000	-35	90
9	799162.986	1223548.168	0.000	-	90
10	799245.229	1223523.185	0.000	-	90
11	799342.343	1223487.656	0.000	-	90
12	799429.414	1223441.598	0.000	-	90
13	799481.301	1223413.315	0.000	-	90
14	799512.499	1223401.068	0.000	-	90
15	799579.360	1223383.740	0.000	0	90

Tabla 19. Falla Aceit3

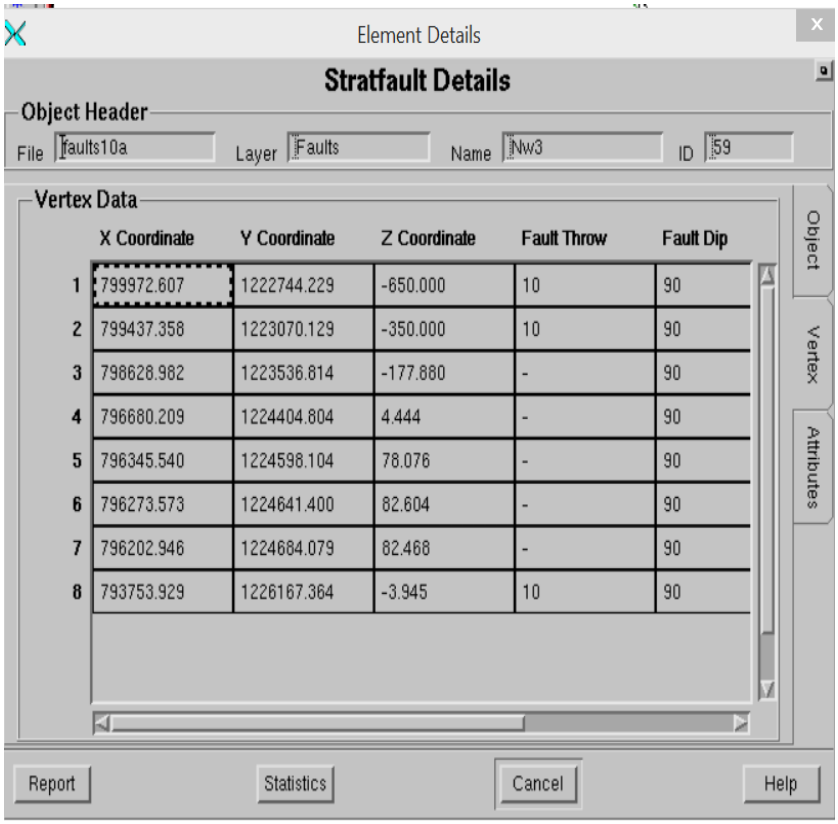
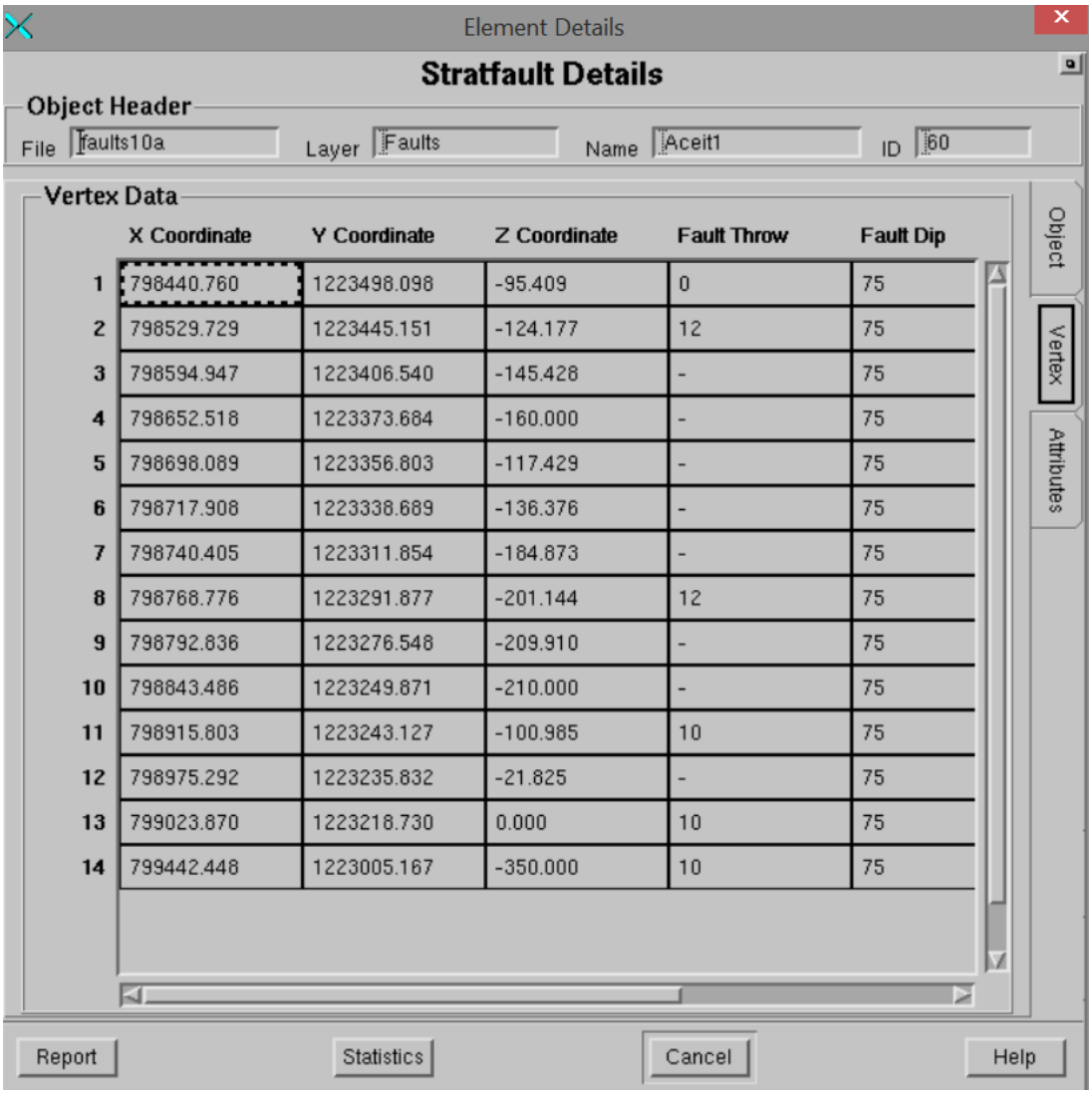


Tabla 20. Falla Nw3



	X Coordinate	Y Coordinate	Z Coordinate	Fault Throw	Fault Dip
1	798440.760	1223498.098	-95.409	0	75
2	798529.729	1223445.151	-124.177	12	75
3	798594.947	1223406.540	-145.428	-	75
4	798652.518	1223373.684	-160.000	-	75
5	798698.089	1223356.803	-117.429	-	75
6	798717.908	1223338.689	-136.376	-	75
7	798740.405	1223311.854	-184.873	-	75
8	798768.776	1223291.877	-201.144	12	75
9	798792.836	1223276.548	-209.910	-	75
10	798843.486	1223249.871	-210.000	-	75
11	798915.803	1223243.127	-100.985	10	75
12	798975.292	1223235.832	-21.825	-	75
13	799023.870	1223218.730	0.000	10	75
14	799442.448	1223005.167	-350.000	10	75

Tabla 21. Falla Aceit1

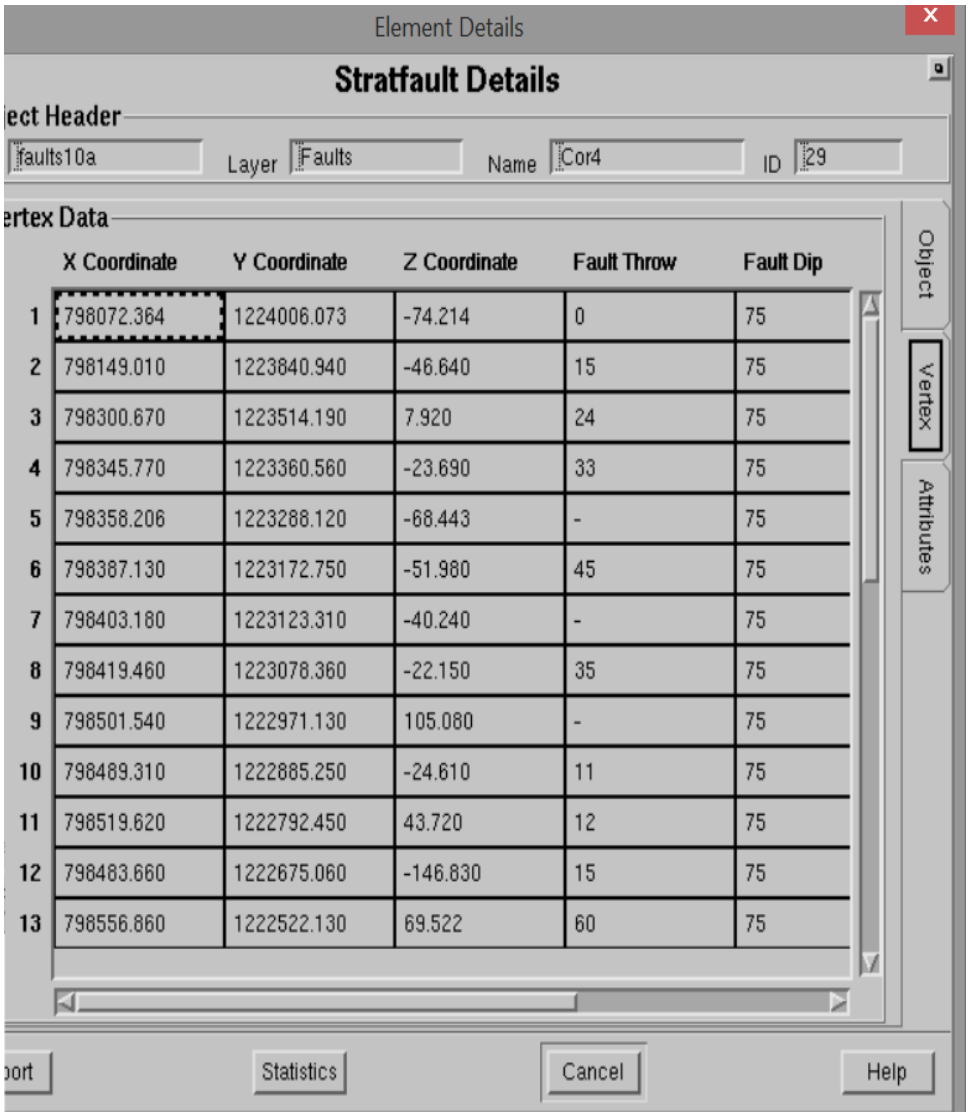


Tabla 22. Falla Cor4

Luego se procedió a anexar a la topografía de la zona (Figura 28), previamente suministrada por el Departamento de Planificación de Carbozulia el modelo geológico, como se muestra en la Figura 29.

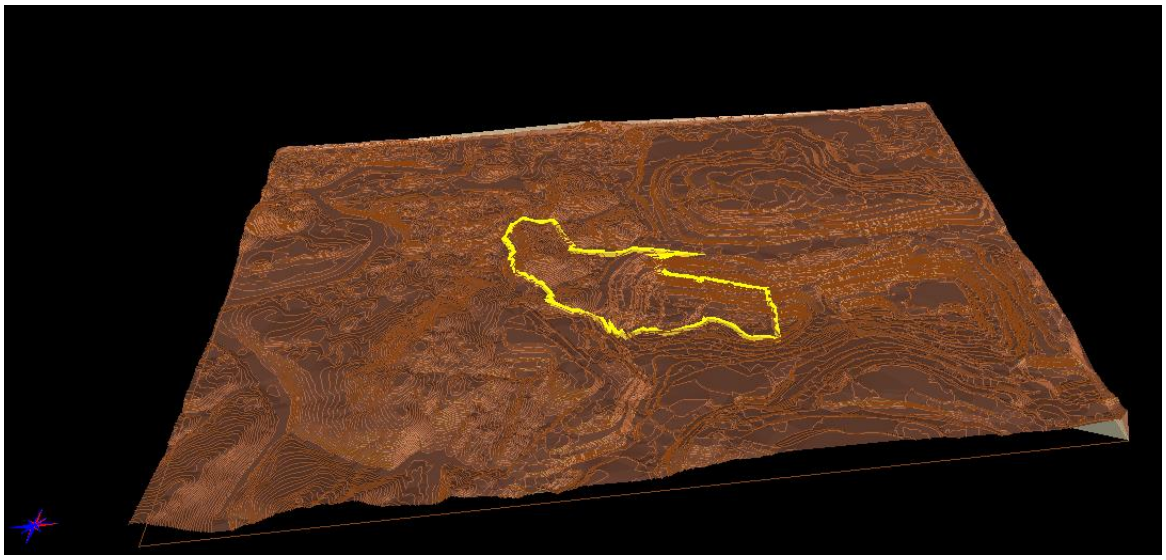


Figura 28. Topografía con el límite del PIT proyectado para la explotación de la fosa noreste.

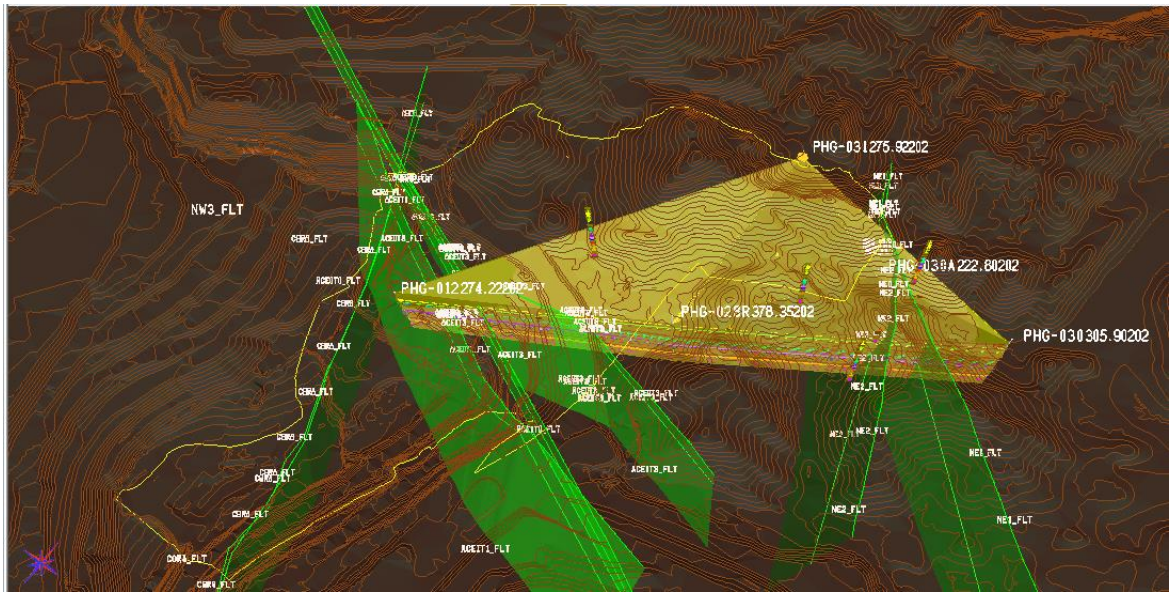


Figura 29. Topografía con el límite del PIT y modelo geológico.

4.2. Propiedades geomecánicas de los estratos

4.2.1. Ensayos de Corte Directo

Estos ensayos se realizaron agrupando las muestras según su litología. Posteriormente se analizaron por medio del programa ROCDATA mediante el criterio de rotura de Mohr-Coulomb, donde los puntos en los gráficos son resultados en función del esfuerzo de corte y normal de cada etapa y las rectas representan la envolvente de falla del espécimen.

4.2.1.1. Limolitas

Ensayo 1621-2 y 1634-2

Tabla 23. Resumen de resultados de los ensayos 1621-2 y 1634-2

Número	Muestra	Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)		Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
			σ_n	τ	σ_n	τ	σ_{3max}	σ_{1max}	σ_{3min}	σ_{1min}
1	1621-2	1	0.283239	0.772022	0.291082	0.541100	-0.488783	1.055261	-0.250018	0.832181
2	1621-2	2	0.517464	0.750411	0.512894	0.666013	-0.232947	1.267875	-0.153119	1.178907
3	1621-2	3	1.044308	0.770759	0.984300	0.657755	0.273549	1.815067	0.326545	1.642055
4	1621-2	4	2.037167	1.040370	1.995592	0.982108	0.996798	3.077537	1.013484	2.977701
5	1634-2	1	0.515104	2.793332	0.503194	1.149771	-2.278227	3.308436	-0.646578	1.652965
6	1634-2	2	1.028322	2.039904	1.000582	1.806251	-1.011582	3.068227	-0.805669	2.806833
7	1634-2	3	2.024276	2.798607	1.983813	2.751058	-0.774331	4.822883	-0.767245	4.734871
8	1634-2	4	4.020532	4.552124	3.990600	4.505022	-0.531592	8.572656	-0.514423	8.495622

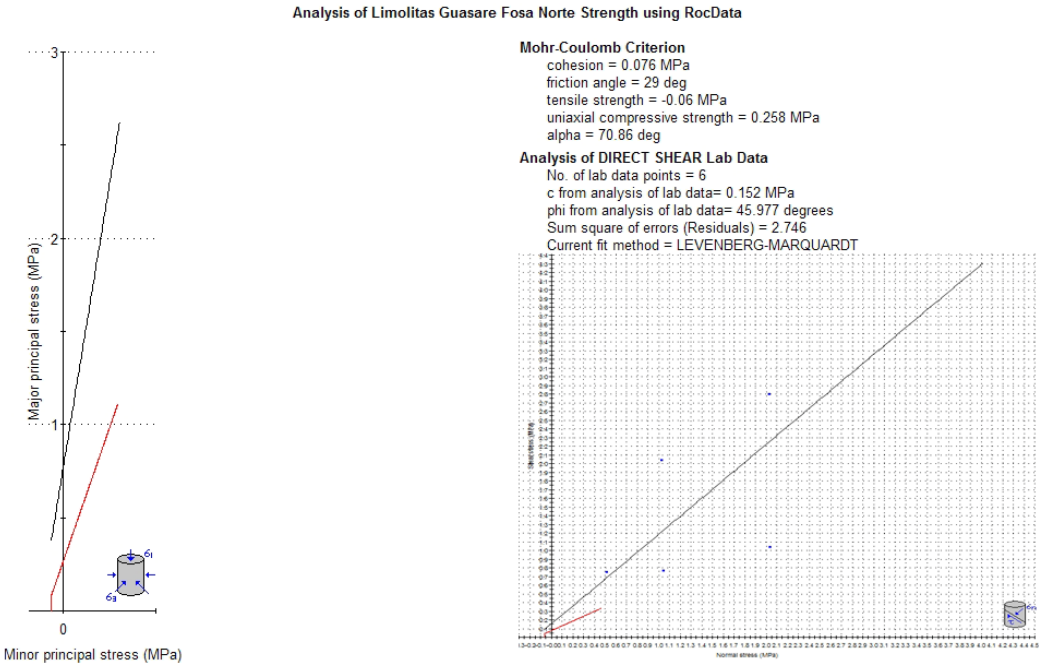


Figura 30. Ajuste geomecánico de los ensayos 1621-2 y 1634-2 usando ROCDATA (valores pico)

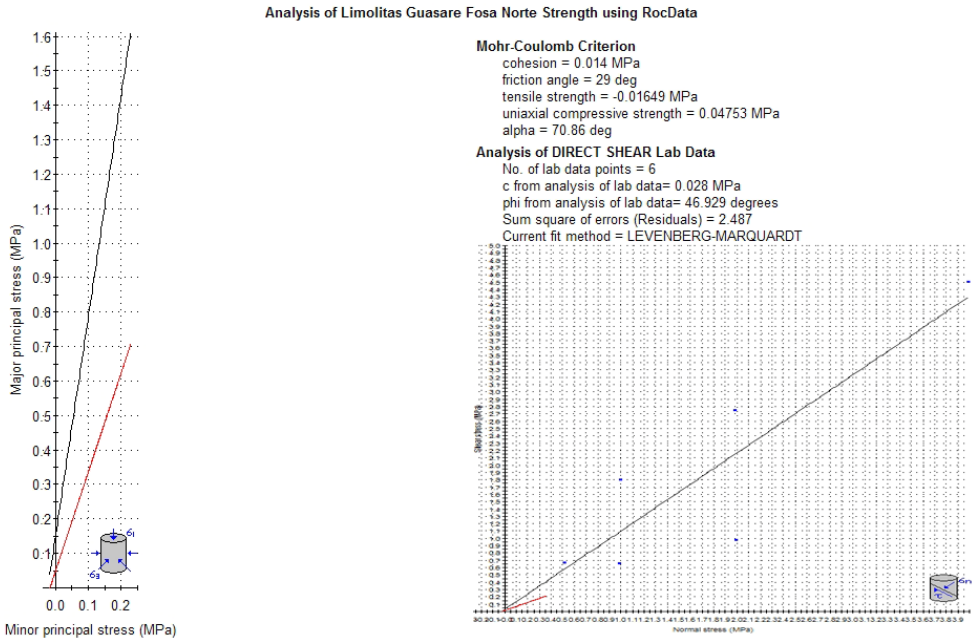


Figura 31. Ajuste geomecánico de los ensayos 1621-2 y 1634-2 usando ROCDATA (valores residuales)

4.2.1.2. Areniscas

Ensayo 1622-3

Tabla 24. Resumen de resultados del ensayo 1622-3

Número	Muestra	Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)		Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
			σ_n	τ	σ_n	τ	σ_{3max}	σ_{1max}	σ_{3min}	σ_{1min}
1	1622-3	1	1.004946	4.106094	1.005219	3.416451	-3.101148	5.111040	-2.411232	4.421670
2	1622-3	2	2.007636	4.612343	2.011079	4.289084	-2.604708	6.619979	-2.278005	6.300163
3	1622-3	3	4.019167	7.093934	4.000581	7.029476	-3.074768	11.113101	-3.028895	11.030057
4	1622-3	4	5.816131	11.282002	5.804705	11.282002	-5.465871	17.098133	-5.477297	17.086707
5	1635-2	1	1.025107	4.300868	0.975096	1.953323	-3.275761	5.325974	-0.978227	2.928419
6	1635-2	2	2.026336	3.213851	1.994150	3.169774	-1.187516	5.240187	-1.175624	5.163923
7	1635-2	3	4.021528	4.655657	3.988139	4.484353	-0.634129	8.677185	-0.496214	8.472492
8	1635-2	4	8.018126	7.264558	7.995151	7.196877	0.753567	15.282684	0.798274	15.192027

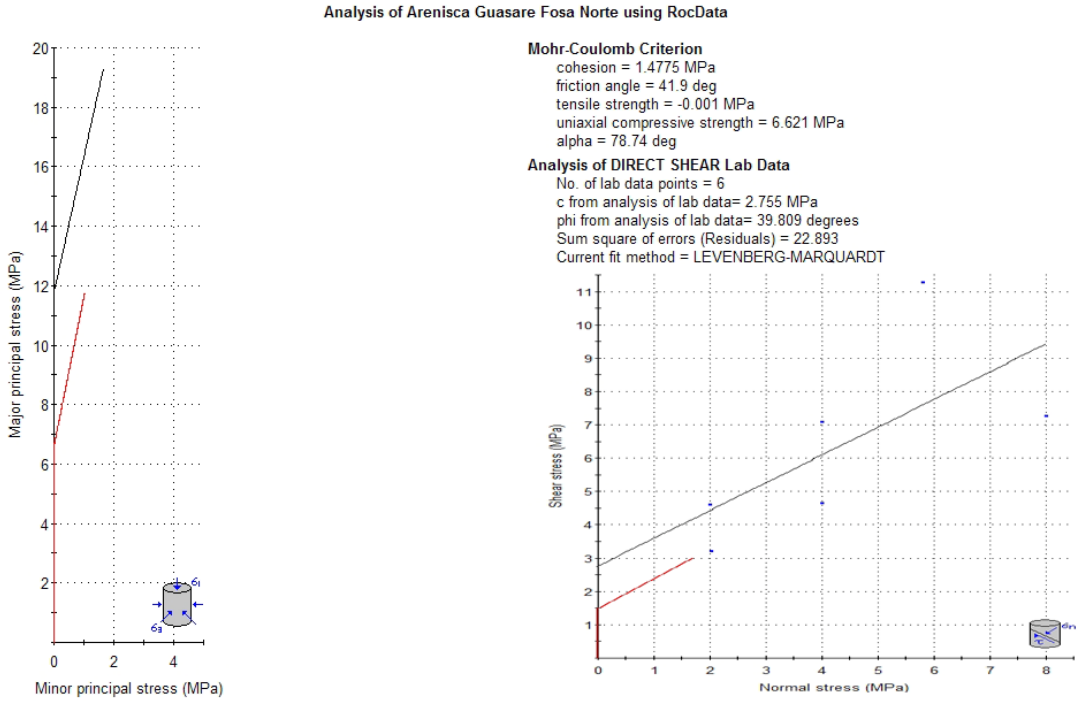


Figura 32. Ajuste geomecánico del ensayo 1622-3 usando ROCDATA (valores pico)

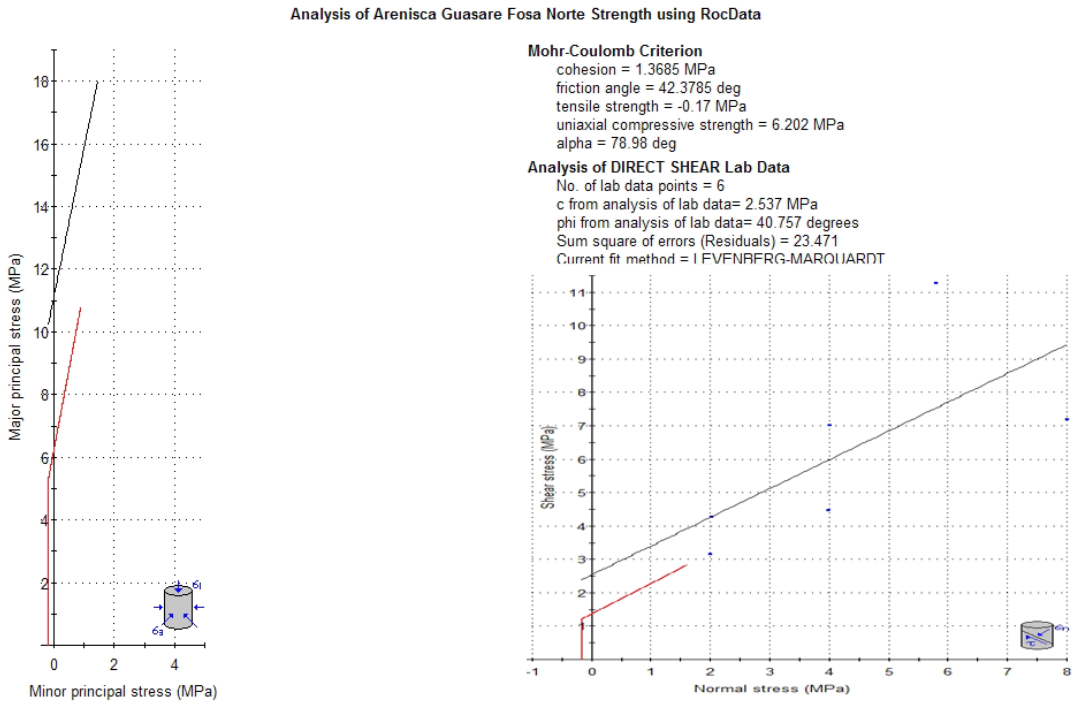


Figura 33. Ajuste geomecánico del ensayo 1622-3 usando ROCDATA (valores residuales)

Se analizaron los resultados de corte de directo, realizados mediante la aplicación de carga normal y sometidos a diversas etapas con cargas altas para lograr romper la cohesión de las discontinuidades (véase reporte de ensayo de corte directo en el Anexo B) para las Limolitas y Areniscas presentes en la zona. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el criterio de Mohr-Coulomb, generando como resultado parámetros geomecánicos de cohesión entre 0,014 y 0,076 MPa y ángulo de fricción competentes, de 29º Limolitas, para Arenisca se obtuvieron parámetros de cohesión comprendidos entre 1,37 y 1,48 MPa y ángulo de fricción interna competentes entre 41,90º y 42,38º, siendo las areniscas más competentes que las limolitas, pudiéndose observar esto en el comportamiento de los parámetros cohesión y ángulo de fricción obtenidos del procesamiento de los datos de las muestras

4.2.2. Ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta

Al igual que el ensayo anterior, estas muestras se agruparon según su litología.

4.2.2.1. Limolitas

Ensayos 1627-TRX-42 / 1633-TRX-21 / 1880-TRX-42 / 1881-1-TRX-20 / 1881-2-TRX-20 / 1899-TRX-11 / 1909-TRX-15 / 1909-1-TRX-15 / 1619-TRX-0 / 1620-TRX-0 / 1632-TRX-0 / 1872-TRX-0 / 1873-TRX-0 / 1895-TRX-0 / 1908-TRX-0

Tabla 25. Resultados de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para limolitas.

Número	Muestra	Máximo (Pico)	
		σ_{3max}	σ_{1max}
1	1615-2-BRA	-9.21	27.64
2	1626-1-BRA	-1.65	4.95
3	1626-2-BRA	-1.83	5.5
4	1910-1-BRA	-2.94	8.81
5	1615-1-TRX-0	0.01	38.6
6	1616-TRX-0	0.01	30.2
7	1621-1-TRX-0	0.01	55.9
8	1629-TRX-0	0.01	65.7
9	1893-TRX-0	0.01	13.3
10	1903-TRX-0	0.01	20.5
11	1904-TRX-0	0.01	69.9
12	1905-TRX-0	0.01	18.8
13	1915-TRX-0	0.01	21.5
14	1615-2-BRA	-9.21	27.64
15	1626-1-BRA	-1.65	4.95

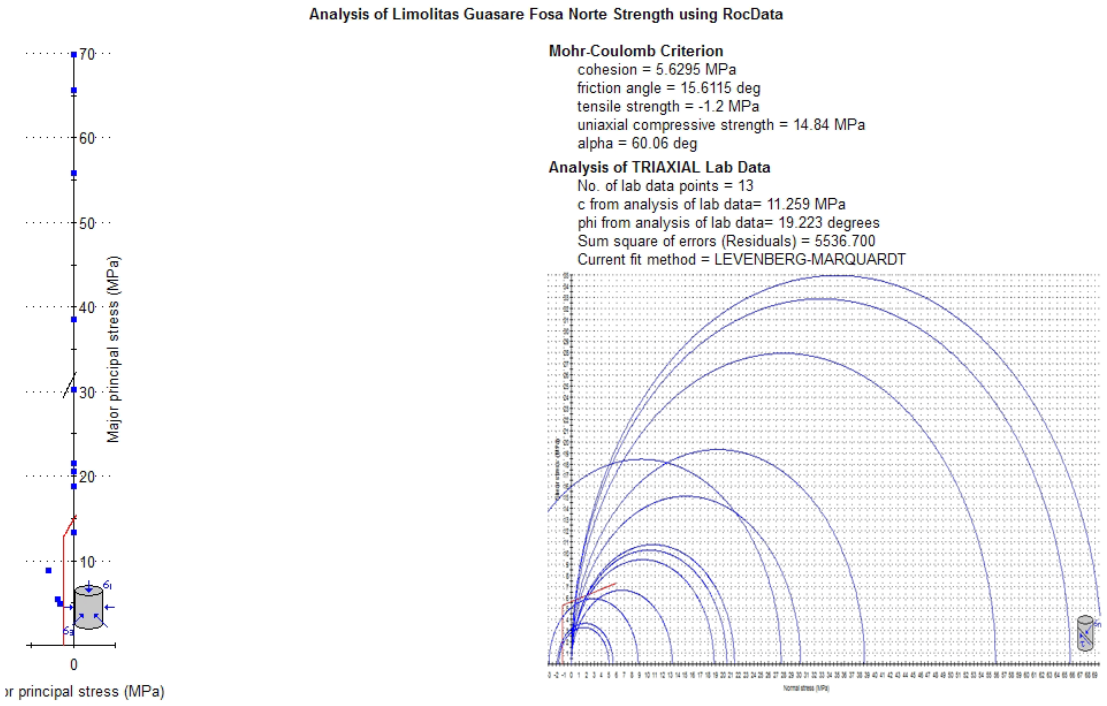


Figura 34. Ajuste geomecánico de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para limolitas.

Los resultados obtenidos en los ensayos triaxiales y compresión simple para las limolitas reportaron los valores de resistencia donde se puede observar valores de esfuerzo axial efectivo en promedio de alrededor de 14,84 MPa y deformaciones que no sobrepasan el 2%.

De igual manera se ubicaron estos esfuerzos efectivos dentro de las clasificaciones de (ISRM, 1979) y de la *Geological Society of London* en la categoría de “Resistente” y según (Bieniawski, 1989) en “Muy Baja” (véase Reportes de Ensayos en el Anexo B). Los valores de esfuerzos obtenidos indican que la roca tendrá la capacidad de soportar una cantidad de carga moderada sobre ella. (Ver clasificaciones según su resistencia a la compresión simple en Anexos). Para los valores de tracción, se obtuvo un promedio de 1,2 MPa, lo cual según la ubicación de los esfuerzos efectivos dentro de las normas anteriormente citadas

esta ubicado en la categoría “Muy Débil” para la clasificación de la *Geological Society* y “Muy Baja” para la clasificación de (Bieniawski, 1989).

De estos resultados, podemos decir que esta litología presenta una resistencia Baja para esfuerzos de compresión y resistencia muy baja para esfuerzos tensionales a la cual vaya a ser sometidos estos taludes. Aplicando el método de Mohr-Coulomb se obtuvieron los parámetros de cohesión de 5,63 MPa y un ángulo de fricción interna de 16º

4.2.2.2. Areniscas

Ensayos 1613-TRX-0 / 1614-1-TRX-0/1622-1-TRX-0/ 1622-2-BRA / 1623-1-TRX-0 / 1623-2-BRA / 1630-TRX-0 / 1631-TRX-0 / 1636-1-TRX-0 / 1636-2-BRA / 1891-TRX-0 / 1892-TRX-0 / 1896-TRX-11 / 1898-1-TRX-0 / 1900-TRX-0 / 1901-TRX-0 / 1902-TRX-0 / 1911-1-TRX-0 / 1912-2-BRA / 1912-3-BRA

Tabla 26. Resultados de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para areniscas.

Número	Muestra	Máximo (Pico)	
		σ_{3max}	σ_{1max}
1	1613-TRX-0	0.01	104.9
2	1614-1-TRX-0	0.01	53.6
3	1622-1-TRX-0	0.01	93.8
4	1622-2-BRA	-6.31	18.93
5	1623-1-TRX-0	0.01	44.4
6	1623-2-BRA	-5.1	15.3
7	1630-TRX-0	0.01	150.6
8	1631-TRX-0	0.01	85.7
9	1636-1-TRX-0	0.01	75.4
10	1636-2-BRA	-6.25	18.75
11	1891-TRX-0	0.01	64.9
12	1892-TRX-0	0.01	41.9
13	1896-TRX-11	10.71	103.84
14	1898-1-TRX-0	0.01	57.1
15	1900-TRX-0	0.01	58
16	1901-TRX-0	0.01	37.5
17	1902-TRX-0	0.01	30.6
18	1911-1-TRX-0	0.01	72.5
19	1912-2-BRA	-3.2	9.6
20	1912-3-BRA	-1.43	4.29

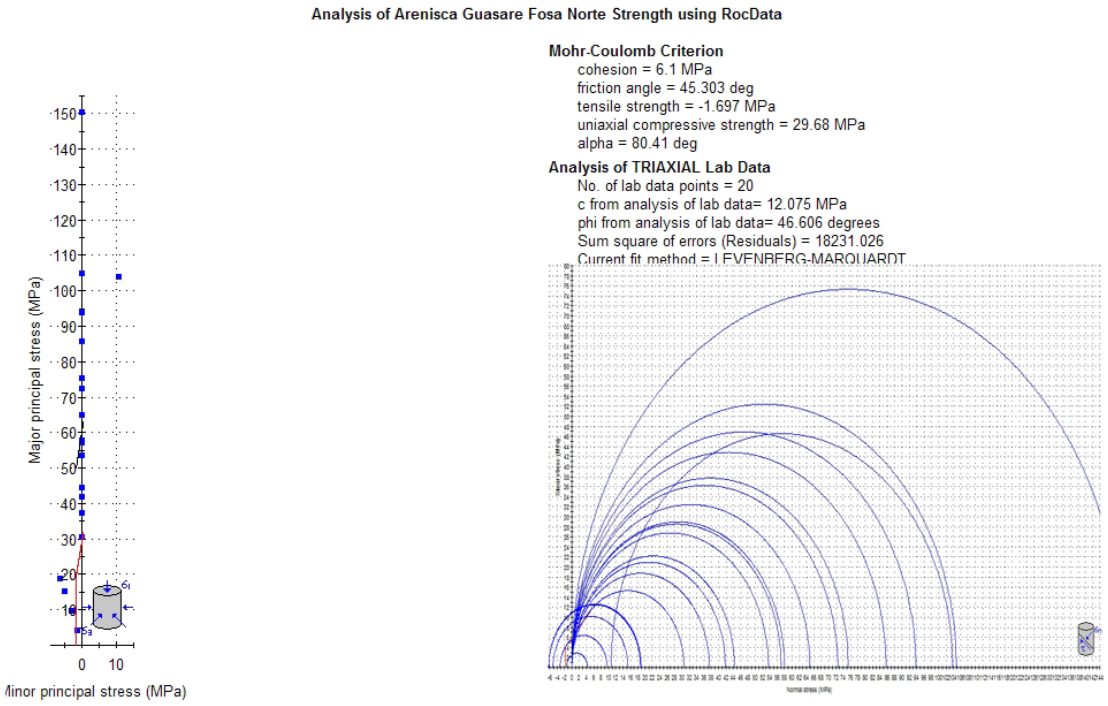


Figura 35. Ajuste geomecánico de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para areniscas.

Los resultados obtenidos en los ensayos triaxiales y compresión simple para las areniscas reportaron los valores de resistencia donde se puede observar valores de esfuerzo axial efectivo en promedio de alrededor de 29,68 MPa y deformaciones que no sobrepasan el 2%.

De igual manera se ubicaron estos esfuerzos efectivos dentro de las clasificaciones de (ISRM, 1979) y de la *Geological Society of London* en la categoría de “Resistente” y según (Bieniawski, 1989) en “Baja” (véase Reportes de Ensayos en el Anexo B). Los valores de esfuerzos obtenidos indican que la roca tendrá la capacidad de soportar una baja cantidad de carga sobre ella. (Ver clasificaciones según su resistencia a la compresión simple en Anexos). Para los valores de tracción, se obtuvo un promedio de 1,69 MPa, lo cual según la ubicación de los esfuerzos efectivos dentro de las normas anteriormente citadas está

ubicado en la categoría “Débil” para la clasificación de la *Geological Society of London* y “Muy Baja” para la clasificación de (Bieniawski, 1989).

De estos resultados, podemos decir que esta litología presenta una resistencia moderada para esfuerzos de compresión, pero con una resistencia muy baja para esfuerzos tensionales a la cual vaya a ser sometidos estos taludes. De igual forma se obtuvieron por el método de Mohr Coulomb una cohesión de 3,15 MPa y angulo de fricción interna de 45º

4.2.2.3. Carbones

Ensayos 1627-TRX-41 / 1633-TRX-20 / 1880-TRX-41 / 1881-1-TRX-19 / 1881-2-TRX-19 / 1899-TRX-11 / 1909-TRX-14 / 1909-1-TRX-14 / 1619-TRX-0 / 1620-TRX-0 / 1632-TRX-0 / 1872-TRX-0 / 1873-TRX-0 / 1895-TRX-0 / 1908-TRX-0

Tabla 27. Resultados de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para carbones.

Número	Muestra	Máximo (Pico)	
		σ_{3max}	σ_{1max}
1	1619-TRX-0	0.01	13.5
2	1620-TRX-0	0.01	6.5
3	1627-TRX-41	40.51	25.16
4	1632-TRX-0	0.01	5.6
5	1633-TRX-20	19.55	7.79
6	1872-TRX-0	0.01	18
7	1873-TRX-0	0.01	22.7
8	1880-TRX-41	40.76	11.22
9	1881-1-TRX-19	18.61	60.66
10	1881-2-TRX-19	18.64	51.76
11	1895-TRX-0	0.01	8.9
12	1899-TRX-10	10.22	13.24
13	1908-TRX-0	0.01	4.5
14	1909-TRX-14	13.8	23.7
15	1909-1-TRX-14	13.85	14.56

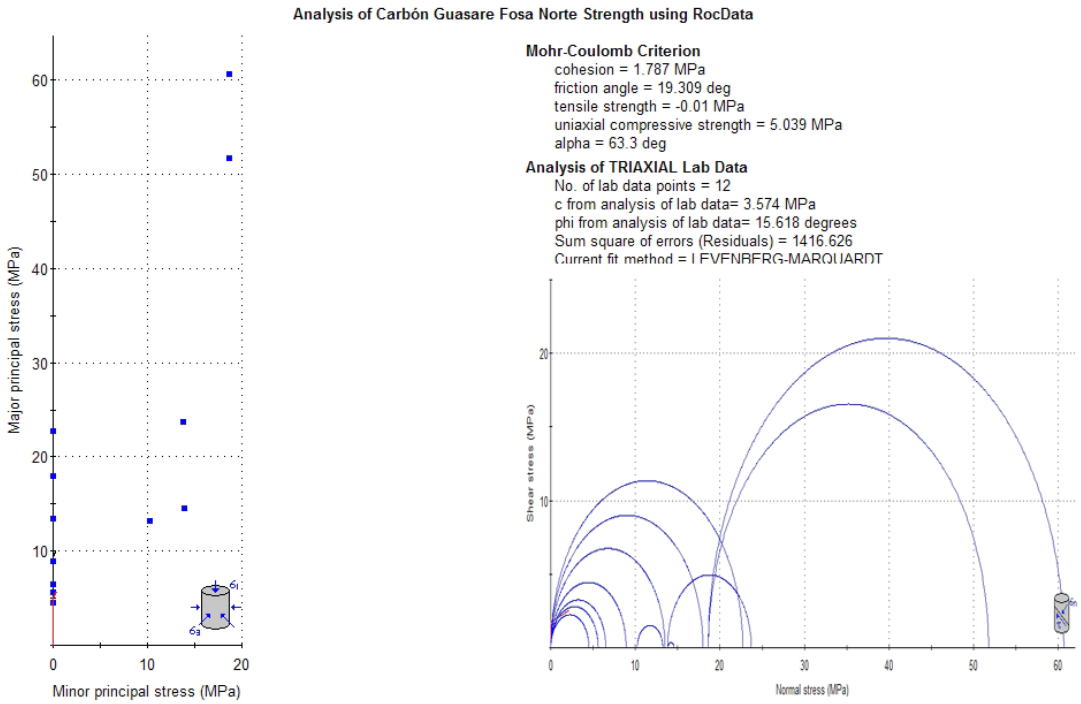


Figura 36. Ajuste geomecánico de los ensayos triaxial, compresión simple y tracción indirecta para carbones.

Los resultados obtenidos en los ensayos triaxiales y compresión simple para las areniscas reportaron los valores de resistencia donde se puede observar valores de esfuerzo axial efectivo en promedio de alrededor de 5,04MPa y deformaciones que no sobrepasan el 2%.

De igual manera se ubicaron estos esfuerzos efectivos dentro de las clasificaciones de (ISRM, 1979) y de la *Geological Society of London* en la categoría de “Moderadamente Débil” y según (Bieniawski, 1989) en “Muy Baja” (véase Reportes de Ensayos en el Anexo B). Los valores de esfuerzos obtenidos indican que la roca tendrá la capacidad de soportar una cantidad de carga baja sobre ella. (Ver clasificaciones según su resistencia a la compresión simple en Anexos). Para los valores de tracción, se obtuvo un promedio de 0.01 MPa, lo cual según la ubicación de los esfuerzos efectivos dentro de las normas anteriormente citadas está ubicado en la categoría “Muy Debil para la clasificación de la

Geological Society of London. Se obtuvieron por el método de Mohr- Coulomb parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna de 1,79 MPa y 19º respectivamente

De estos resultados, podemos decir que esta litología presenta una baja resistencia para esfuerzos de compresión, sin embargo, una resistencia extremadamente baja para esfuerzos tensionales a la cual vaya a ser sometidos estos taludes. Se pudo determinar de esta manera que de las litologías anteriormente estudiadas las areniscas poseen mayor resistencia a los esfuerzos de compresión y el carbón es el que posee la mejor resistencia a la tensión respecto a las demás litologías.

4.3 Diseño del modelo geomecánico

Para realizar el modelo geomecánico se comparó los resultados obtenidos en el laboratorio con los valores de resistencia de la roca utilizados en el diseño realizado por la empresa, véase tabla 28

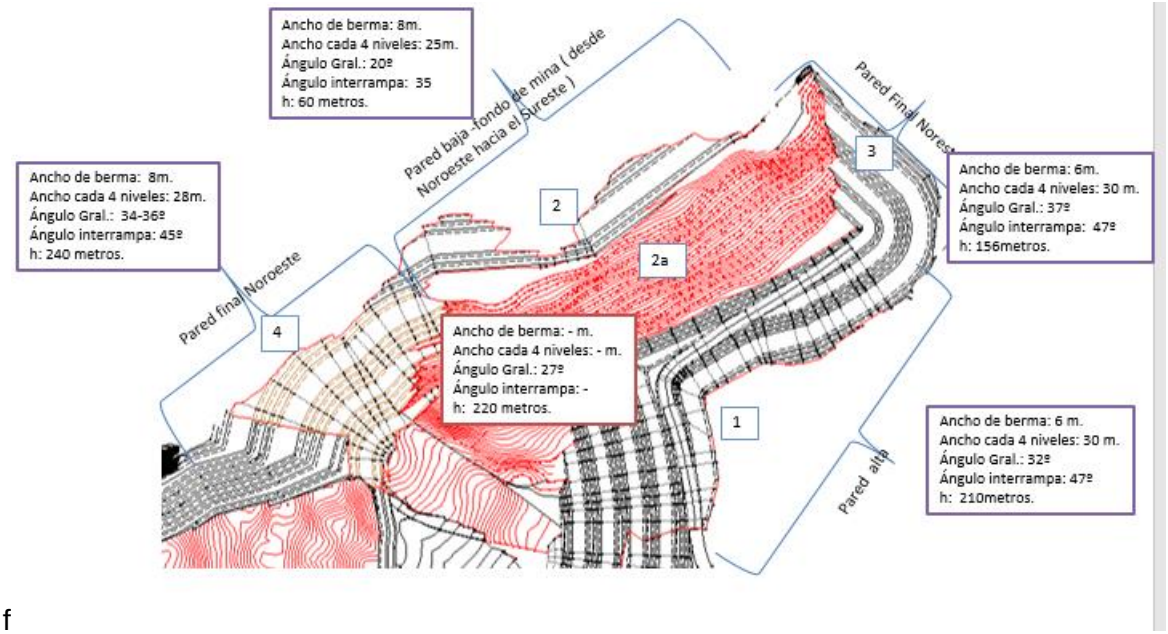
Tabla 28. Comparación de las características geomecánicas de la litología de la zona

			Datos Obtenidos en Laboratorio			
	Datos Previos de la empresa		DSH		UCS-TRX-BRA	
Litologia	C (Mpa)	θint (Grados)	C (Mpa)	θint (Grados)	C (Mpa)	θint (Grados)
Carbón	0	23	-	-	1.787	19
Interburden	0.2	44	-	-	-	-
Falla	0	25	-	-	-	-
Arenisca	-	-	1.3685	42	3.15	45
Limolita	0	12	0.014	29	5.62	16

Se comparó los ángulos de las paredes Alta, Baja, piso 4O pared Final Noreste y Pared Final Noroeste obtenidos por Golder Associates, con los valores que se usan actualmente empresa.

Tabla 29. Parámetros geomecánicos de diseño de taludes en la fosa Noreste

	Golder Asoociates	Carbozulia
Pared	**Angulos (grados)**	**Angulos (grados)**
Pared Alta	45	47
Pared Baja	17-20	-
Piso 4O	27	-
Pared Final Noreste	37	50
Pared Final Noroeste	32	47



f

Figura 36. Ubicación de paredes de la Fosa Noreste. (Superintendencia de Geología, 2014)

Se comparó los parámetros utilizados y recomendados en la fosa noreste con los datos obtenidos en laboratorio

4.3.1. Análisis de parámetros geomecánicos propuestos por Goder Associates y Carbozulia comparado con los resultados obtenidos en laboratorio.

Este análisis se hizo según las paredes que tendrá la fosa

4.3.1.1. Pared Alta

Según la ubicación de esta pared, se encuentra al lado noreste de la fosa, donde el buzamiento de la estratificación es favorable a la estabilidad de los taludes, según los datos obtenidos en laboratorio, se considera un ángulo de 45º, para ser probado en los análisis de estabilidad de taludes siguientes.

4.3.1.2. Pared Baja

La pared baja está ubicada al extremo oeste de la fosa, donde los ángulos de inclinación de los estratos son desfavorables a la estabilidad del talud, para este caso se consideró el ángulo más desfavorable obtenido en los ensayos de laboratorio, dicho ángulo es de 19º el cual será probado en los análisis de estabilidad de taludes

4.3.1.3. Piso 4O

Para el Piso 4O se consideró que como este es el piso de un manto de carbón, para esta litología el ángulo obtenido por la empresa y se promedió con los resultados obtenidos en el laboratorio, usando para el análisis de estabilidad de taludes un ángulo de 21º

4.3.1.4. Pared Final Noroeste

Se utilizó un ángulo de 45º, debido a que este es el valor del ángulo de fricción interna más favorable obtenido en los ensayos, además la dirección de la pared es favorable a la estabilidad de los taludes que realizara en la excavación.

4.3.1.5. Pared Final Noreste

Para esta pared se utilizó 45º de inclinación debido a que la disposición de la estratificación en esta zona es favorable y se tomó como referencia para el análisis de estabilidad de taludes el ángulo mas competente obtenido en los ensayos de laboratorio

Los ángulos de inclinación obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio y propuestos para el análisis de las paredes de la excavación son los que se presentan en la siguiente tabla

Tabla 30. Ángulos de las Paredes obtenidos para la realizar el análisis de estabilidad de taludes

Pared	Angulo (grados)
Pared Alta	45
Pared Baja	19
Piso 4O	21
Pared Final Noroeste	45
Pared Final Noreste	45

4.3.2 Análisis de estabilidad de taludes

Para realizar el estudio de estabilidad de taludes de la fosa noreste se tomaron los planos correspondientes a la planificación para el año 2035, en la cual la excavación tenía 5 configuraciones de talud conocidos como: Pared Alta, Pared Baja, Piso 4º, Pared Final Noroeste, y Pared Noreste, tal como se muestra en la figura 36. Se procedió a medir los rumbos y colocar el buzamiento obtenidos según la pared a trabajar en los planos de los taludes obteniéndose los siguientes:

Tabla 31. Medición de planos de taludes

NOMBRE	DIP	DIP DIRECTION	PARED
HW1	45	338	Alta
HW2	45	270	Alta
HW3	45	306	Alta
HW4	45	354	Alta
HW5	45	298	Alta

LW1	19	147	Baja
LW2	19	155	Baja
LW3	19	176	Baja
LW4	19	175	Baja
LW5	19	155	Baja
NE1	45	225	Final Noreste
NE2	45	119	Final Noreste
NE3	45	246	Final Noreste
NE4	45	266	Final Noreste
NW1	18	121	Fosa Noroeste
NW2	18	127	Fosa Noroeste
NW3	18	127	Fosa Noroeste
NW4	18	169	Fosa Noroeste
NW5	18	170	Fosa Noroeste
P4O	10	146	PISO 4O

Luego de esto se procedió con ayuda del software Dips a conseguir los planos preferenciales de las paredes alta, baja, final noreste, final noroeste y piso 4O, tal como se muestra en la figura #,# y #

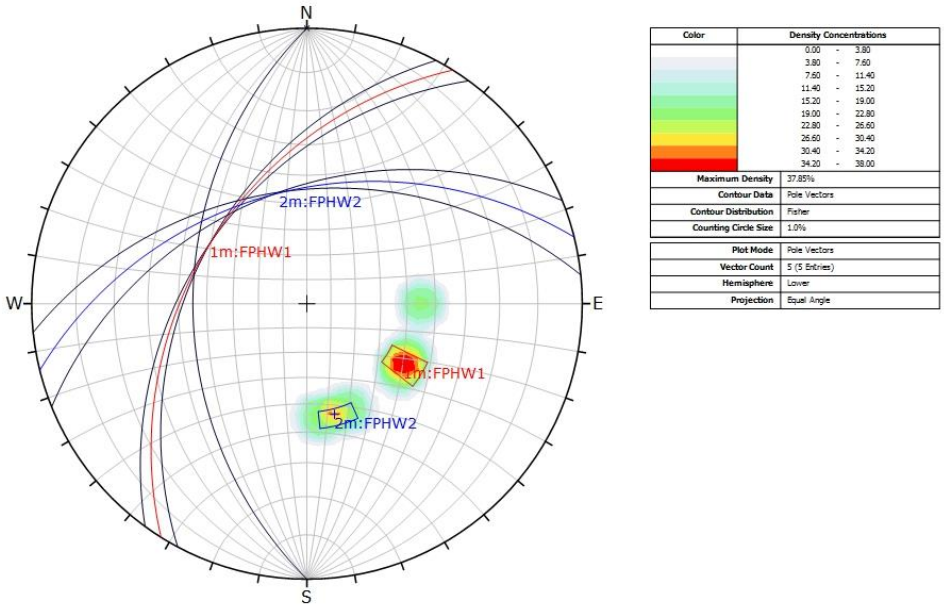


Figura 37. Planos preferenciales de paredes altas

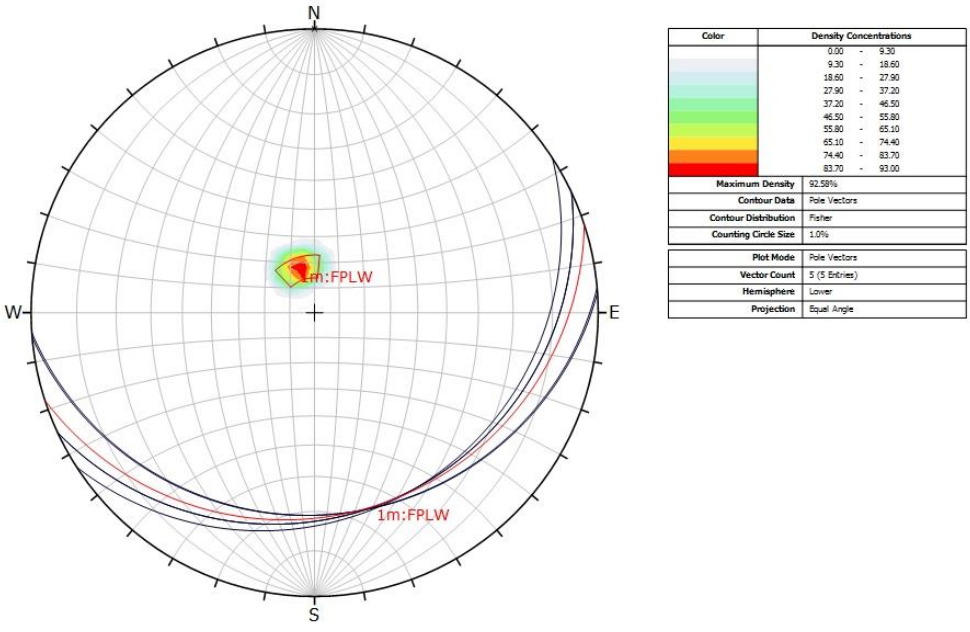


Figura 38. Planos preferenciales de paredes bajas.

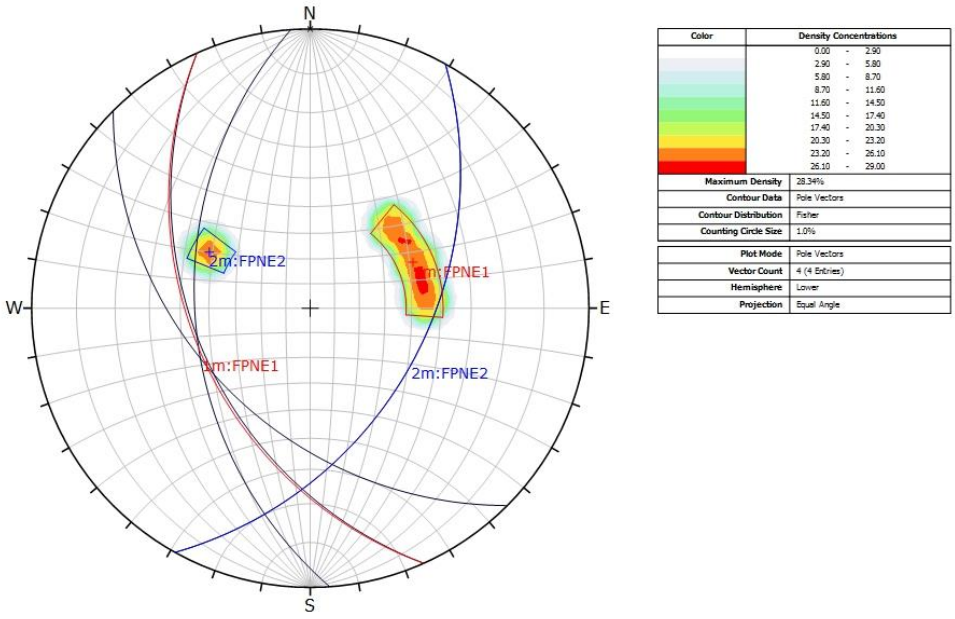


Figura 39. Planos preferenciales de paredes noreste

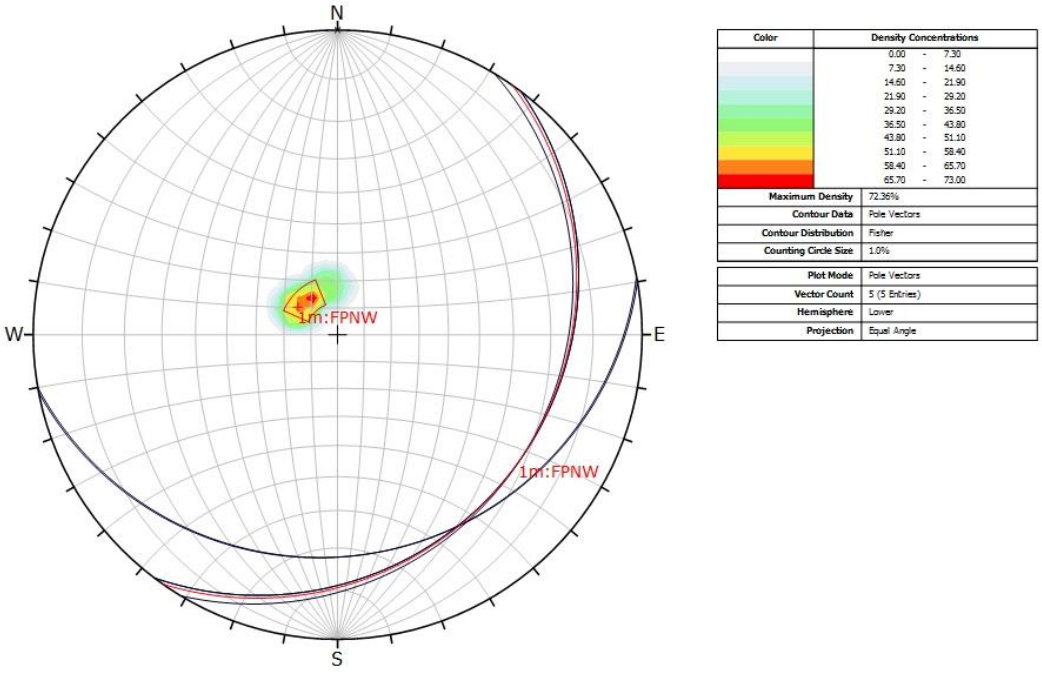


Figura 40. Planos preferenciales de paredes noroeste

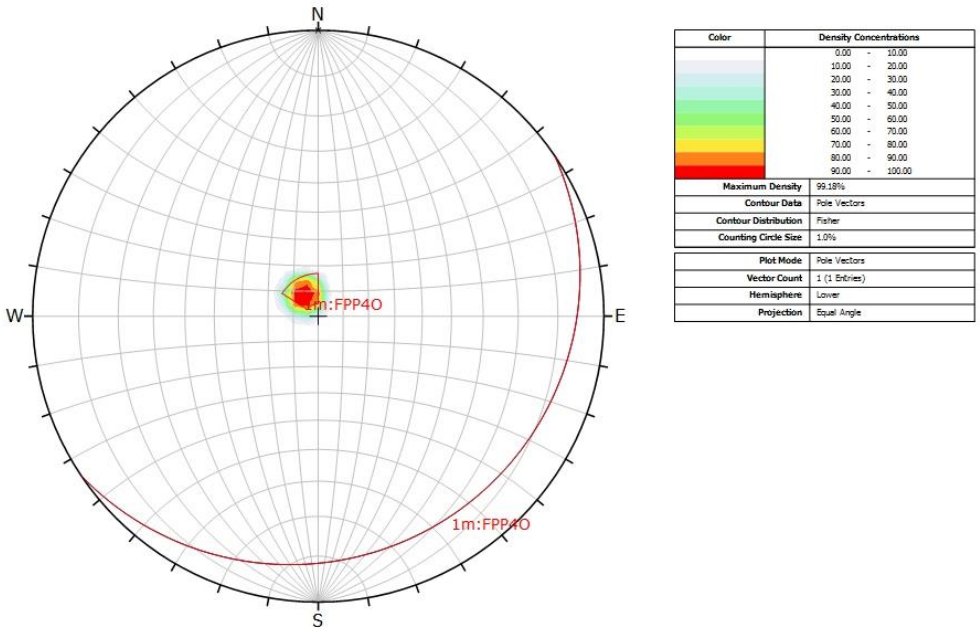


Figura 41. Planos preferenciales de paredes piso 4O

Seguidamente se obtuvieron 6 planos preferenciales a partir de los cuales se dividio la zona en 5 partes (Tabla 32)

Tabla 32. Zonificación de la fosa noreste

NOMBRE	DIP	DIRECTION	ZONA
FPPB	19	162	Pared Baja
FPPA1	45	302	Pared Alta 1
FPPA2	45	346	Pared Alta 2
FPNE1	44	246	Pared Noreste 1
FPNE2	45	119	Pared Noreste 2
FPNW	18	125	Pared Noroeste 1

FPP4O	10	146	Piso 4O

Se procedió a identificar las fallas presentes en estas zonas junto con las perforaciones cercanas a dichas zonas, obteniéndose 5 casos, como se describe en la tabla 33 y posteriormente se realizó el análisis cinemático para los taludes.

Tabla 33. Casos para análisis cinemático de los taludes

CASO	ZONA	FALLAS	DISCONTINUIDADES	PERFORACIONES	Pared
I	FPPB	-		PHG-031	Baja
II	FPPA1 FPPA2	ACEIT1 ACEIT3 NW3		PHG-031 PHG-028R PHG-012	Alta
III	FPNE1 FPNE2	NE1 NE2	• Diaclasas buzamiento norte • Diaclasas buzamiento sur. • Estratificación	PHG-031 PHG-030 PHG-030A	Final Noreste
IV	FPNW	ACEIT1 ACEIT3 NW3 COR4		PHG-012	Fosa Noroeste
V	FPP4O	ACEIT1 ACEIT3		PHG-012 PHG-031	Piso 4O

NW3

COR4

4.3.2.1. Análisis Cinemático

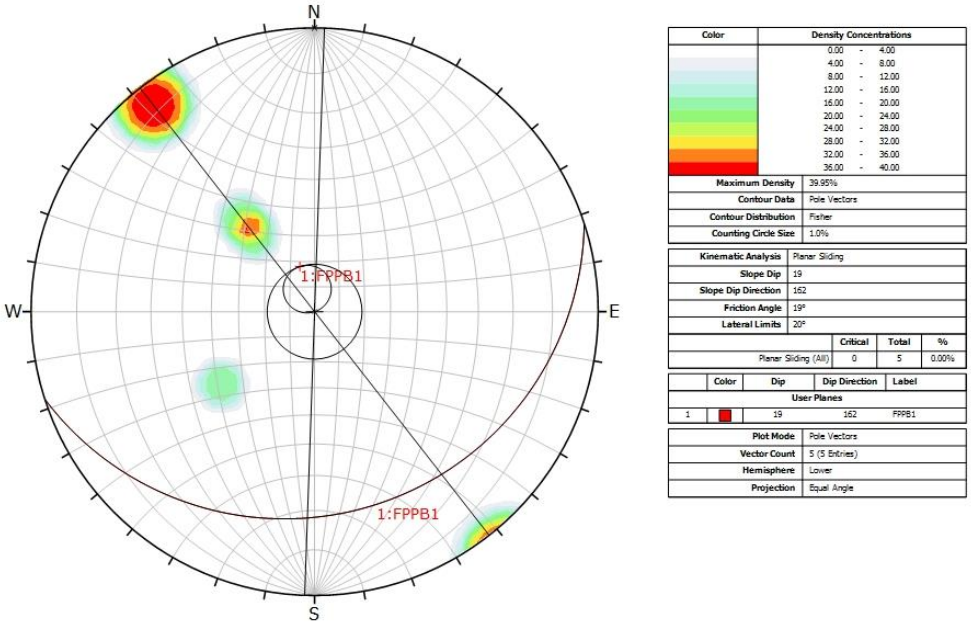
Caso I

Para este caso, las familias preferenciales de estratificación y diaclasas son las que se presentan en la tabla #

Tabla 34. Familias preferenciales de diaclasas y estratificación

NOMBRE	DIP	DIRECTION	FAMILIA PREFERENCIAL
FPE	37	142	Estratificación
FPDN1	45	52	Diaclasa con buzamiento norte
FPDN2	85	142	Diaclasa con buzamiento norte
FPDS1	45	142	Diaclasa con buzamiento sur
FPDS2	85	142	Diaclasa con buzamiento sur

Zona: FPPB



Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.00
	4.00 - 8.00
	8.00 - 12.00
	12.00 - 16.00
	16.00 - 20.00
	20.00 - 24.00
	24.00 - 28.00
	28.00 - 32.00
	32.00 - 36.00
	36.00 - 40.00
Maximum Density	39.95%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

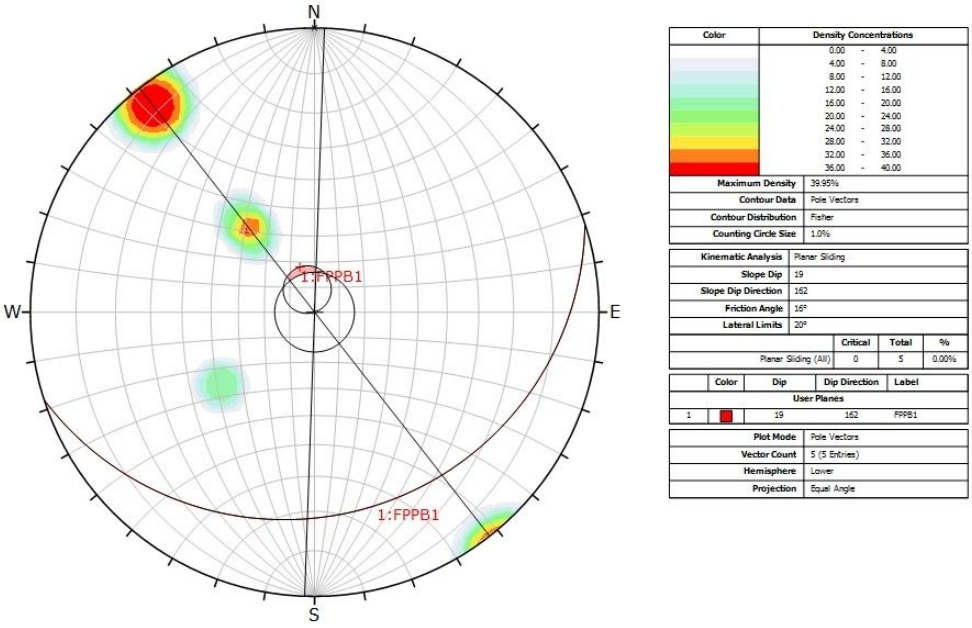
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	19
Slope Dip Direction	162
Friction Angle	19°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	5	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		19	162	FPPB1

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 42. Análisis cinemático de falla plana en carbón



Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.00
	4.00 - 8.00
	8.00 - 12.00
	12.00 - 16.00
	16.00 - 20.00
	20.00 - 24.00
	24.00 - 28.00
	28.00 - 32.00
	32.00 - 36.00
	36.00 - 40.00
Maximum Density	39.95%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	19
Slope Dip Direction	162
Friction Angle	16°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	5	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		19	162	FPPB1

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 43. Análisis cinemático de falla plana en limolita

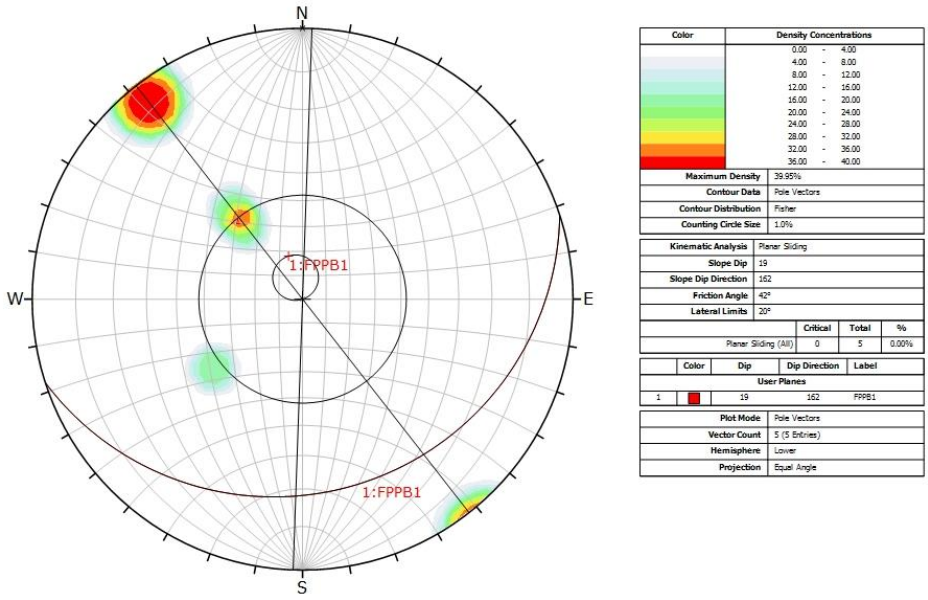


Figura 44. Análisis cinemático de falla plana en arenisca.

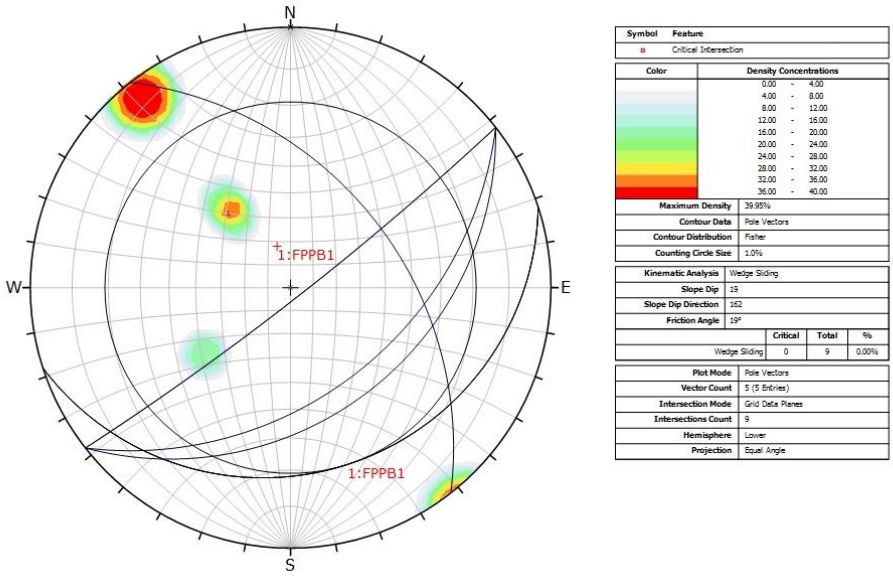
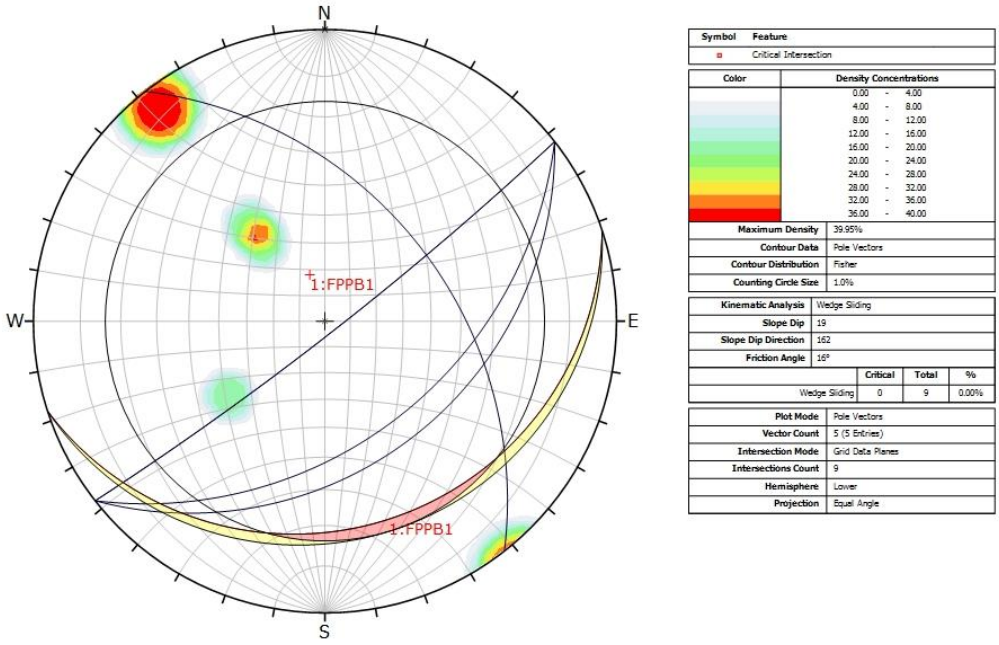


Figura 45. Análisis cinemático de falla de cuña en carbón



Symbol	Feature
▫	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.00
	4.00 - 8.00
	8.00 - 12.00
	12.00 - 16.00
	16.00 - 20.00
	20.00 - 24.00
	24.00 - 28.00
	28.00 - 32.00
	32.00 - 36.00
	36.00 - 40.00

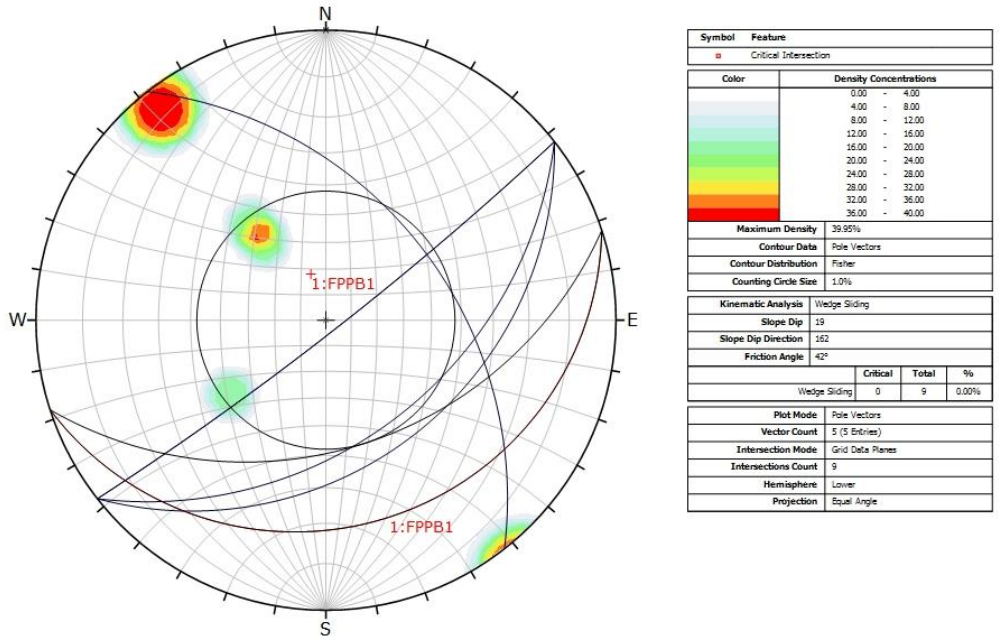
Maximum Density	39.95%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	19
Slope Dip Direction	162
Friction Angle	16°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	0	9	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	9
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 46. Análisis cinemático de falla de cuña en limolita



Symbol	Feature
▫	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.00
	4.00 - 8.00
	8.00 - 12.00
	12.00 - 16.00
	16.00 - 20.00
	20.00 - 24.00
	24.00 - 28.00
	28.00 - 32.00
	32.00 - 36.00
	36.00 - 40.00

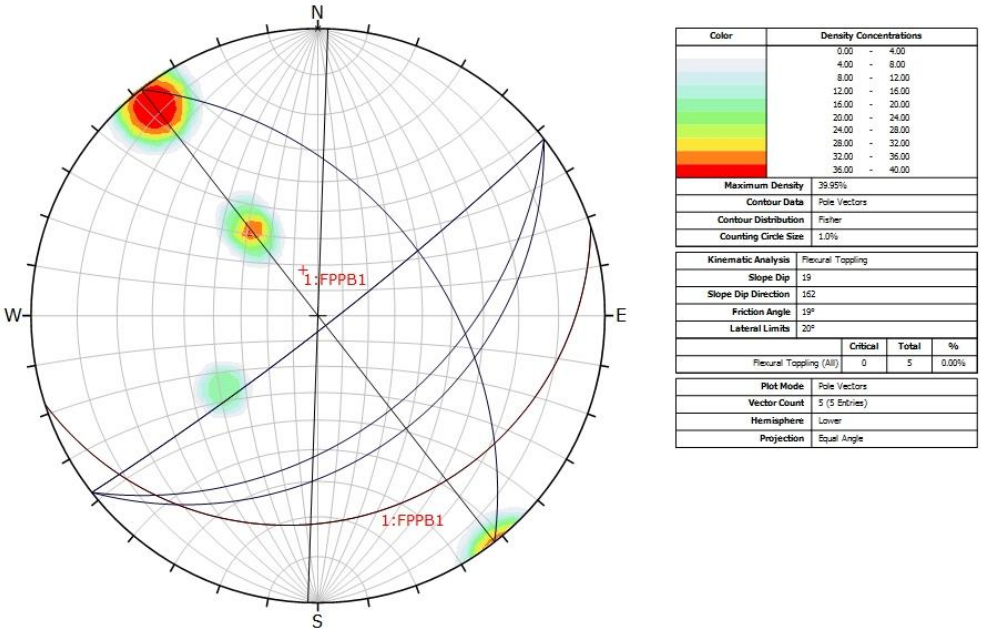
Maximum Density	39.95%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	19
Slope Dip Direction	162
Friction Angle	42°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	0	9	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	9
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 47. Análisis cinemático de falla de cuña en arenisca



Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.00
	4.00 - 8.00
	8.00 - 12.00
	12.00 - 16.00
	16.00 - 20.00
	20.00 - 24.00
	24.00 - 28.00
	28.00 - 32.00
	32.00 - 36.00
	36.00 - 40.00

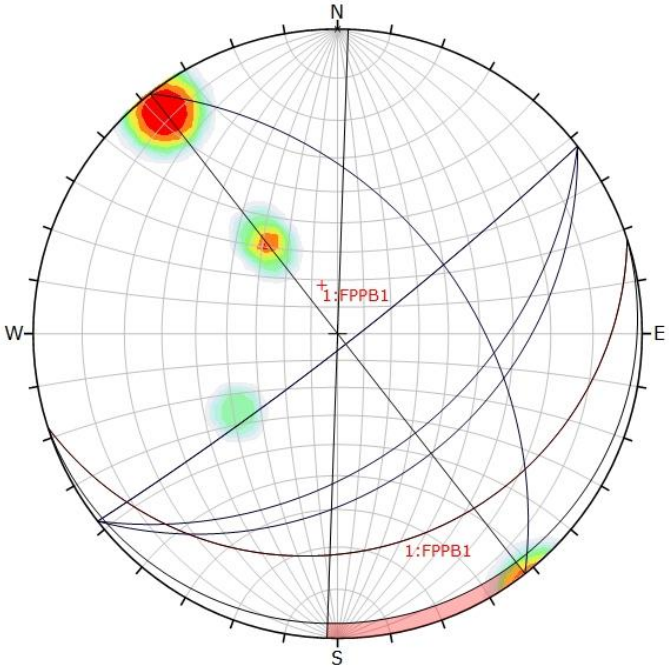
Maximum Density	39.95%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	19
Slope Dip Direction	162
Friction Angle	19°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	5	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 48. Análisis cinemático de volcamiento en carbón



Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.00
	4.00 - 8.00
	8.00 - 12.00
	12.00 - 16.00
	16.00 - 20.00
	20.00 - 24.00
	24.00 - 28.00
	28.00 - 32.00
	32.00 - 36.00
	36.00 - 40.00

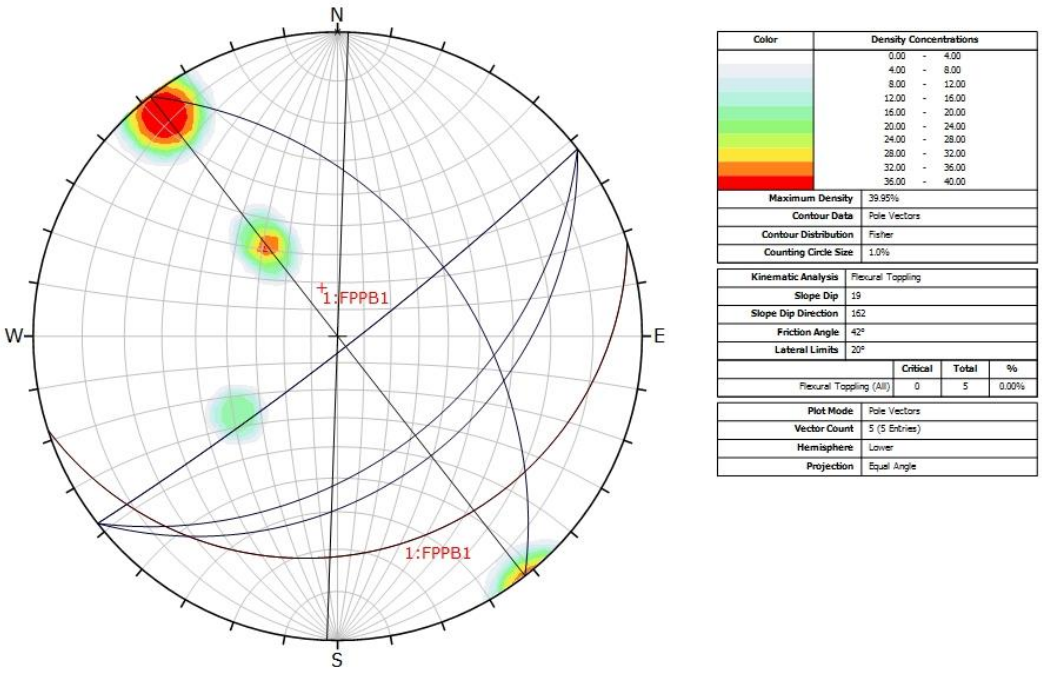
Maximum Density	39.95%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	19
Slope Dip Direction	162
Friction Angle	16°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	5	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 49. Análisis cinemático de volcamiento en limolita



Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.00
	4.00 - 8.00
	8.00 - 12.00
	12.00 - 16.00
	16.00 - 20.00
	20.00 - 24.00
	24.00 - 28.00
	28.00 - 32.00
	32.00 - 36.00
	36.00 - 40.00

Maximum Density	39.95%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	19
Slope Dip Direction	162
Friction Angle	42°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	5	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 50. Análisis cinemático de volcamiento en arenisca

Al observar las proyecciones estereográficas de los planos preferenciales de las discontinuidades y fallas podemos observar que no hay posibilidades de falla plana, falla de cuña y falla por volcamiento en las diferentes condiciones y características de la litología en la zona FPPB.

Caso II

Zona: FPE

Para el caso II se obtuvieron las familias preferenciales que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 35. Familias preferenciales para el caso II

NOMBRE	DIP	DIRECTION	FAMILIA PREFERENCIAL
FPE	12	148	Estratificación
FPDS1	78	147	Diaclasa con buzamiento sur
FPDS2	55	146	Diaclasa con buzamiento sur
FPDN1	80	57	Diaclasa con buzamiento norte
FPDN2	56	56	Diaclasa con buzamiento norte

Zona FPPA1

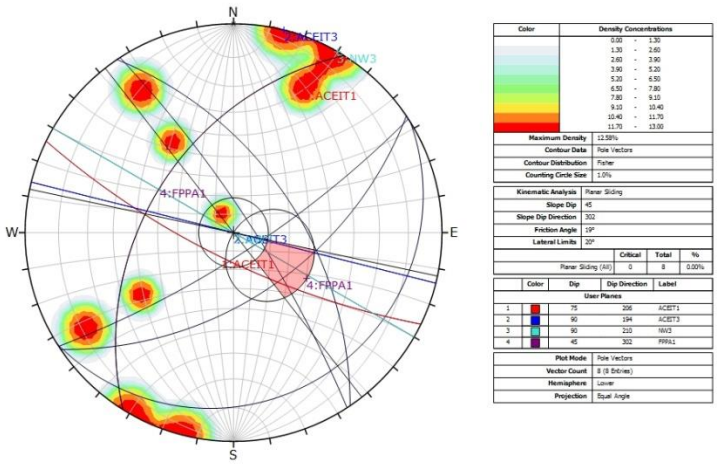
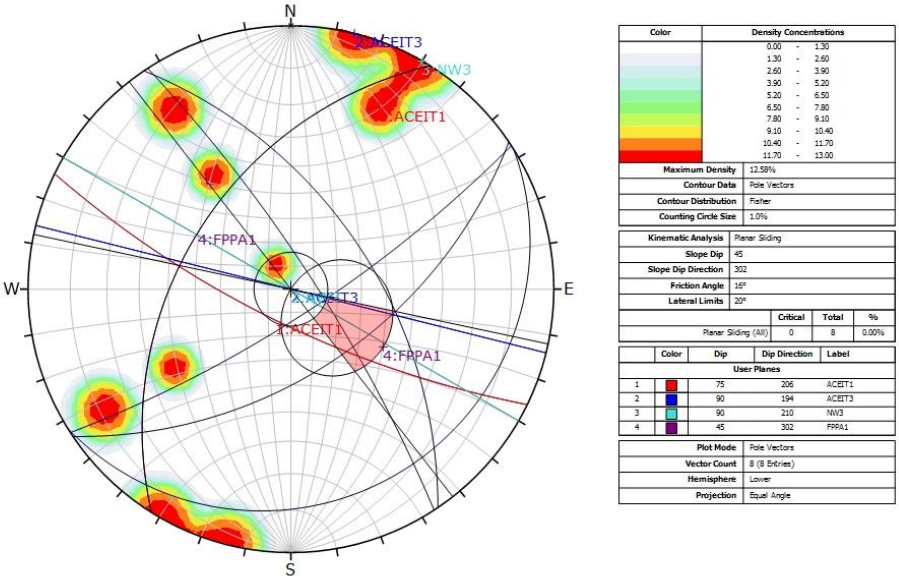


Figura 51 Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales en carbón con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.30
	1.30 - 2.60
	2.60 - 3.90
	3.90 - 5.20
	5.20 - 6.50
	6.50 - 7.80
	7.80 - 9.10
	9.10 - 10.40
	10.40 - 11.70
	11.70 - 13.00
Maximum Density	12.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

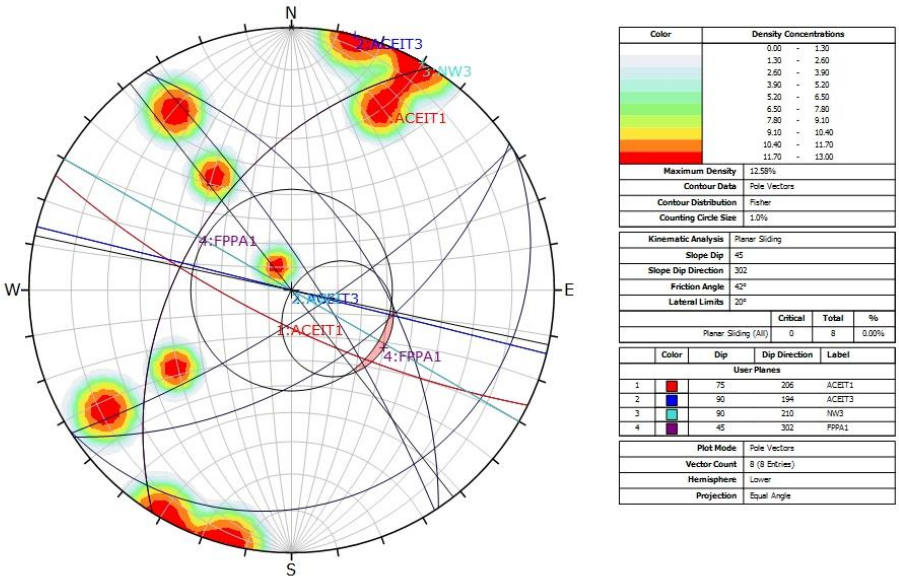
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	302
Friction Angle	16°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	8	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	206	ACEIT1
2		90	194	ACEIT3
3		90	210	NW3
4		45	302	FPPA1

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	8 (8 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 52. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales en limolitas con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.30
	1.30 - 2.60
	2.60 - 3.90
	3.90 - 5.20
	5.20 - 6.50
	6.50 - 7.80
	7.80 - 9.10
	9.10 - 10.40
	10.40 - 11.70
	11.70 - 13.00
Maximum Density	12.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	302
Friction Angle	42°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	8	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	206	ACEIT1
2		90	194	ACEIT3
3		90	210	NW3
4		45	302	FPPA1

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	8 (8 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 53. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales en arenisca con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3.

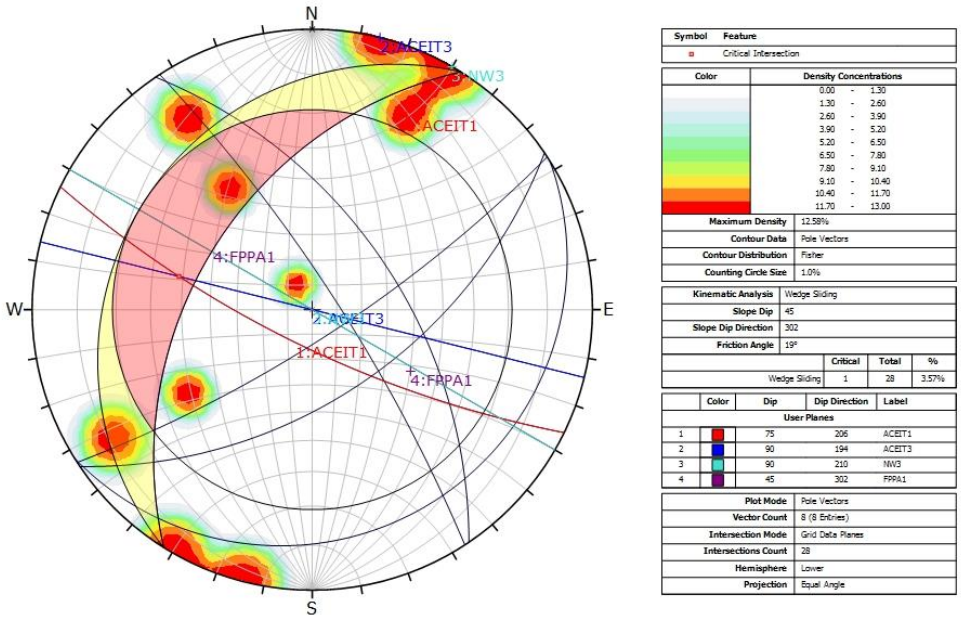


Figura 54. Análisis cinemático de falla de cuña en carbón y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3

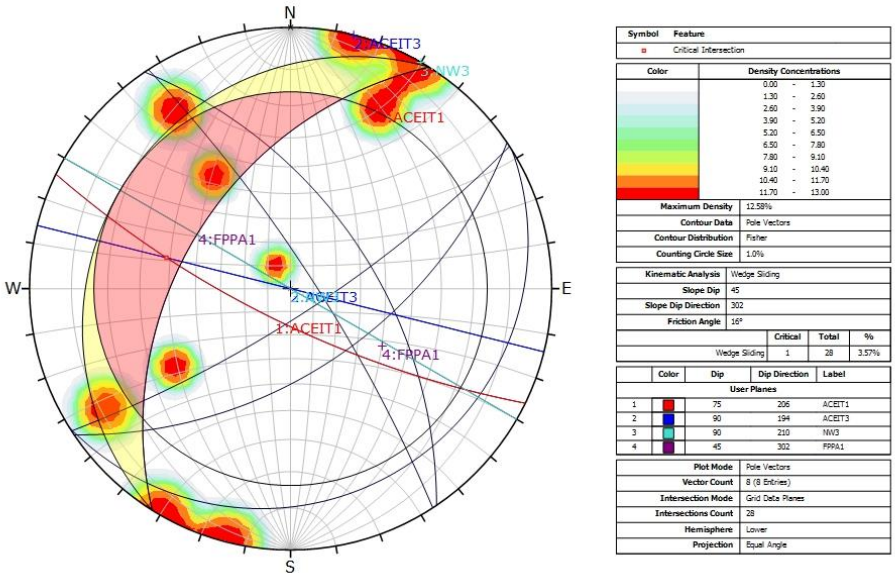


Figura 55. Análisis cinemático de falla de cuña en limolitas y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3

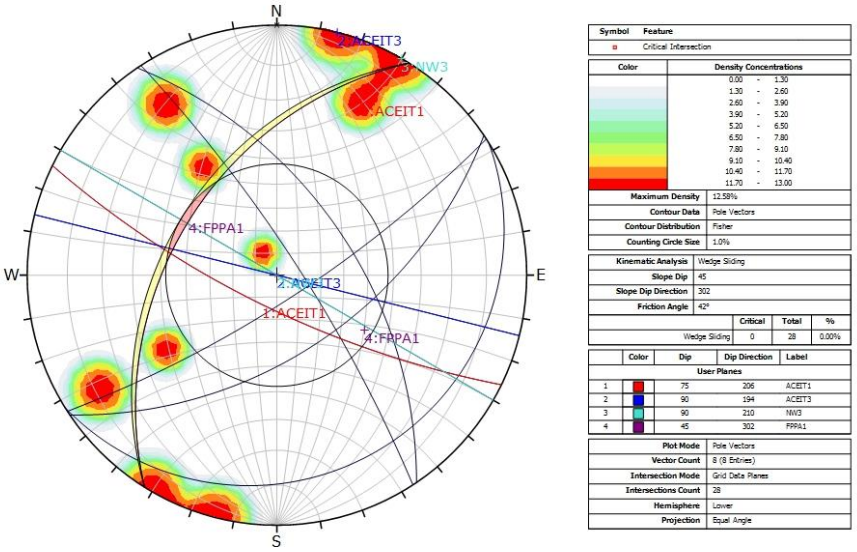


Figura 56. Análisis cinemático de falla de cuña en areniscas y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3

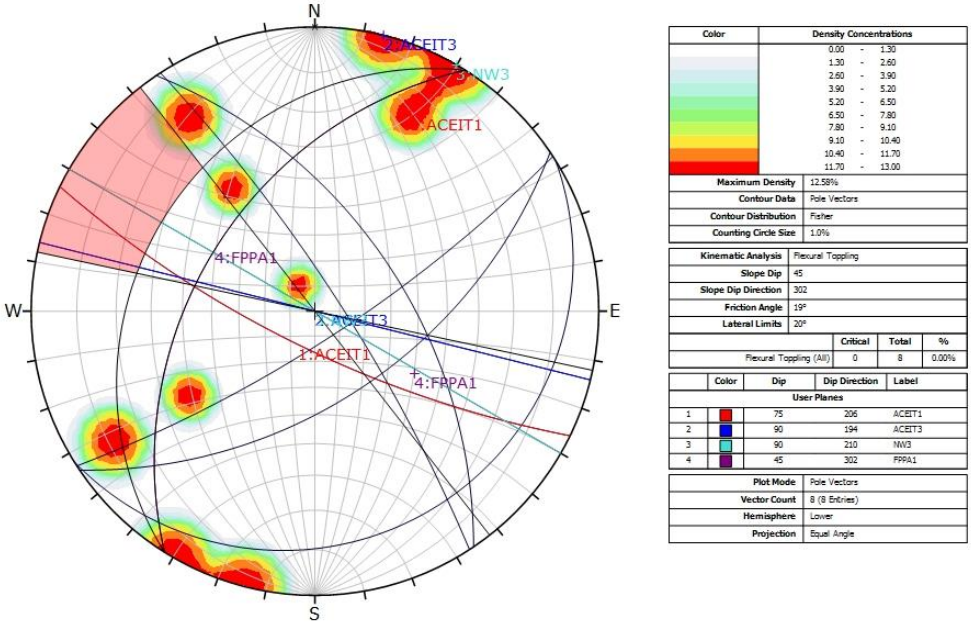
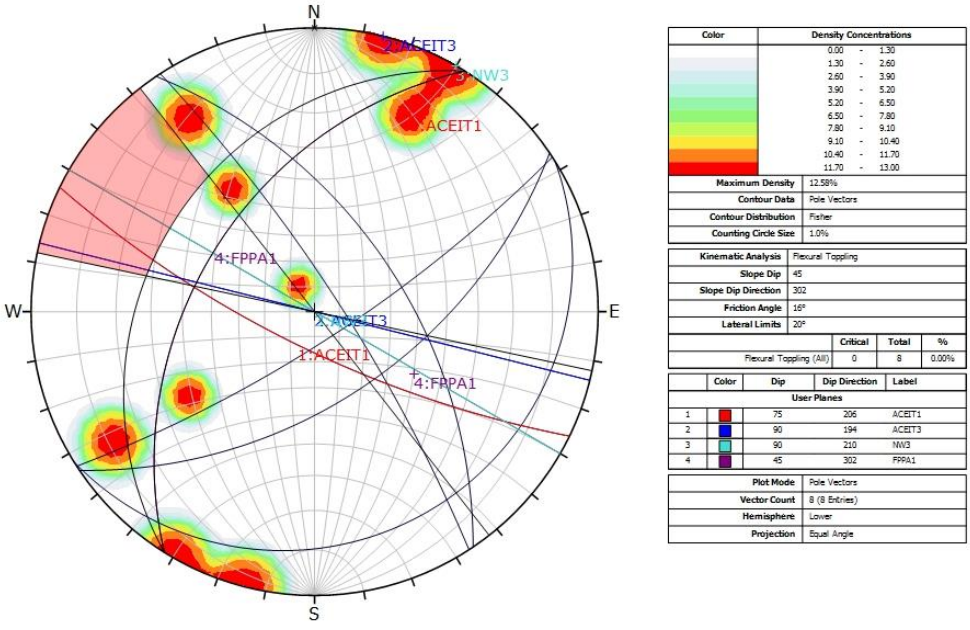


Figura 57. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA1 en carbón



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.30
	1.30 - 2.60
	2.60 - 3.90
	3.90 - 5.20
	5.20 - 6.50
	6.50 - 7.80
	7.80 - 9.10
	9.10 - 10.40
	10.40 - 11.70
	11.70 - 13.00
Maximum Density	12.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

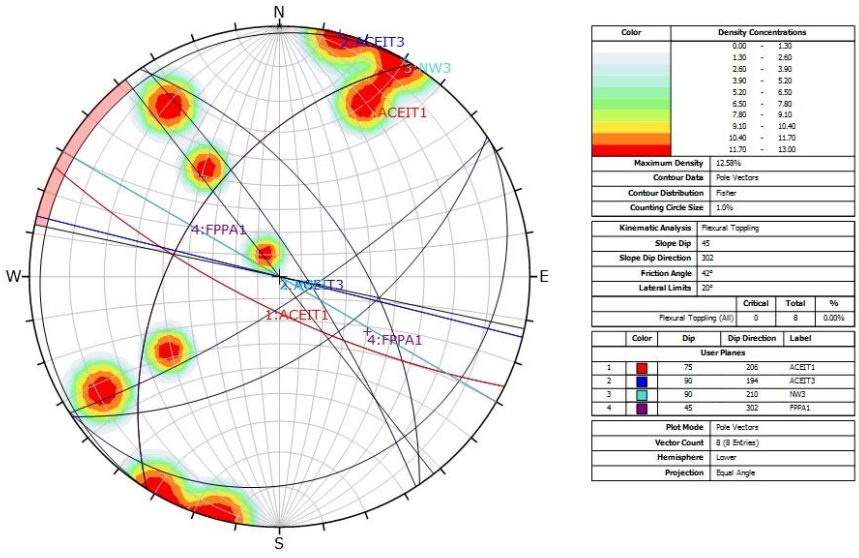
Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	302
Friction Angle	16°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	8	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	206	ACEIT1
2		90	194	ACEIT3
3		90	210	NW3
4		45	302	FPPA1

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	8 (8 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 58. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA1 en limolitas



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.30
	1.30 - 2.60
	2.60 - 3.90
	3.90 - 5.20
	5.20 - 6.50
	6.50 - 7.80
	7.80 - 9.10
	9.10 - 10.40
	10.40 - 11.70
	11.70 - 13.00
Maximum Density	12.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	302
Friction Angle	42°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	8	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	206	ACEIT1
2		90	194	ACEIT3
3		90	210	NW3
4		45	302	FPPA1

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	8 (8 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 59. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA1 en areniscas

Zona FPPA2

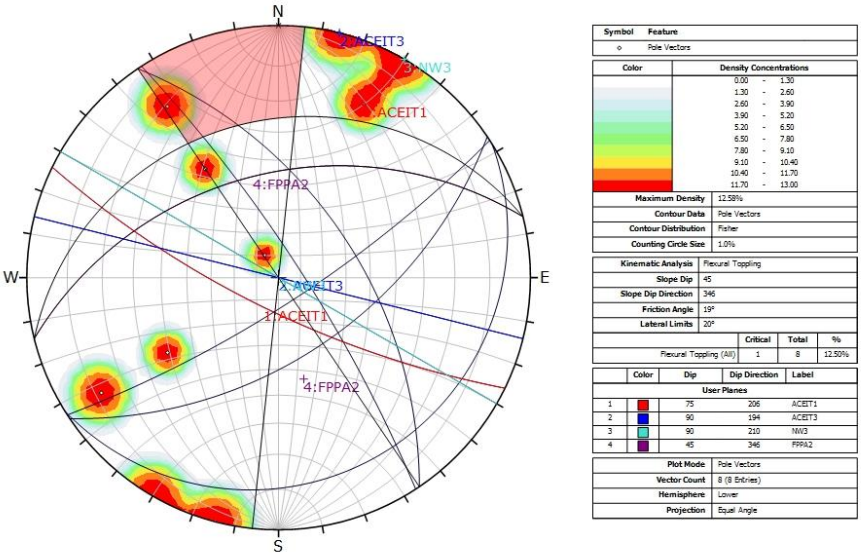


Figura 60. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 en carbón.

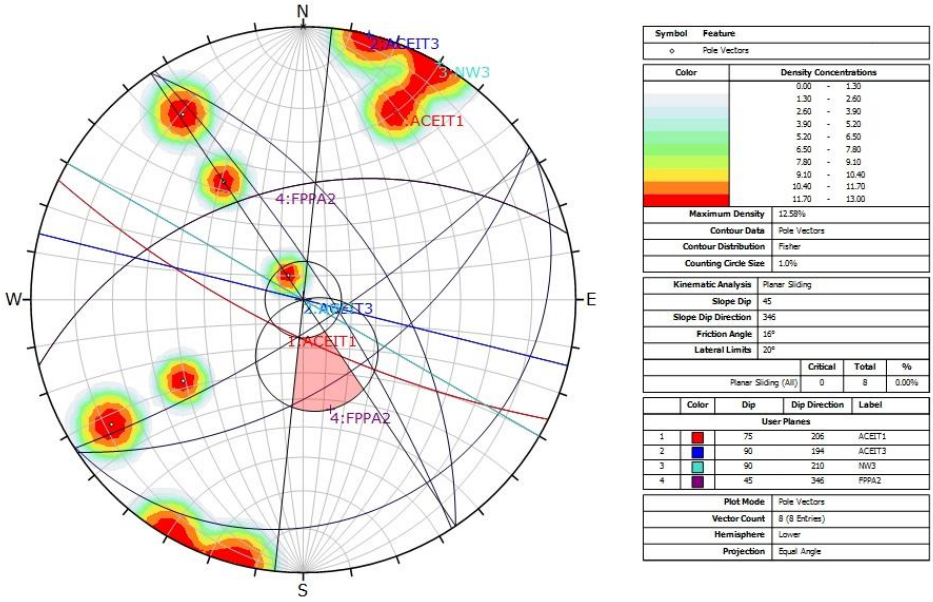


Figura 61. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 en limolita.

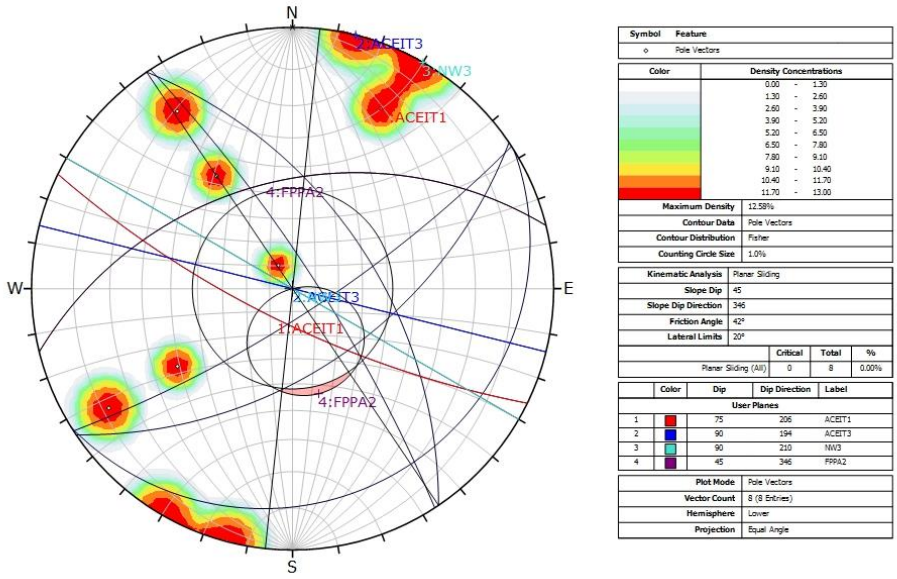


Figura 62. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 en arenisca

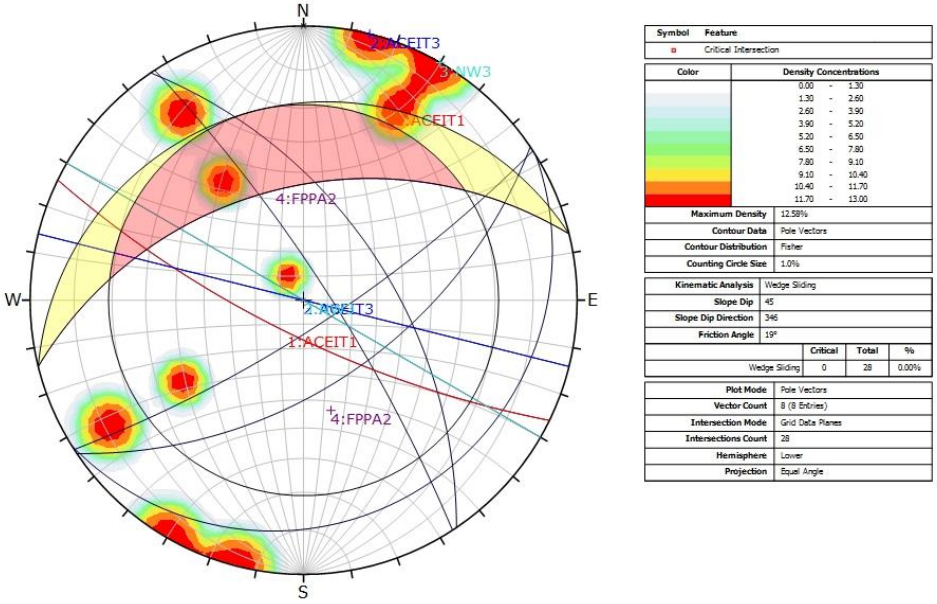


Figura 63. Análisis cinemático de falla de cuña y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 para carbón

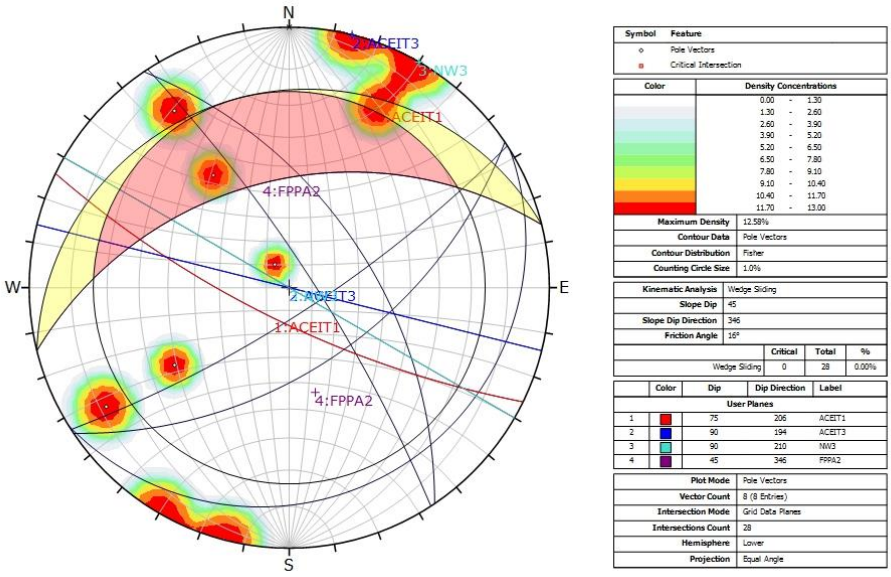


Figura 64. Análisis cinemático de falla de cuña y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 para limolita

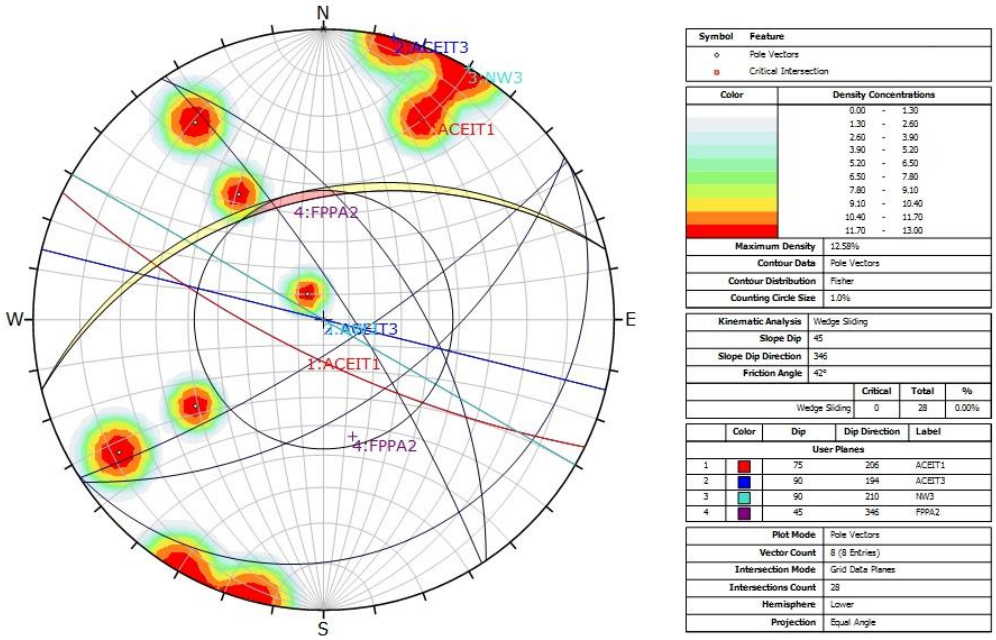
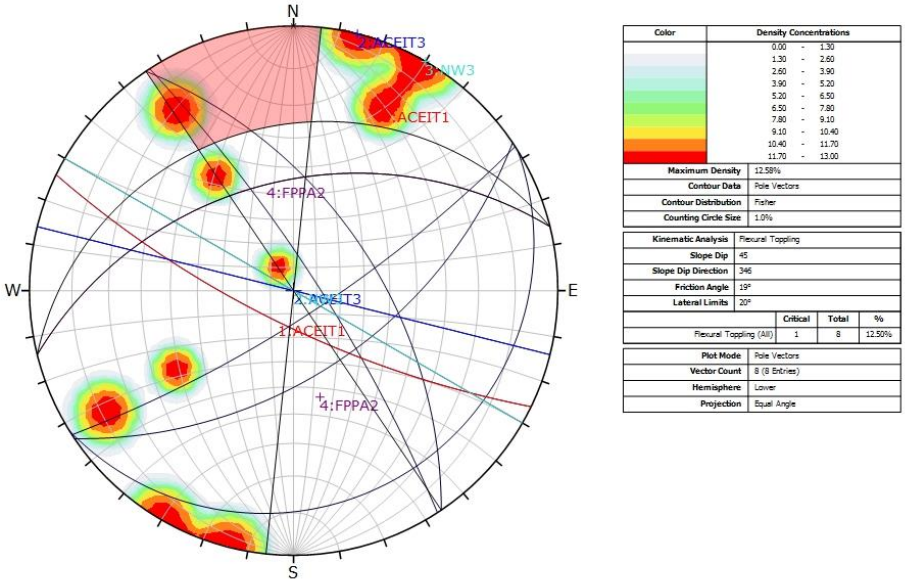


Figura 65. Análisis cinemático de falla de cuña y planos preferenciales con fallas ACEIT1, ACEIT3 Y NW3 para areniscas



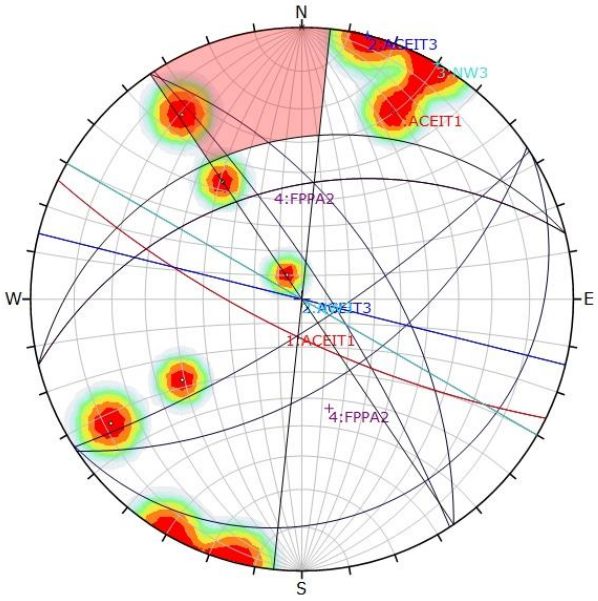
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.30
	1.30 - 2.60
	2.60 - 3.90
	3.90 - 5.20
	5.20 - 6.50
	6.50 - 7.80
	7.80 - 9.10
	9.10 - 10.40
	10.40 - 11.70
	11.70 - 13.00
Maximum Density	12.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	346
Friction Angle	19°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	1	8	12.50%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	8 (8 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 66. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA2 en carbón



Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.30
	1.30 - 2.60
	2.60 - 3.90
	3.90 - 5.20
	5.20 - 6.50
	6.50 - 7.80
	7.80 - 9.10
	9.10 - 10.40
	10.40 - 11.70
	11.70 - 13.00
Maximum Density	12.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	346
Friction Angle	19°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	1	8	12.50%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	206	ACEIT1
2		90	194	ACEIT3
3		90	210	NW3
4		45	346	FPPA2

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	8 (8 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 67. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA2 en limolitas

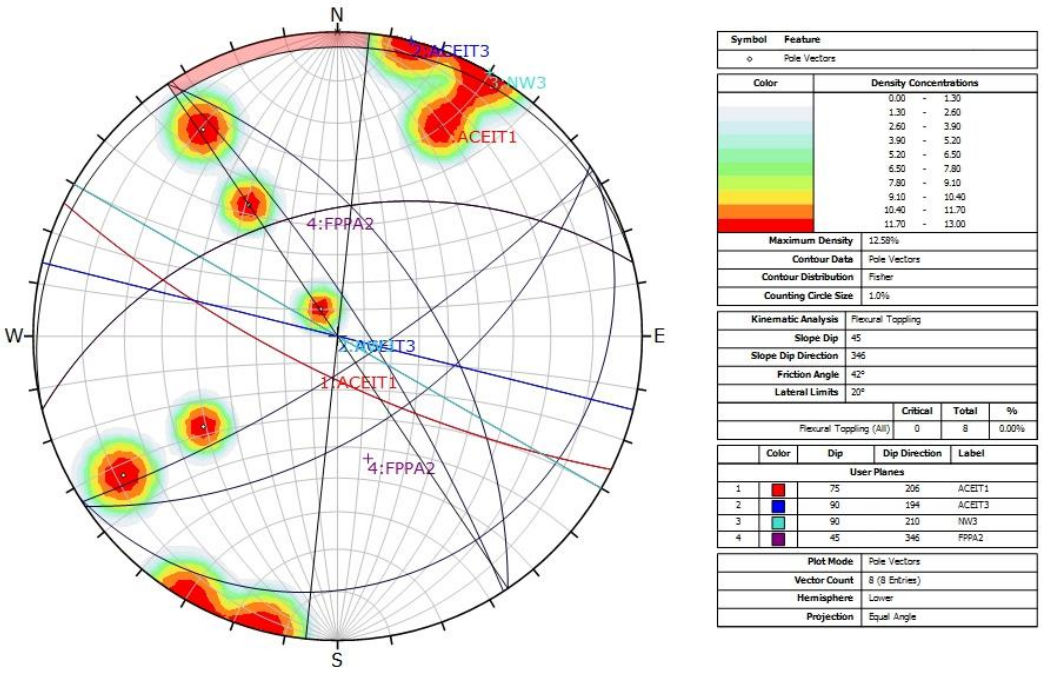


Figura 68. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPPA2 en areniscas

Al observar las proyecciones estereográficas de los planos preferenciales de las discontinuidades y fallas podemos observar que no hay posibilidades de falla plana en ninguna de las litologías presentes, las fallas de cuña se generan en la zona FPPA1 debido a la intersección de las fallas ACEIT1 y ACEIT3 en los estratos de carbón y limolita. Por otra parte, las fallas por volcamiento se pueden generar en la zona FPPA2 debido a la familia preferencial de diaclasas que tienen buzamiento en dirección sur, específicamente la familia preferencial FPPDS1 en los estratos de carbón y limolita

Caso III

Para el caso III se obtuvieron las familias preferenciales que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 36. Familias preferenciales para el caso III

NOMBRE	DIP	DIRECTION	FAMILIA PREFERENCIAL
FPE	23	146	Estratificación
FPDN	15	52	Diaclasa con buzamiento norte
FPDS	15	142	Diaclasa con buzamiento sur

Zona FPNE1

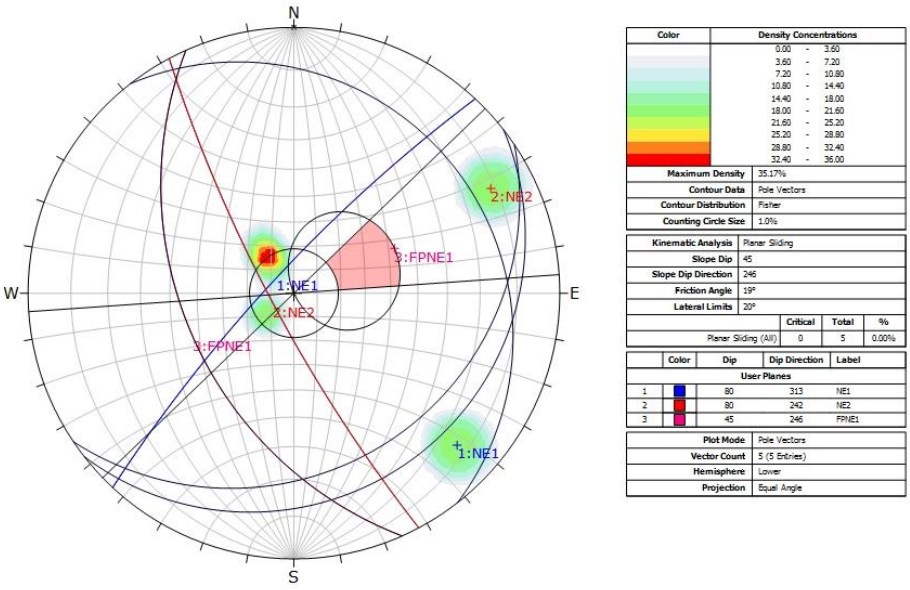
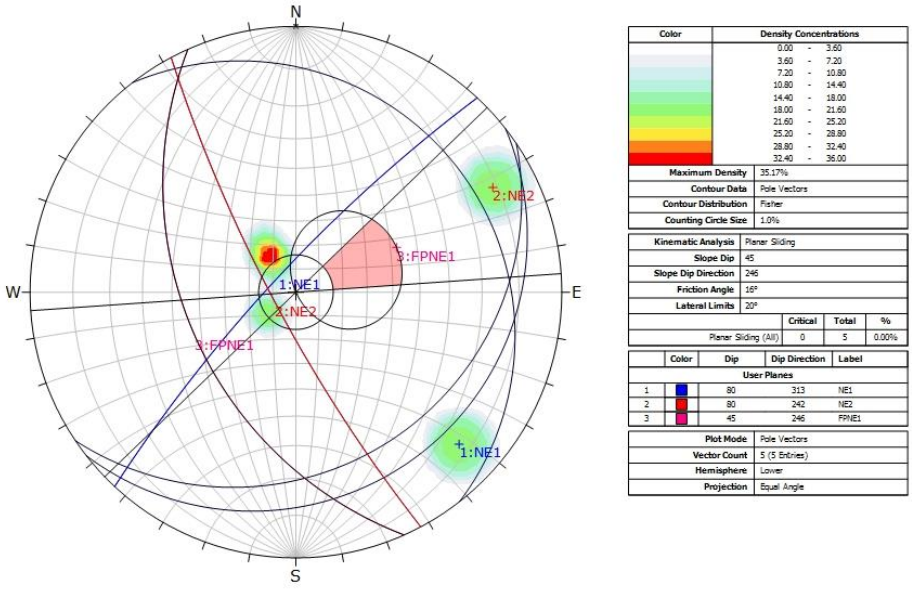


Figura 69. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en carbón



Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.60
	3.60 - 7.20
	7.20 - 10.80
	10.80 - 14.40
	14.40 - 18.00
	18.00 - 21.60
	21.60 - 25.20
	25.20 - 28.80
	28.80 - 32.40
	32.40 - 36.00
Maximum Density	35.17%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

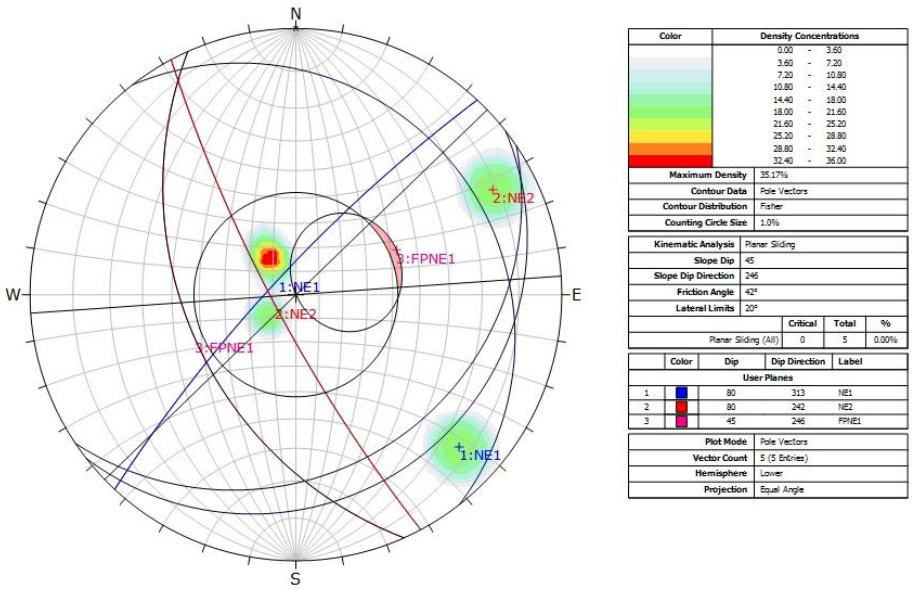
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	246
Friction Angle	16°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	5	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		80	313	NE1
2		80	242	NE2
3		45	246	FPNE1

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 70. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en limolitas



Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.60
	3.60 - 7.20
	7.20 - 10.80
	10.80 - 14.40
	14.40 - 18.00
	18.00 - 21.60
	21.60 - 25.20
	25.20 - 28.80
	28.80 - 32.40
	32.40 - 36.00
Maximum Density	35.17%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	246
Friction Angle	42°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	5	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		80	313	NE1
2		80	242	NE2
3		45	246	FPNE1

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 71. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en areniscas

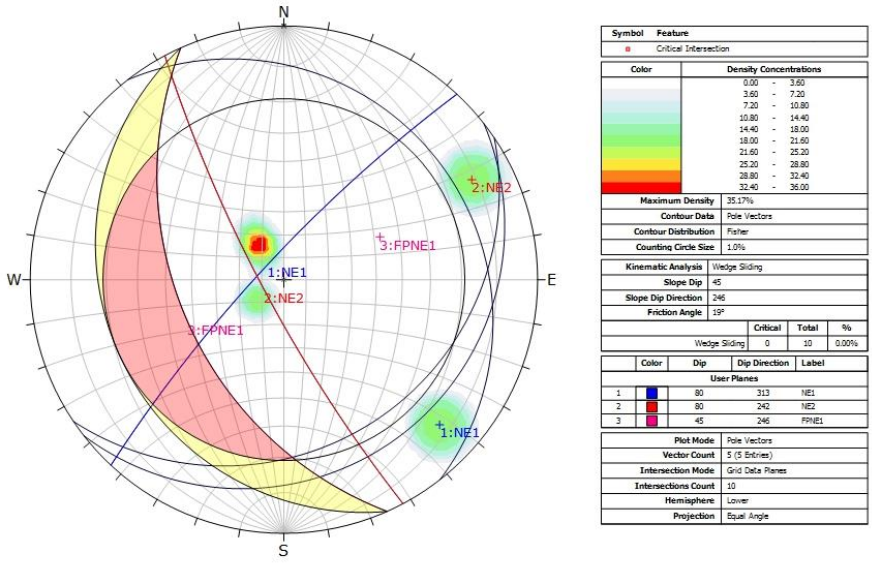


Figura 72. Análisis cinemático de falla de cuña, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE1 en carbón

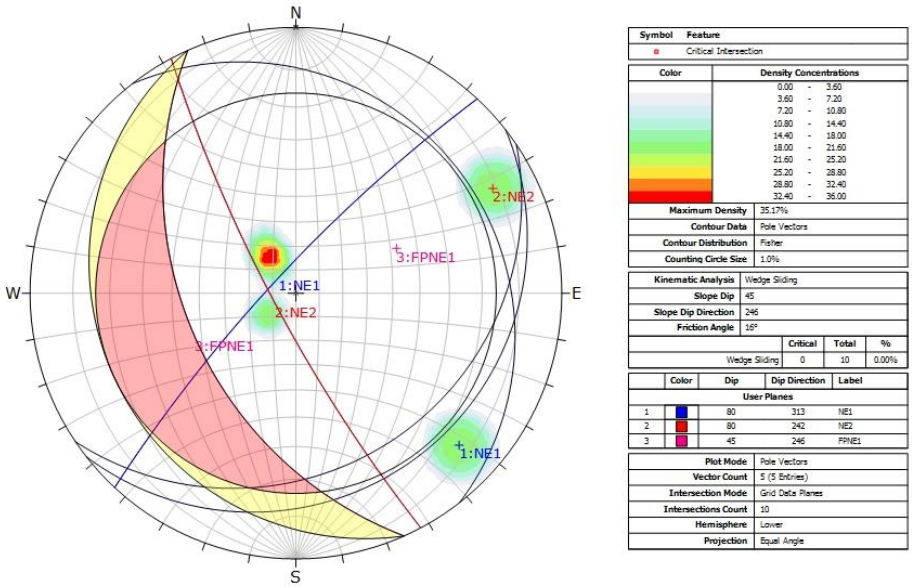


Figura 73#. Análisis cinemático de falla de cuña, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE1 en limolitas

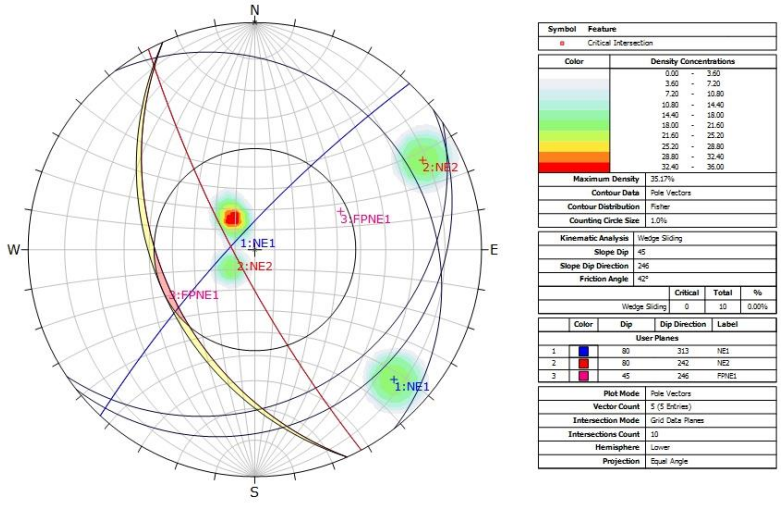


Figura 74. Análisis cinemático de falla de cuña, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE1 en areniscas

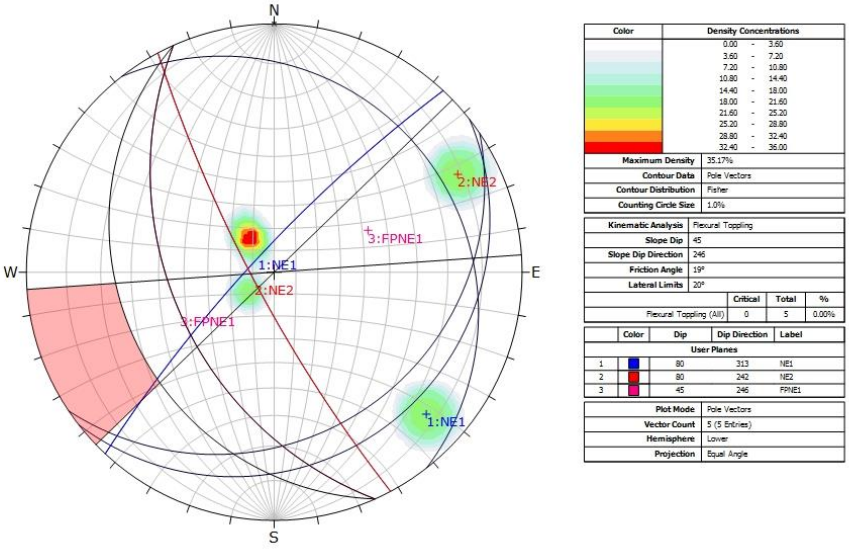
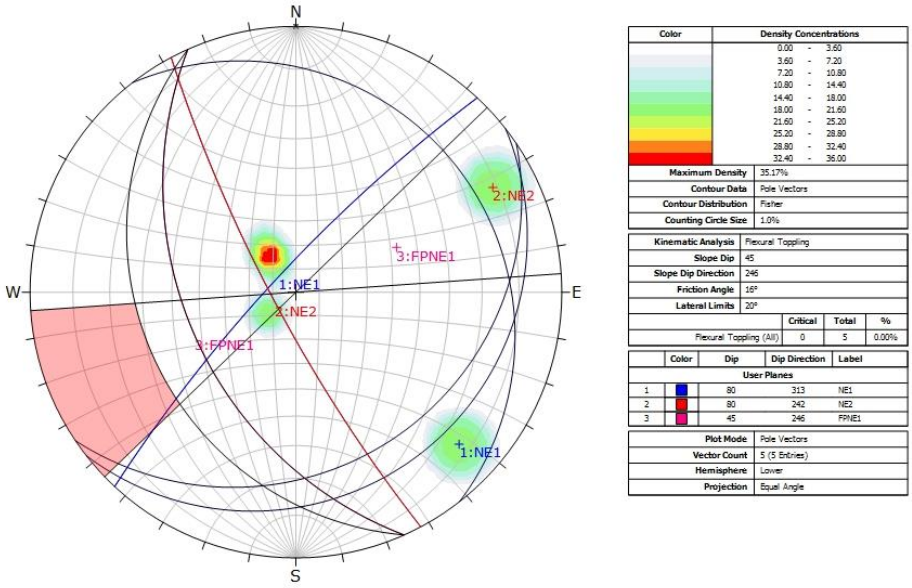


Figura 75. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE1 en carbón



Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.60
	3.60 - 7.20
	7.20 - 10.80
	10.80 - 14.40
	14.40 - 18.00
	18.00 - 21.60
	21.60 - 25.20
	25.20 - 28.80
	28.80 - 32.40
	32.40 - 36.00
Maximum Density	35.17%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

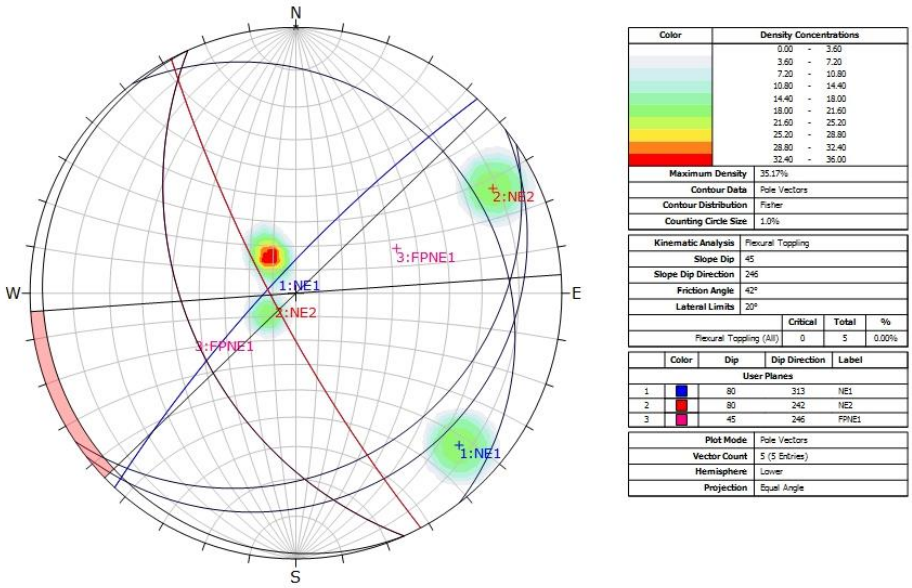
Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	246
Friction Angle	16°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	5	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		80	313	NE1
2		80	242	NE2
3		45	246	FPNE1

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 76. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE1 en limolitas



Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.60
	3.60 - 7.20
	7.20 - 10.80
	10.80 - 14.40
	14.40 - 18.00
	18.00 - 21.60
	21.60 - 25.20
	25.20 - 28.80
	28.80 - 32.40
	32.40 - 36.00
Maximum Density	35.17%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	246
Friction Angle	42°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	5	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		80	313	NE1
2		80	242	NE2
3		45	246	FPNE1

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 77. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE1 en areniscas

Zona FPNE2

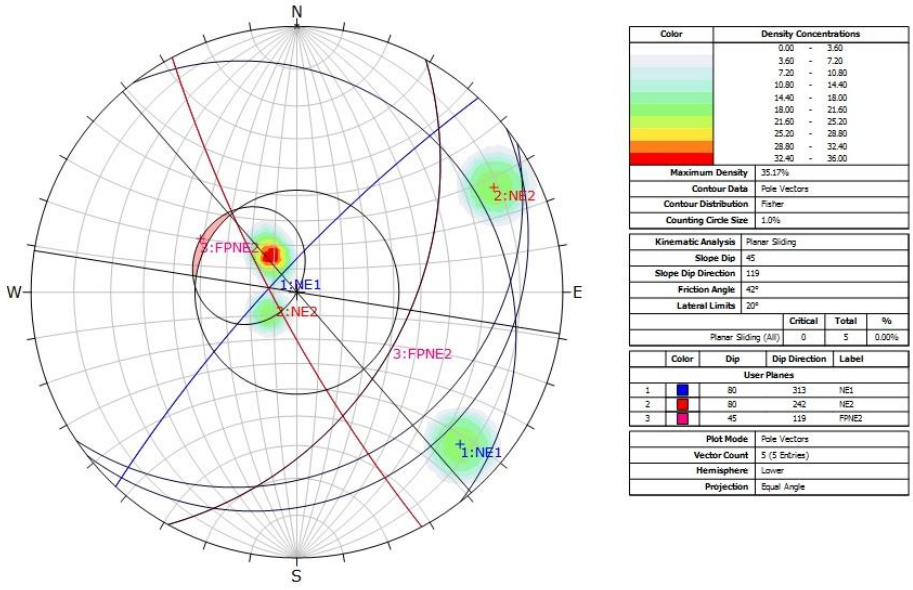


Figura 78. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en arenisca

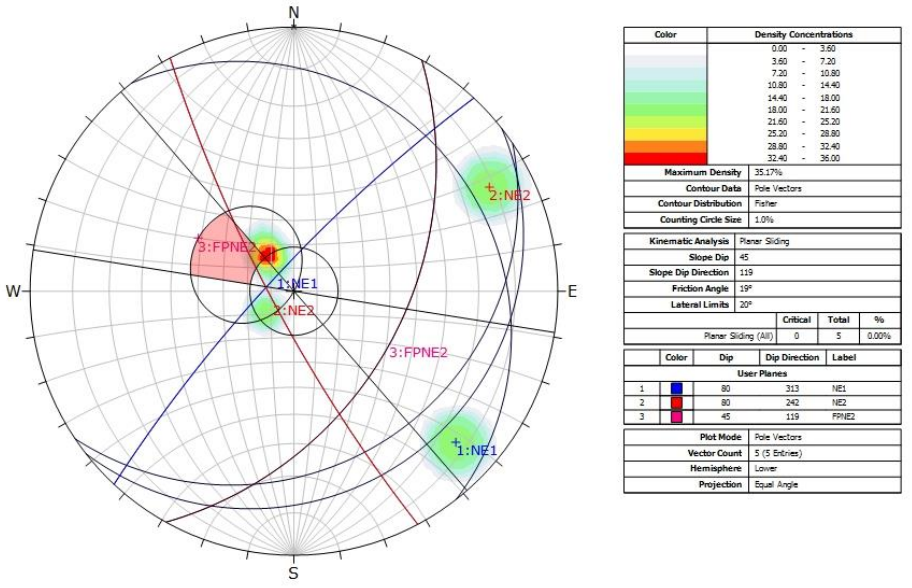


Figura 79. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en carbón

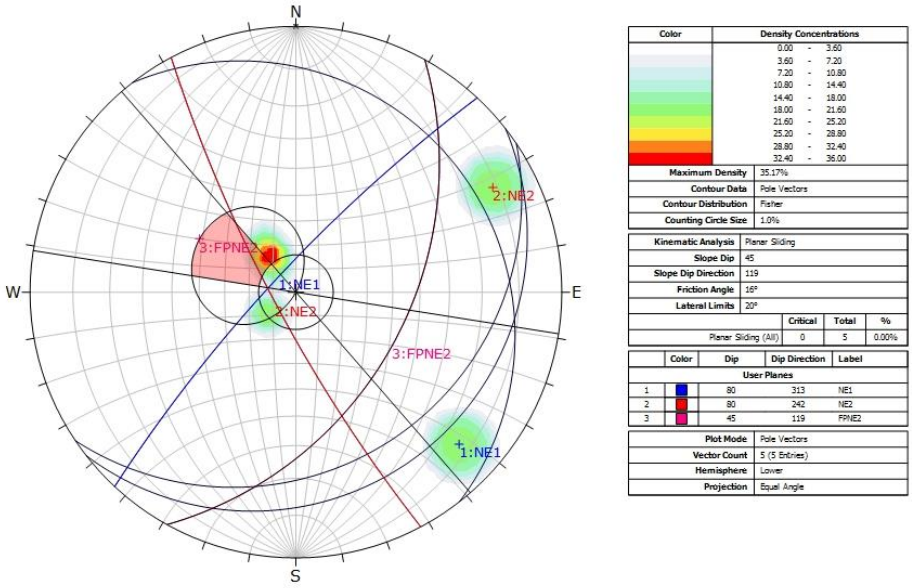


Figura 80. Análisis cinemático de falla plana y planos preferenciales con fallas NE1 y NE2 en limolita

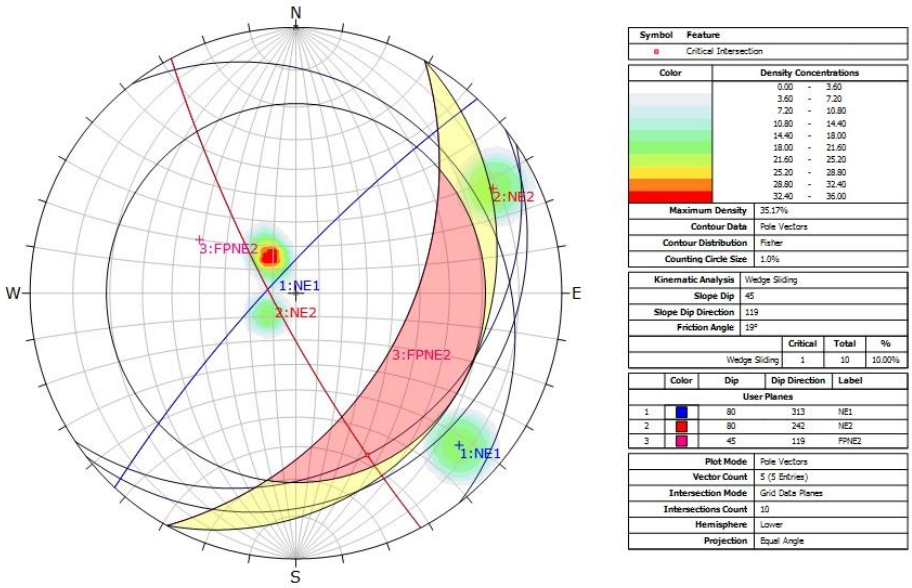
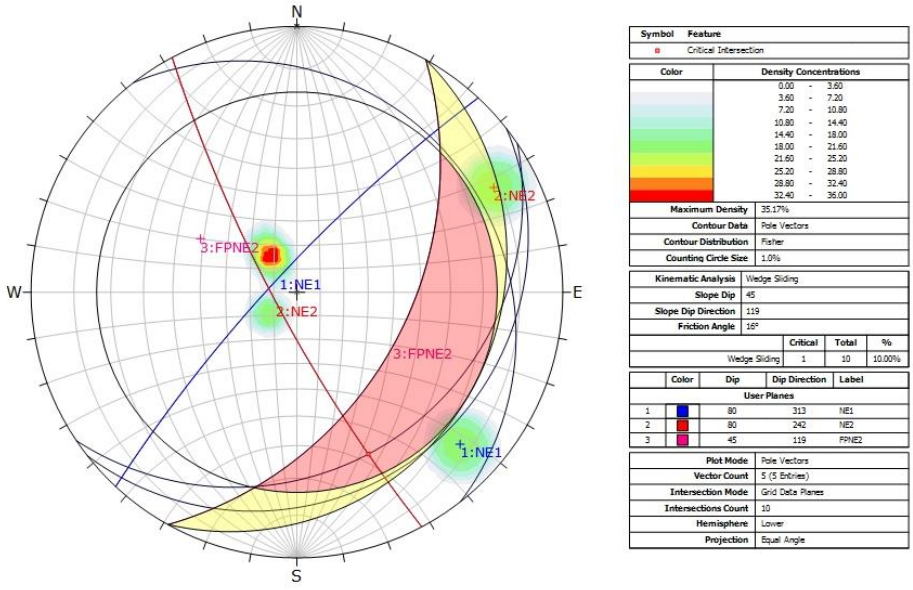


Figura 81. Análisis cinemático de falla de cuña, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE2 en carbón



Symbol	Feature
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.60
	3.60 - 7.20
	7.20 - 10.80
	10.80 - 14.40
	14.40 - 18.00
	18.00 - 21.60
	21.60 - 25.20
	25.20 - 28.80
	28.80 - 32.40
	32.40 - 36.00
Maximum Density	35.17%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

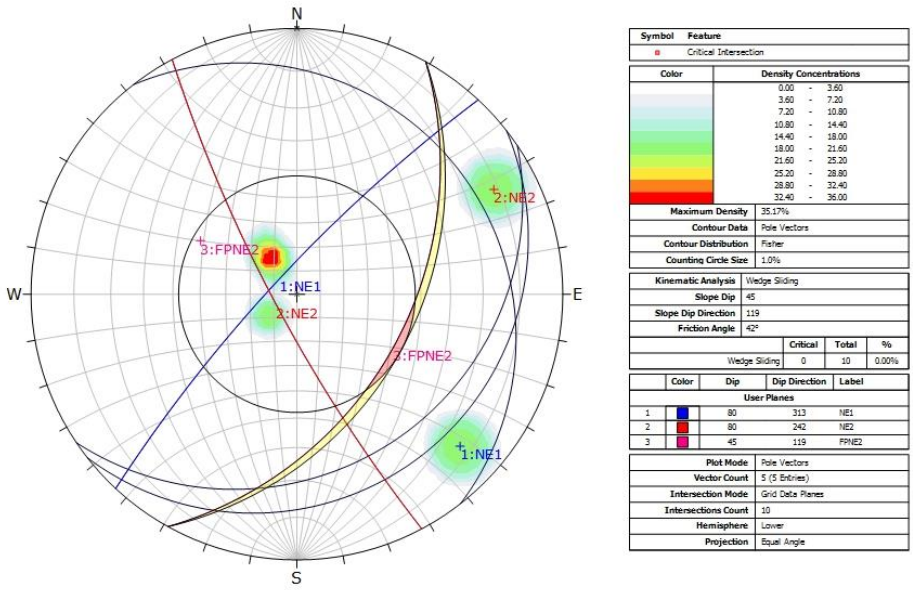
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	119
Friction Angle	16°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	1	10	10.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		80	313	NE1
2		80	242	NE2
3		45	119	FPNE2

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	10
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 82. Análisis cinemático de falla de cuña, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE2 en limolita



Symbol	Feature
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.60
	3.60 - 7.20
	7.20 - 10.80
	10.80 - 14.40
	14.40 - 18.00
	18.00 - 21.60
	21.60 - 25.20
	25.20 - 28.80
	28.80 - 32.40
	32.40 - 36.00
Maximum Density	35.17%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

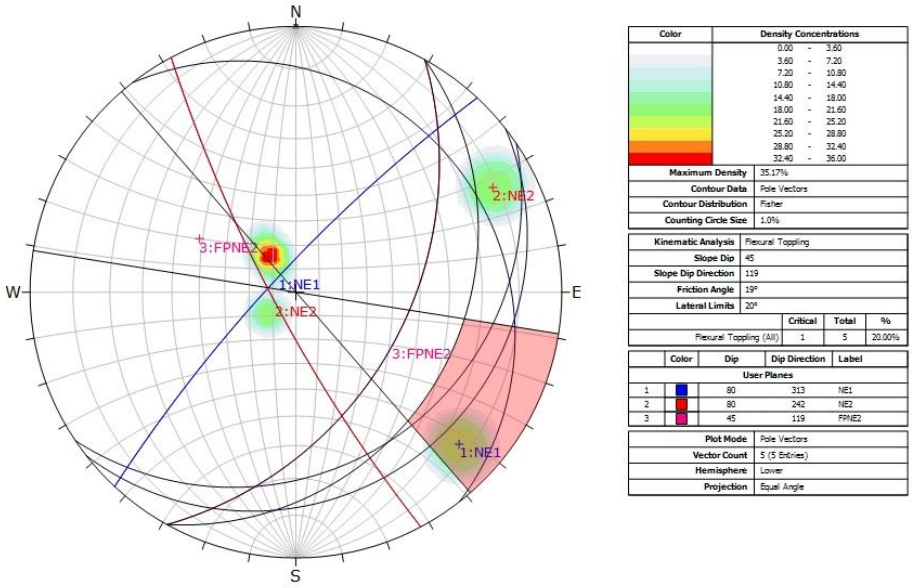
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	119
Friction Angle	42°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	0	10	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		80	313	NE1
2		80	242	NE2
3		45	119	FPNE2

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	10
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 83. Análisis cinemático de falla de cuña, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE2 en areniscas



Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.60
	3.60 - 7.20
	7.20 - 10.80
	10.80 - 14.40
	14.40 - 18.00
	18.00 - 21.60
	21.60 - 25.20
	25.20 - 28.80
	28.80 - 32.40
	32.40 - 36.00
Maximum Density	35.17%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

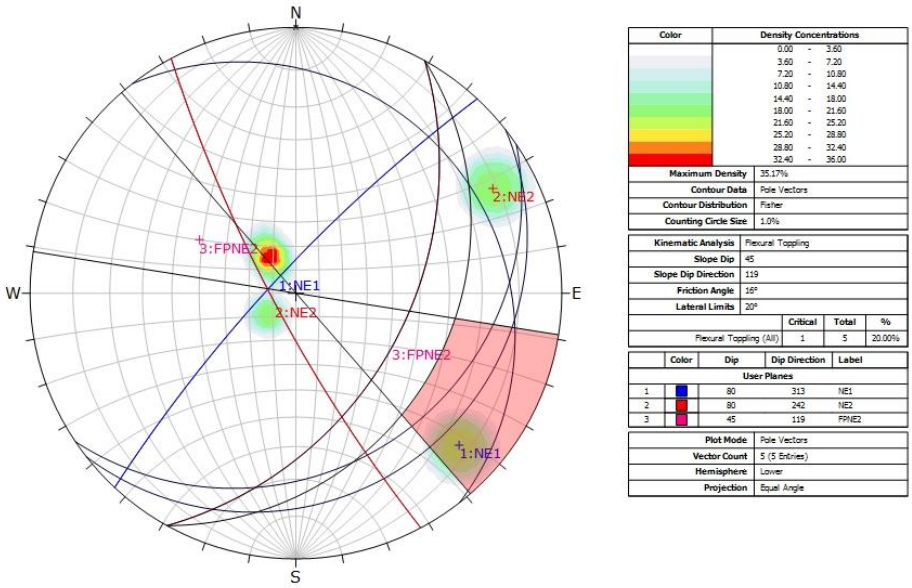
Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	119
Friction Angle	19°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	1	5	20.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		80	313	NE1
2		80	242	NE2
3		45	119	FPNE2

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 84. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE2 en carbón



Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.60
	3.60 - 7.20
	7.20 - 10.80
	10.80 - 14.40
	14.40 - 18.00
	18.00 - 21.60
	21.60 - 25.20
	25.20 - 28.80
	28.80 - 32.40
	32.40 - 36.00
Maximum Density	35.17%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

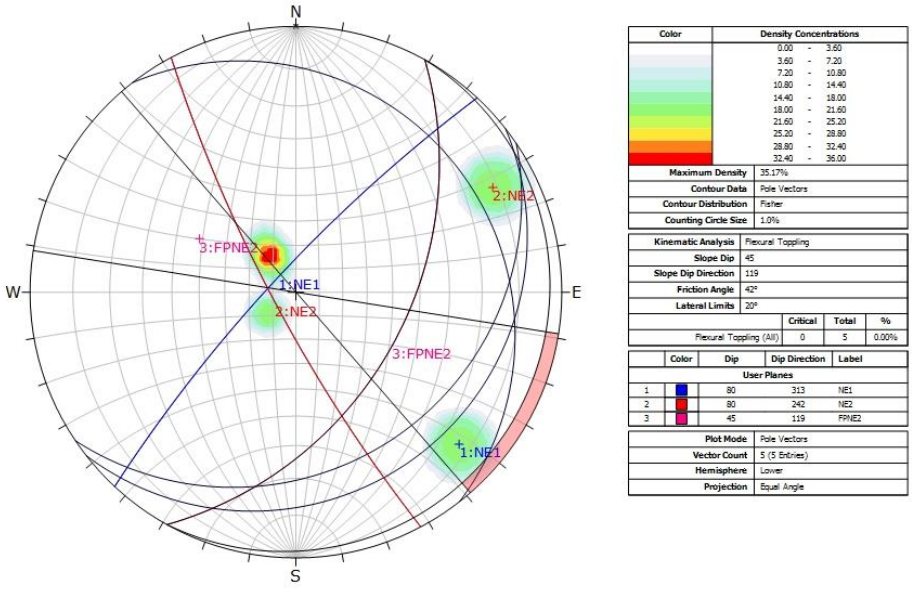
Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	119
Friction Angle	16°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	1	5	20.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		80	313	NE1
2		80	242	NE2
3		45	119	FPNE2

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 85. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE2 en limolitas



Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.60
	3.60 - 7.20
	7.20 - 10.80
	10.80 - 14.40
	14.40 - 18.00
	18.00 - 21.60
	21.60 - 25.20
	25.20 - 28.80
	28.80 - 32.40
	32.40 - 36.00
Maximum Density	35.17%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	119
Friction Angle	42°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	5	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		80	313	NE1
2		80	242	NE2
3		45	119	FPNE2

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	5 (5 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 86. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNE2 en areniscas

Al observar las proyecciones estereográficas de los planos preferenciales de las discontinuidades y fallas podemos observar que no hay posibilidades de falla plana en las zonas de estudio. En el caso de falla de cuña se visualizan dos posibilidades debido a la intersección de la falla NE2 y las familias preferenciales de diaclasas con buzamiento sur (FPDS) en las estratificaciones de carbón y limolita en la zona FPNE2. Las fallas por volcamiento ocurren en la zona FPNE2 en las estratificaciones de carbón y limolita que estén afectadas por la familia preferencial de diaclasas con buzamiento sur (FPDS) correspondiente al caso III

Caso IV

Este caso corresponde a la pared Noroeste, y posee una sola zona de estudio (FPNW) la cual es afectada por las fallas, ACEIT1, ACEIT3, NW3 y COR4, con las familias preferenciales de discontinuidades que aparecen en la tabla 37

Tabla 37. Familias preferenciales para el Caso IV

NOMBRE	DIP	DIRECTION	FAMILIA PREFERENCIAL
FPE	11	146	Estratificación
FPDN1	79	56	Diaclasa con buzamiento norte
FPDN2	58	56	Diaclasa con buzamiento norte
FPDS1	78	146	Diaclasa con buzamiento sur
FPDS2	55	146	Diaclasa con buzamiento sur

Zona FPNW

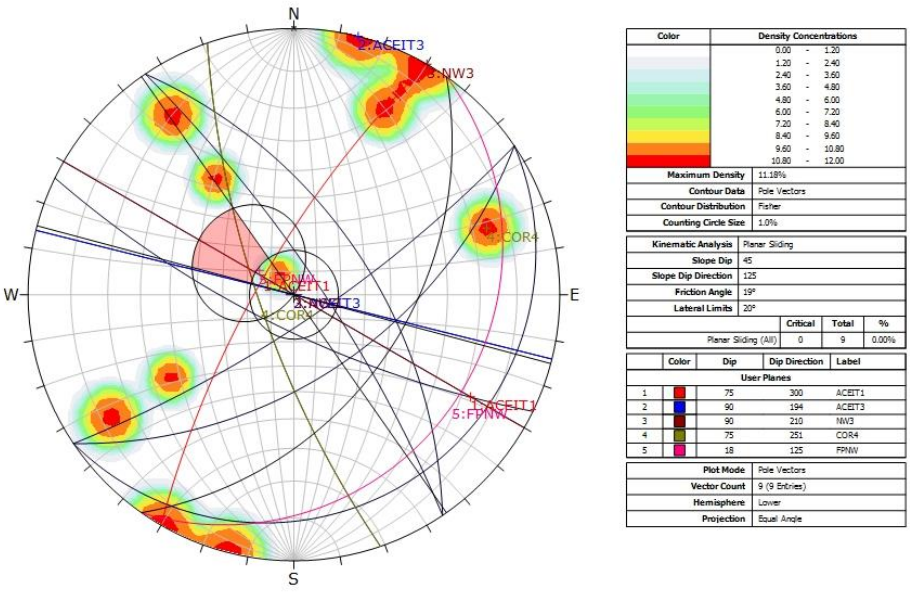
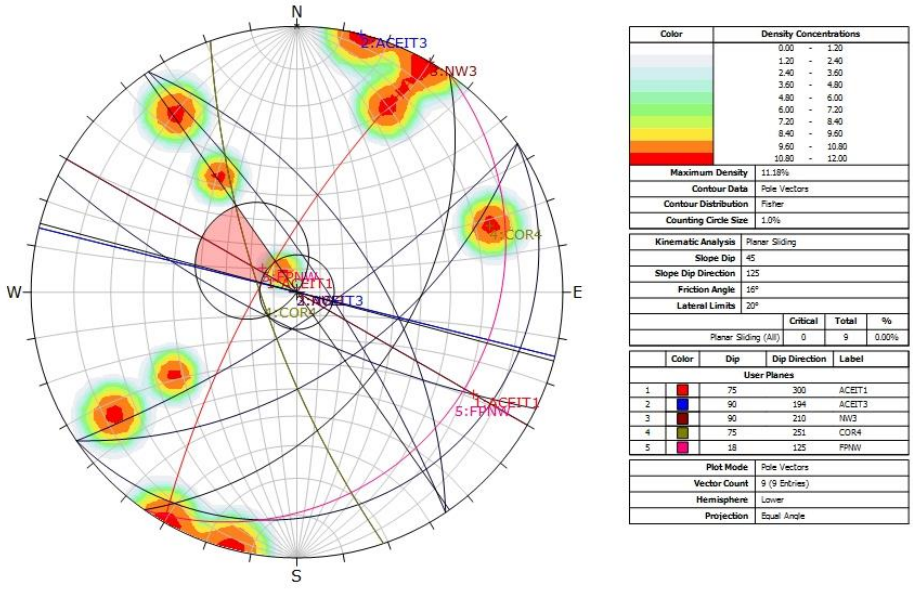


Figura 87. Análisis cinemático de falla plana en carbón



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.20
	1.20 - 2.40
	2.40 - 3.60
	3.60 - 4.80
	4.80 - 6.00
	6.00 - 7.20
	7.20 - 8.40
	8.40 - 9.60
	9.60 - 10.80
	10.80 - 12.00
Maximum Density	11.18%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

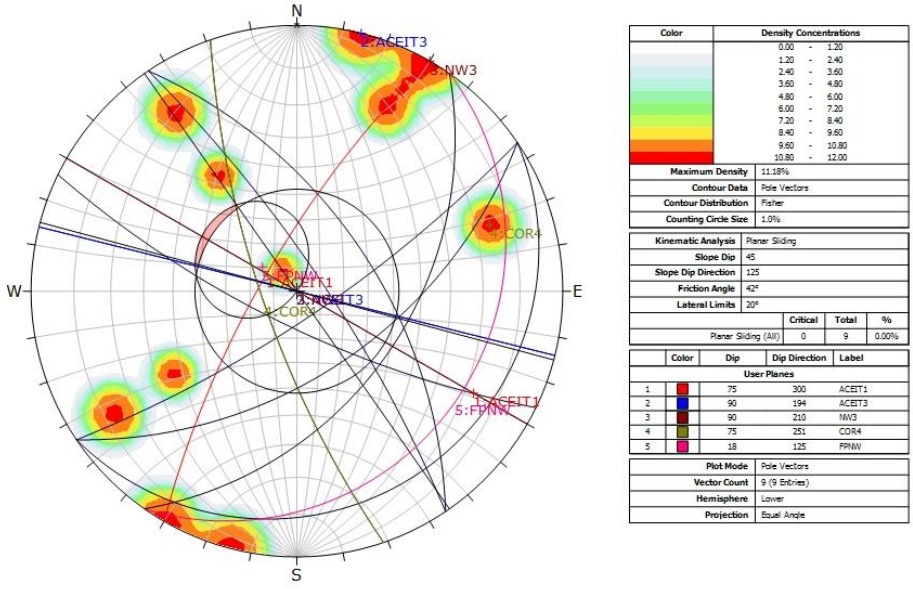
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	125
Friction Angle	16°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	9	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	300	ACEIT1
2		90	194	ACEIT3
3		90	210	NW3
4		75	251	COR4
5		18	125	FPNW

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 88. Análisis cinemático de falla plana en limolitas



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.20
	1.20 - 2.40
	2.40 - 3.60
	3.60 - 4.80
	4.80 - 6.00
	6.00 - 7.20
	7.20 - 8.40
	8.40 - 9.60
	9.60 - 10.80
	10.80 - 12.00
Maximum Density	11.18%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

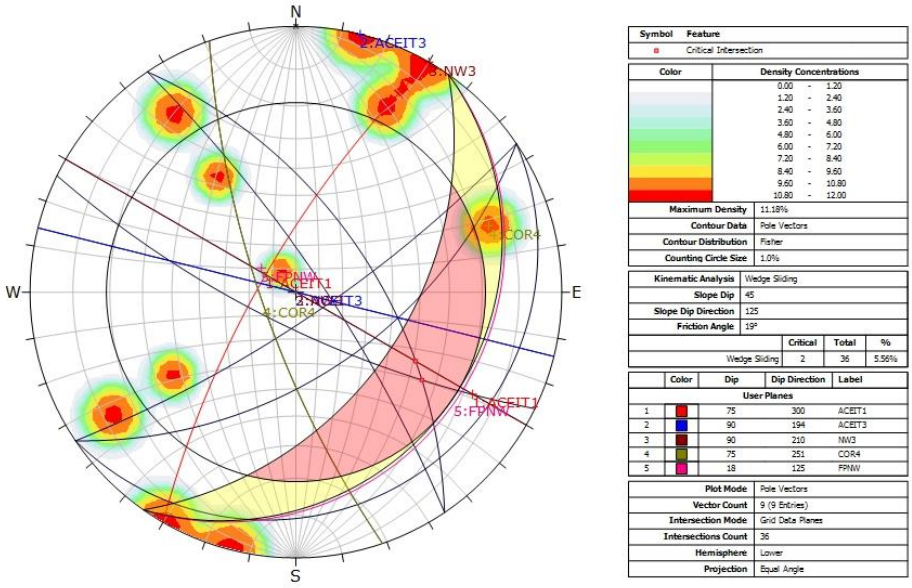
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	125
Friction Angle	42°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	9	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	300	ACEIT1
2		90	194	ACEIT3
3		90	210	NW3
4		75	251	COR4
5		18	125	FPNW

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 89. Análisis cinemático de falla plana en arenisca



Symbol	Feature
	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.20
	1.20 - 2.40
	2.40 - 3.60
	3.60 - 4.80
	4.80 - 6.00
	6.00 - 7.20
	7.20 - 8.40
	8.40 - 9.60
	9.60 - 10.80
	10.80 - 12.00
Maximum Density	11.18%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

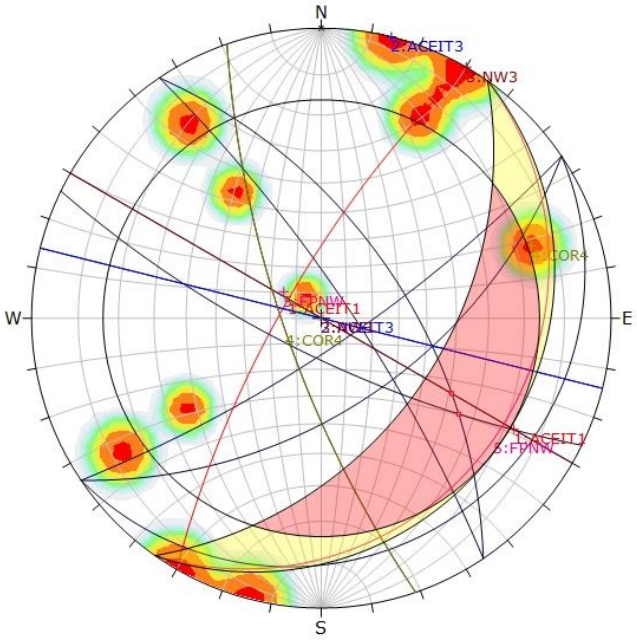
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	125
Friction Angle	19°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	2	36	5.56%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	300	ACEIT1
2		90	194	ACEIT3
3		90	210	NW3
4		75	251	COR4
5		18	125	FPNW

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	36
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 90. Análisis cinemático de falla de cuña en carbón



Symbol	Feature
	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.20
	1.20 - 2.40
	2.40 - 3.60
	3.60 - 4.80
	4.80 - 6.00
	6.00 - 7.20
	7.20 - 8.40
	8.40 - 9.60
	9.60 - 10.80
	10.80 - 12.00
Maximum Density	11.18%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	125
Friction Angle	16°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	2	36	5.56%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	300	ACEIT1
2		90	194	ACEIT3
3		90	210	NW3
4		75	251	COR4
5		18	125	FPNW

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	36
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 91. Análisis cinemático de falla de cuña en limolita

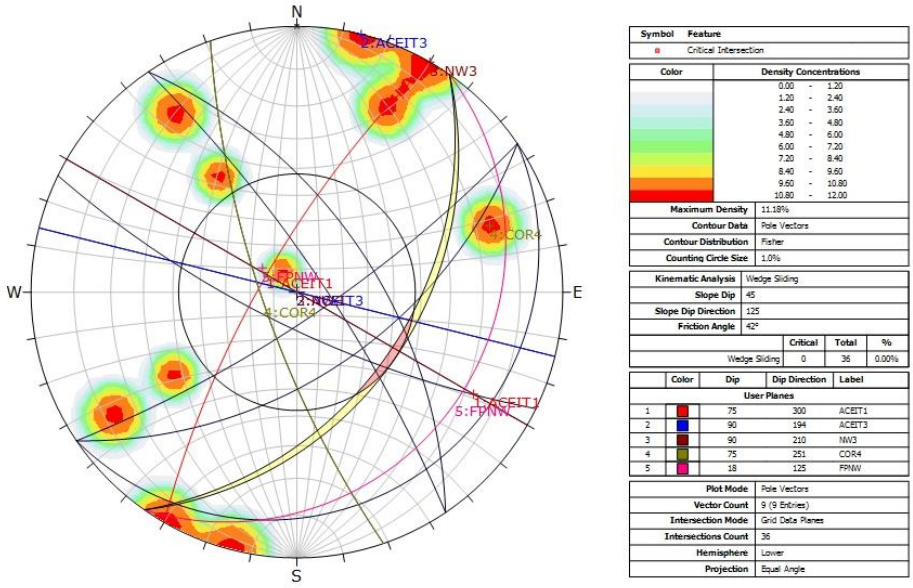


Figura 92. Análisis cinemático de falla de cuña en arenisca

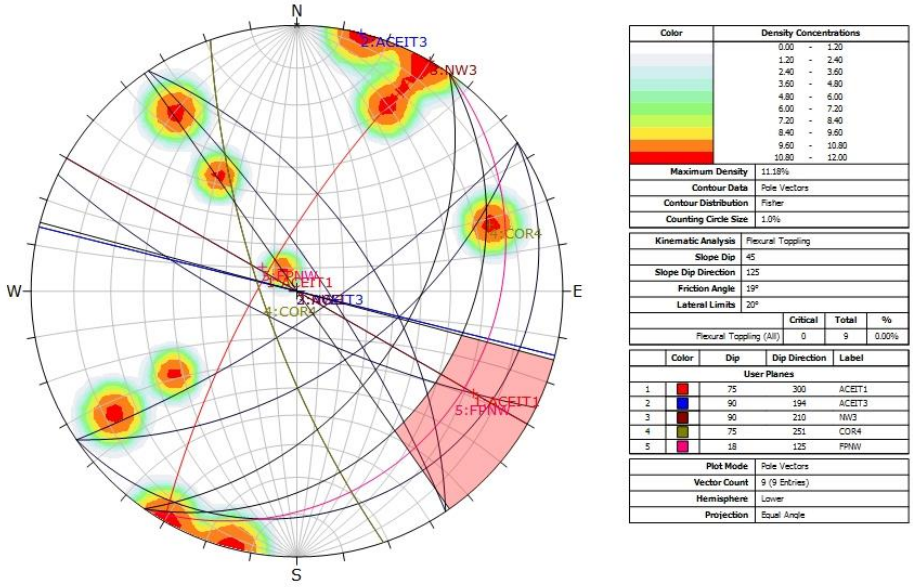
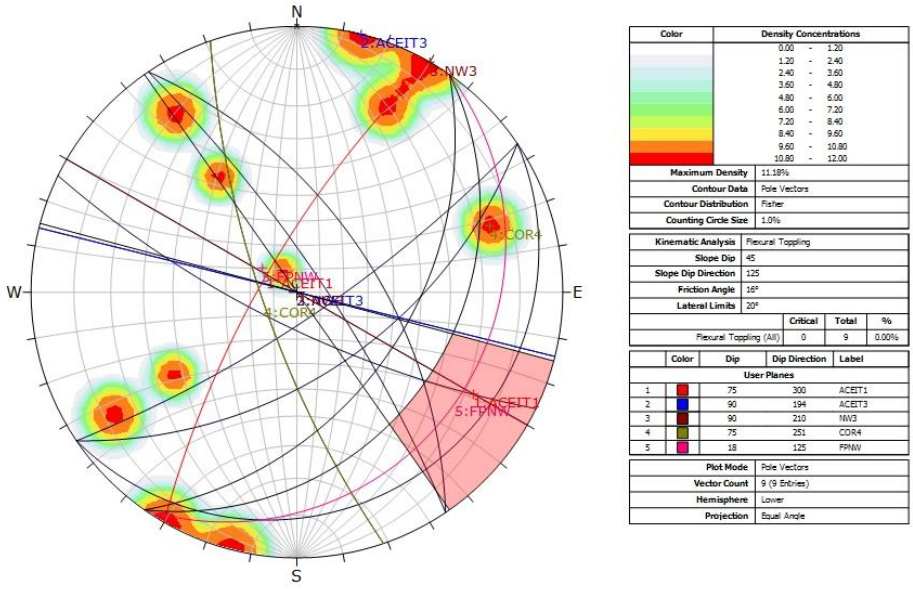


Figura 93. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNW en carbón



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.20
	1.20 - 2.40
	2.40 - 3.60
	3.60 - 4.80
	4.80 - 6.00
	6.00 - 7.20
	7.20 - 8.40
	8.40 - 9.60
	9.60 - 10.80
	10.80 - 12.00
Maximum Density	11.18%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

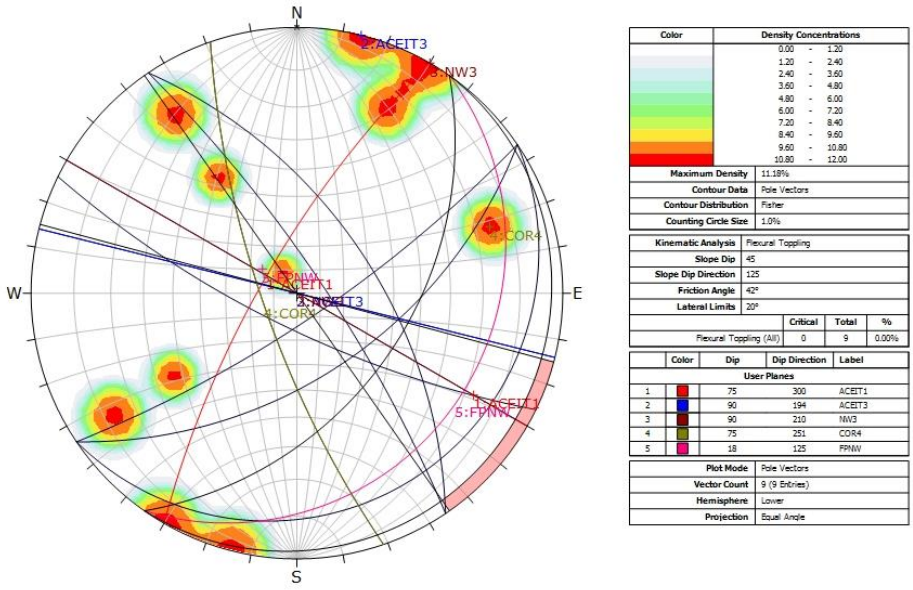
Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	125
Friction Angle	16°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	9	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	300	ACEIT1
2		90	194	ACEIT3
3		90	210	NW3
4		75	251	COR4
5		18	125	FPNW

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 94. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNW en limolitas



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.20
	1.20 - 2.40
	2.40 - 3.60
	3.60 - 4.80
	4.80 - 6.00
	6.00 - 7.20
	7.20 - 8.40
	8.40 - 9.60
	9.60 - 10.80
	10.80 - 12.00
Maximum Density	11.18%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	125
Friction Angle	42°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	9	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	300	ACEIT1
2		90	194	ACEIT3
3		90	210	NW3
4		75	251	COR4
5		18	125	FPNW

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 95. Análisis cinemático de volcamiento, planos preferenciales y fallas para la zona FPNW en areniscas

En el analisis cinematico realizado en la zona FPNW pudimos observar que para ninguna de las litologias presentes hay pasibilidades de fallas planas, sin embargo para las fallas de cuña existe la posibilidad de que ocurran debido a la interseccion de las fallas NW3, ACEIT1 con las familias preferenciales de diaclasas que buzan al norte FPDN2 en las litologías que correspnden al carbón y a la limolita. Para las fallas por volcamiento en ninguna de las 3 litologias presentes hay posibilidad de que las mismas ocurran para esta zona

Caso V

Este caso corresponde al Piso 4O, y posee una sola zona de estudio (FPP4O) la cual es afectada por las fallas, ACEIT1, ACEIT3, NW3 y COR4, con las siguientes familias preferenciales de discontinuidades:

Tabla 38. Familias preferenciales de discontinuidades para la zona FPP4O

NOMBRE	DIP	DIRECTION	FAMILIA PREFERENCIAL
FPE1	11	146	Estratificación
FPE2	38	142	Estratificación
FPDS1	78	146	Diaclasa con buzamiento sur
FPDS2	52	146	Diaclasa con buzamiento sur
FPDN1	80	56	Diaclasa con buzamiento norte
FPDN2	57	56	Diaclasa con buzamiento norte

Zona FPP4O

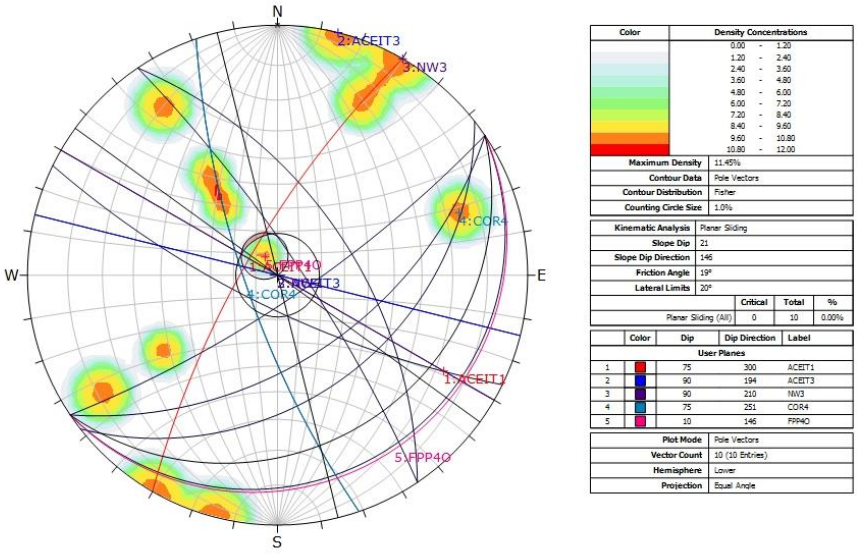


Figura 96. Análisis cinemático de falla plana en carbón

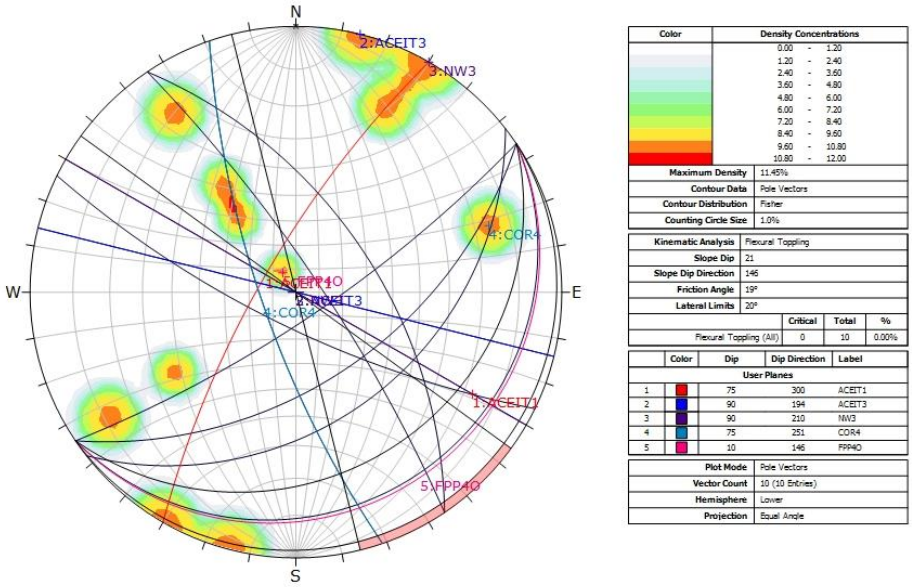


Figura 97. Análisis cinemático de volcamiento en carbón

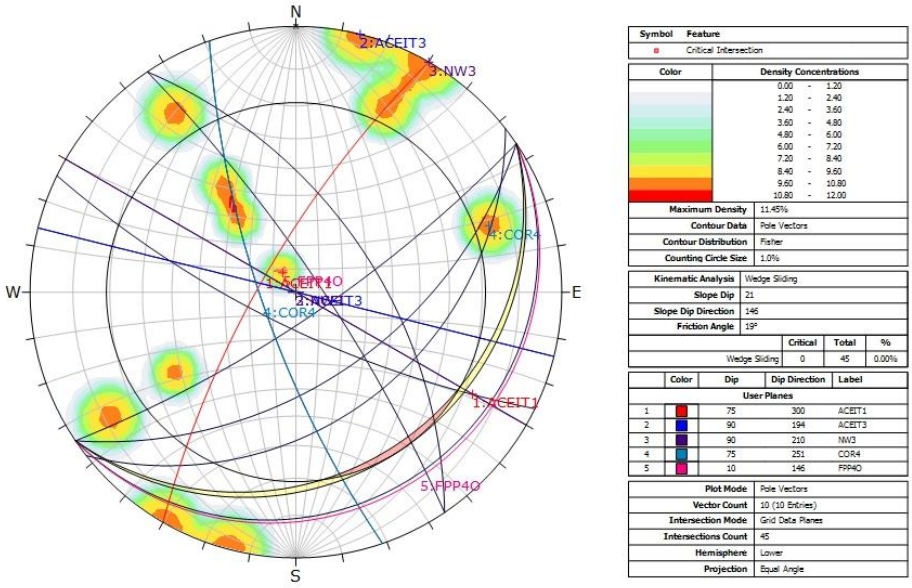


Figura 98. Análisis cinemático de falla de cuña en carbón

Para el caso V se consideró para el análisis cinemático el estrato de carbón, debido a que este es el único componente de esta zona. Según los resultados obtenidos a partir de procesamiento de los datos en el software DIPS, la zona FPP4O no presenta posibilidad de falla plana, falla de cuña y volcamiento.

4.3.2.2. Análisis Mecánico

Falla de Cuña

Se realizó a partir de los resultados de los análisis cinemáticos, tomando en cuenta solo las posibles condiciones en las cuales cinematicamente las discontinuidades pueden fallar, en la siguiente tabla se presenta las discontinuidades que se le realizo análisis mecánico por falla de cuña, efectuados con el software Swedge.

Tabla 39. Discontinuidades de falla de cuña a estudiadas por análisis mecánico.

Número de Análisis	Litología	Caso	Zona	Planos				Angulo de fricción interna (grados)		Cohesión (Mpa)		Talud
				Plano 1		Plano 2						
				Nombre	Dip/Dip Direction	Nombre	Dip/Dip Direction	Plano 1	Plano 2	Plano 1	Plano 2	
1	Carbón	II	FPPA1	ACEIT1	(75, 206)	ACEIT3	(90, 194)	19	19	1.78	1.78	(45,302)
2	Limolita	II	FPPA1	ACEIT1	(75, 206)	ACEIT3	(90, 194)	16	16	5.62	5.62	(45,302)
3	Carbón	III	FPNE2	NE2	(80,242)	FPDS	(15,142)	19	19	1.78	1.787	(45,119)
4	Limolita	III	FPNE2	NE2	(80,242)	FPDS	(15,142)	16	16	5.62	5.62	(45,119)
5	Carbón	IV	FPNW	NW3	(90,210)	FPDN2	(58,56)	19	19	1.78	1.787	(45,125)
6	Carbón	IV	FPNW	ACEIT1	(75,206)	FPDN2	(58,56)	19	19	1.78	1.787	(45,125)
7	Limolita	IV	FPNW	NW3	(90,210)	FPDN2	(58,56)	16	16	5.62	5.62	(45,125)
8	Limolita	IV	FPNW	ACEIT1	(75, 206)	FPDN2	(58,56)	16	16	5.62	5.62	(45,125)

Análisis 1

Al ser analizado los parámetros nos arroja un factor de seguridad de 965,3 lo cual implica que esta falla de cuña es cinéticamente inestable, pero mecánicamente es estable debido a que las fuerzas resistentes son mucho mayores a las fuerzas actuantes

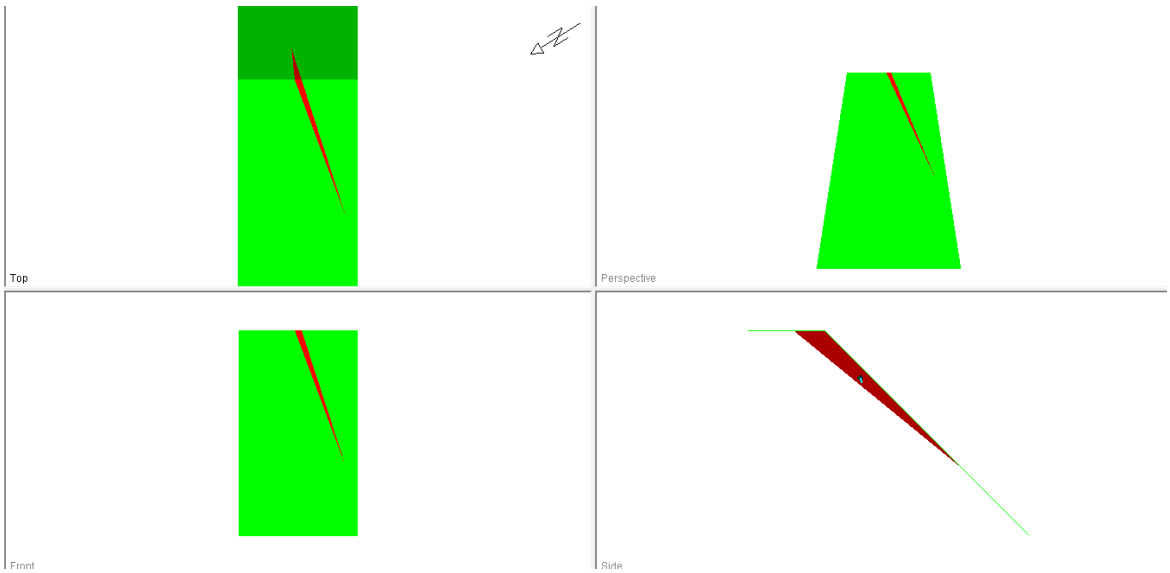


Figura 99. Análisis de falla de cuña 1

Análisis 2

Al ser analizado los parámetros nos arroja un factor de seguridad de 3034 lo cual implica que esta falla de cuña es cinéticamente inestable, pero mecánicamente es estable debido a que las fuerzas resistentes son mucho mayores a las fuerzas actuantes

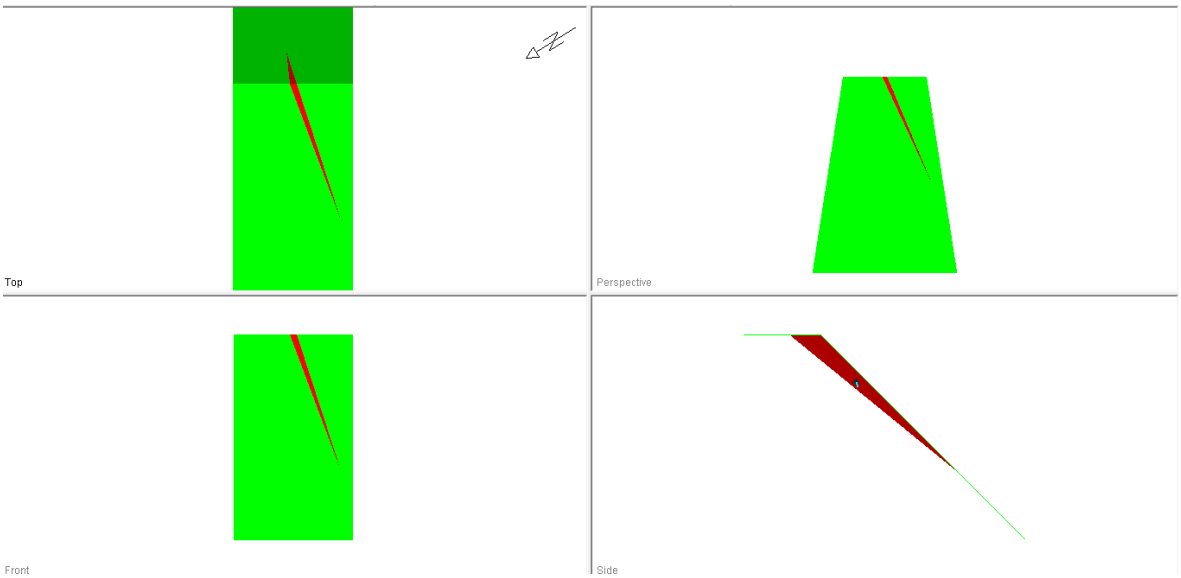


Figura 100. Análisis de falla de cuña 2

Análisis 3

Al ser analizado los parámetros nos arroja un factor de seguridad de 85,32 lo cual implica que esta falla de cuña es cinéticamente inestable, pero mecánicamente es estable debido a que las fuerzas resistentes son mucho mayores a las fuerzas actuantes

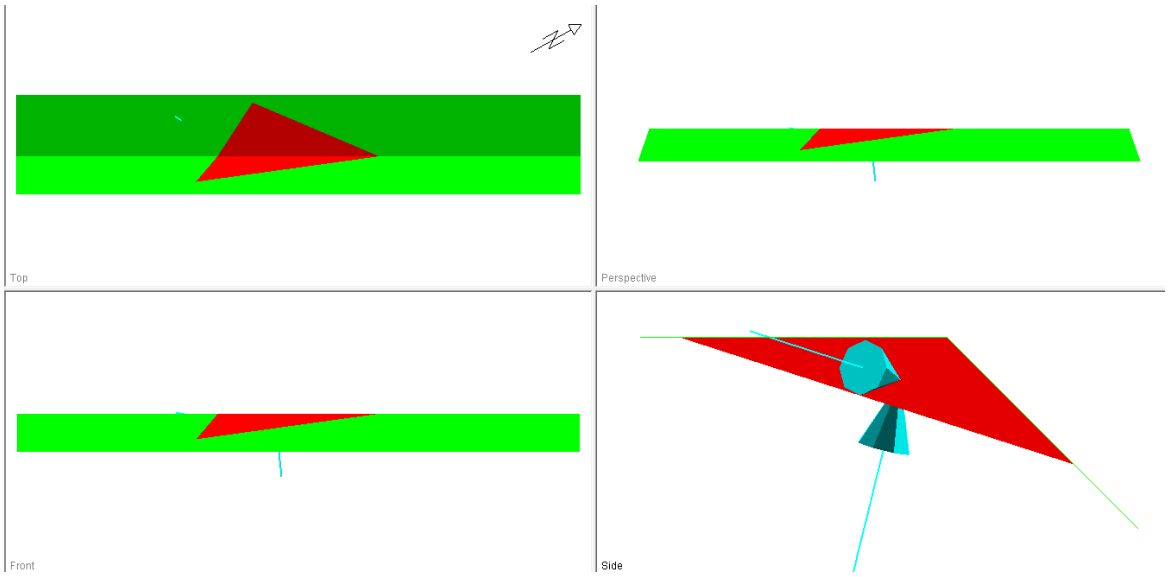


Figura 101. Análisis de falla de cuña 3

Análisis 4

Al ser analizado los parámetros nos arroja un factor de seguridad de 430,1 lo cual implica que esta falla de cuña es cinéticamente inestable, pero mecánicamente es estable debido a que las fuerzas resistentes son mucho mayores a las fuerzas actuantes

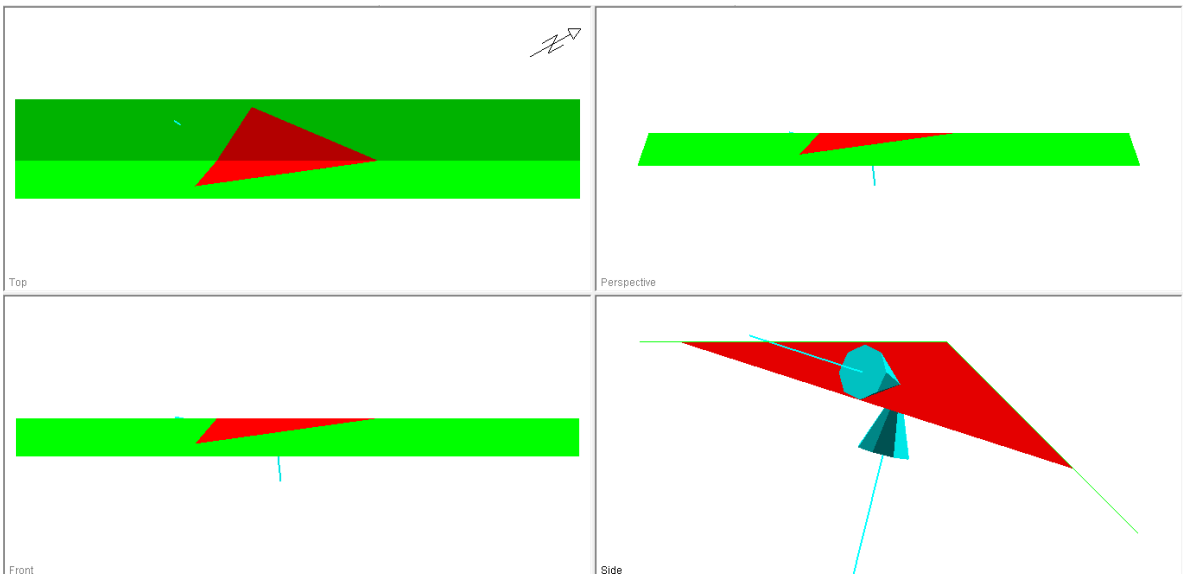


Figura 102. Análisis de falla de cuña 4

Análisis 5

Al ser analizado los parámetros nos arroja un factor de seguridad de 432,2 lo cual implica que esta falla de cuña es cinéticamente inestable, pero mecánicamente es estable debido a que las fuerzas resistentes son mucho mayores a las fuerzas actuantes

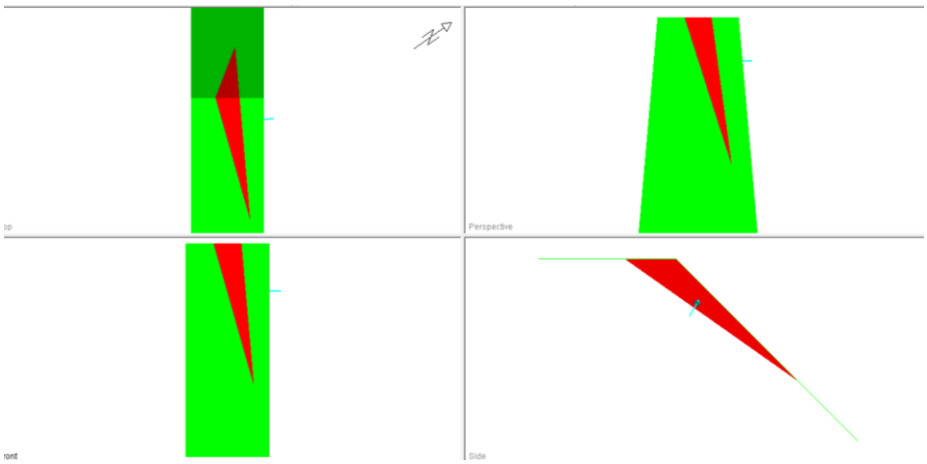


Figura 103. Análisis de falla de cuña 5

Análisis 6

Al ser analizado los parámetros nos arroja un factor de seguridad de 252,3 lo cual implica que esta falla de cuña es cinéticamente inestable, pero mecánicamente es estable debido a que las fuerzas resistentes son mucho mayores a las fuerzas actuantes

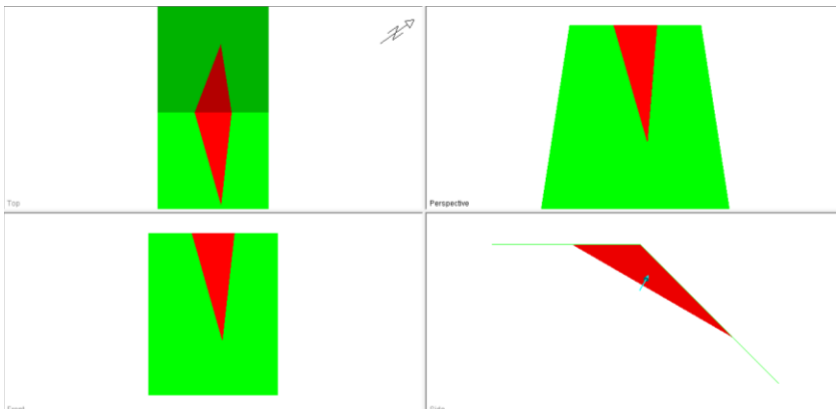


Figura 104. Análisis de falla de cuña 6

Análisis 7

Al ser analizado los parámetros nos arroja un factor de seguridad de 1429 lo cual implica que esta falla de cuña es cinéticamente inestable, pero mecánicamente es estable debido a que las fuerzas resistentes son mucho mayores a las fuerzas actuantes

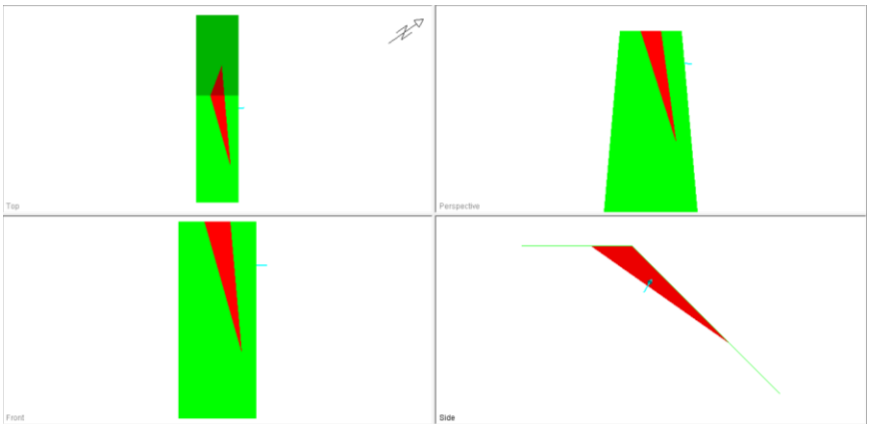


Figura 105. Análisis de falla de cuña 7

Análisis 8

Al ser analizado los parámetros nos arroja un factor de seguridad de 833 lo cual implica que esta falla de cuña es cinéticamente inestable, pero mecánicamente es estable debido a que las fuerzas resistentes son mucho mayores a las fuerzas actuantes

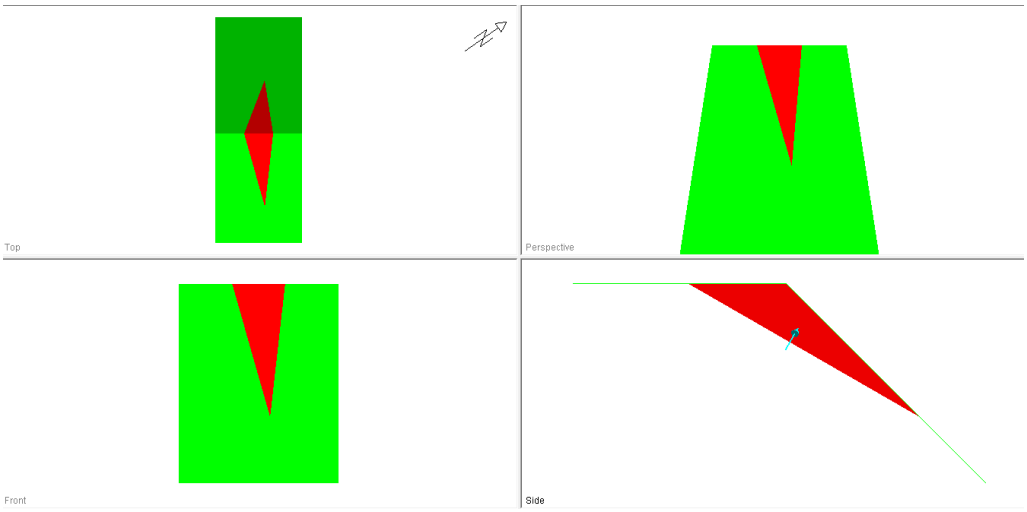


Figura 106. Análisis de falla de cuña 8

4.3.2.3. Falla por volcamiento

Se realizó a partir de los resultados de los análisis cinemáticos, tomando en cuenta solo las posibles condiciones en las cuales cinematicamente las discontinuidades pueden fallar, en la siguiente tabla se presenta las discontinuidades que se le realizo análisis mecánico por falla de cuña.

Tabla 40. Discontinuidades de falla de volcamiento estudiadas por análisis mecánico.

Análisis	Caso	Zona	Litología	Talud (Dip, Dip Direction)	Plano Discontinuidad (Dip, Dip Direction)	Discontinuidad
1	II	FPPA2	Carbón	(45,346)	(78,147)	Diaclasas buzamiento Sur
2	II	FPPA2	Limolita	(45,346)	(78,147)	Diaclasas buzamiento Sur
3	III	FPNE2	Carbón	(45, 119)	(80,313)	Falla NE1
4	III	FPNE2	Limolita	(45, 119)	(80,313)	Falla NE1

Análisis 1 y 2

Se procedió a medir los de espesores de los mantos de carbón y limolitas contenidos en las perforaciones, seleccionando los mantos que se encuentran cercanos entre si y que además contengan diaclasas con buzamiento sur o vertical PHG-028R, PHG-012, PHG-030A, esto generó tres grupos de posibles volcamientos obteniéndose lo siguiente

Tabla 41. Grupo 1 de mantos con posible falla de volcamiento

Manto	Perforación	Profundidad (m)	Espesor /Base(m)	ψint (grados)	Buzamiento Discontinuidad (grados)	Buzamiento del Talud (grados)
Limolita	PHG-030A	-99.15	2.5	16	90	45
Limolita	PHG-030A	-89.45	8.1	16	90	45
Limolita	PHG-030A	-80.15	3.15	16	90	45
Limolita	PHG-28R	-75.87	27.65	16	15	45

Tabla 42. Grupo 2 de mantos con posible falla de volcamiento

Manto	Perforación	Profundidad (m)	Espesor /Base(m)	ψint (grados)	Buzamiento Discontinuidad (grados)	Buzamiento del Talud
Limolita	PHG-030A	-7	0.15	16	90	45
Limolita	PHG-028R	-6.77	10.05	16	15	45
Limolita	PHG-030A	-6.75	0.35	16	50	45
Limolita	PHG-012	3.53	1.59	16	45	45
Limolita	PHG-028R	3.8	1.25	16	15	45
Carbón	PHG-028R	5.13	3.35	23	90	45

Tabla 43. Grupo 3 de mantos con posible falla de volcamiento

Manto	Perforación	Profundidad (m)	Espesor /Base(m)	ψint (grados)	Buzamiento Discontinuidad (grados)	Buzamiento del Talud
Limolita	PHG-012	35.8	3.77	16	85	45
Limolita	PHG-012	42.93	4.35	16	88	45
Limolita	PHG-012	60.49	10.5	16	12	45
Limolita	PHG-030A	66.09	6.2	16	60	45
Limolita	PHG-030A	72.64	0.2	16	90	45

A pesar de que hay posibilidades de falla por volcamiento, no se presentan estos en todo el talud, sino que se presenta en 3 grupos distintos, separados cada uno entre 68,87 m y 30,67 m. Para garantizar la estabilidad de estos tres grupos es necesario evitar hacer cortes en las limolitas y carbones ubicadas entre los mantos 8I y 6K, si quedan alguno de estos presentes en los pies de los taludes

Análisis 3 y 4

Se procedió a medir los de espesores de los mantos de carbón y limolitas contenidos en las perforaciones, seleccionando los mantos que se encuentran cercanos entre sí en las perforaciones PHG-031, PHG-030, PHG-030A, esto generó tres grupos de posibles volcamientos obteniéndose lo siguiente

Tabla 44. Grupo 1 de mantos con posible falla de volcamiento

Manto	Perforación	Profundidad (m)	Espesor/Base (m)	Buzamiento del Talud (grados)
Carbón	PHG-030	-146	1.8	45
Limolita	PHG-030	-144.2	10.3	45
Limolita	PHG-030A	-137.75	9.7	45
Carbón	PHG-030	-133.9	5.9	45
Limolita	PHG-030	-128	0.95	45
Limolita	PHG-030A	-125.45	12.3	45
Limolita	PHG-030	-118.65	6.6	45
Limolita	PHG-030A	-110.45	1.15	45
Carbón	PHG-030A	-109.306	0.85	45
Limolita	PHG-030A	-108.45	8.95	45
Limolita	PHG-030	-105.75	3.15	45
Carbón	PHG-030	-102.6	2.6	45
Limolita	PHG-030	-100	9.1	45
Carbón	PHG-030A	-99.506	0.35	45
Limolita	PHG-030A	-99.15	2.5	45
Limolita	PHG-030A	-95	3.15	45
Limolita	PHG-030A	-89.45	8.1	45
Limolita	PHG-030	-89.25	2.1	45
Limolita	PHG-030	-81.6	1.7	45
Limolita	PHG-030A	-80.15	3.15	45
Carbón	PHG-030A	-76.406	13.55	45
Limolita	PHG-030	-74.9	4.75	45
Limolita	PHG-030	-69.05	1.8	45
Limolita	PHG-030A	-62.85	20.4	45
Limolita	PHG-030	-54.85	3.45	45
Carbón	PHG-030	-51.4	0.4	45
Limolita	PHG-030	-51	0.55	45
Carbón	PHG-030	-50.45	0.15	45

Limolita	PHG-030	-50.3	2.75	45

Tabla 45. Grupo 2 de mantos con posible falla de volcamiento

Manto	Perforación	Profundidad (m)	Espesor/Base (m)	Buzamiento del Talud (grados)
Limolita	PHG-030	-36.75	0.6	45
Limolita	PHG-030A	-36.25	16	45
Carbón	PHG-030	-36.15	0.85	45
Limolita	PHG-030	-35.3	6.5	45
Limolita	PHG-030A	-32.45	5.7	45
Carbón	PHG-030	-28.8	2.35	45
Limolita	PHG-031	-27.84	8.9	45
Carbón	PHG-030A	-26.756	0.3	45
Limolita	PHG-030A	-26.45	0.4	45
Limolita	PHG-030	-26.45	2	45
Carbón	PHG-030A	-26.056	3.1	45
Carbón	PHG-030	-24.45	0.3	45
Limolita	PHG-030	-24.15	0.75	45
Carbón	PHG-030	-23.4	2.8	45
Limolita	PHG-030A	-22.95	5.7	45
Limolita	PHG-030	-19.9	2.4	45
Limolita	PHG-030	-17.15	0.8	45
Limolita	PHG-031	-16.94	4.6	45
Limolita	PHG-030A	-15.4	5.61	45
Limolita	PHG-030	-14.65	0.7	45
Limolita	PHG-031	-11.14	0.8	45
Limolita	PHG-030	-10.65	2.85	45
Carbón	PHG-030	-7.8	0.5	45
Limolita	PHG-030A	-7.4	0.3	45
Limolita	PHG-030	-7.3	1.85	45
Carbón	PHG-030A	-7.106	0.1	45
Limolita	PHG-030A	-7	0.15	45
Carbón	PHG-030A	-6.856	0.1	45
Limolita	PHG-030A	-6.75	0.35	45
Carbón	PHG-030A	-6.406	0.45	45
Limolita	PHG-030A	-5.95	1.7	45
Limolita	PHG-030	-5.25	2.65	45

Limolita	PHG-031	-4.34	2.8	45
Limolita	PHG-031	-1.34	1.4	45
Limolita	PHG-030	-0.85	2.65	45
Limolita	PHG-030A	-0.65	17.9	45
Limolita	PHG-031	1.06	1.55	45
Carbón	PHG-030	1.8	1.4	45
Carbón	PHG-031	2.61	2	45
Limolita	PHG-030	3.2	9.45	45
Limolita	PHG-031	4.61	3.15	45

Tabla 46. Grupo 2 de mantos con posible falla de volcamiento

Manto	Perforación	Profundidad (m)	Espesor/Base (m)	Buzamiento del Talud (grados)
Limolita	PHG-031	15.66	6.2	45
Carbón	PHG-030A	17.244	0.15	45
Limolita	PHG-030A	17.39	3.2	45
Carbón	PHG-031	21.86	4	45
Limolita	PHG-030A	23.04	1.5	45
Carbón	PHG-030A	24.544	1.8	45
Limolita	PHG-030	24.65	7.3	45
Limolita	PHG-031	25.86	1.55	45
Limolita	PHG-030A	26.34	4.95	45
Carbón	PHG-031	28.96	2	45
Limolita	PHG-031	30.96	2.6	45
Carbón	PHG-031	33.56	0.6	45
Limolita	PHG-030A	33.94	0.9	45
Limolita	PHG-030	36.65	0.57	45
Limolita	PHG-030A	38.04	0.75	45
Carbón	PHG-030A	38.794	1.3	45
Limolita	PHG-031	38.86	1.6	45
Carbón	PHG-031	40.46	1.15	45
Limolita	PHG-031	41.61	9.95	45
Limolita	PHG-030A	42.04	5.8	45
Carbón	PHG-030A	50.544	0.9	45
Limolita	PHG-030A	51.44	0.09	45
Carbón	PHG-030A	51.534	4.31	45
Limolita	PHG-031	52.66	0.15	45

Carbón	PHG-031	52.81	2.7	45
Limolita	PHG-031	55.51	0.15	45
Limolita	PHG-030A	55.84	3.01	45
Carbón	PHG-031	59.26	3.75	45
Limolita	PHG-030	59.85	49.5	45
Limolita	PHG-030A	60.59	4.7	45
Limolita	PHG-031	63.01	2.05	45
Carbón	PHG-030	64.8	0.5	45
Limolita	PHG-030	65.3	2.75	45
Limolita	PHG-030A	66.09	6.2	45
Carbón	PHG-030A	72.294	0.05	45
Limolita	PHG-030A	72.34	0.1	45
Carbón	PHG-030A	72.444	0.2	45
Limolita	PHG-030A	72.64	0.2	45
Carbón	PHG-030A	72.844	0.1	45
Limolita	PHG-031	75.11	5.95	45

Se pudo observar que se formaron 3 grandes grupos con posibilidades de falla por volcamiento, se presentan en ciertas zonas del talud, cada grupo están separados cada uno entre 13,55 m y 11,05 m. Para garantizar la estabilidad de estos tres grupos es necesario evitar hacer cortes en las limolitas y carbones ubicadas entre los mantos 4O Y 9M, si quedan alguna de estos presentes en los pies de los taludes.

4.3.3. Caracterización del macizo Rocoso

Se realizaron las clasificaciones geomecánicas, tales como RMR (*Rock Mass Rating*) y SMR *(Slope Mass Rating*), con fin de determinar la calidad de los macizos rocos de cada Zona, mencionadas anteriormente.

4.3.3.1 Zona FPPB

Clasificación RMR

Se realizó la clasificación del macizo rocoso en la zona a partir de los datos obtenidos en los análisis de laboratorio y la descripción de núcleo de la perforación PHG-031 que se encuentra en el área de la Zona FPPB

Tabla 47. Parámetros de para clasificación RMR en la zona FPPA1

Litología		Areniscas	Limolitas	Carbón
Resistencia a la roca sana	Resistencia a la compresión simple (MPa)	29.68	14.84	5.04
	Valoración	4	2	1
RQD	%	80	78	60
	Valoración n	17	17	13
Separación de discontinuidades	Valoración	10	10	10
Valoración de las Condiciones de las discontinuidades	Abertura	5	5	5
	continuidad	4	4	4
	Rugosidad	6	3	1
	Relleno	6	6	6
	Alteración	6	6	6
Valoración Presencia de Agua		10	10	10
Valoración Orientación de las discontinuidades		-50	-50	-50
Total		**18**	**13**	**6**
Clase RMR		**V**	**V**	**V**

Según lo obtenido en el criterio RMR, podemos observar que en esta zona el macizo rocoso es de calidad “Muy Mala” debido a que posee ángulos de inclinación en la misma dirección en la cual se hará la excavación

Clasificación SMR

A partir de la obtención del parámetro RMR se procedió a catalogar el macizo en esta zona con la clasificación SMR como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 48. Clasificación SMR para la zona FPPB

Litología	RMR	F1	F2	F3	F4	SMR	Caso
Arenisca	18	0.13	0.05	-0.19	0.00	**18.00**	**V**
Limolita	13	0.10	0.53	0.31	0.00	**13.02**	**V**
Carbón	6	0.10	0.45	0.28	0.00	**6.01**	**V**

Según la clasificación RMR la pared FPPB tiene valores que lo ubican en el caso “V” en las tres litologías, lo cual significa que el macizo rocoso posee una estabilidad muy mala y se le considera como “Totalmente inestable”.

4.3.3.2, Zona FPPA1 y FPPA2

Clasificación RMR

Se realizó la clasificación del macizo rocoso en la zona a partir de los datos obtenidos en los análisis de laboratorio y la descripción de núcleos de las perforaciones PHG-028R, PHG-012, PHG-030A, que se encuentra en la Zona FPPA1 y FPPA2

Tabla 49. Parámetros de para clasificación RMR en la zona FPPA1 y FPPA2

Litología		Areniscas	Limolitas	Carbón
Resistencia a la roca sana	**Resistencia a la compresión simple (MPa)**	29.68	14.84	5.04
	Valoración	4	2	1
RQD	**%**	88	77	68
	Valoración	17	17	13
Separación de discontinuidades	**Valoración**	10	10	10
Valoración de las Condiciones de las discontinuidades	**Abertura**	5	5	5
	Continuidad	4	4	4
	Rugosidad	6	3	1
	Relleno	6	6	6
	Alteración	6	6	6
Valoración Presencia de Agua		10	10	10
Valoración Orientación de las discontinuidades		-25	-25	-25
Total		**43**	**38**	**31**
Clase RMR		**III**	**IV**	**IV**

Según la clasificación RMR tenemos que las areniscas son consideradas de calidad "Media", mientras que las limolitas y el carbón son considerados de calidad "Mala".

Clasificación SMR

A partir de la obtención del parámetro RMR se procedió a catalogar el macizo en esta zona con la clasificación SMR como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 50. Clasificación SMR para la zona FPPA1 y FPPA2

Litología	RMR	F1	F2	F3	F4	SMR	Caso
Arenisca	43	0.48	0.04	-0.61	0.00	**42.99**	**III**
Limolita	38	0.49	0.05	-0.58	0.00	**37.99**	**IV**
Carbón	31	0.49	0.05	-0.58	0.00	**30.99**	**IV**

Según la clasificación SMR en las paredes FPPA1 y FPPA2, el macizo rocoso formado por las estratificaciones de arenisca, limolita y carbón tiene valores que lo ubican entre los casos "III" y "IV", lo cual significa que el macizo rocoso posee una estabilidad mala y se le considera "Inestable".

4.3.3.3. Zona FPNE1 y FPNE2

Clasificación RMR

Se realizó la clasificación del macizo rocoso en la zona a partir de los datos obtenidos en los análisis de laboratorio y la descripción de núcleos de las perforaciones PHG-31, PHG-030 y PHG-030A, que se encuentra en el área de la Zona FPNE1 y FPNE2

Tabla 51. Parámetros de para clasificación RMR en la zona FPNE1 y FPNE2

Litología		Areniscas	Limolitas	Carbón
Resistencia a la roca sana	**Resistencia a la compresión simple (MPa)**	29.68	14.84	5.04
	Valoración	4	2	1
RQD	**%**	88	88	82
	Valoración	17	17	17
Separación de discontinuidades	**Valoración**	10	10	10
Valoración de las Condiciones de las discontinuidades	**Abertura**	5	5	5
	continuidad	4	4	4
	Rugosidad	6	3	1
	Relleno	6	6	6

	Alteración	6	6	6
Valoración Presencia de Agua		10	10	10
Valoración Orientación de las discontinuidades		-25	-25	-25
Total		**43**	**38**	**35**
Clase RMR		**III**	**IV**	**IV**

Según la clasificación RMR tenemos que las areniscas son consideradas de calidad "Media", mientras que para las limolitas y el carbón son considerados de calidad "Mala"

Clasificación SMR

A partir de la obtención del parámetro RMR se procedió a catalogar el macizo en esta zona con la clasificación SMR como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 52. Clasificación SMR para la zona FPNE1 y FPNE2

Litología	RMR	F1	F2	F3	F4	SMR	Caso
Arenisca	43	0.36	0.08	-0.48	0.00	**42.99**	**III**
Limolita	38	0.36	0.24	-0.27	0.00	**37.98**	**IV**
Carbón	35	0.35	0.24	-0.27	0.00	**34.98**	**IV**

Según la clasificación SMR en las paredes FPNE1 y FPNE2, el macizo rocoso formado por las estratificaciones de arenisca, limolita y carbón tiene valores que lo ubican en los casos "III" y "IV", lo cual significa que el macizo rocoso posee una estabilidad mala y se le considera como "Inestable" para limolitas y carbón y para las areniscas el macizo rocoso es normal, con una estabilidad "Parcialmente estable".

4.3.3.4. Zona FPNW

Clasificación RMR

Se realizó la clasificación del macizo rocoso en la zona a partir de los datos obtenidos en los análisis de laboratorio y la descripción del núcleo de la perforación PHG-012, ya que esta se realizó cerca de la Zona FPNW.

Tabla 53. Parámetros de para clasificación RMR en la zona FPNW

Litología		Areniscas	Limolitas	Carbón
Resistencia a la roca sana	Resistencia a la compresión simple (MPa)	29.68	14.84	5.04
	Valoración	4	2	1
RQD	%	79	56	26
	Valoración	17	13	8
Separación de discontinuidades	Valoración	10	10	10
Valoración de las Condiciones de las discontinuidades	Abertura	5	5	5
	continuidad	4	4	4
	Rugosidad	6	3	1
	Relleno	6	6	6
	Alteración	6	6	6
Valoración Presencia de Agua		10	10	10
Valoración Orientación de las discontinuidades		-25	-25	-25
Total		43	34	26
Clase RMR		III	IV	IV

Según la clasificación RMR tenemos que las areniscas son consideradas de calidad "Media", mientras que las limolitas y el carbón son considerados de calidad "Mala"

Clasificación SMR

A partir de la obtención del parámetro RMR se procedió a catalogar el macizo en esta zona con la clasificación SMR como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 54. Clasificación SMR para la zona FPNW

Litología	RMR	F1	F2	F3	F4	SMR	Caso
Arenisca	43	0.13	0.04	-0.61	0.00	**43.00**	III
Limolita	34	0.13	0.03	-0.64	0.00	**34.00**	IV
Carbón	26	0.13	0.04	-0.61	0.00	**26.00**	IV

Según la clasificación SMR en la pared FPNW, el macizo rocoso formado por las estratificaciones de arenisca, limolita y carbón tiene valores que lo ubican en los casos "III" y "IV", lo cual significa que el macizo rocoso posee una estabilidad mala y se le considera como "Inestable" para limolitas y carbón y para las areniscas el macizo rocoso es normal, con una estabilidad "Parcialmente estable".

4.3.3.5. Zona FPP4O

Clasificación RMR

Se realizó la clasificación del macizo rocoso en la zona a partir de los datos obtenidos en los análisis de laboratorio y la descripción de los núcleos de las perforaciones PHG-012 y PHG-031, ya que estas se realizaron cerca de la Zona FPP4O tal como se muestra en la tabla 55

Tabla 55. Parámetros de para clasificación RMR en la zona FPP4O

Litología		Areniscas	Limolitas	Carbón
Resistencia a la roca sana	Resistencia a la compresión simple (MPa)	29.68	14.84	5.04
	Valoración	4	2	1
RQD	%	80	67	43
	Valoración	17	13	8
Separación de discontinuidades	Valoración	10	10	10
Valoración de las Condiciones de las discontinuidades	Abertura	5	5	5
	continuidad	4	4	4
	Rugosidad	6	3	1
	Relleno	6	6	6
	Alteración	6	6	6
Valoración Presencia de Agua		10	10	10
Valoración Orientación de las discontinuidades		-5	-5	-5
Total		63	54	46
Clase RMR		II	III	III

Según la clasificación RMR las areniscas son consideradas de calidad “Buena”, mientras que para las limolitas y el carbón son considerados de calidad “Media”

Clasificación SMR

A partir de la obtención del parámetro RMR se procedió a catalogar el macizo en esta zona con la clasificación SMR como se muestra en la tabla 56

Tabla 56. Clasificación SMR para la zona FPP4O

Litología	RMR	F1	F2	F3	F4	SMR	Caso
Arenisca	63	0.02	0.22	0.09	0.00	**63.00**	**II**
Limolita	54	0.02	0.16	0.02	0.00	**54.00**	**III**
Carbón	46	0.00	0.04	-0.31	0.00	**46.00**	**III**

Según la clasificación SMR en la pared FPP4O, el macizo rocoso formado por las estratificaciones de arenisca, limolita y carbón tiene valores que lo ubican y los casos “II” y “III”, lo cual significa que el macizo rocoso posee una estabilidad normal y se le considera como “Parcialmente estable” para limolitas y carbón y para las areniscas el macizo rocoso es buena, con una estabilidad “Buena”.

4.4. Diseño de talud operativo y talud final de la fosa Noreste

A partir de los resultados obtenidos anteriormente y las configuraciones de bermas que se han usado en diseños previos, los taludes finales tendrán el siguiente arreglo

Tabla 57. Parámetros de diseño de talud final.

Talud	Angulo de talud (grados)	Altura de Bancos (m)	Ancho de Berma (m)	Ancho de Bermas cada 4 Niveles (m)
Pared Alta	45	15	6	30
Pared Baja	19	15	-	-
Piso 4O	21	-	-	-
Pared Final Noroeste	45	15	8	28
Pared Final Noreste	45	15	6	30

A partir de esto se procedió a dibujar cada uno de estos taludes en el software Minesight con su respectiva ubicación y características como se muestran a continuación:

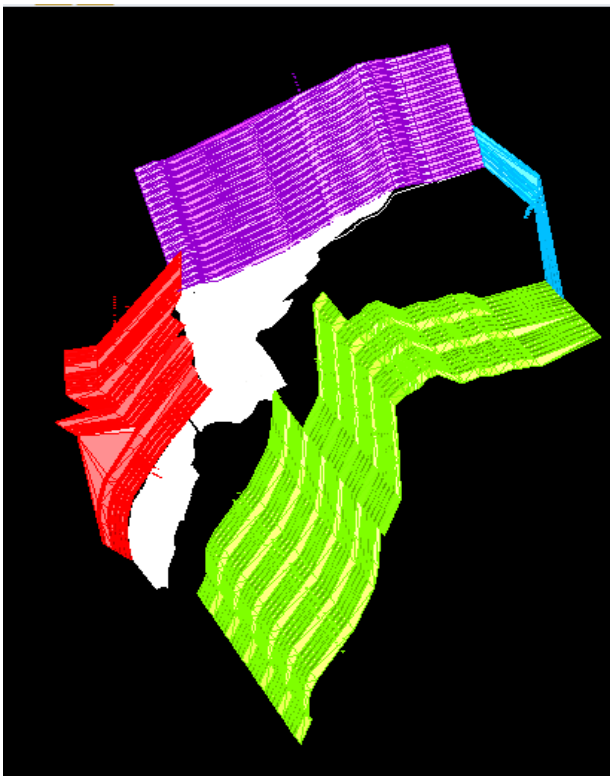


Figura 107. Taludes obtenidos luego de análisis geomecánico, Rojo: Pared Noroeste, Verde: Pared Alta, Morado: Pared Baja, Azul: Pared Noreste, Blanco: Piso4O

Luego se intersecto la superficie de los taludes con la zona de excavación.

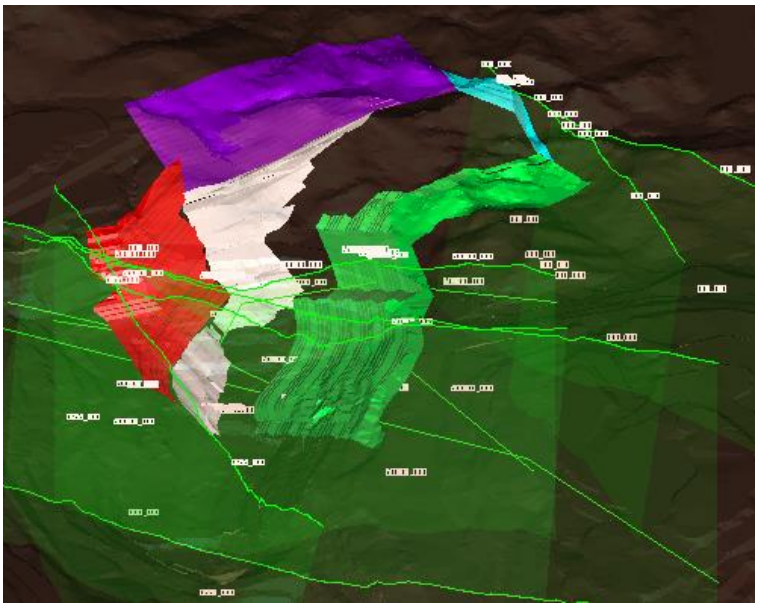


Figura 108. Taludes intersectados con la topografía y ubicación de fallas, Rojo: Pared Noroeste, Verde: Pared Alta, Morado: Pared Baja, Azul: Pared Noreste, Blanco: Piso4O

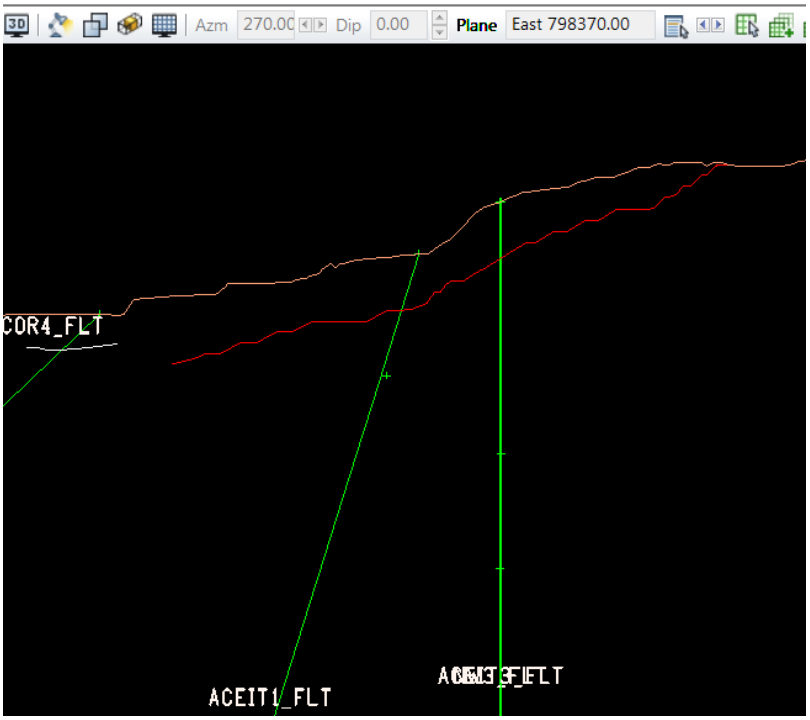


Figura 109. Vista de Perfil (norte-este) del talud Pared Noroeste intersectado por las fallas ACEIT1y ACEIT3 en la coordenada este 798370.

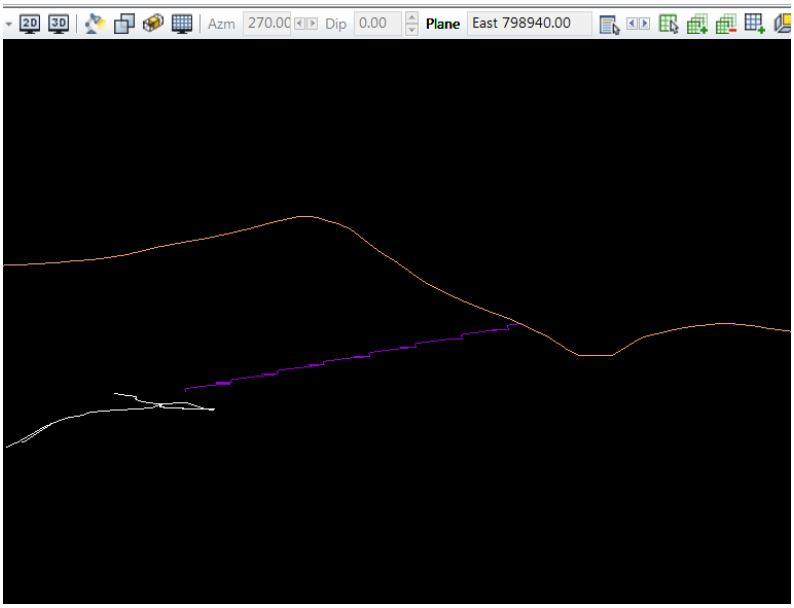


Figura 110. Vista de Perfil (norte-este) del talud Pared Baja y del talud Piso4O en la coordenada este 798940

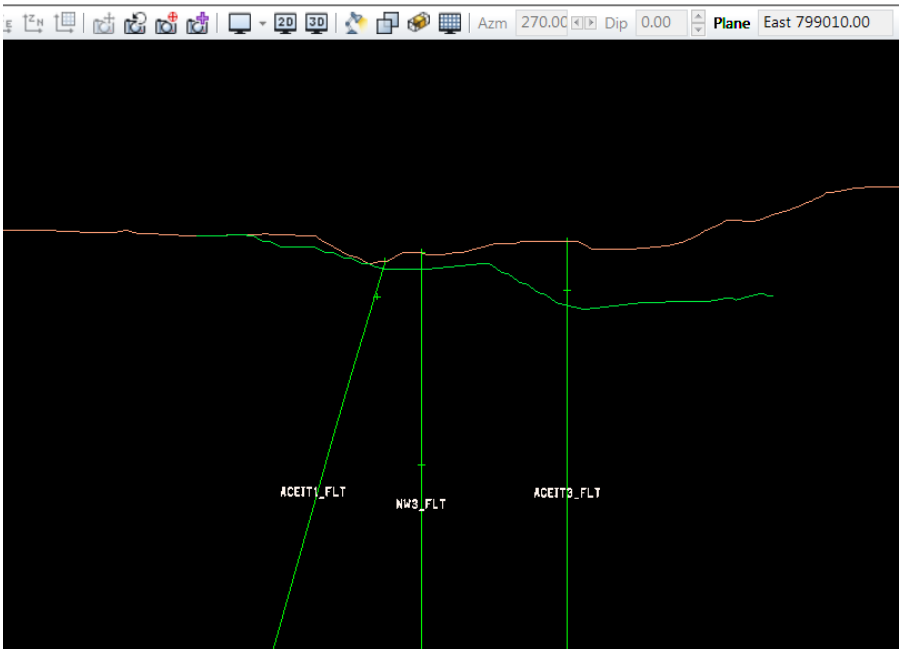


Figura 111. Vista de Perfil (este-oeste) del talud Pared Alta intersectada con las fallas ACEIT1, ACEIT3 y NW3 en la coordenada este 799010

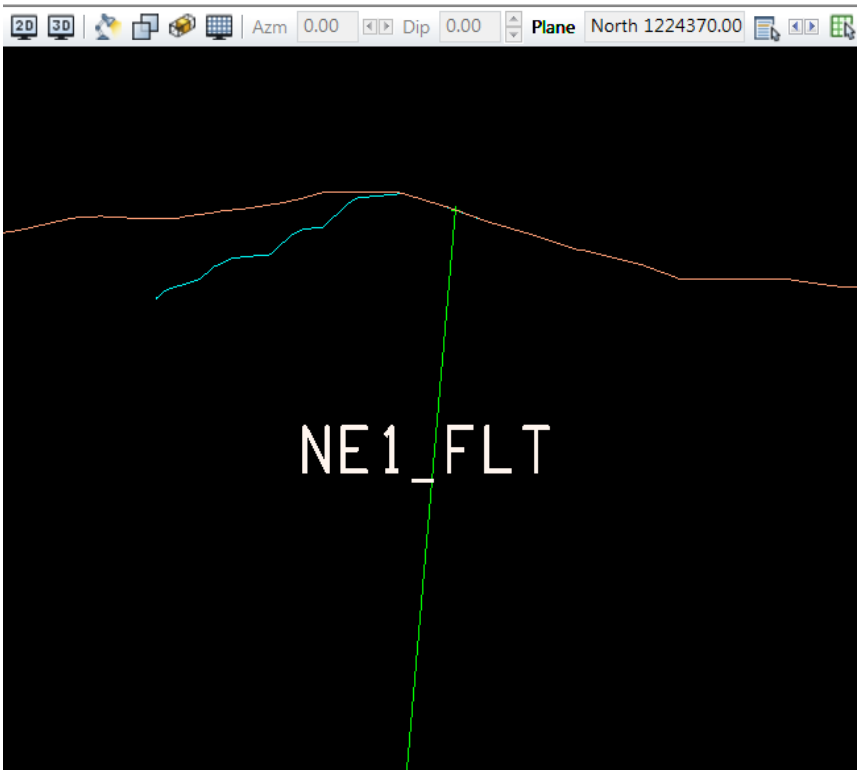


Figura 112. Vista de Perfil (norte sur) del talud Pared Noreste y la falla NE1 en la coordenada norte 1224370

Los taludes operativos, pueden tener mayor ángulo de inclinación debido a que no son taludes permanentes en el tiempo, solo serán taludes de producción y desarrollo de la mina y su altura será definida por los equipos de carga que se asignen a esta zona.

Los taludes Pared Alta y Pared Noroeste, son los más propicios para realizar las vías debido a que en estas zonas, los taludes y las estratificaciones están dispuestas de tal manera que contribuyen a la estabilidad del mismo, siendo los más desfavorables para la construcción de vías los taludes Pared Baja y Piso4O. El buzamiento de la litología y la baja resistencia al corte de las capas hacen que estos dos taludes sean los más inestables.

CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones

- Para la realización del modelo geológico es necesario tener mayor número de perforaciones en la zona, ya que esto aumentaría el nivel de detalle y la amplitud del modelo.
- A pesar de que existen fallas geológicas en la zona, las mismas tienen buzamientos entre 75º y 90º, por lo tanto no generan situaciones de inestabilidad por sí mismas.
- El nivel freático se encuentra en promedio a 148,30 m, lo cual representa un 50% de la altura de las perforaciones, por lo tanto se asumió una presencia de agua en las discontinuidades de igual magnitud.
- La unidad litológica más predomínate en la zona son las limolitas, con capas promedio de 4.46 m, teniéndose una relación de carbón/esteril de 1:5
- El software Minesight es una potente herramienta para realizar el modelo geológico, ya que facilita el trabajo y arroja resultados precisos, teniendo en cuenta que la precisión de los modelos dependerá de la cantidad de sondajes o perforaciones que se tengan.
- Según los ensayos realizados en laboratorio, se pudo describir el comportamiento de las tres litologías (arenisca, limolitas y carbón) ubicadas en el área de estudio para la roca intacta, siendo las areniscas las más competentes, con una resistencia a la compresión simple de 28,68 MPa y el carbón la litología menos resistente a la compresión simple con 5,04 MPa.
- Por medio de los ensayos de corte directo (DSH) se pudo describir el comportamiento de la roca cuando estas poseen discontinuidades obteniéndose parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna, la litología con mayor cohesión fue arenisca con un valor de 2,53 MPa, mientras que la limolita obtuvo una cohesión de 0,028MPa, y valores de ángulos de fricción interna de 41º para areniscas y 46º para las limolitas, lo cual muestra que mientras el valor de la cohesión sea más bajo, mayor será su ángulo de fricción interna para esta zona

- Con ayuda del software RocData se pudieron analizar los diferentes resultados de los ensayos de laboratorio con el método de Mohr-Coulomb, obteniendo envolventes con parámetros de cohesion y angulo de friccion interna para cada una de las litologías, siendo la arenisca la mas favorable, con una cohesion de 1,368 MPa y angulo de friccion interna de 42º y la limolita la mas desfavorable con una cohesion de 5,62 MPa y angulo de friccion interna de 16º. Estos valores se usaron como criterio para el diseño, usando un valor máximo de angulo de talud de 45º.
- Con ayuda de la proyección estereográfica y del programa Dips, se pudieron obtener las familias preferenciales de las discontinuidades y de direcciones de los taludes en las diferentes zonas, para posteriormente realizar el análisis cinemático de cada uno de los taludes obteniéndose ocho posibles fallas de cuña y cuatro por volcamiento, estas posibles fallas aparecen en la intersección de fallas y diaclasas en las estratificaciones de carbón y limolita debido al ángulo de fricción interna que posee cada uno de estos materiales.
- Al realizar el análisis mecánico de las fallas de cuña se pudo observar que a pesar de que cinemáticamente es posible que ocurra, mecánicamente no sucede debido a que las cuñas se forman entre discontinuidades y fallas que son verticales, y al intersectar los planos medidos, el deslizamiento ocurriría por una falla plana y no en cuña, debido a esto y a los valores de la cohesión de las limolitas y el carbón los factores de seguridad son elevados y no sucede el deslizamiento en cuña en ninguno de los casos.
- Las fallas producidas por volcamiento no se pudo analizar mecánicamente debido a que faltan datos, sin embargo estas fallas son manejables, se pueden evitar manteniendo los pies de los taludes y evitando cortar los pies de los mismos en las zonas de la Pared Noreste y Pared Alta
- La calidad del macizo rocoso varía entre clase III y V según el sistema de clasificación SMR, siendo los taludes de la Pared Alta, Pared Noreste, Pared Noroeste y Piso4O los que tienen mayor calidad de macizo debido a la dirección, de la estratificación y la dirección en el cual se realizará la excavación, en comparación con el talud de la Pared Baja en el cual la dirección de las capas buzan en la misma

dirección que la excavación permitiendo que este sea el más inestable de los taludes.

- Esta propuesta de taludes puede ser afinada a partir de la ejecución de más ensayos geomecanicos, permitiendo tener más información del comportamiento del macizo rocoso.

5.2. Recomendaciones.

- Se deben orientar las perforaciones con recuperación de núcleos que se realicen en la zona o en otras, para de así tener definido la orientación de los planos de discontinuidades presentes.
- Es necesario para describir mejor el comportamiento del macizo rocoso, hacer ensayos de corte directo sobre carbones, entre cambios de litologías, y discontinuidades (fallas y diaclasas).
- Hacer un estudio de la influencia de las escombreras sobre la Pared Alta Noroeste para poder afinar el diseño en esa área.
- Es recomendable para el uso de la empresa los softwares de mecánica de rocas RocData, DIPS, SWedge, RocPlane y Roctopple
- Se recomienda realizar vías en los taludes Pared Alta y Pared Noroeste debido a que son competentes para la realización de las mismas
- Se puede realizar una escombrera interna en el área del talud Pared Baja de manera que colabore con la estabilidad de este, colocándola en el pie del mismo.
- Para evitar las fallas de volcamiento es necesario cuidar los pies de los taludes Pared Alta y Pared Noreste

BIBLIOGRAFÍA

Alva Hurtado, J. E. (1994). *Notas sobre Análisis deEstabilidad de Taludes.* Universidad Nacional de Ingeniería .

Alvarado, D. (2007). *“Interpretación geológico-estructural del área noreste de la Mina Paso Diablo, municipio Mara-estado Zulia, a partir de información proveniente de la descripción de núcleos”.* Tesis de Grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas .

Belandria, N., & Bongiorno, F. (2012). *CLASIFICACIONES GEOMECÁNICA DE LOS MACIZOS ROCOSOS SEGÚN: BIENIAWSKI. BARTON. HOEK Y BROWN. ROMANA.* Mérida: Universidad de Los Andes.

Castillejo, M. (1993). *"Análisis Comparativo de los metodos de estabilidad de taludes y su control. Parte 2".* Trabajo de Ascenso, Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología Minas y Geofísica, Caracas.

Castillejo, M. (1993). *"Análisis Comparativo de los metodos de estabilidad de taludes y su control. Parte 3".* Trabajo de Ascenso, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Castillejo, M. (1993). *Análisis Comparativo de los metodos de estabilidad de taludes y su control. Parte 1.* Trabajo de Ascenso, Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología Minas y Geofísica, Caracas.

Gerencia de Ingeniería de Mina, Carbones del Zulia S.A. (2014).

Golder Associates. (2008/12/29). *Paso Diablo El Planeta Pit.* Informe Interno Nº 03-1413-419, Burnaby, British Columbia, Canada.

Lerna, G. H. (2011). *Presentación de Informes: el documento final de investigación.* Bogotá: Ecoe Ediciones.

Merchán, J., & Sánchez, D. (2013). *“Evaluación de la estabilidad de Taludes en un sector de la cantera de materiales pétreos Las Victorias”.* Universidad de Cuenca, Ecuador.

Ochoa, K., & Reyes, G. (2011). *“Propuesta de los parámetros para el diseño de estabilidad de taludes y de los depósitos finales en minera loma de níquel, C.A. municipio Guaicaipuro, estado Miranda”.* Tesis de Grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Sierra, V., & Alvarez, C. (s.f.). *Metodología de Investigación Cientifica.*

Superintendencia de Geología. (2014). *Superintendencia de Geología.* Carbones del Zulia S.A.

Svetlana, M. (2005). *"Estabilidad de los taludes en macizos rocosos con criterios no lineales y leyes de fluencia no asociados".* Tesis de Doctorado, Universidad Politecnica de Madrid, Madrid.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUDES OPERATIVOS Y TALUD FINAL DE LA FOSA NORESTE DE LA MINA PASO DIABLO, CARBONES DEL ZULIA S.A, ESTADO ZULIA

ANEXOS

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela,
por el Br. Sánchez Seijas, Tomás Alejandro
Para optar al Título de Ingeniero de Minas

Caracas, 2017

ANEXOS

Anexo A – Tablas usadas en el Minesight

Anexo B- Reportes de ensayos

ANEXO A

HOLE-ID	LOCATIONX	LOCATIONY	LOCATIONZ	LENGTH
PHG-012	798491.48	1223360.33	98.18	274.22
PHG-031	799283	1224416	90.06	275.92
PHG-030A	799671.71	1224182.71	85.044	222.8
PHG-030	800107.9	1224182.8	98.55	305.9
PHG-028R	799225	1223735	79.98	378.35

Tabla A1. Collar

HOLE ID	FROM	TO	AZIMUTH	DIP
PHG-012	0	3.75	146	-90
PHG-012	3.75	23.05	146	-90
PHG-012	23.05	27.05	146	-90
PHG-012	27.05	27.19	146	-90
PHG-012	27.19	30.69	146	-90
PHG-012	30.69	34.19	146	-90
PHG-012	34.19	37.69	146	-90
PHG-012	37.69	39.45	146	-90
PHG-012	39.45	44.43	146	-90
PHG-012	44.43	49.4	146	-90

Tabla A2. Survey

HOLE ID	FROM	TO	SAMPLE	RIP	LIMO	SAND	C
PHG-012	0	3.75	PHG-012-001	100	0	0	0
PHG-012	3.75	23.05	PHG-012-002	0	100	0	0
PHG-012	23.05	27.05	PHG-012-003	0	100	0	0
PHG-012	27.05	27.19	PHG-012-004	0	0	0	15
PHG-012	27.19	30.69	PHG-012-005	0	100	0	0
PHG-012	30.69	34.19	PHG-012-006	0	0	100	0
PHG-012	34.19	37.69	PHG-012-007	0	100	0	0

Tabla A3. Assay

HOLE ID	FROM	TO	ROCK TYPE
PHG-012	0	3.75	RIP
PHG-012	3.75	23.05	LIMO
PHG-012	23.05	27.05	LIMO
PHG-012	27.05	27.19	9O
PHG-012	27.19	30.69	LIM
PHG-012	30.69	34.19	SAND
PHG-012	34.19	37.69	LIMO
PHG-012	37.69	39.45	9Q
PHG-012	39.45	44.43	SAND
PHG-012	44.43	49.4	LIMO
PHG-012	49.4	50.9	8I
PHG-012	50.9	55.25	LIMO
PHG-012	55.25	58.55	8KM
PHG-012	58.55	62.32	LIMO

Tabla A4. Lithology

ANEXO B

REPORTES DE ENSAYOS

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1613**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1613-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Arenisca	
Formación		
Profundidad	85.5	m
Altura	140.7	mm
Longitud medidor de deformación	140.7	mm
Diámetro	63.4	mm
Área	31.57	cm^2
Volumen	444.184	cm^3
Peso	1173.7	gr
Densidad	2.64238	Ton/m^3
L/D	2.2	-
σ3 (calculado)	67.78	MPa
Registros capturados durante el ensayo	3130	Registros



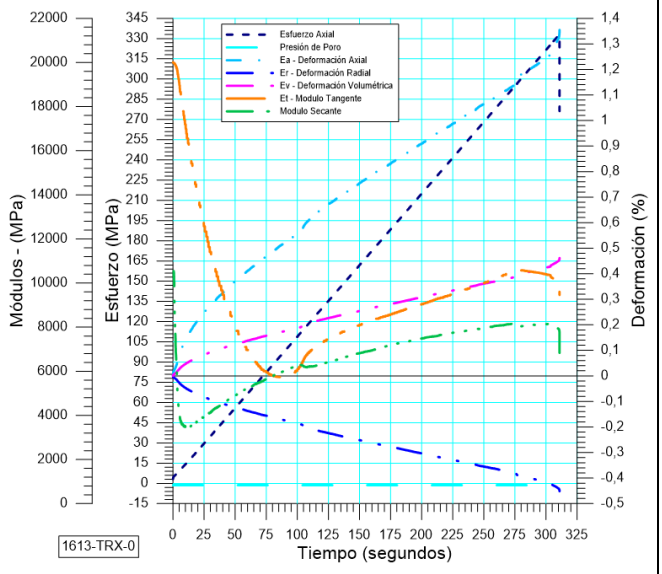
Condición inicial del espécimen

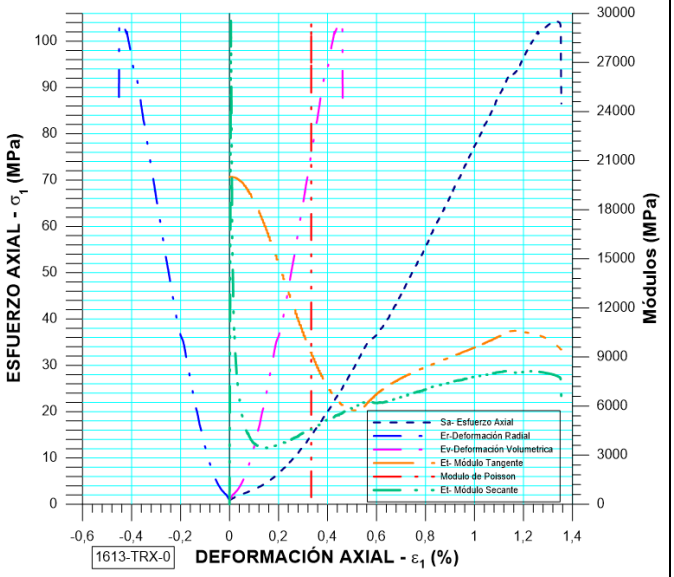
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	150	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.334	%
Tiempo Máximo del Ensayo	05:10	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	1	%
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

RESULTADOS DEL ENSAYO

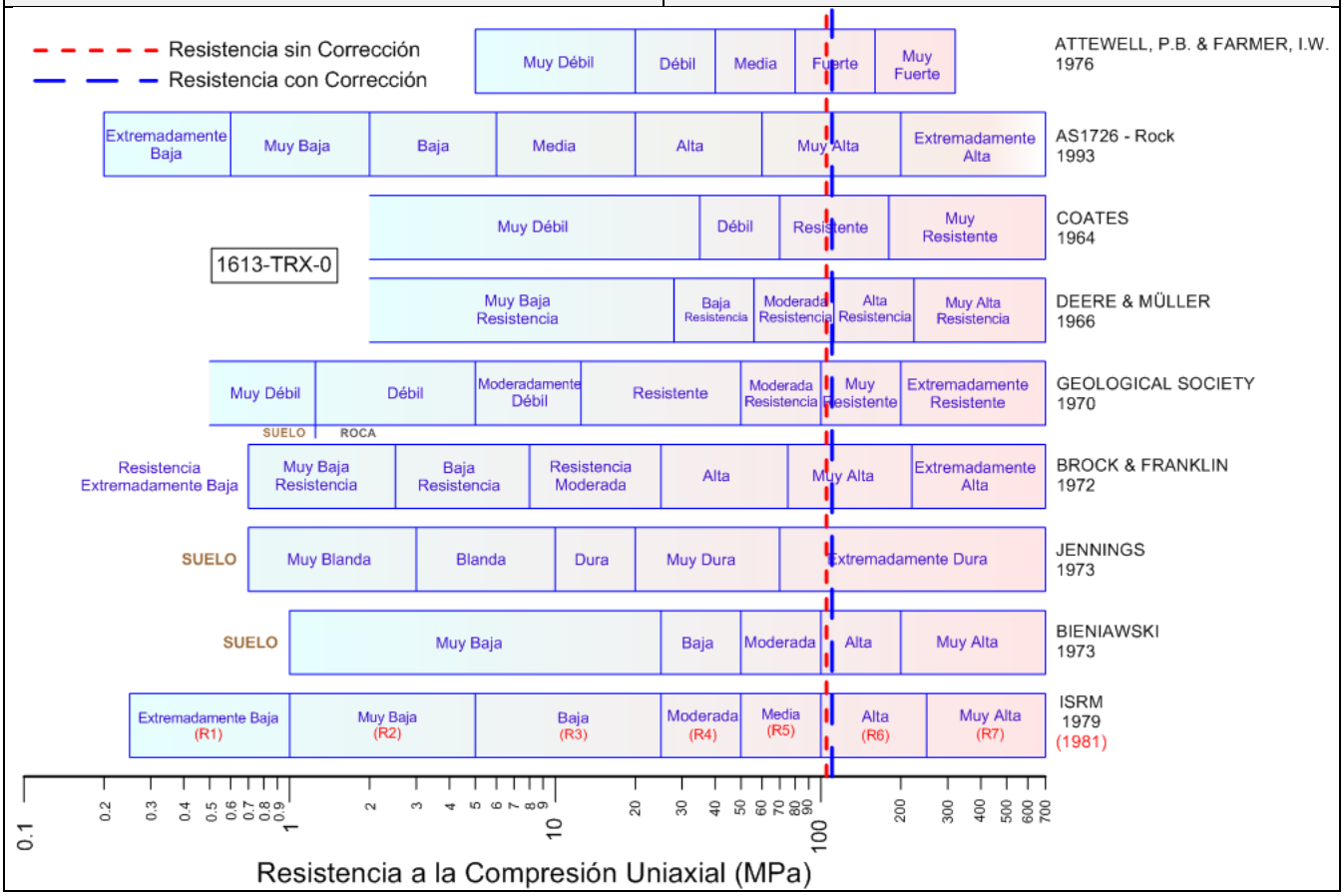
ESPÉCIMEN		
Altura	140.7	mm
Long medidor deformaciones	140.7	mm
Diámetro	63.4	mm
Área	31.57	cm^2
Volumen	444.18	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**104.9**	**MPa**
t - Tiempo	310.65	segundo
εa – Deformación Axial	1.134	%
εr – Deformación Radial	-0.445	%
εv – Deformación Volumétrica	0.454	%
σa – Esfuerzo Axial	104.3	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.3**	**MPa**
t - Tiempo	**310.915**	segundo
εa – Deformación Axial	1.5	%
εr – Deformación Radial	-0.5	%
εv – Deformación Volumétrica	0.513	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.2	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	8182.641	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	6894.061	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Alta - (R6)		





Desarrollo del ensayo

Resultados del ensayo



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1613**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**105.41**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**110.02**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**7,993.910**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1614-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1614-1-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Arenisca	
Formación		
Profundidad	114.37	m
Altura	131.3	mm
Longitud medidor de deformación	131.3	mm
Diámetro	63	mm
Área	31.172	cm^2
Volumen	409.294	cm^3
Peso	976.1	gr
Densidad	2.38484	Ton/m^3
L/D	2.1	-
σ3 (calculado)	81.8262	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1179	Registros



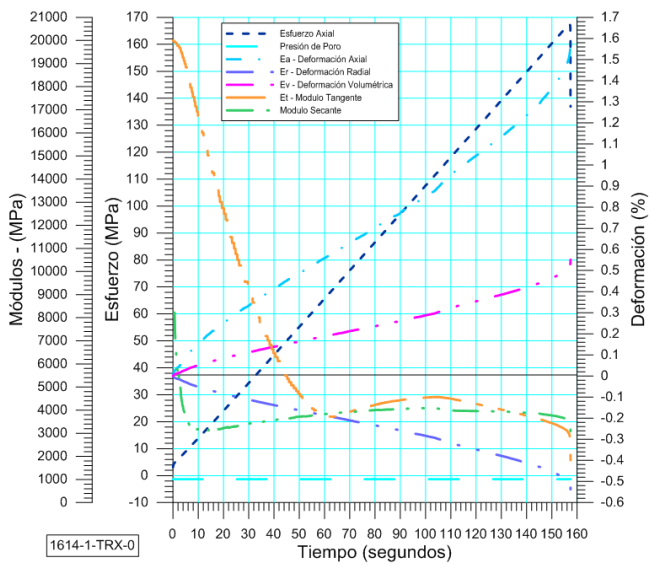
Condición inicial del espécimen

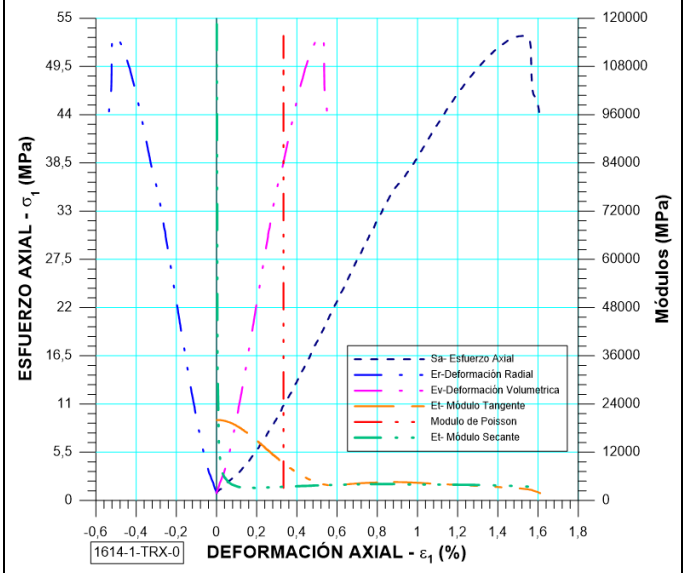
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	150	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.522	%
Tiempo Máximo del Ensayo	02:36	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

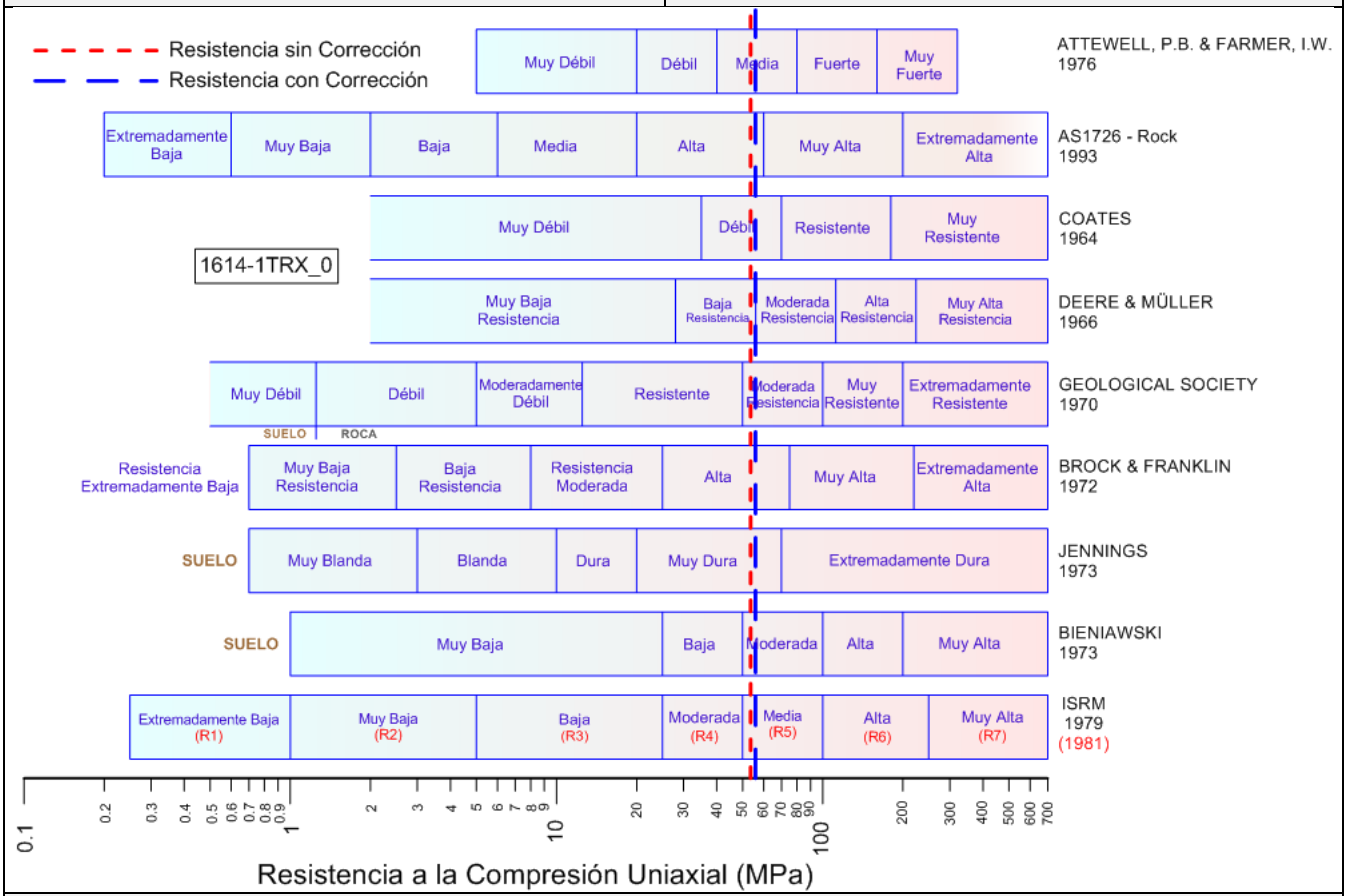
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	131.3	mm
Long medidor deformaciones	131.3	mm
Diámetro	63	mm
Área	31.172	cm^2
Volumen	409.294	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**53.6**	**MPa**
t - Tiempo	156.985	segundo
εa – Deformación Axial	1.522	%
εr – Deformación Radial	-0.507	%
εv – Deformación Volumétrica	0.52	%
σa – Esfuerzo Axial	53	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.4**	**MPa**
t - Tiempo	**157.395**	segundo
εa – Deformación Axial	1.688	%
εr – Deformación Radial	-0.563	%
εv – Deformación Volumétrica	0.578	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.2	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	4176.97	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	3985.99	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036(L/D)\right]$	**53.60**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**55.88**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E\left[1.24 - 0.33\ln(L/D)\right]$	**4167.216**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	**LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS** **ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO** **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1615-1**

NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1615-1-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Limolitas	
Formación		
Profundidad	208.1	m
Altura	90.6	mm
Longitud medidor de deformación	90.6	mm
Diámetro	47	mm
Área	17.349	cm^2
Volumen	157.186	cm^3
Peso	397.1	gr
Densidad	2.52631	Ton/m^3
L/D	1.9	-
σ3 (calculado)	157.72	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1799	Registros



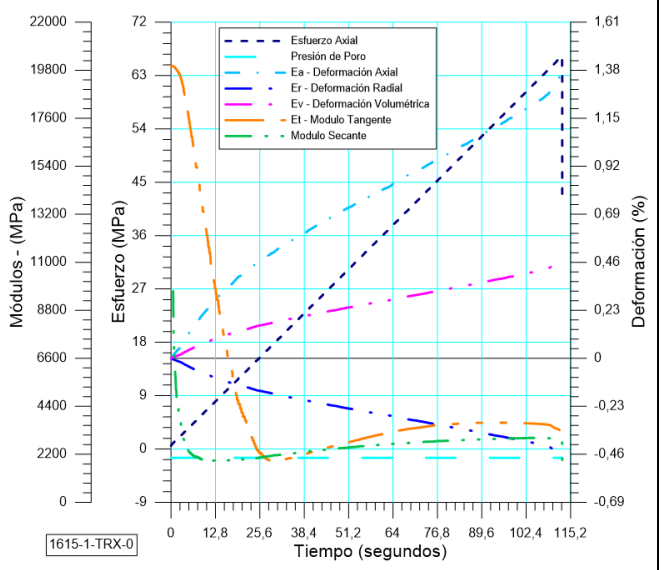
Condición inicial del espécimen

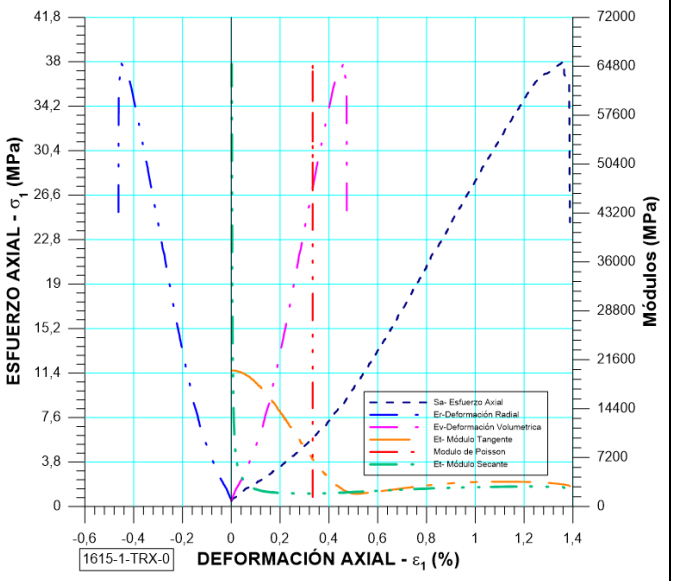
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.359	%
Tiempo Máximo del Ensayo	01:52	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain >= 2%	
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

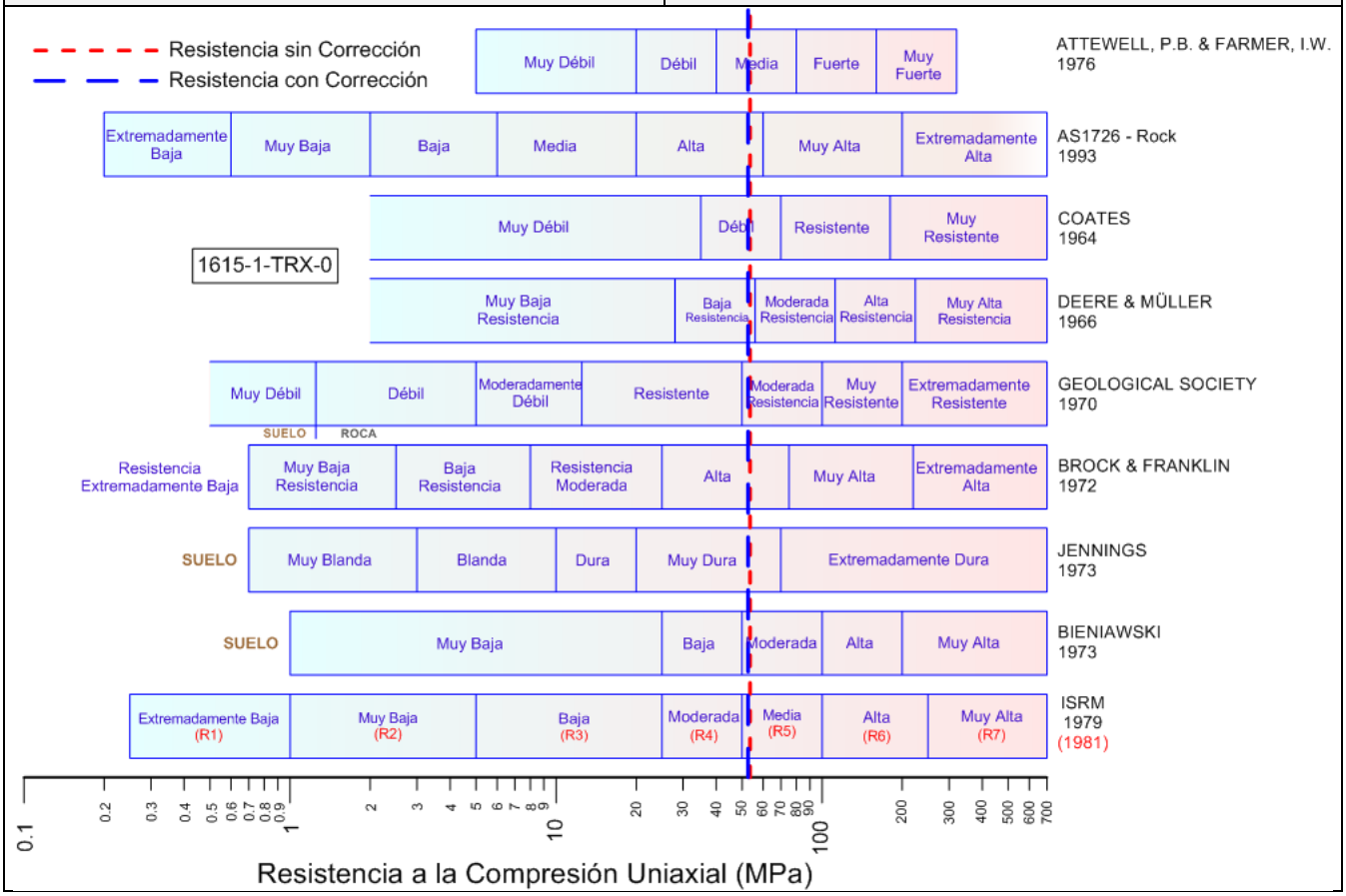
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	90.6	mm
Long medidor deformaciones	90.6	mm
Diámetro	47	mm
Área	17.349	cm^2
Volumen	157.186	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**38.6**	**MPa**
t - Tiempo	112.609	segundo
εa – Deformación Axial	1.359	%
εr – Deformación Radial	-0.453	%
εv – Deformación Volumétrica	0.463	%
σa – Esfuerzo Axial	38.1	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**2.5**	**MPa**
t - Tiempo	**112.806**	segundo
εa – Deformación Axial	1.542	%
εr – Deformación Radial	-0.514	%
εv – Deformación Volumétrica	0.527	%
σa – Esfuerzo Axial	1.9	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	2954.43	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	2587.97	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Moderada - (R4)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**38.38**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**37.96**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**3023.624**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

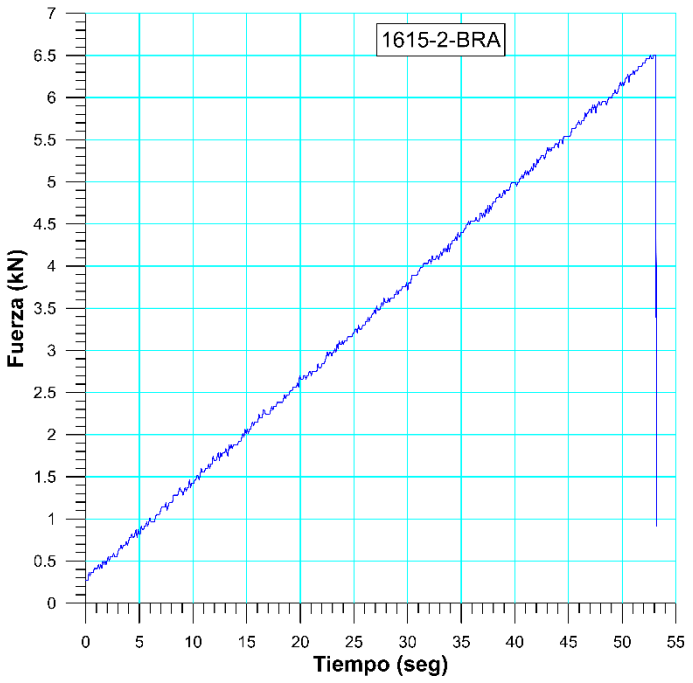
Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1615-2**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1615-2**			
Perforación:	**PHG028R**			
Muestra:	**MGM-03**			
Profundidad:	**208.10 - 208.25**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**LIMOLITAS**			
Diámetro (D)	21.20	mm		
Espesor	47.00	mm		
Duración:	53.2371	seg	**INICIO**	**FINAL**

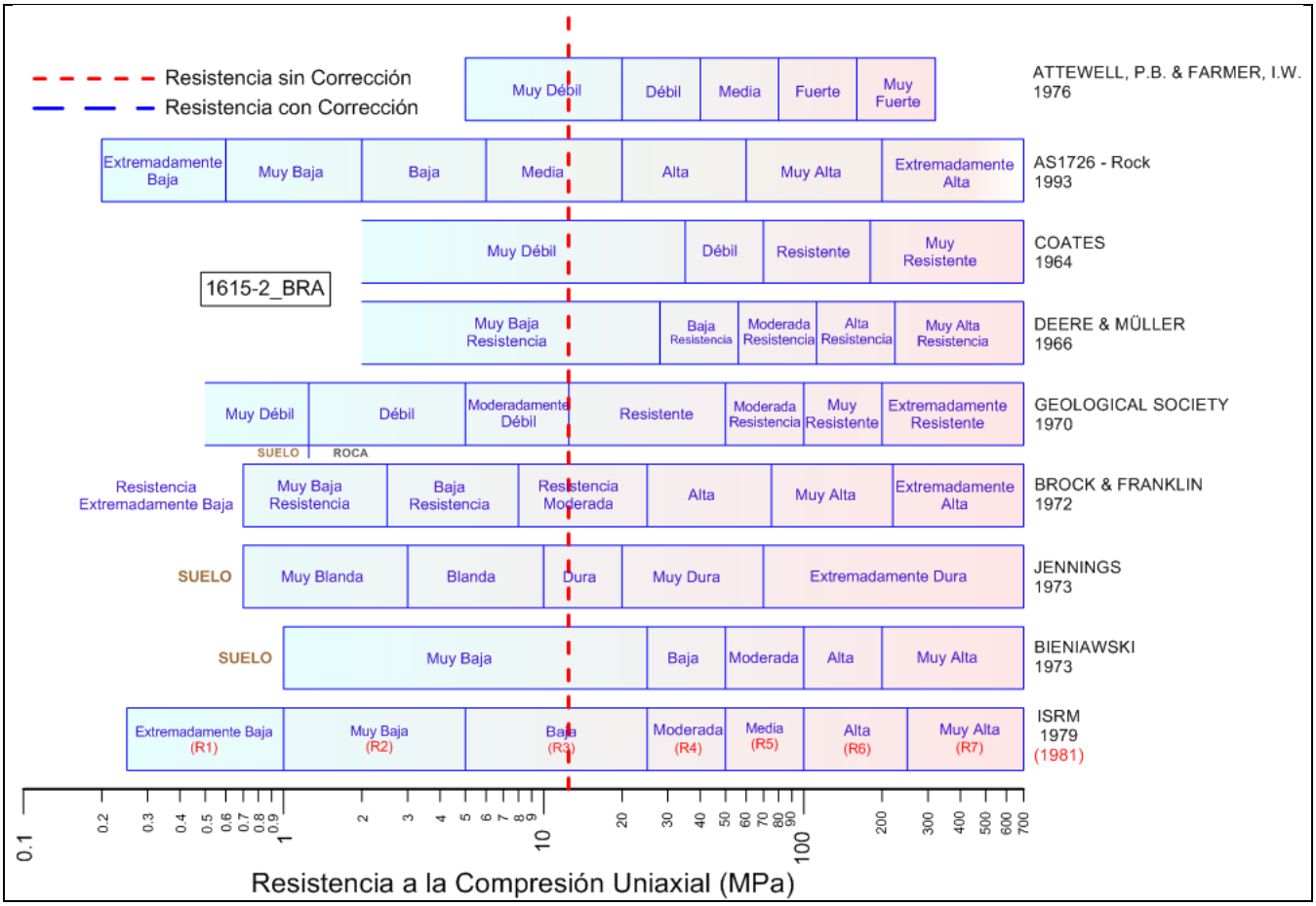
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	-	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg	
Carga Máxima permitida	**90**	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - Ea	**>=**	**1.2%**	
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**	
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**	



.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	

RESULTADOS DEL ENSAYO			**OBSERVACIONES**
Carga Axial Pico	**6.505**	**kN**	
Resistencia a la Tracción	**-9.21**	**MPa**	
Resistencia a la Compresión	**27.640**	**MPa**	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Moderada - (R4)**		


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1615-2_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1616**

NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1616-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Limolitas	
Formación		
Profundidad	225.05	m
Altura	118.5	mm
Longitud medidor de deformación	118.5	mm
Diámetro	47.45	mm
Área	17.683	cm^2
Volumen	209.547	cm^3
Peso	528.6	gr
Densidad	2.52259	Ton/m^3
L/D	2.5	-
σ3 (calculado)	170.3126639	MPa
Registros capturados durante el ensayo	910	Registros



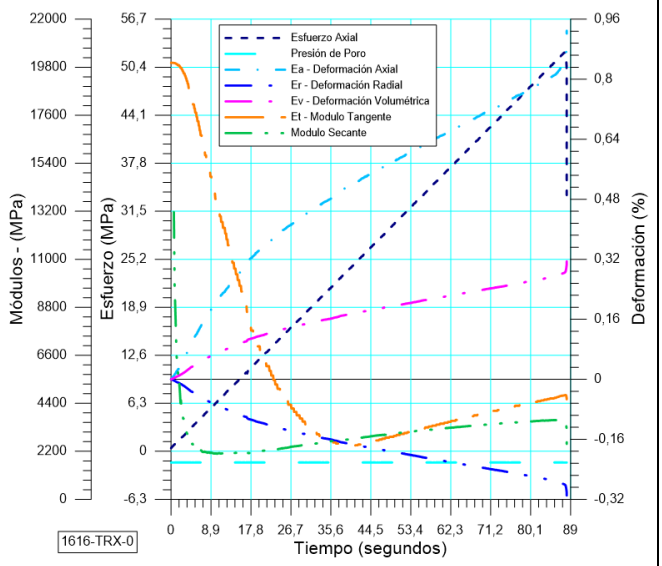
Condición inicial del espécimen

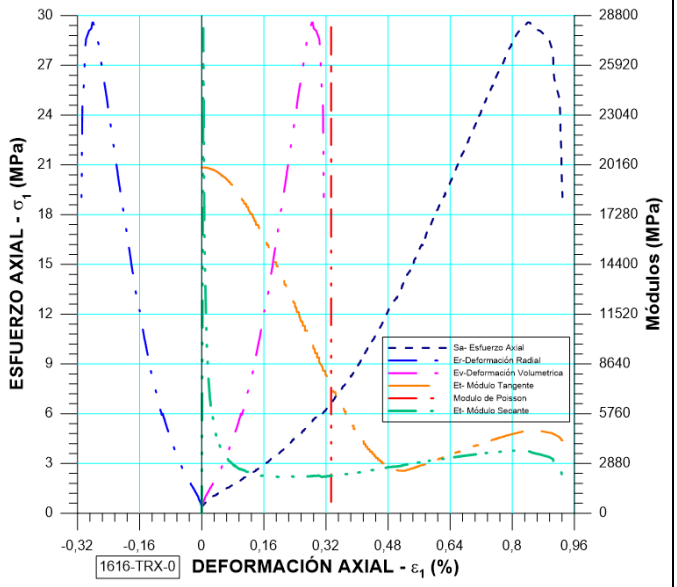
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	0.849	%
Tiempo Máximo del Ensayo	01:27	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

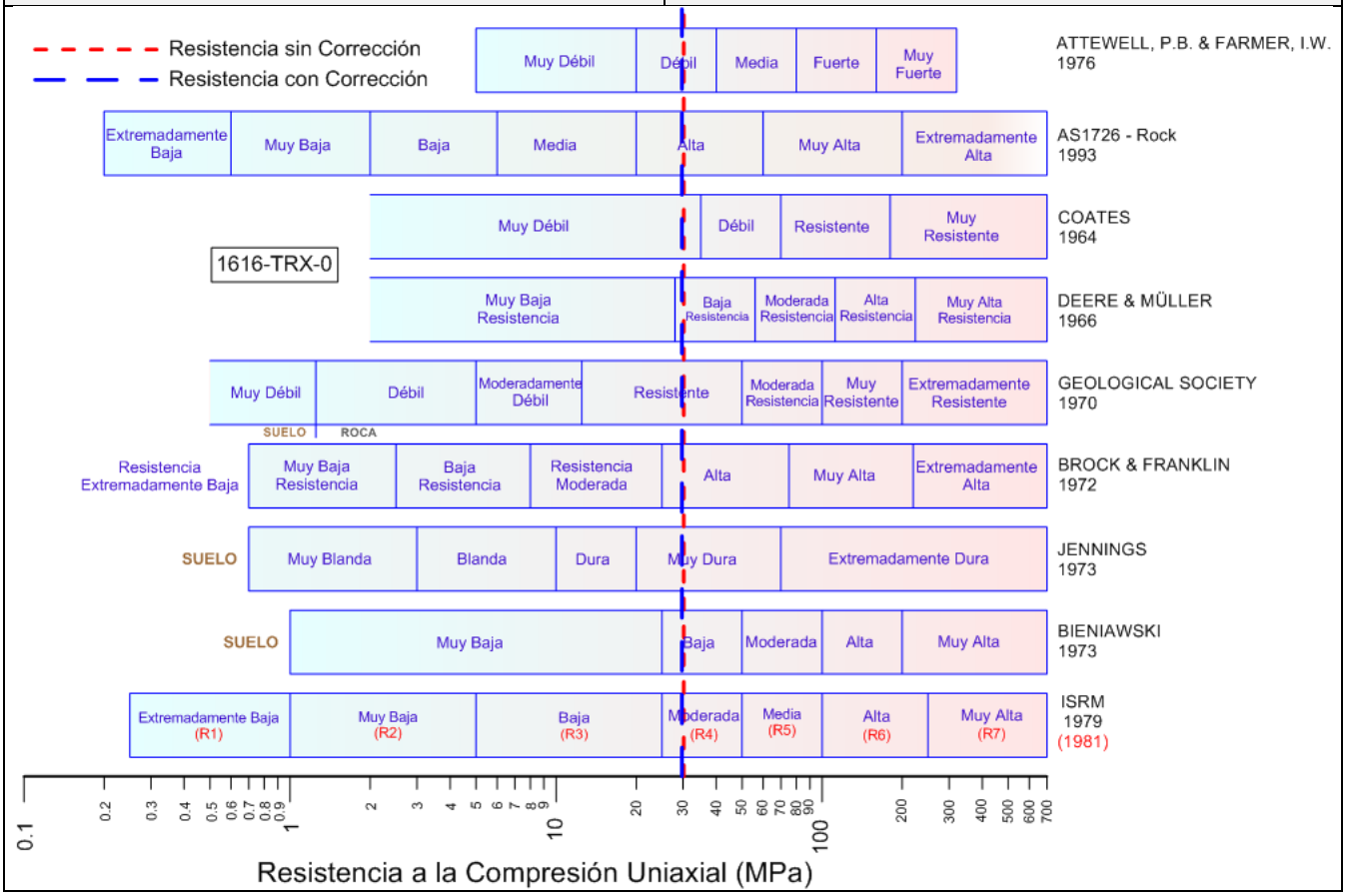
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	118.5	mm
Long medidor deformaciones	118.5	mm
Diámetro	47.45	mm
Área	17.683	cm^2
Volumen	209.547	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**30.2**	**MPa**
t - Tiempo	87.8624	segundo
εa – Deformación Axial	0.849	%
εr – Deformación Radial	-0.283	%
εv – Deformación Volumétrica	0.287	%
σa – Esfuerzo Axial	29.6	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**9**	**MPa**
t - Tiempo	**88.1551**	segundo
εa – Deformación Axial	0.965	%
εr – Deformación Radial	-0.322	%
εv – Deformación Volumétrica	0.327	%
σa – Esfuerzo Axial	8.4	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	2621.26	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	2869.60	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Moderada - (R4)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	**LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS** **ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO** **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1616**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**30.03**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**29.70**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**2682.656**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1617-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1617-1-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Limolitas Arcillosas	
Formación		
Profundidad	230.15	m
Altura	94.15	mm
Longitud medidor de deformación	94.15	mm
Diámetro	47	mm
Área	17.349	cm^2
Volumen	163.345	cm^3
Peso	383	gr
Densidad	2.34473	Ton/m^3
L/D	2.0	-
σ3 (calculado)	161.8918829	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1381	Registros



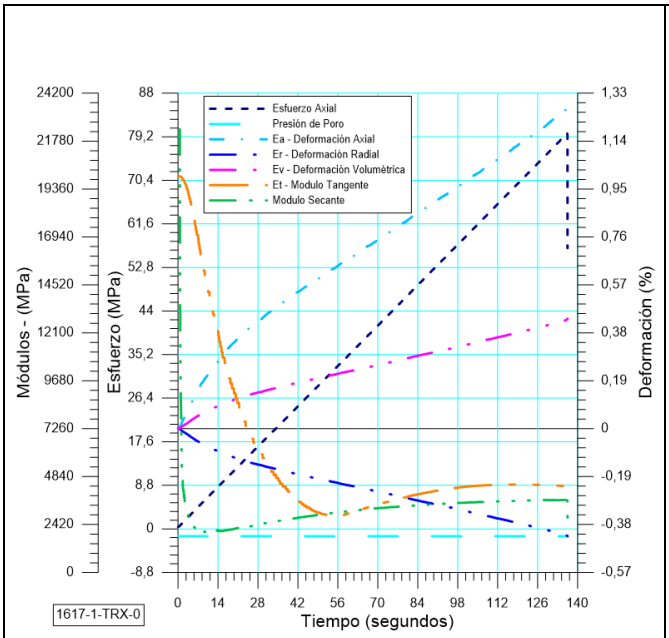
Condición inicial del espécimen

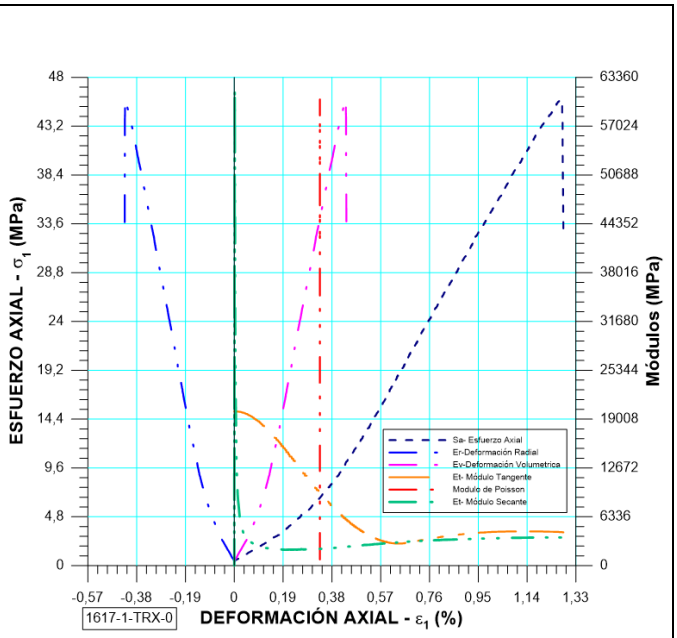
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.275	%
Tiempo Máximo del Ensayo	02:16	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

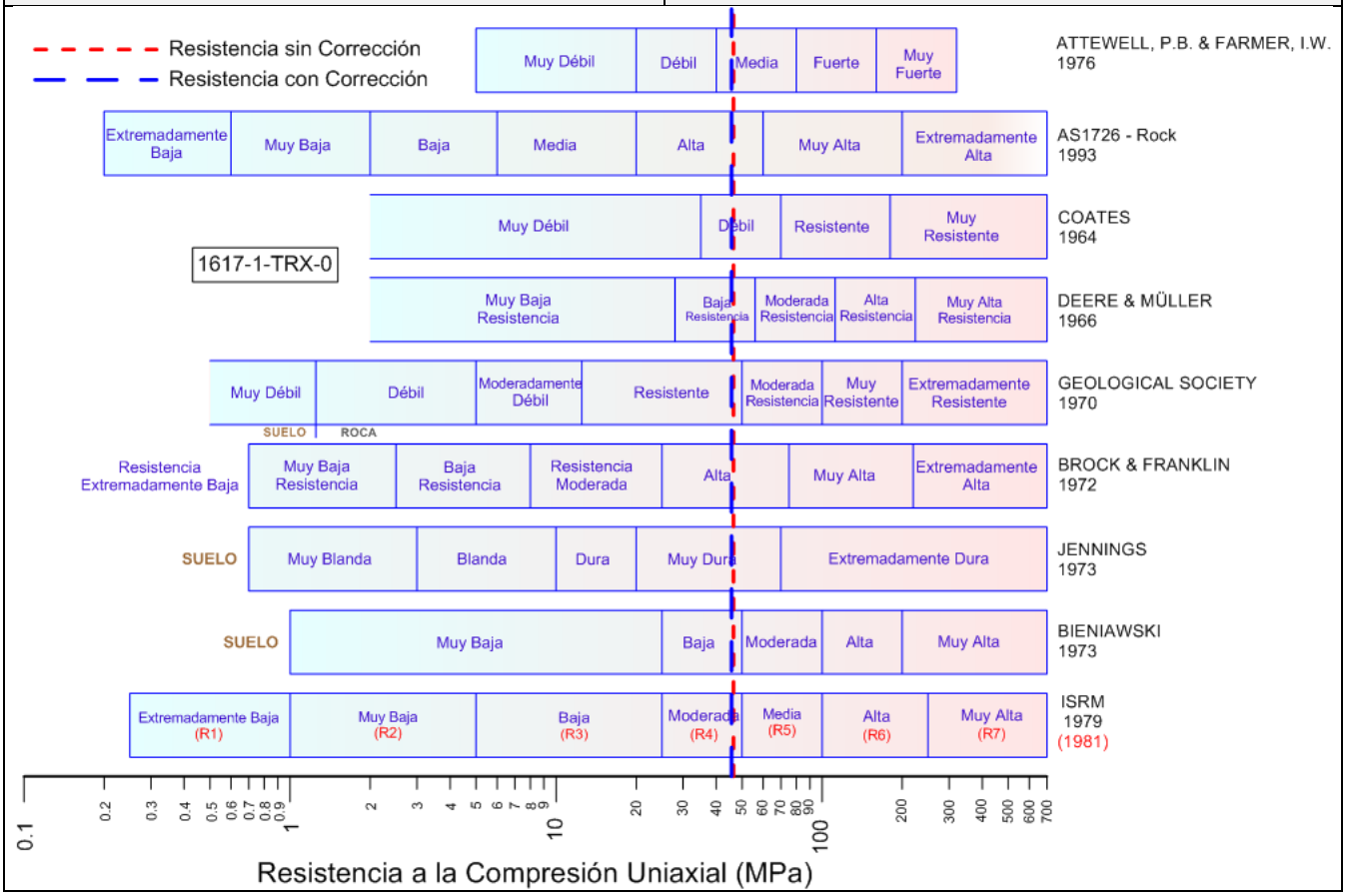
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	94.15	mm
Long medidor deformaciones	74.15	mm
Diámetro	47	mm
Área	17.349	cm^2
Volumen	163.345	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**46.4**	**MPa**
t - Tiempo	136.298	segundo
εa – Deformación Axial	1.275	%
εr – Deformación Radial	-0.425	%
εv – Deformación Volumétrica	0.434	%
σa – Esfuerzo Axial	45.9	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.3**	**MPa**
t - Tiempo	**136.47**	segundo
εa – Deformación Axial	1.44	%
εr – Deformación Radial	-0.48	%
εv – Deformación Volumétrica	0.491	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.2	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	3369.06	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	3229.98	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Moderada - (R4)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**46.27**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**45.75**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**3405.23**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

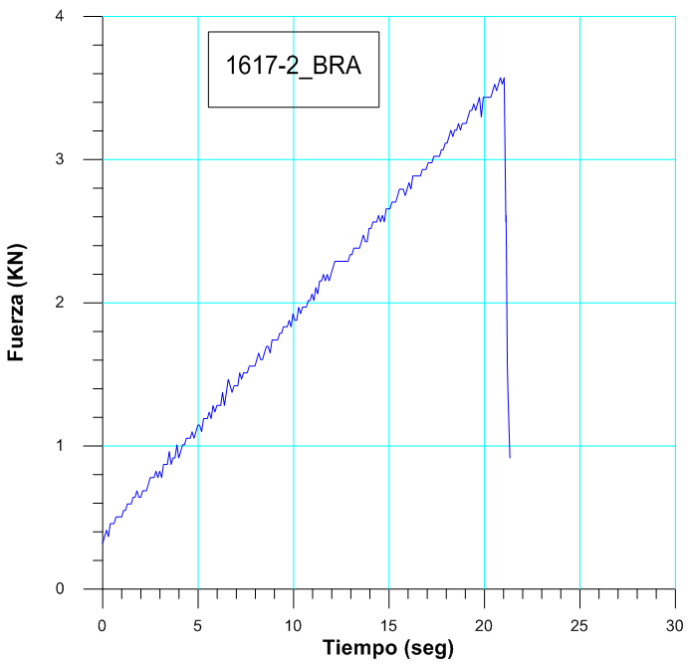
Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1617-2**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1617-2**			
Perforación:	**PHG028R**			
Muestra:	**MGM-05**			
Profundidad:	**230.15 - 230.30**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**LIMOLITAS ARCILLOSAS**			
Diámetro (D)	24.20	mm		
Espesor	46.80	mm		
Duración:	21.3431	seg	**INICIO**	**FINAL**

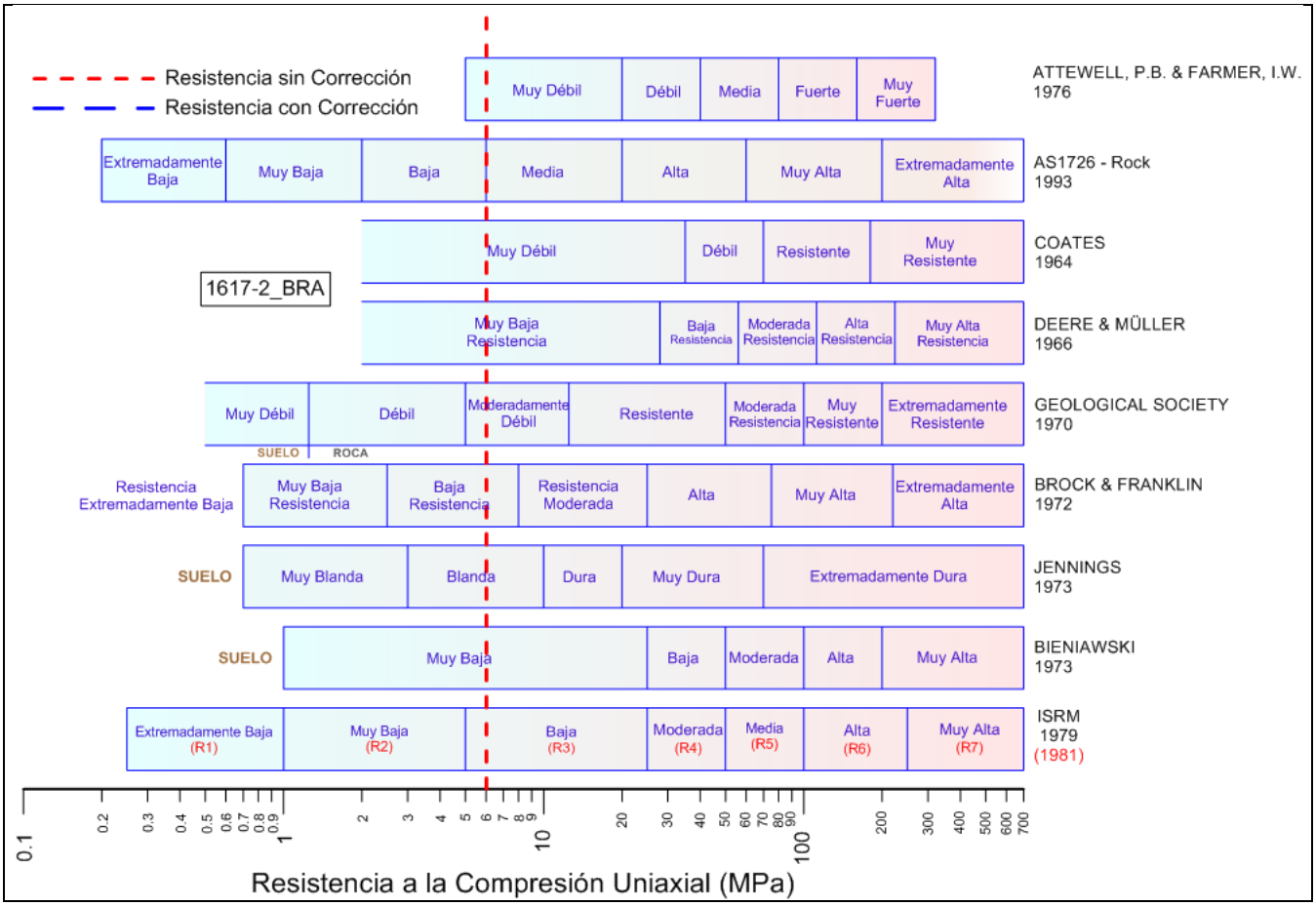
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	-	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg	
Carga Máxima permitida	**90**	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - Ea	**>=**	**1.2%**	
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**	
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**	



.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	

RESULTADOS DEL ENSAYO			**OBSERVACIONES**
Carga Axial Pico	**3.57**	**kN**	
Resistencia a la Tracción	**-2.01**	**MPa**	
Resistencia a la Compresión	**6.03**	**MPa**	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Baja-(R3)**		


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1617-2_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	**LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS** **ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO** **Guasare Fosa Norte**	RIF: G-20000062-7

Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1618-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1618-1-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Limolitas Arcillosas	
Formación		
Profundidad	300.75	m
Altura	108.8	mm
Longitud medidor de deformación	108.8	mm
Diámetro	47.2	mm
Área	17.497	cm^2
Volumen	190.372	cm^3
Peso	484.1	gr
Densidad	2.54292	Ton/m^3
L/D	2.3	-
σ3 (calculado)	229.434957	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1939	Registros



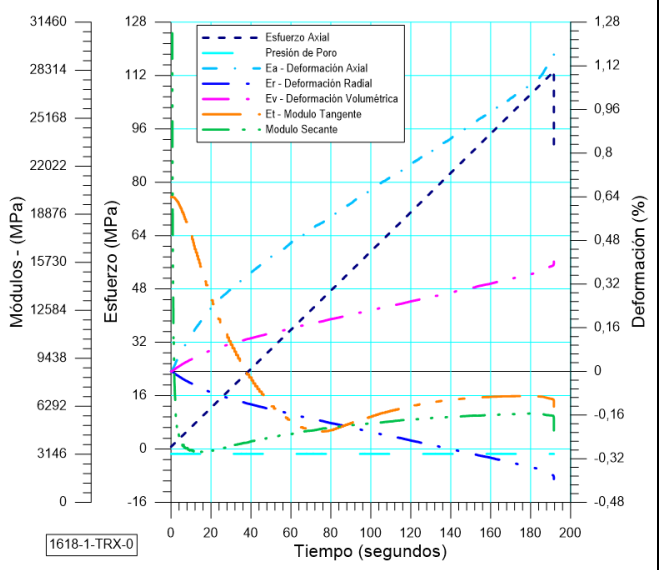
Condición inicial del espécimen

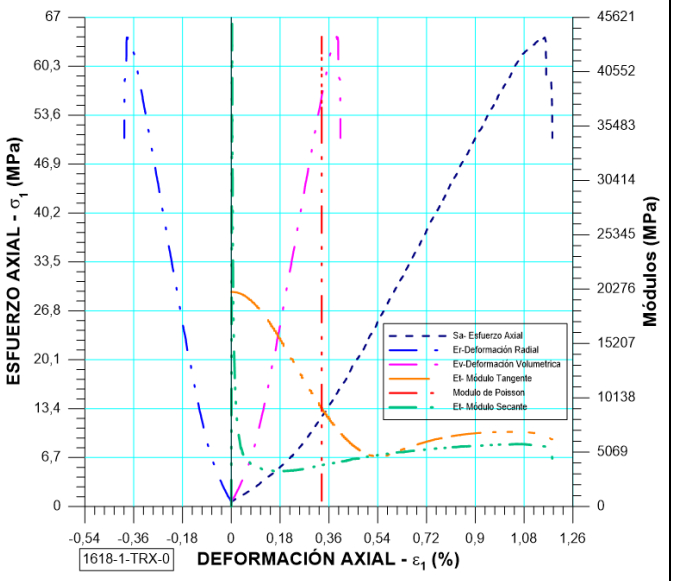
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.145	%
Tiempo Máximo del Ensayo	03:11	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain >= 2%	
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

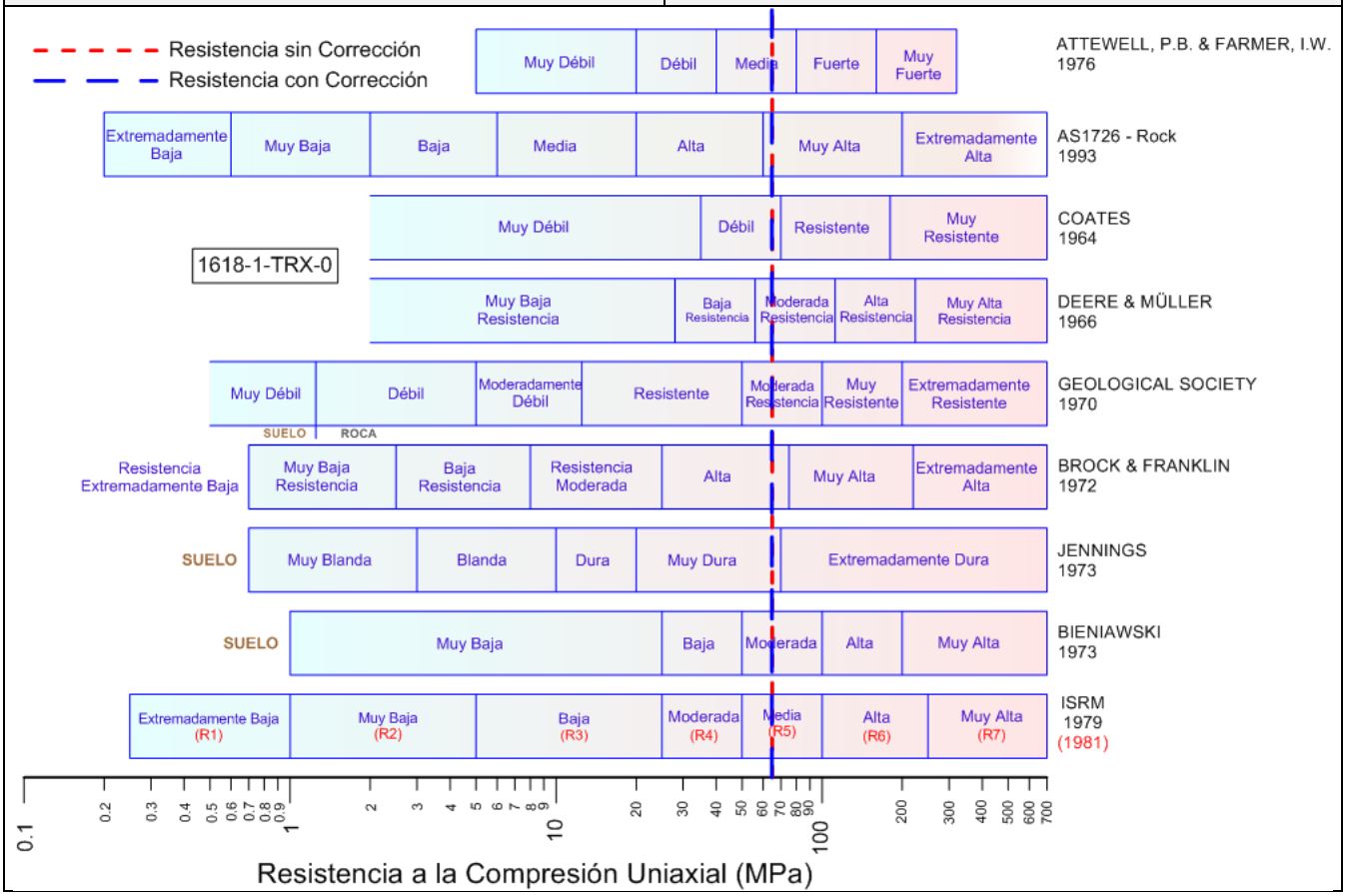
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	108.8	mm
Long medidor deformaciones	108.8	mm
Diámetro	47.2	mm
Área	17.497	cm^2
Volumen	190.372	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**64.9**	**MPa**
t - Tiempo	191.425	segundo
εa – Deformación Axial	1.145	%
εr – Deformación Radial	-0.389	%
εv – Deformación Volumétrica	0.389	%
σa – Esfuerzo Axial	64.4	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.4**	**MPa**
t - Tiempo	**191.643**	segundo
εa – Deformación Axial	1.271	%
εr – Deformación Radial	-0.424	%
εv – Deformación Volumétrica	0.433	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.2	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	5447.49	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	5123.03	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1618-1**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**65.42**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**64.74**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**5253.63**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

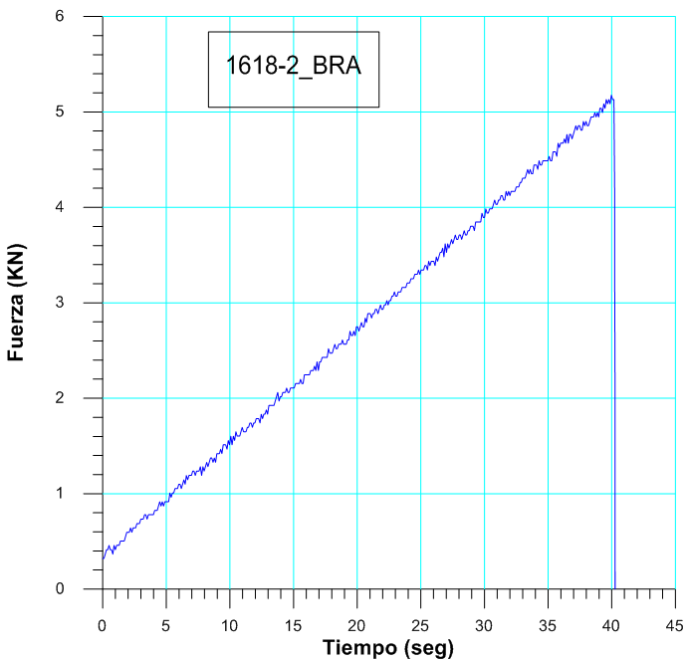
Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1618-2**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1618-2**			
Perforación:	**PHG028R**			
Muestra:	**MGM-06**			
Profundidad:	**300.75 – 300.90**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**LIMOLITAS ARCILLOSAS**			
Diámetro (D)	21.40	mm		
Espesor	46.80	mm		
Duración:	40.3199	seg	**INICIO**	**FINAL**

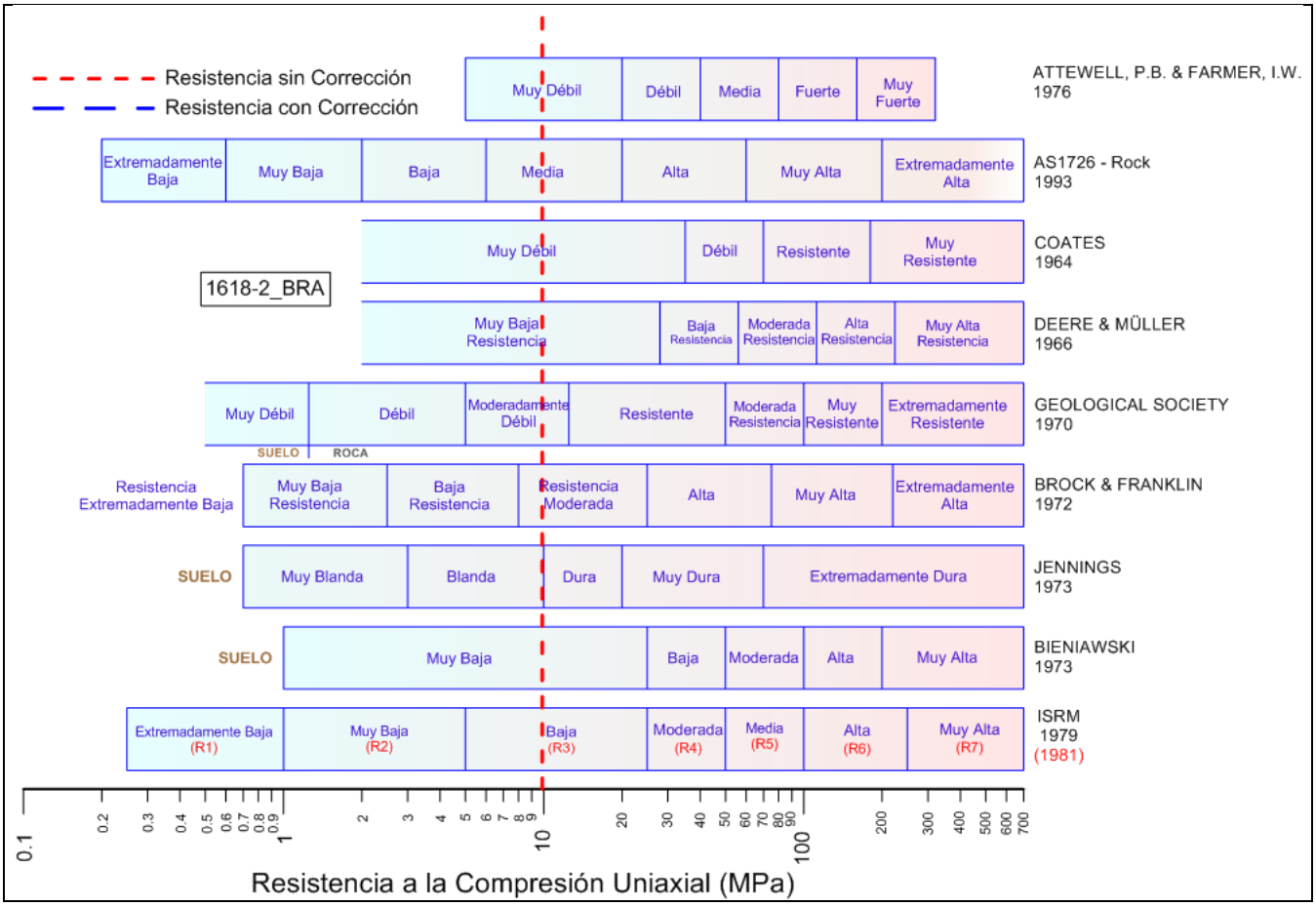
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	-	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg	
Carga Máxima permitida	**90**	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - Ea	**>=**	**1.2%**	
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**	
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**	



.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	

RESULTADOS DEL ENSAYO			**OBSERVACIONES**
Carga Axial Pico	**5.18**	**kN**	
Resistencia a la Tracción	**-3.29**	**MPa**	
Resistencia a la Compresión	**9.87**	**MPa**	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Baja-(R3)**		


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1618-2_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1619**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1619-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Carbón	
Formación		
Profundidad	202.1	m
Altura	90.65	mm
Longitud medidor de deformación	90.65	mm
Diámetro	47.4	mm
Área	17.646	cm^2
Volumen	159.961	cm^3
Peso	191.2	gr
Densidad	1.19529	Ton/m^3
L/D	1.9	-
σ3 (calculado)	72.4704327	MPa
Registros capturados durante el ensayo	390	Registros



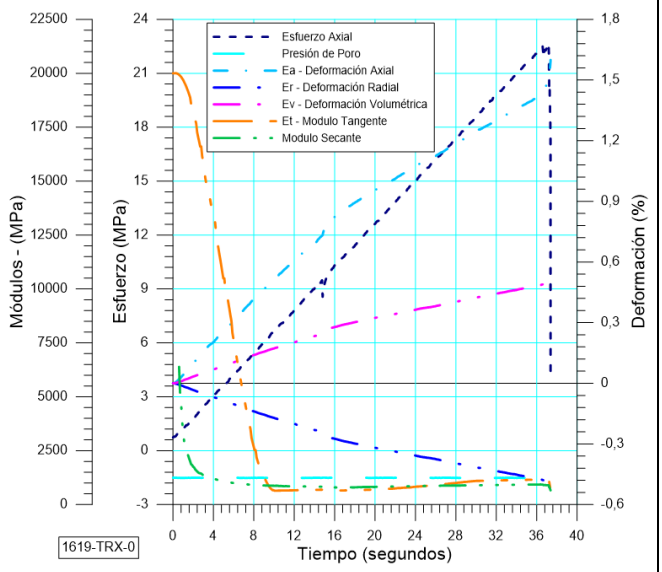
Condición inicial del espécimen

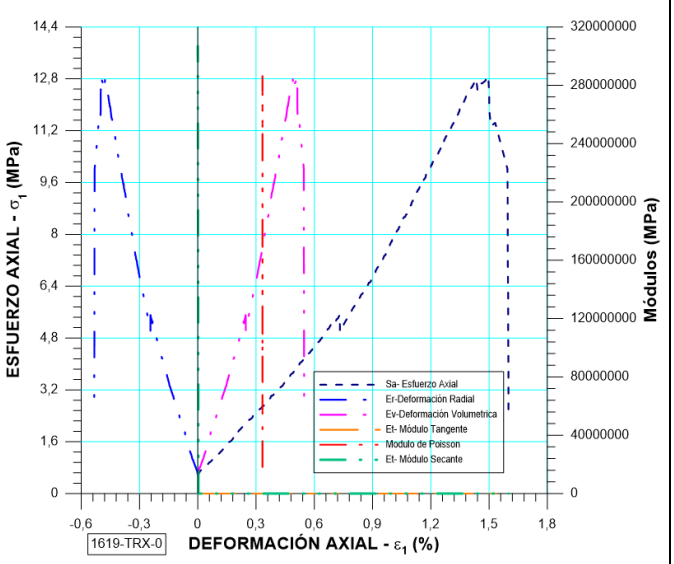
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.492	%
Tiempo Máximo del Ensayo	00:00	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

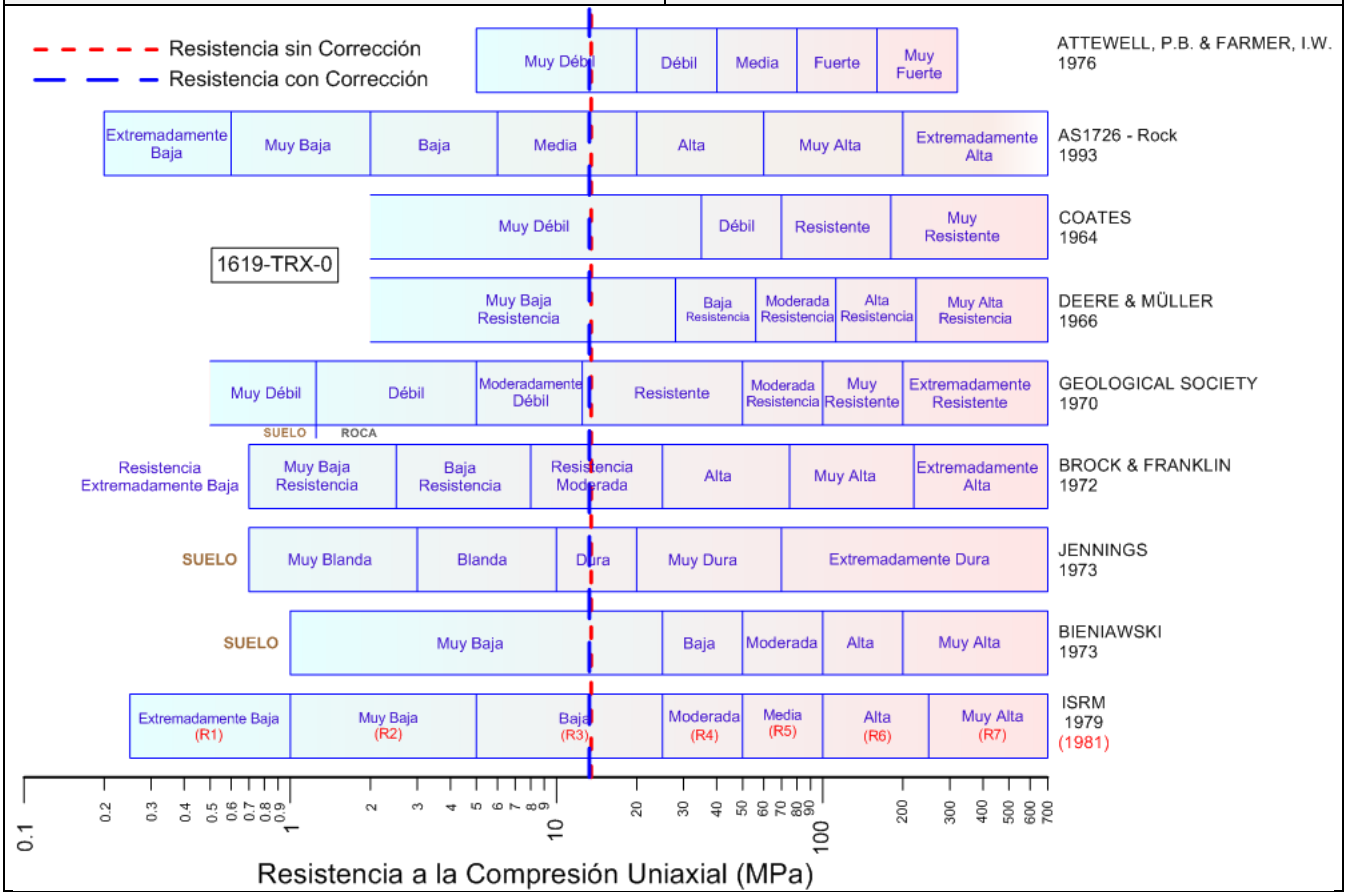
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	90.65	mm
Long medidor deformaciones	90.65	mm
Diámetro	47.4	mm
Área	17.646	cm^2
Volumen	159.961	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**13.5**	**MPa**
t - Tiempo	37.1386	segundo
εa – Deformación Axial	1.492	%
εr – Deformación Radial	-0.497	%
εv – Deformación Volumétrica	0.51	%
σa – Esfuerzo Axial	12.9	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.3**	**MPa**
t - Tiempo	**37.3737**	segundo
εa – Deformación Axial	1.641	%
εr – Deformación Radial	-0.457	%
εv – Deformación Volumétrica	0.562	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.3	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	670.37	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	809.73	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Baja - (R3)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1619**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**13.42**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**13.29**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**687.82**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1620**

NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1620-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Carbón	
Formación		
Profundidad	222	m
Altura	91.50	mm
Longitud medidor de deformación	91.50	mm
Diámetro	47.40	mm
Área	17.646	cm^2
Volumen	161.461	cm^3
Peso	195.20	gr
Densidad	1.20896	Ton/m^3
L/D	1.90	-
σ3 (calculado)	80.516736	MPa
Registros capturados durante el ensayo	182	Registros



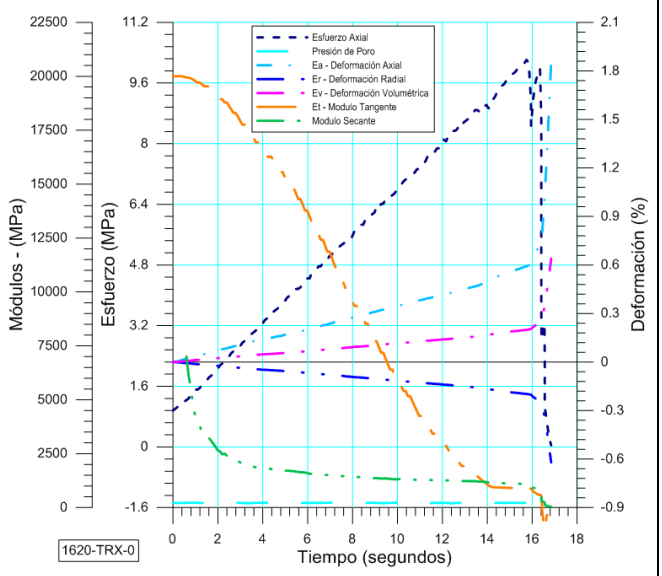
Condición inicial del espécimen

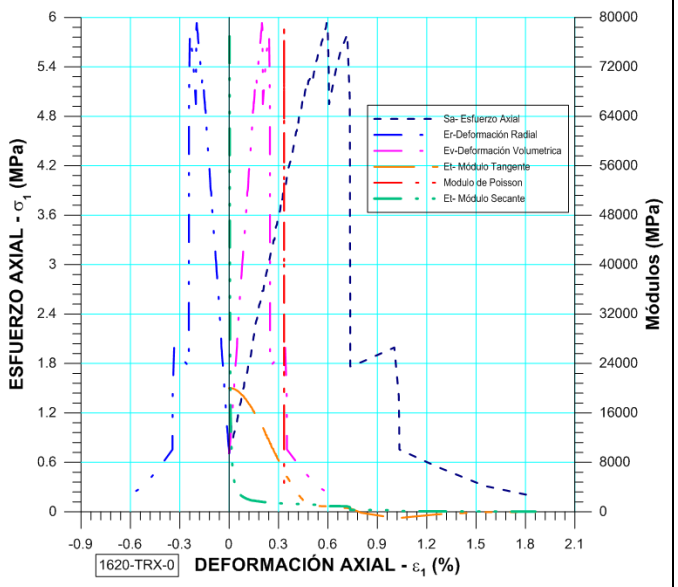
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	0.597	%
Tiempo Máximo del Ensayo	00:00	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

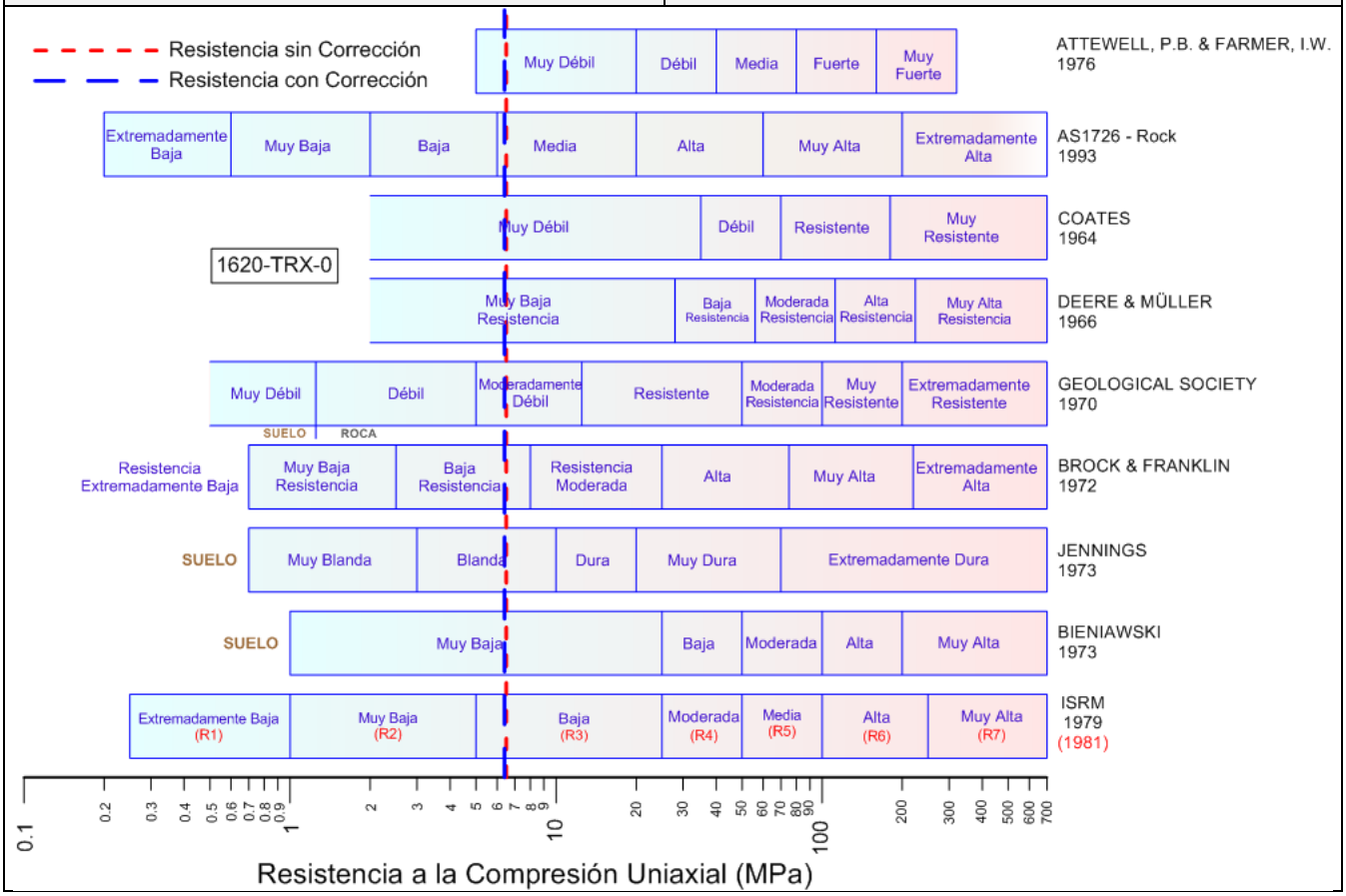
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	91.50	mm
Long medidor deformaciones	91.50	mm
Diámetro	47.40	mm
Área	17.646	cm^2
Volumen	161.461	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**6.5**	**MPa**
t - Tiempo	15.8048	segundo
εa – Deformación Axial	0.597	%
εr – Deformación Radial	-0.199	%
εv – Deformación Volumétrica	0.201	%
σa – Esfuerzo Axial	6	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.8**	**MPa**
t - Tiempo	**16.891**	segundo
εa – Deformación Axial	2.063	%
εr – Deformación Radial	-0.688	%
εv – Deformación Volumétrica	0.711	%
σa – Esfuerzo Axial	0.20	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	10192.67	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	1431.03	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Baja - (R3)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	**LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS** **ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO** **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1620**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**6.46**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**6.40**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**10426.63**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1621-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1621-1-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Limolitas	
Formación		
Profundidad	226.3	m
Altura	87.10	mm
Longitud medidor de deformación	87.10	mm
Diámetro	47.15	mm
Área	17.46	cm^2
Volumen	152.08	cm^3
Peso	415	gr
Densidad	2.72883	Ton/m^3
L/D	1.80	-
σ3 (calculado)	185.2602687	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1671	Registros



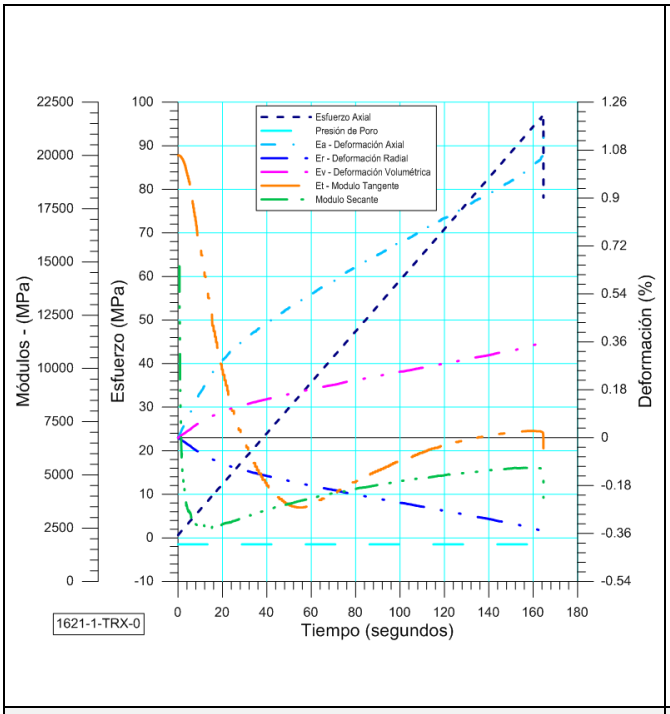
Condición inicial del espécimen

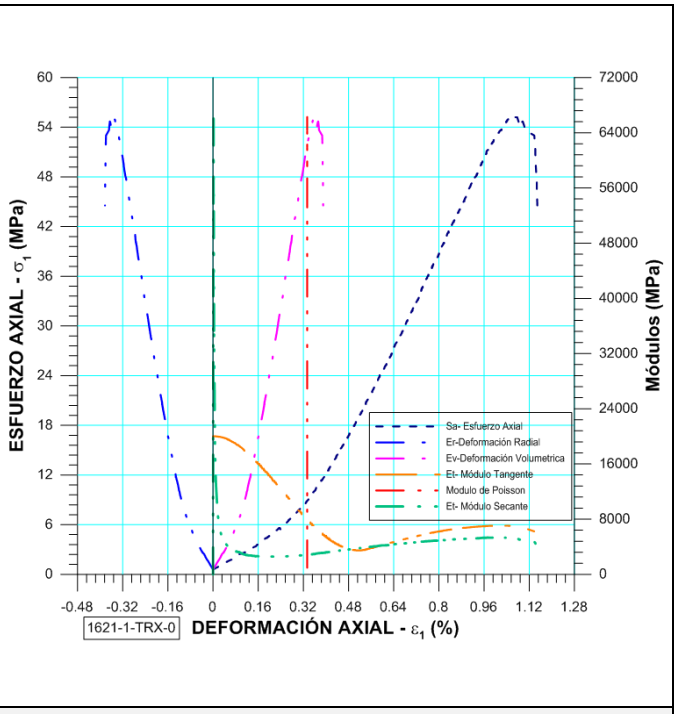
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.079	%
Tiempo Máximo del Ensayo	02:44	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

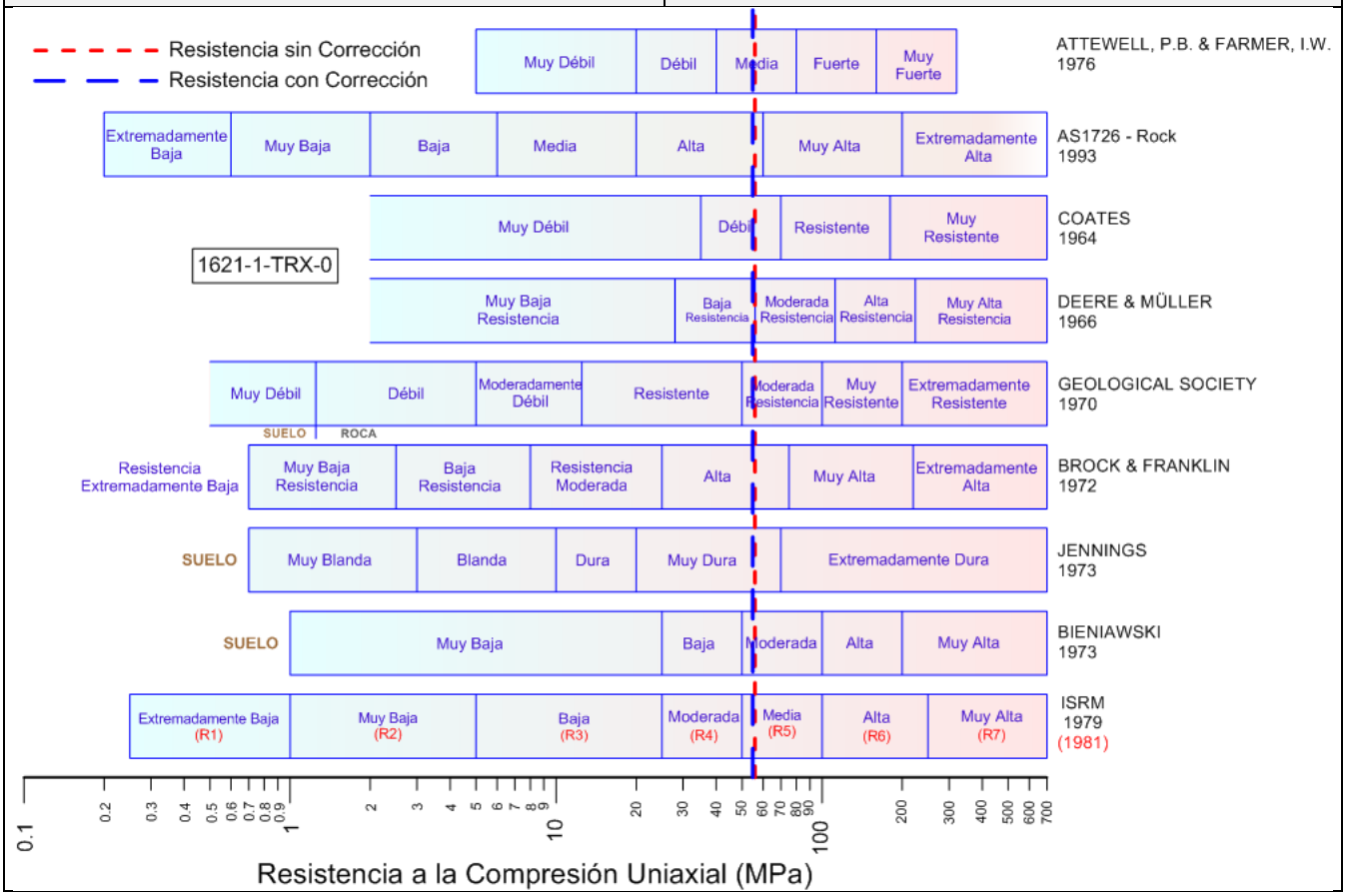
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	87.10	mm
Long medidor deformaciones	87.10	mm
Diámetro	47.15	mm
Área	17.46	cm^2
Volumen	15.08	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**55.90**	**MPa**
t - Tiempo	164.492	segundo
εa – Deformación Axial	1.079	%
εr – Deformación Radial	-0.36	%
εv – Deformación Volumétrica	0.366	%
σa – Esfuerzo Axial	55.30	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.30**	**MPa**
t - Tiempo	**164.641**	segundo
εa – Deformación Axial	1.337	%
εr – Deformación Radial	-0.446	%
εv – Deformación Volumétrica	0.456	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.20	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	4774.04	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	4402.13	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**55.42**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**54.84**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**4952.93**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

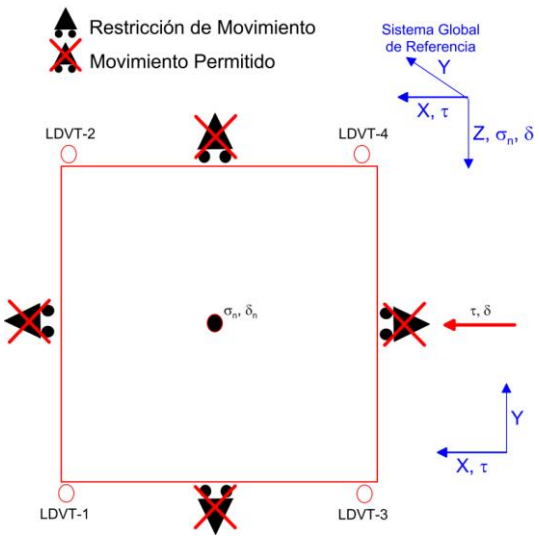
ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO – ESTÁTICO (CNL) *GUASARE – FOSA NORTE*			RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 7**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	12-08-2015	**Espécimen:1621-2_DSH**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**Suggested Methods For Determining Shear Strength (2014)**
	ASTM	**D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force**

DATOS GENERALES			
Equipo	**GCTS - RDS-500**		
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**		
Proyecto	**Caracterización la Fosa Norte - Guasare**		
Espécimen	**1621-2_DSH**		
Origen del Espécimen	**Suministrado por el cliente**		
Perforación	**PHG028R**		
Coordenadas de la muestra			
Muestra	**MGM-09**		
Profundidad	**226.30**	**m**	
Clasificación Geológica del Espécimen	**Limolitas**		
Formación Geológica			
Tipo de Roca	Media		
Inclinación de la Discontinuidad	-	Referido al eje vertical de la caja	
Tipo de Espécimen	Cilíndrica	Altura	72.05 mm
		Diámetro	-42.85 mm
		Angulo de inclinación con la vertical: 0º	
Dirección de Esfuerzo de Corte	indicada		
Eje Mayor	-	mm	
Área Inicial	14.42	cm^2	
Grados de libertad de la Caja de Corte	**Todos**		



GRADOS DE LIBERTAD DEL ENSAYO

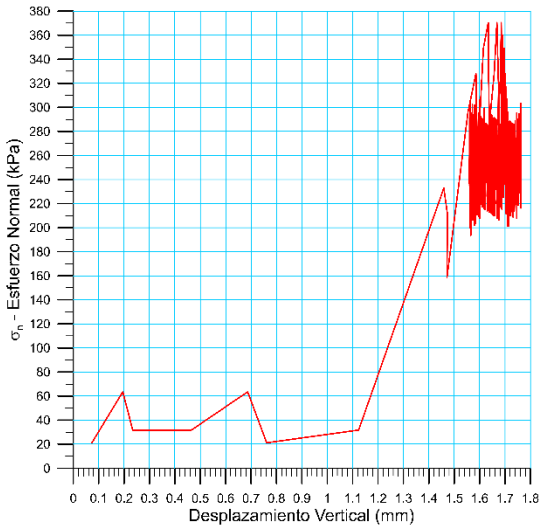
PROGRAMA DE CARGA

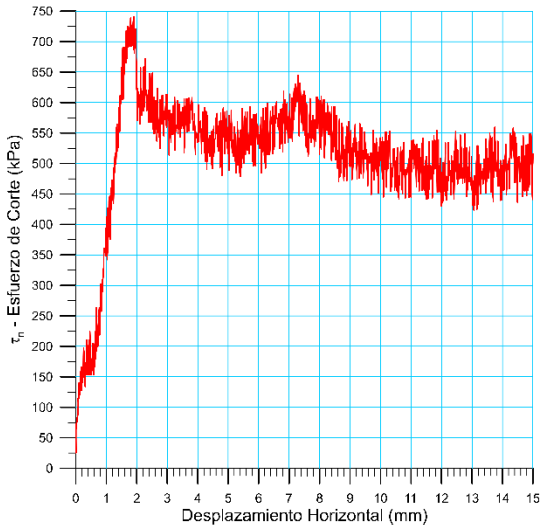
Etapa 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL σ_n			**Etapa 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE τ_n**		
Actuador de Corte			**Actuador de Corte**		
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte		Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte	
Modo	Constante		Modo	Incremental	
Valor Constante	0.00 mm		Valor Inicial	0	mm
Actuador Normal			Velocidad de Desplazamiento	2	mm/minuto
Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal		Valor Final	15	mm
Modo	Incremental		**Actuador Normal**		
Valor Inicial	0	kPa	Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal	
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados	kPa/segundo	Modo	Constante	
Valor Final		kPa	Valor Constante	Relativo	
Adquisición de Datos			**Adquisición de Datos**		
Incrementos de Tiempo	1	segundo	Incrementos de Tiempo	1	segundo
Nivel de Cruce	Seleccionado		Nivel de Cruce	Seleccionado	
Picos/valles	Seleccionado		Picos/valles	Seleccionado	
Entrada Maestra	AI-2: σ_n – Deslazamiento del actuador normal		Entrada Maestra	AI-4:Desplazamiento de corte	
Sensibilidad	10	pfs	Sensibilidad	0.05	mm
Tiempo Máximo de Ejecución	1	minuto	**Tiempo Máximo de Ejecución**	-	minutos
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección		**Corrección del área para la Deformación por Corte**		con corrección

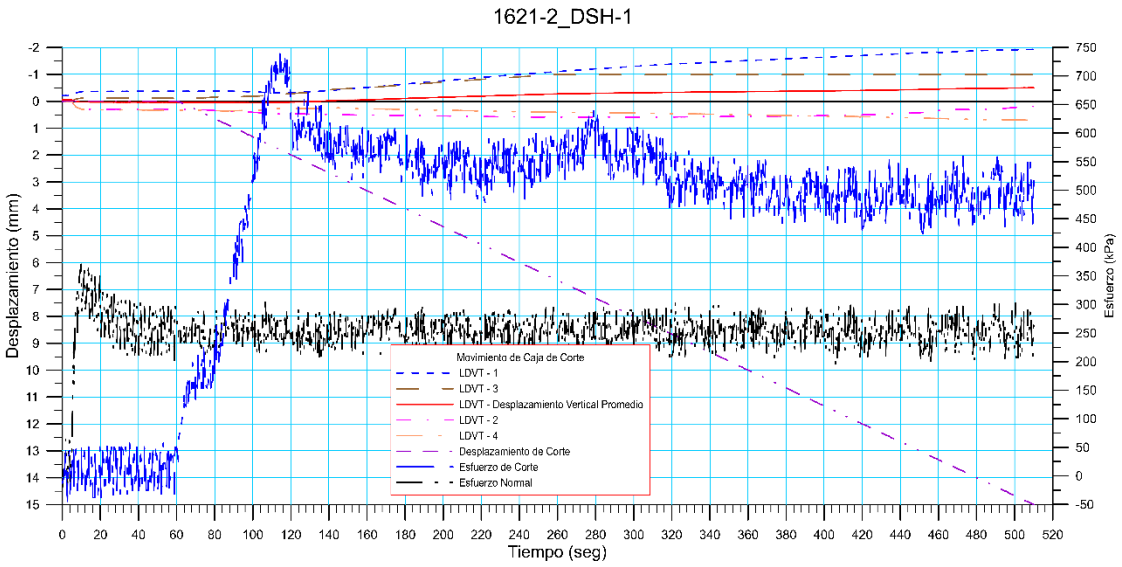
Resultados

Punto 1	**Velocidad de Carga – σ_n** 25 kPa/segundo	**Valor Final – σ_n** 250	kPa

VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	63.56	19.07	**772.02**	**541.10**	kPa
Tiempo	0.0093	60.00	**116.02**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0031	0.00	**1.84**	**15.00**	mm
Deformación Normal	-0.0507	0.003	**0.04**	**-0.50**	mm
σ - Esfuerzo Normal	42.3313	264.57	**283.24**	**291.08**	kPa
Mediciones				1426	puntos

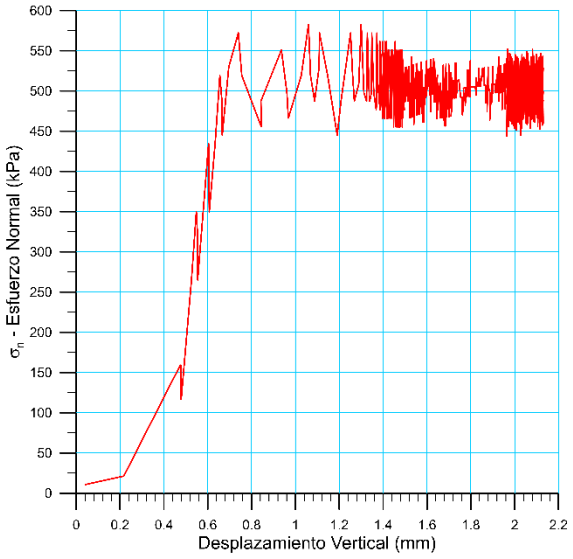


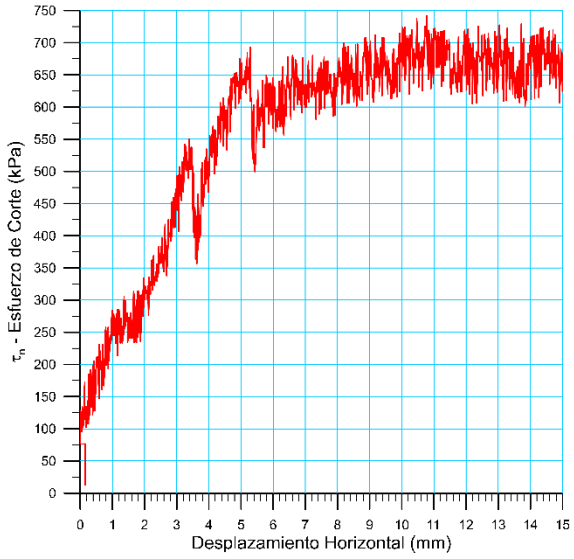


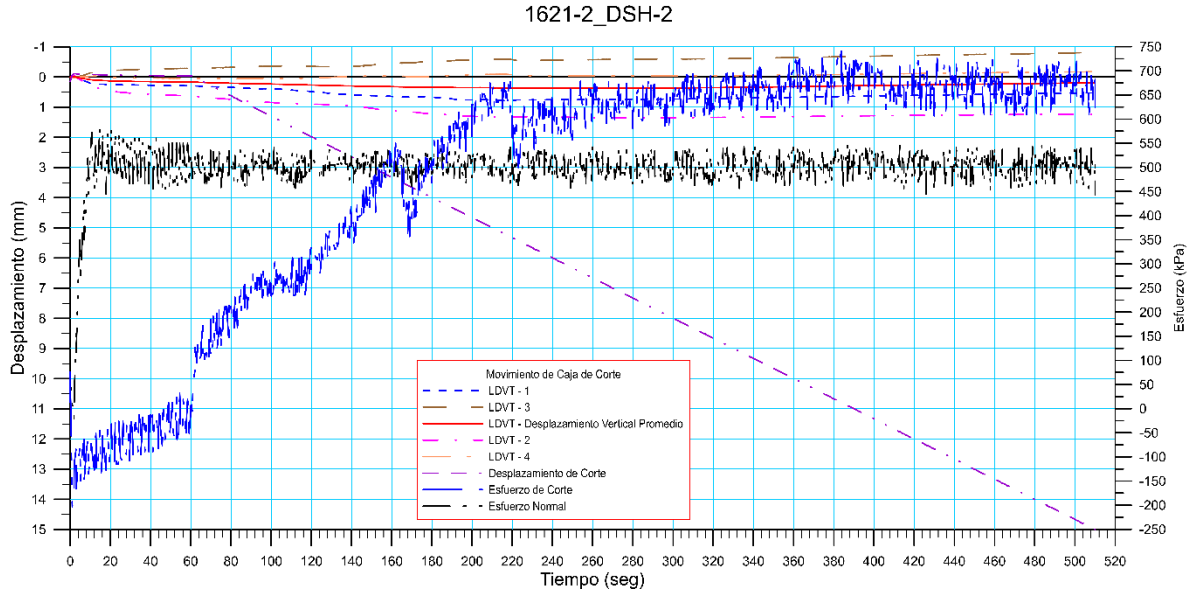


Punto 2	**Velocidad de Carga – σ_n** **50** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **500**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	101.95	-6.36	**750.41**	**666.01**	kPa
Tiempo	0.0523	60.00	**370.37**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.1670	-0.04	**10.34**	**15.00**	mm
Deformación Normal	0.0023	0.17	**0.31**	**0.19**	mm
σ - Esfuerzo Normal	42.4391	508.29	**517.46**	**512.89**	kPa
Mediciones				1417	puntos

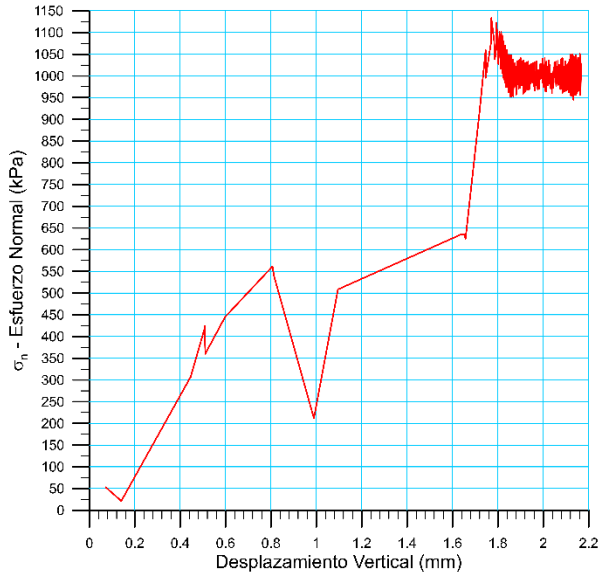


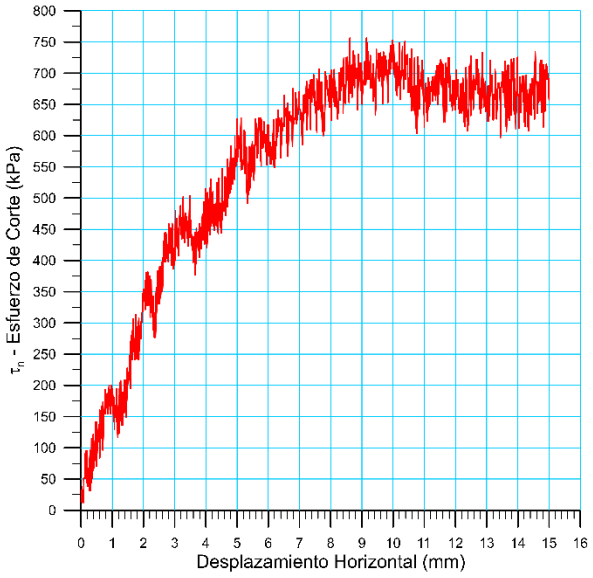


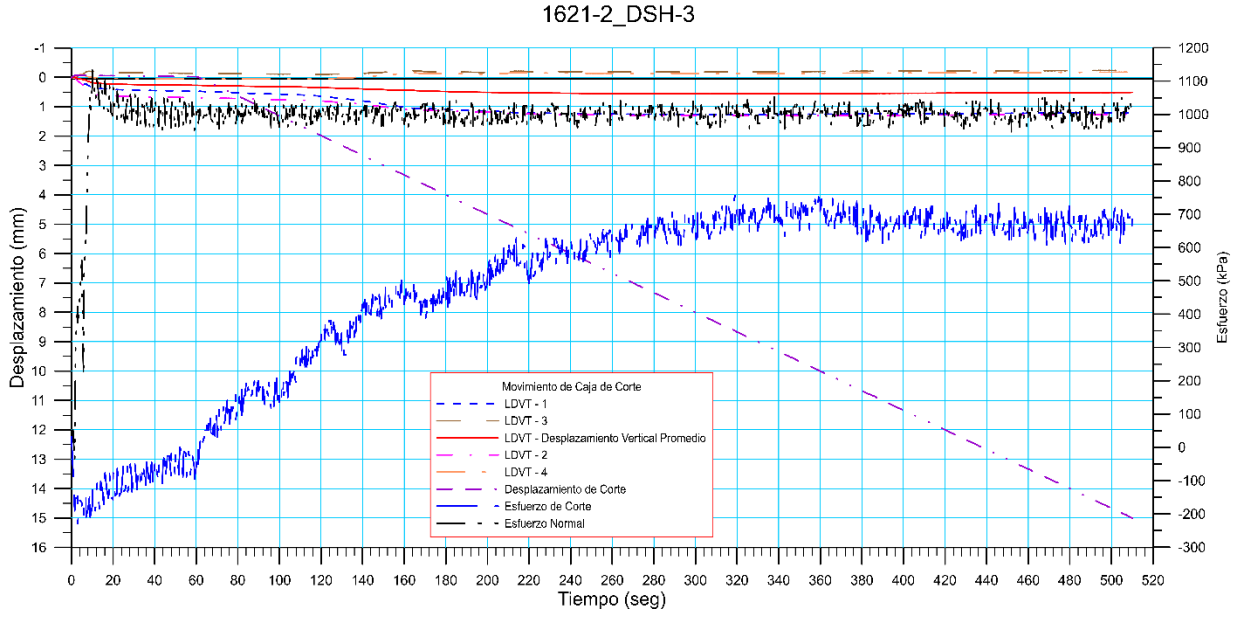


Punto 3	**Velocidad de Carga – σ_n** **100** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **1000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	38.14	-44.50	**770.76**	**657.76**	kPa
Tiempo	0.0147	60.00	**365.31**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0109	-0.02	**10.18**	**15.00**	mm
Deformación Normal	0.0017	0.27	**0.55**	**0.51**	mm
σ - Esfuerzo Normal	21.1682	1026.84	**1044.31**	**984.30**	kPa
Mediciones				1406	puntos

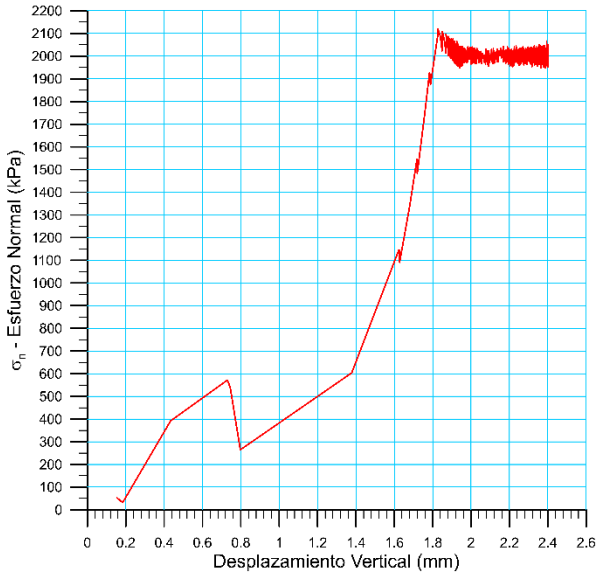


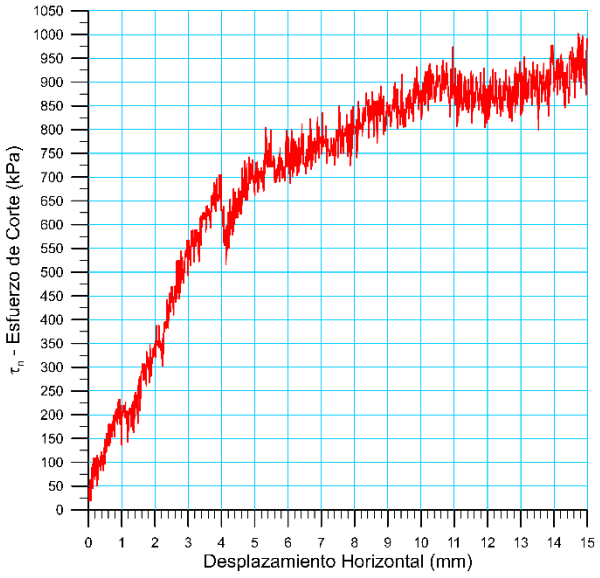


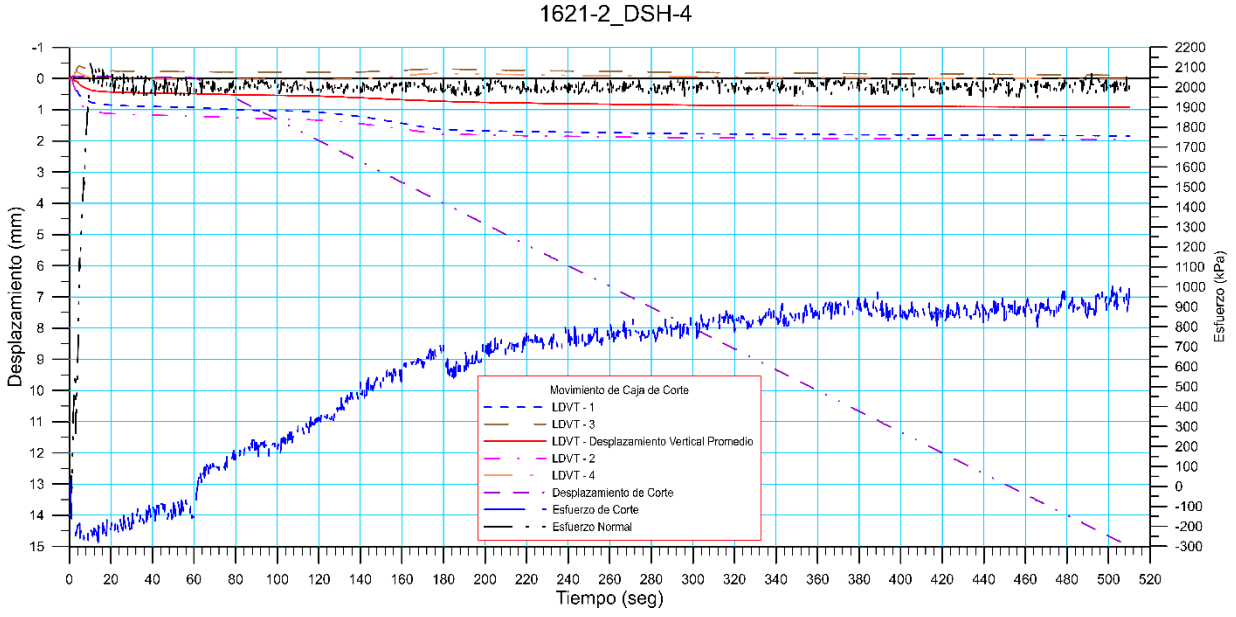


Punto 4	**Velocidad de Carga – σ_n** **200** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **2000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	50.86	-146.23	1040.37	**982.11**	kPa
Tiempo	0.0010	60.00	509.98	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0140	-0.02	14.99	**14.99**	mm
Deformación Normal	0.0048	0.48	0.93	**0.92**	mm
σ - Esfuerzo Normal	1976.67	1979.67	2037.17	**1995.59**	kPa
Mediciones				1418	puntos

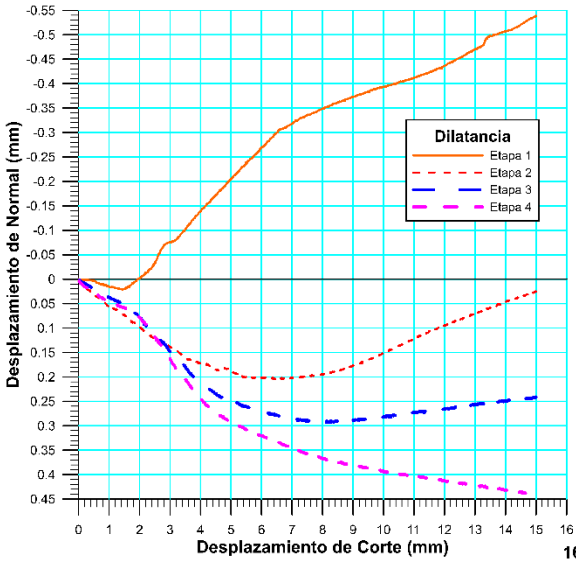


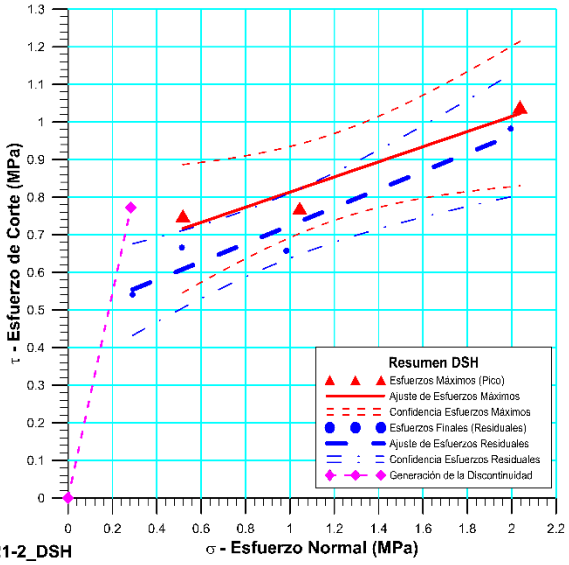




Cuadro Resumen de los Resultados

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	σ_n (MPa)	τ (MPa)	σ_n (MPa)	τ (MPa)
1	0.28324	0.77202	0.29108	0.54110
2	0.51746	0.75041	0.51289	0.66601
3	1.04431	0.77076	0.98430	0.65776
4	2.03717	1.04037	1.99559	0.98211





1621-2_DSH

Resultados de las curvas de ajuste del punto 2 al punto 4 (DISCONTINUIDAD)		
VARIABLE	**Máximo (Pico)**	**Mínimo (Residual)**
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	τ = tan(11.38) * σ + 0.61	τ = tan(13.51) * σ + 0.48
Cohesión (c) (MPa)	0.61	0.48
Ángulo de Fricción (ϕ), (grados)	11.38	13.51
Número de puntos	4	4
Promedio Esfuerzo Normal (σ_n) - (MPa)	1.20	0.95
Promedio Esfuerzo de Corte (τ)- (MPa)	0.83	0.71
Suma de los residuos cuadrados	0.01	0.01
Regresión Suma de los residuos cuadrados	0.05	0.10
Coeficiente de Determinación (R^2)	0.84	0.93

OBSERVACIONES	
	INICIAL
FINAL – CAJA INFERIOR	FINAL – CAJA SUPERIOR

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	**LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS** **ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO** **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1622-1**

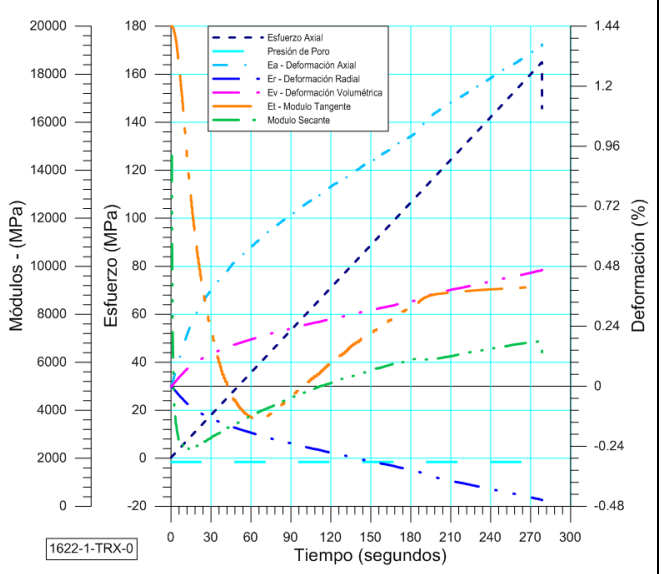
NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

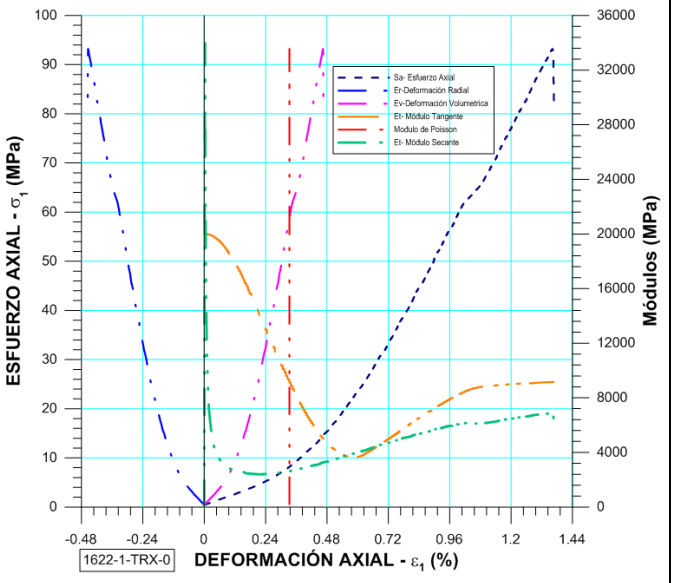
DATOS GENERALES		
Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1622-1-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Arenisca	
Formación		
Profundidad	238.45	m
Altura	100.50	mm
Longitud medidor de deformación	100.50	mm
Diámetro	47.30	mm
Área	17.572	cm^2
Volumen	176.595	cm^3
Peso	442.40	gr
Densidad	2.50517	Ton/m^3
L/D	2.10	-
σ3 (calculado)	179.207336	MPa
Registros capturados durante el ensayo	2808	Registros

Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO		
ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.363	%
Tiempo Máximo del Ensayo	04:38	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

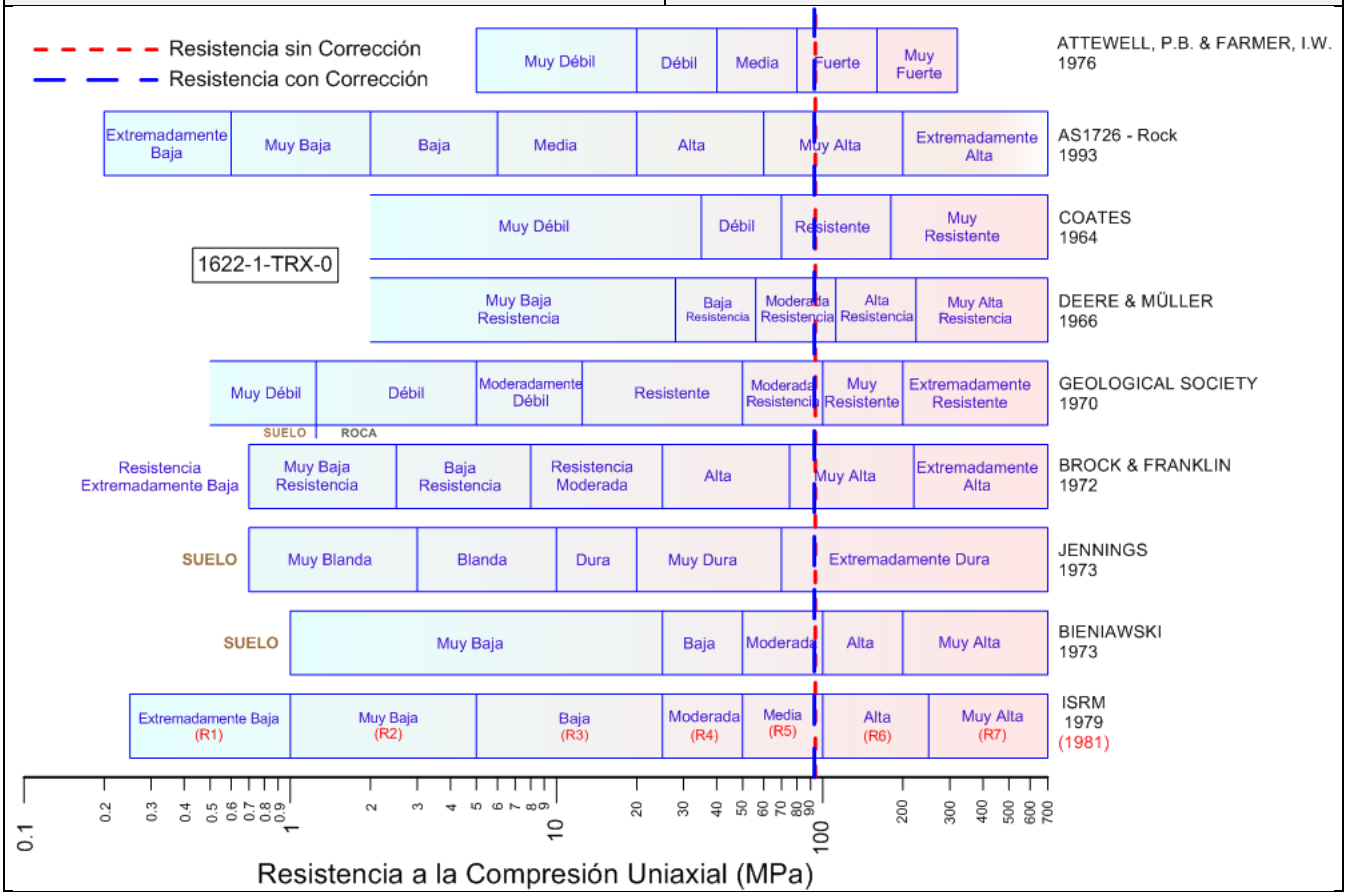
RESULTADOS DEL ENSAYO		
ESPÉCIMEN		
Altura	100.50	mm
Long medidor deformaciones	100.50	mm
Diámetro	47.30	mm
Área	17.572	cm^2
Volumen	176.595	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**93.8**	**MPa**
t - Tiempo	278.513	segundo
εa – Deformación Axial	1.363	%
εr – Deformación Radial	-0.454	%
εv – Deformación Volumétrica	0.465	%
σa – Esfuerzo Axial	93.2	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**24.6**	**MPa**
t - Tiempo	**278.559**	segundo
εa – Deformación Axial	1.434	%
εr – Deformación Radial	-0.478	%
εv – Deformación Volumétrica	0.489	%
σa – Esfuerzo Axial	24.1	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	6829.77	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	5491.67	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		





Desarrollo del ensayo

Resultados del ensayo



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**93.94**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**93.01**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**6770.33**	**MPa**

Observaciones:

Condición final del Espécimen

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

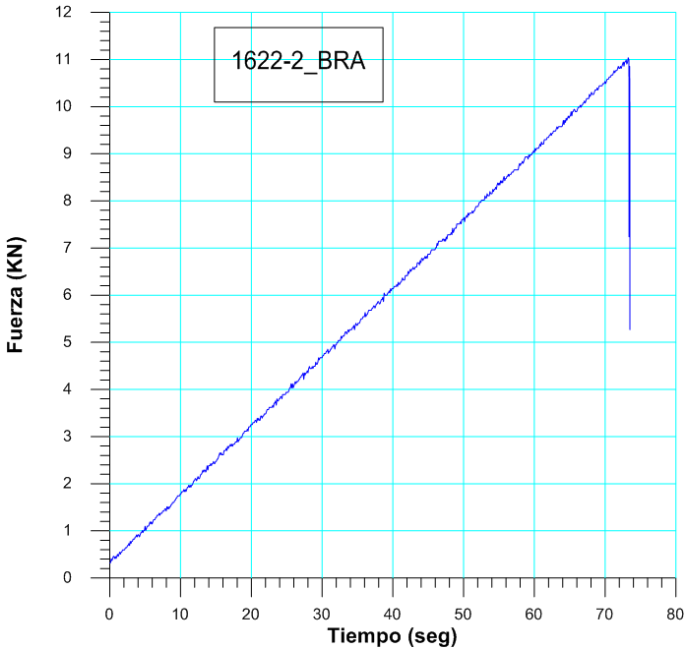
Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1622-2**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1622-2**			
Perforación:	**PHG028R**			
Muestra:	**MGM-10**			
Profundidad:	**238.45 – 238.60**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**ARENISCA**			
Diámetro (D)	23.55	mm		
Espesor	47.30	mm		
Duración:	73.5253	seg	**INICIO**	**FINAL**

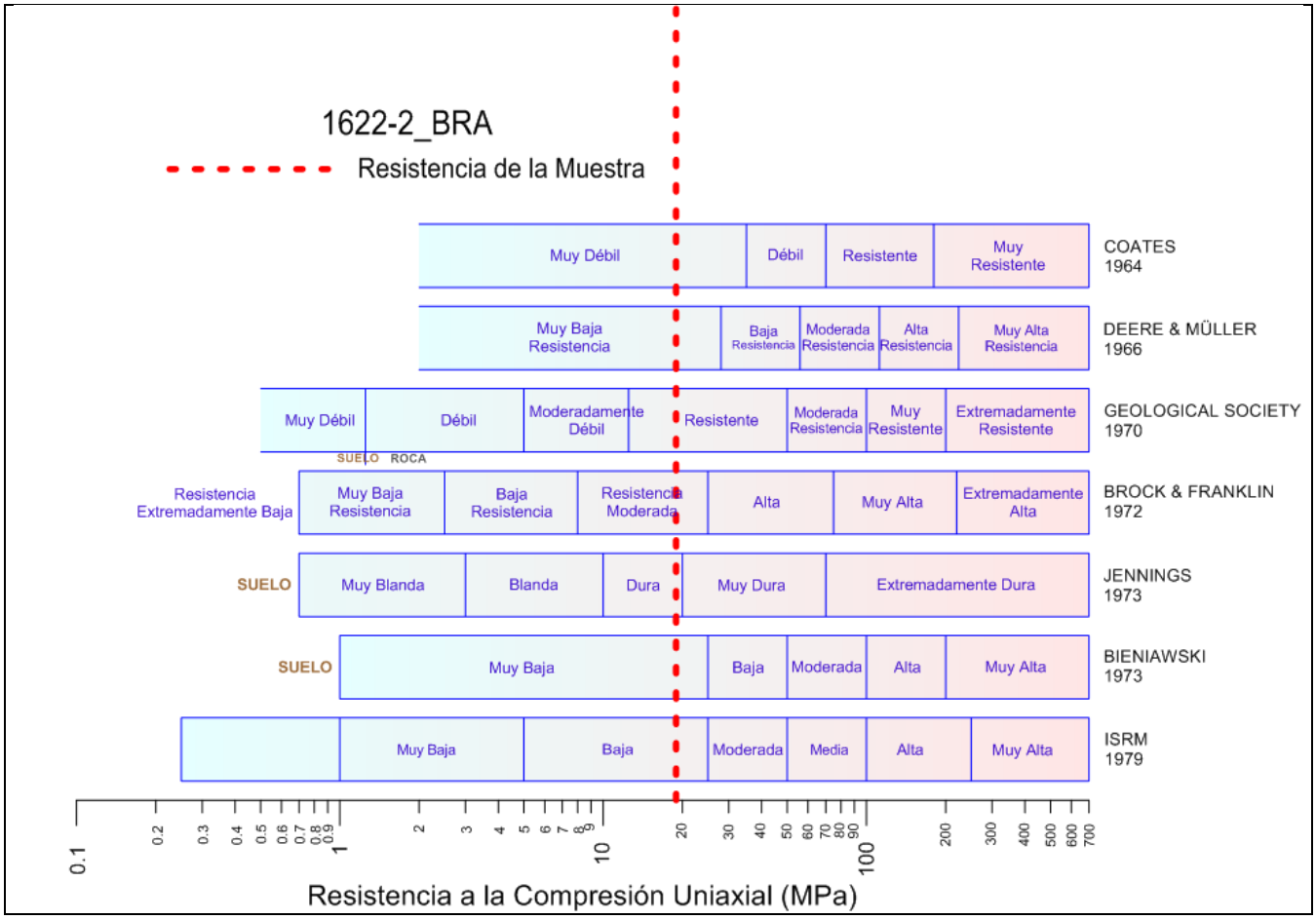
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	-	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg	
Carga Máxima permitida	**90**	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - Ea	**>=**	**1.2%**	
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**	
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**	



.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	

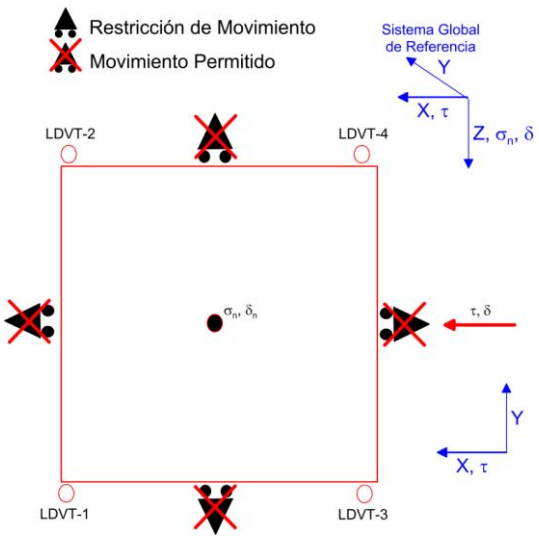
RESULTADOS DEL ENSAYO			**OBSERVACIONES**
Carga Axial Pico	**11.04**	**kN**	
Resistencia a la Tracción	**-6.31**	**MPa**	
Resistencia a la Compresión	**18.93**	**MPa**	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Baja-(R3)**		


1622-2_BRA
Resistencia de la Muestra
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Muy Baja
Baja
Moderada
Media
Alta
Muy Alta
ISRM 1979
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO – ESTÁTICO (CNL) *GUASARE – FOSA NORTE*			RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 7**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	12-08-2015	**Espécimen:1622-3_DSH**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**Suggested Methods For Determining Shear Strength (2014)**
	ASTM	**D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force**

DATOS GENERALES			
Equipo	**GCTS - RDS-500**		
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**		
Proyecto	**Caracterización la Fosa Norte - Guasare**		
Espécimen	**1622-3_DSH**		
Origen del Espécimen	**Suministrado por el cliente**		
Perforación	**PHG028R**		
Coordenadas de la muestra			
Muestra	**MGM-10**		
Profundidad	**238.45**	**m**	
Clasificación Geológica del Espécimen	**Arenisca**		
Formación Geológica			
Tipo de Roca	Media		
Inclinación de la Discontinuidad	-	Referido al eje vertical de la caja	
Tipo de Espécimen	Cilíndrica	Altura	75.40 mm
		Diámetro	47.30 mm
		Angulo de inclinación con la vertical: 0º	
Dirección de Esfuerzo de Corte	indicada		
Eje Mayor	-	mm	
Área Inicial	20.36	cm^2	
Grados de libertad de la Caja de Corte	**Todos**		



GRADOS DE LIBERTAD DEL ENSAYO

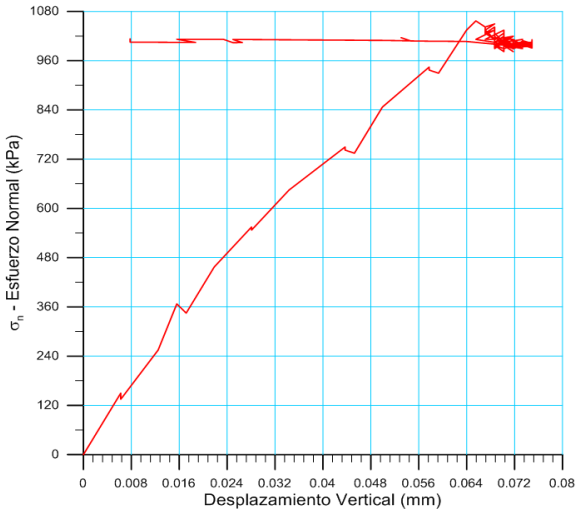
PROGRAMA DE CARGA

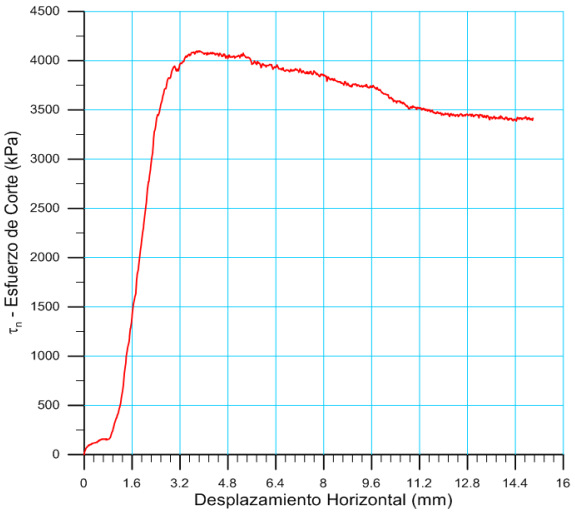
Etapa 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL σ_n			**Etapa 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE τ_n**		
Actuador de Corte			**Actuador de Corte**		
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte		Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte	
Modo	Constante		Modo	Incremental	
Valor Constante	0.00 mm		Valor Inicial	0	mm
Actuador Normal			Velocidad de Desplazamiento	2	mm/minuto
Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal		Valor Final	15	mm
Modo	Incremental		**Actuador Normal**		
Valor Inicial	0	kPa	Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal	
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados	kPa/segundo	Modo	Constante	
Valor Final		kPa	Valor Constante	Relativo	
Adquisición de Datos			**Adquisición de Datos**		
Incrementos de Tiempo	1	segundo	Incrementos de Tiempo	1	segundo
Nivel de Cruce	Seleccionado		Nivel de Cruce	Seleccionado	
Picos/valles	Seleccionado		Picos/valles	Seleccionado	
Entrada Maestra	AI-2: σ_n – Deslazamiento del actuador normal		Entrada Maestra	AI-4:Desplazamiento de corte	
Sensibilidad	10	pfs	Sensibilidad	0.05	mm
Tiempo Máximo de Ejecución	1	minuto	**Tiempo Máximo de Ejecución**	-	minutos
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección		**Corrección del área para la Deformación por Corte**		con corrección

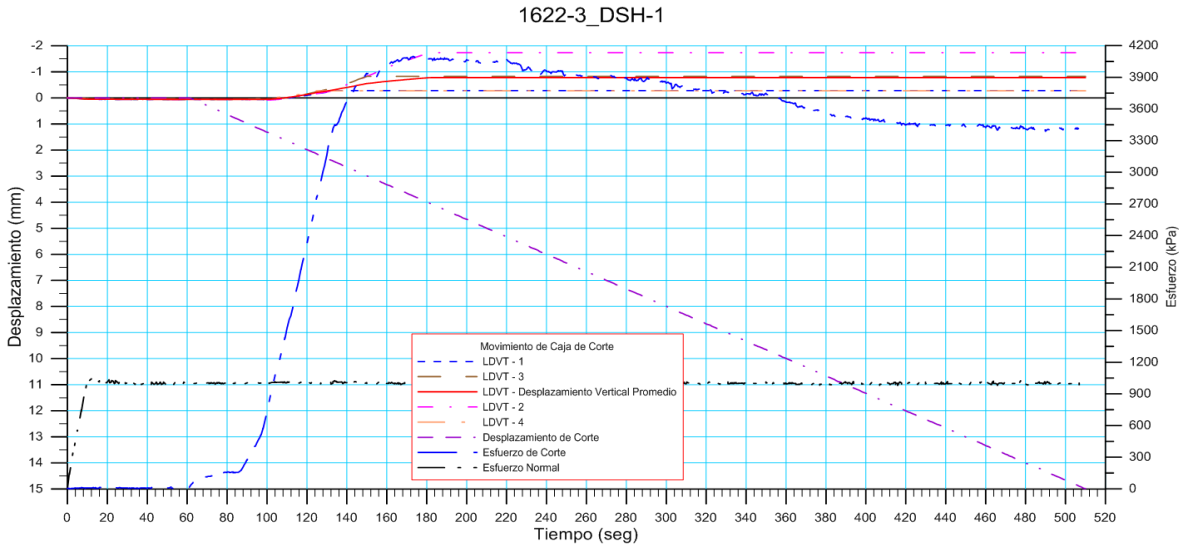
Resultados

Punto 1	**Velocidad de Carga – σ_n** 100 kPa/segundo	**Valor Final – σ_n** 1000	kPa

VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	18.01	9.00	**4106.09**	**3416.45**	kPa
Tiempo	10.4048	60.00	**176.61**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0016	0.00	**3.88**	**14.98**	mm
Deformación Normal	0.0479	0.005	**-0.75**	**-0.78**	mm
σ - Esfuerzo Normal	1042.0125	1011.99	**1004.95**	**1055.22**	kPa
Mediciones				1406	puntos

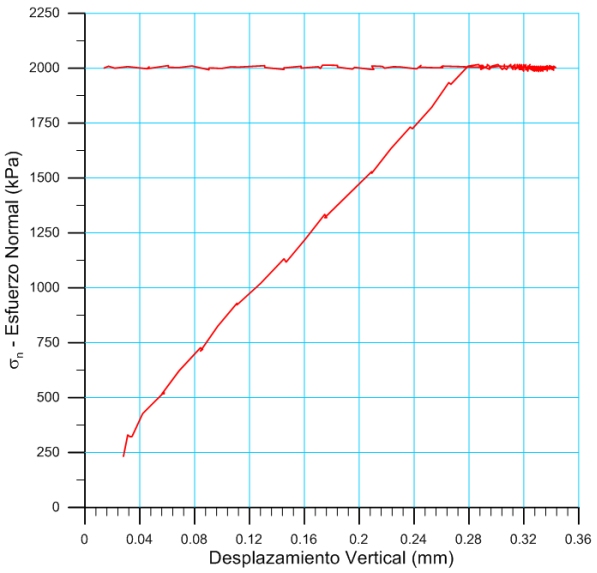


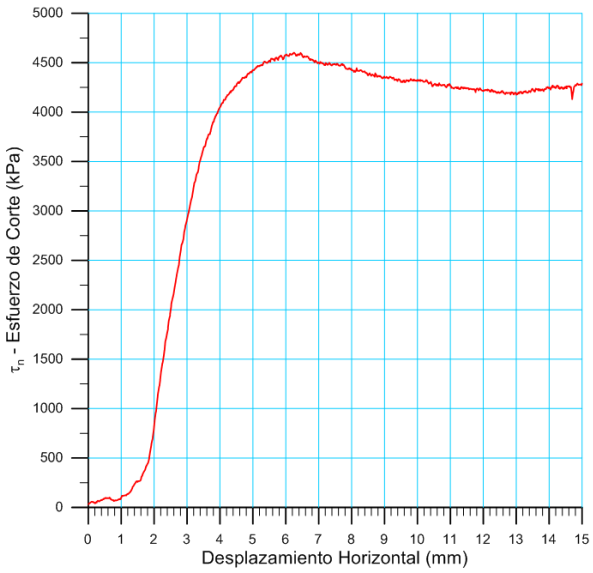


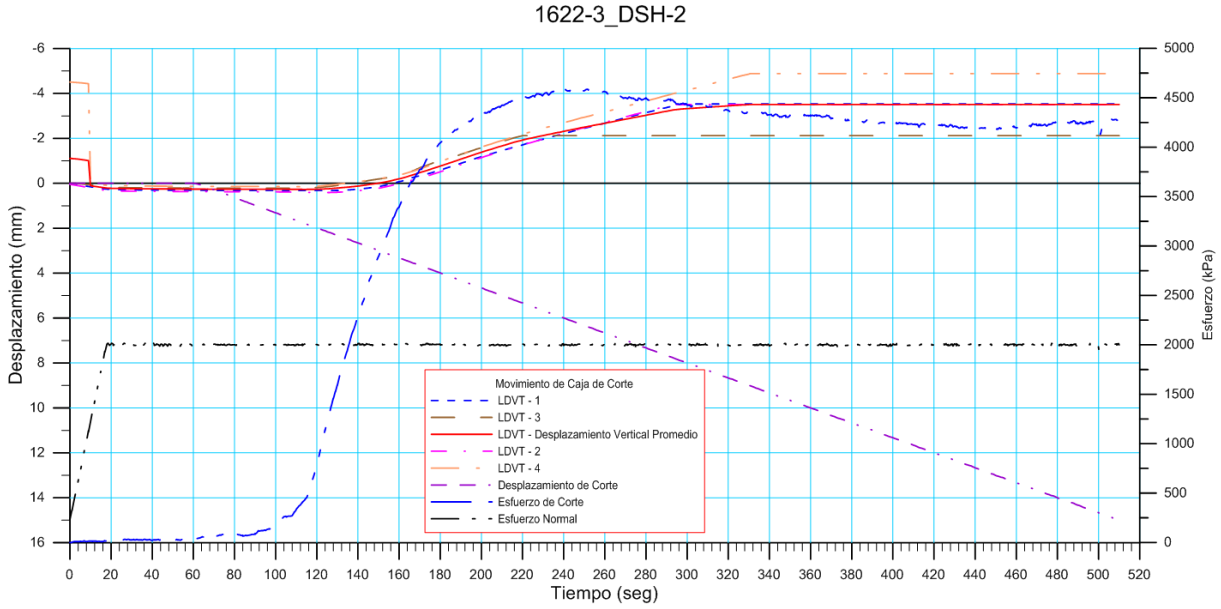


Punto 2	**Velocidad de Carga – σ_n** **100** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **2000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	36.02	27.01	**4612.34**	**4289.08**	kPa
Tiempo	23.4465	60.00	**247.92**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	-0.0031	0.00	**6.25**	**14.99**	mm
Deformación Normal	0.2293	0.26	**-2.47**	**-3.51**	mm
σ - Esfuerzo Normal	2009.1329	2001.56	**2007.64**	**2011.08**	kPa
Mediciones				1407	puntos

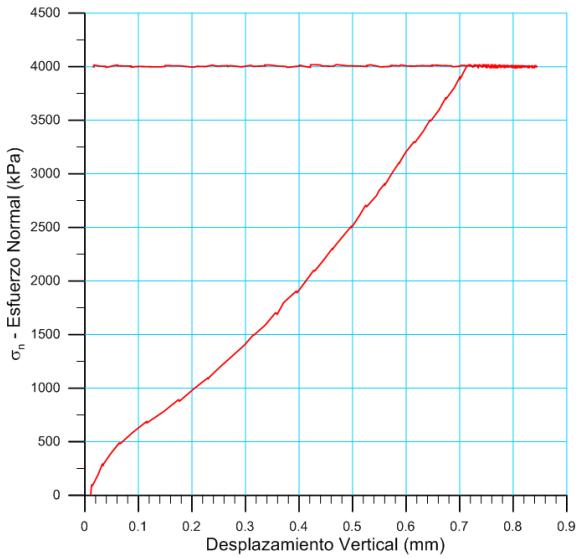


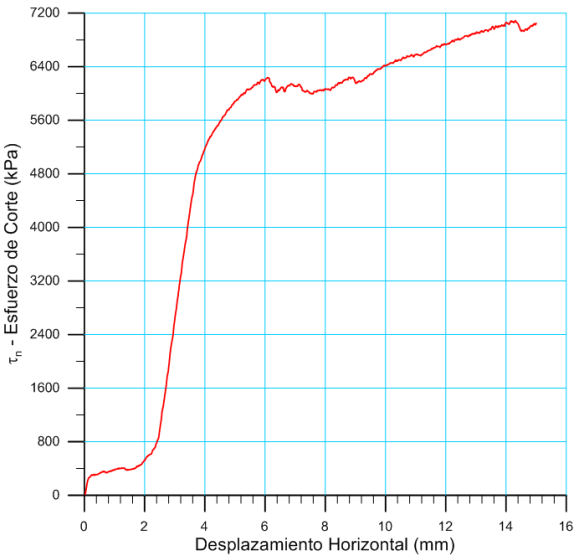


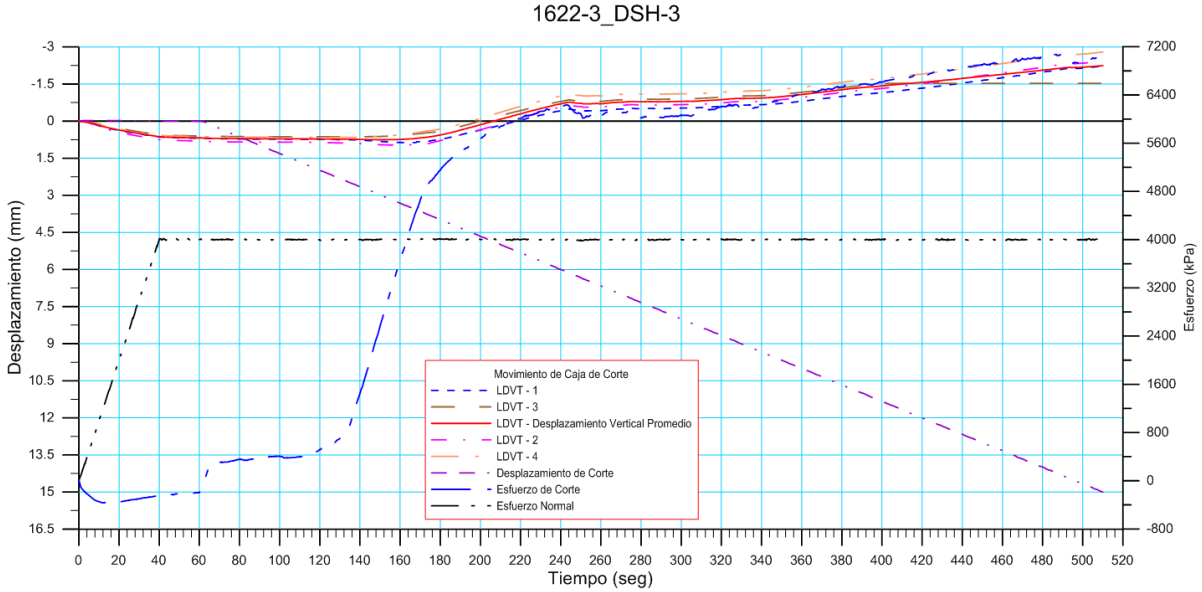


Punto 3	**Velocidad de Carga – σ_n** **100** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **4000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	18.02	-198.11	**7093.93**	**7029.48**	kPa
Tiempo	0.0098	60.00	**489.61**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0218	0.00	**14.31**	**15.00**	mm
Deformación Normal	0.0102	0.68	**-2.15**	**-2.25**	mm
σ - Esfuerzo Normal	-0.5004	3995.92	**4019.17**	**4000.58**	kPa
Mediciones				1423	puntos

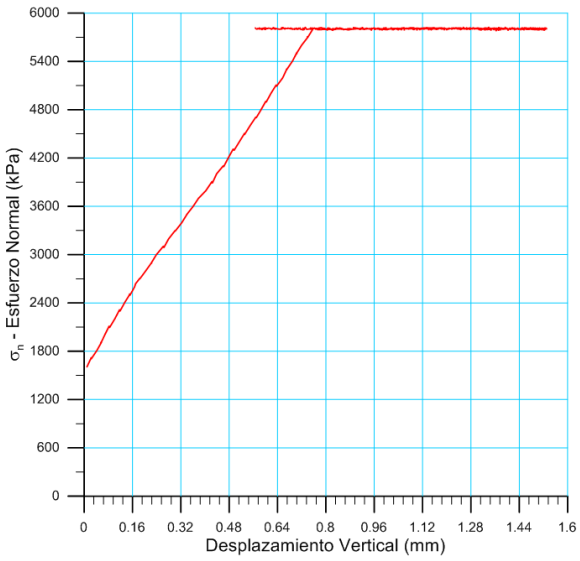


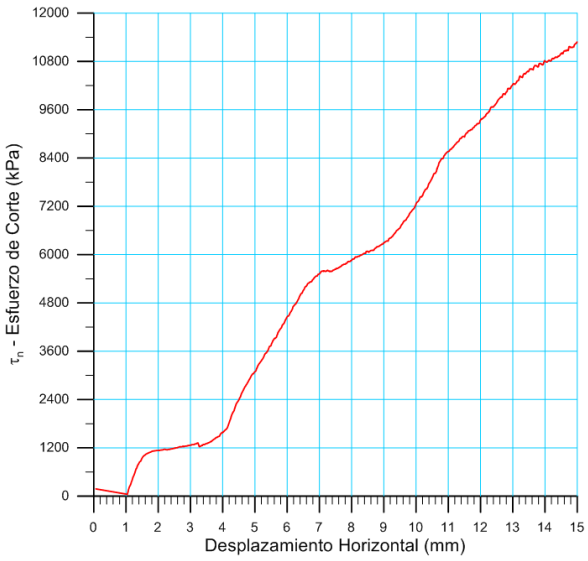


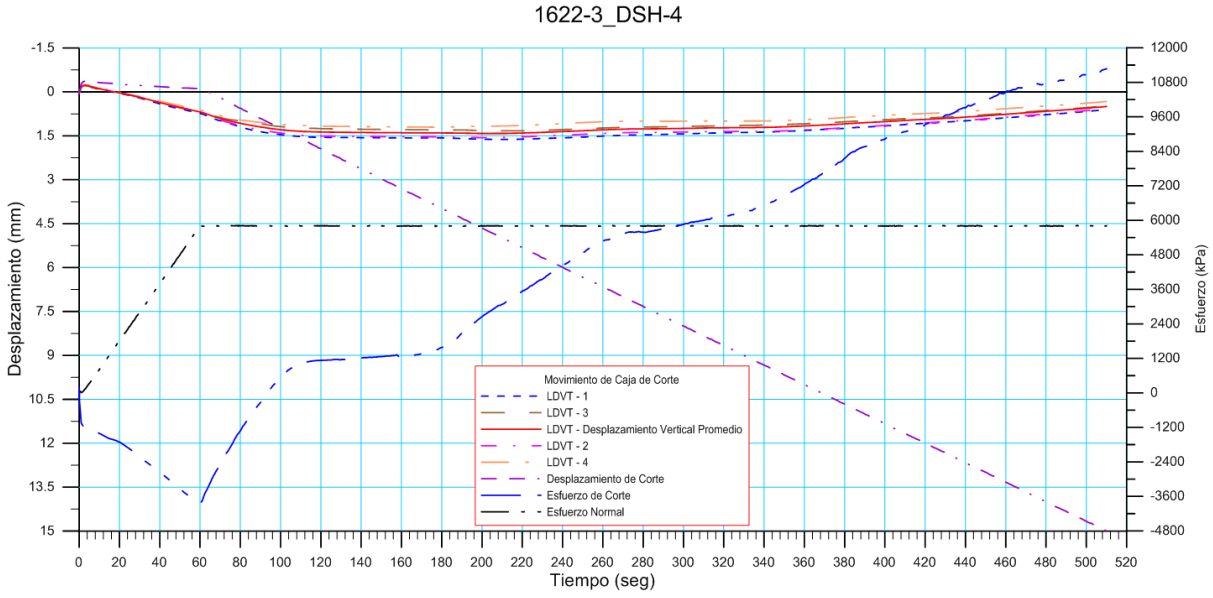


Punto 4	**Velocidad de Carga – σ_n** **100** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **8000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	184.88	-30845.93	11282.00	**11282.00**	kPa
Tiempo	0.0147	60.00	510.00	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0687	-0.11	14.99	**14.99**	mm
Deformación Normal	0.0032	0.69	0.50	**0.50**	mm
σ - Esfuerzo Normal	-187.7055	5794.93	5816.13	**5804.70**	kPa
Mediciones				1426	puntos

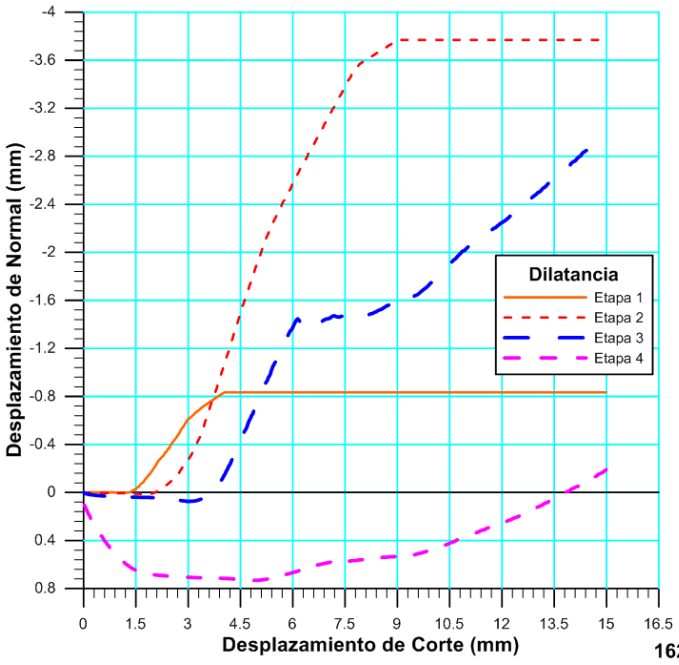


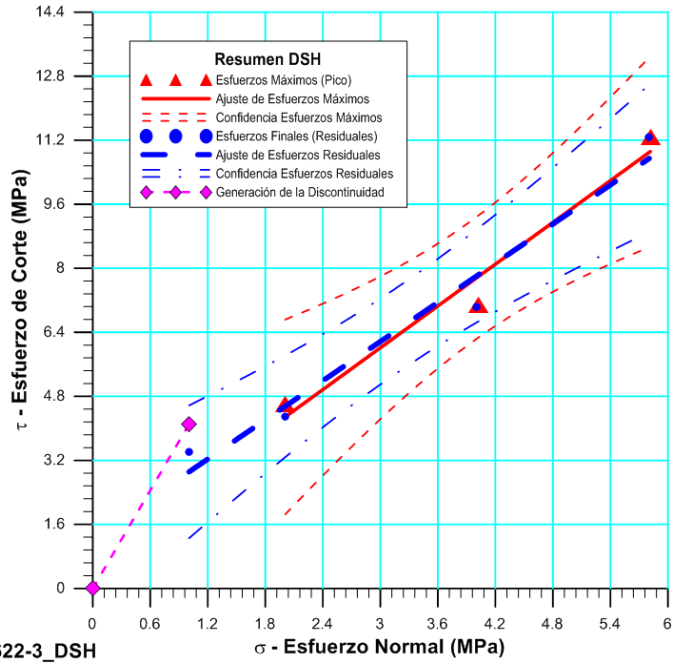




Cuadro Resumen de los Resultados

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	σ_n (MPa)	τ (MPa)	σ_n (MPa)	τ (MPa)
1	1.00495	4.10609	1.00522	3.41645
2	2.00764	4.61234	2.01108	4.28908
3	4.01917	7.09393	4.00058	7.02948
4	5.81613	11.28200	5.80470	11.28200





Resultados de las curvas de ajuste del punto 2 al punto 4 (DISCONTINUIDAD)		
VARIABLE	**Máximo (Pico)**	**Mínimo (Residual)**
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$\tau = \tan(60.13) * \sigma + 0.79$	$\tau = \tan(58.49) * \sigma + 1.28$
Cohesión (c) (MPa)	0.79	1.28
Ángulo de Fricción (ϕ), (grados)	60.13	58.49
Número de puntos	4	4
Promedio Esfuerzo Normal (σ_n) - (MPa)	3.95	3.21
Promedio Esfuerzo de Corte (τ)- (MPa)	6.77	6.50
Suma de los residuos cuadrados	1.69	1.21
Regresión Suma de los residuos cuadrados	30.52	36.34
Coeficiente de Determinación (R^2)	0.95	0.97

OBSERVACIONES	
	INICIAL
FINAL – CAJA INFERIOR	FINAL – CAJA SUPERIOR

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1623-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1623-1-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Arenisca	
Formación		
Profundidad	268.30	m
Altura	96.80	mm
Longitud medidor de deformación	96.80	mm
Diámetro	47.45	mm
Área	17.683	cm^2
Volumen	171.174	cm^3
Peso	415	gr
Densidad	2.42443	Ton/m^3
L/D	2.00	-
σ3 (calculado)	195.1423707	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1336	Registros



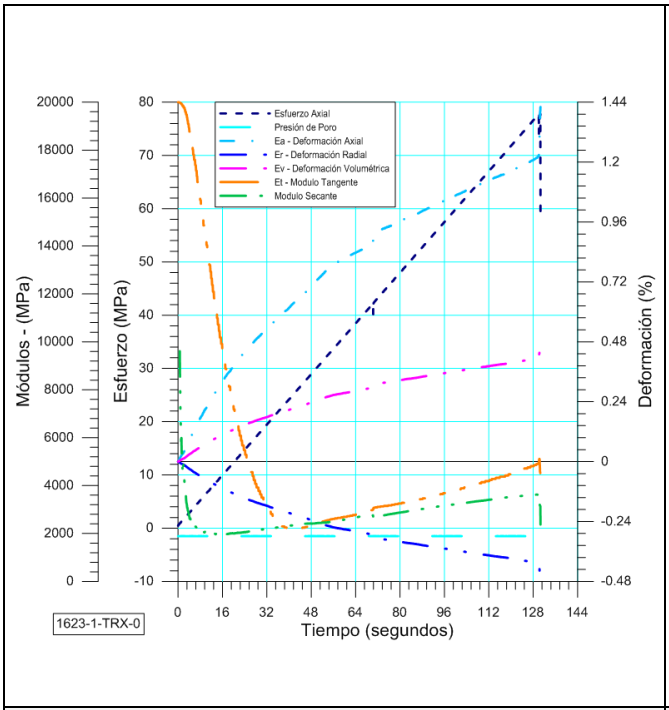
Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

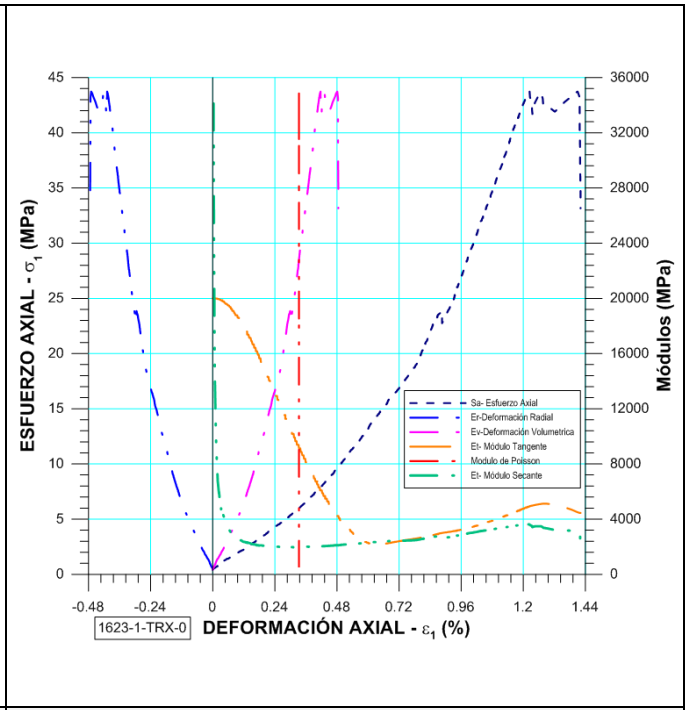
ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.224	%
Tiempo Máximo del Ensayo	02:09	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

RESULTADOS DEL ENSAYO

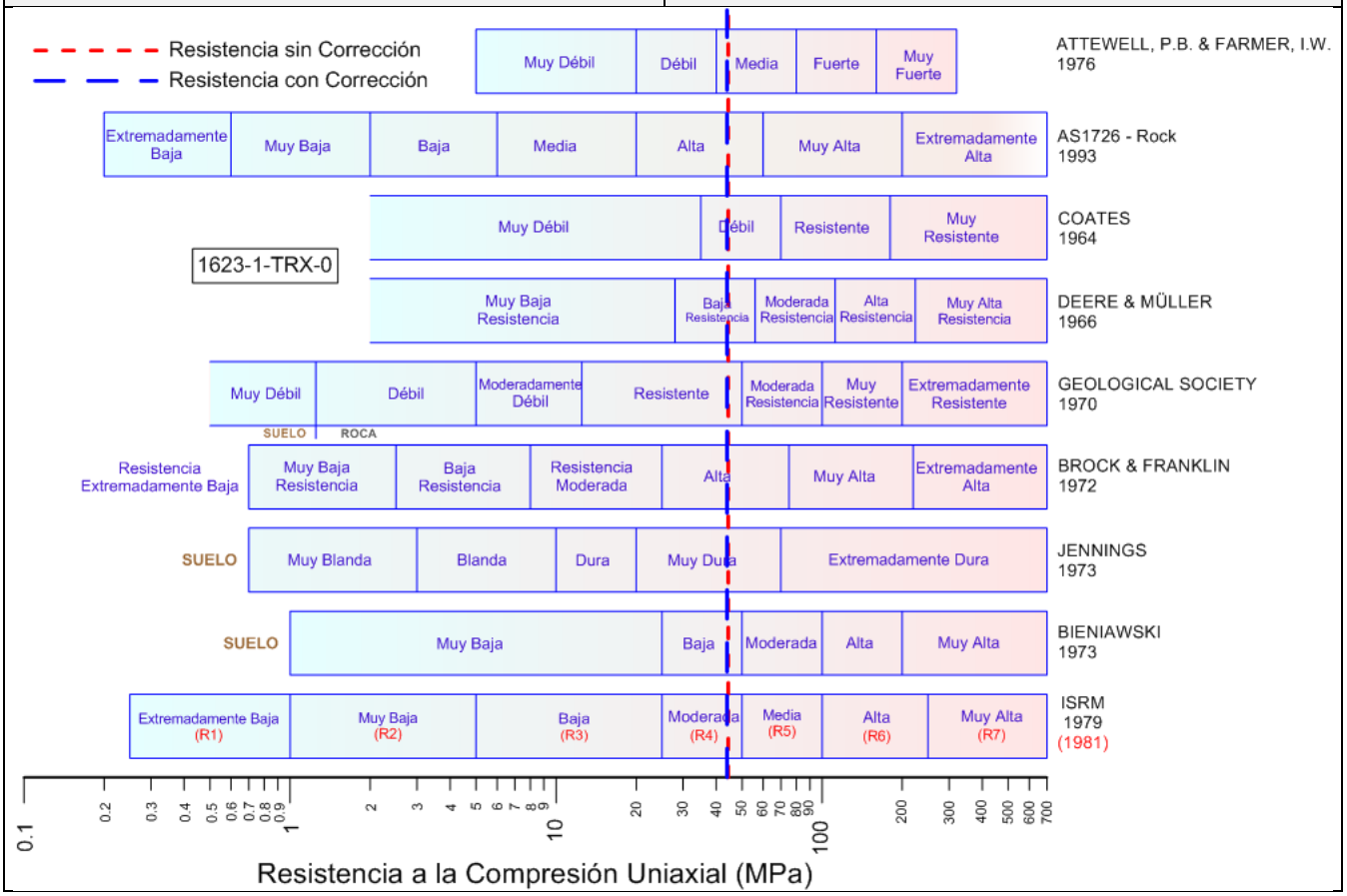
ESPÉCIMEN		
Altura	96.80	mm
Long medidor deformaciones	96.80	mm
Diámetro	47.45	mm
Área	17.683	cm^2
Volumen	171.174	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**44.4**	**MPa**
t - Tiempo	129.934	segundo
εa – Deformación Axial	1.224	%
εr – Deformación Radial	-0.408	%
εv – Deformación Volumétrica	0.416	%
σa – Esfuerzo Axial	43.80	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**22.60**	**MPa**
t - Tiempo	**130.625**	segundo
εa – Deformación Axial	1.463	%
εr – Deformación Radial	-0.488	%
εv – Deformación Volumétrica	0.499	%
σa – Esfuerzo Axial	22.10	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	2796.44	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	2697.65	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Moderada - (R4)		



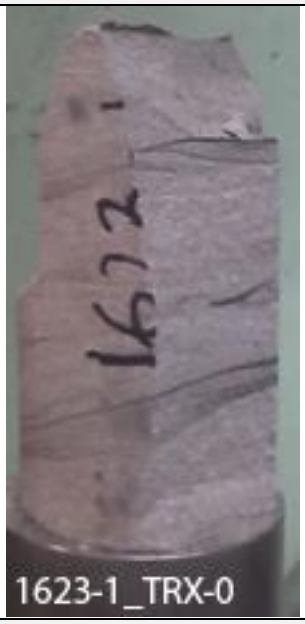
Desarrollo del ensayo



Resultados del ensayo



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**44.33**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**43.92**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**2809.65**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

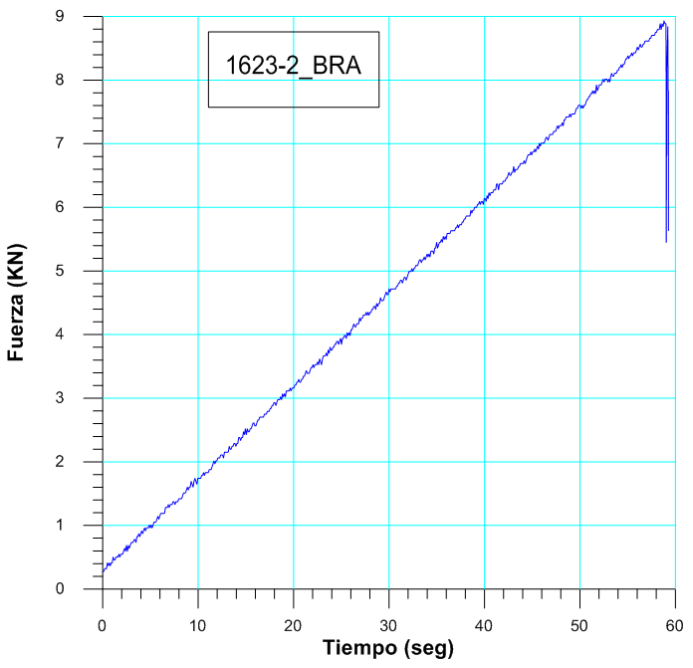
Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE		RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1623-2**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1623-2**			
Perforación:	**PHG028R**			
Muestra:	**MGM-11**			
Profundidad:	**268.30 – 268.45**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**ARENISCA**			
Diámetro (D)	23.60	mm		
Espesor	47.20	mm		
Duración:	59.2997	seg	**INICIO**	**FINAL**

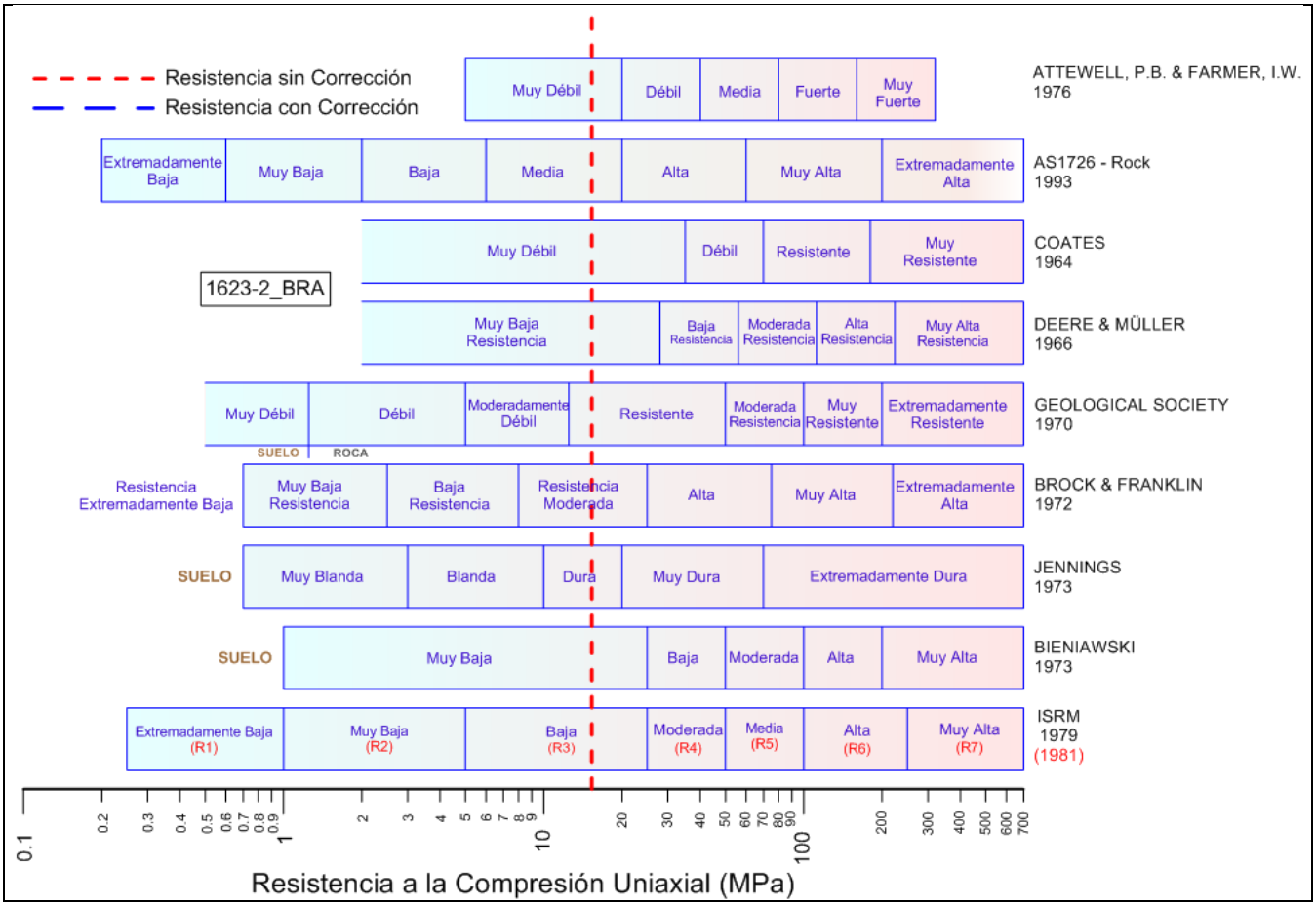
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	-	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg	
Carga Máxima permitida	**90**	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - Ea	**>=**	**1.2%**	
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**	
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**	



.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1 seg**	
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	

RESULTADOS DEL ENSAYO			**OBSERVACIONES**
Carga Axial Pico	**8.93**	**kN**	
Resistencia a la Tracción	**-5.10**	**MPa**	
Resistencia a la Compresión	**15.32**	**MPa**	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Baja-(R3)**		

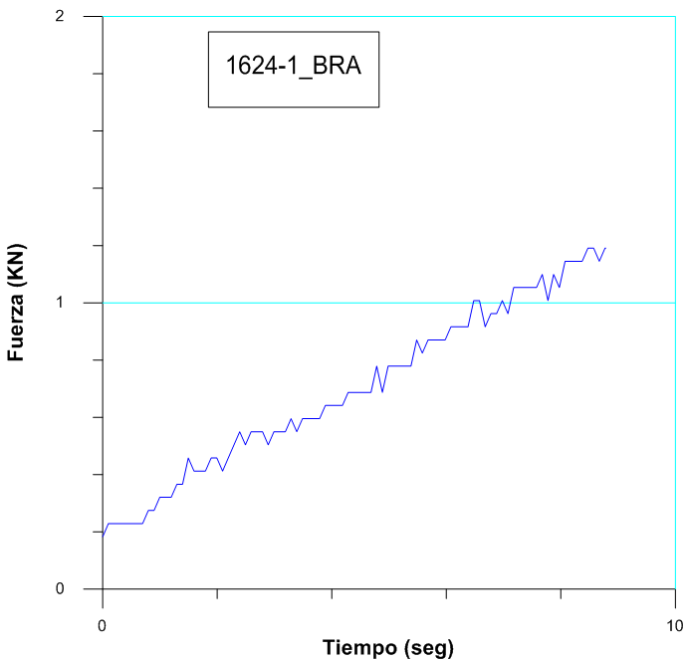

Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1623-2_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1624-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1624-1**			
Perforación:	**PHG028R**			
Muestra:	**MGM-12**			
Profundidad:	**210.65 – 210.80**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**LIMOLITAS ARCILLOSAS**			
Diámetro (D)	21.20	mm		
Espesor	47.00	mm		
Duración:	53.2371	seg	**INICIO**	**FINAL**

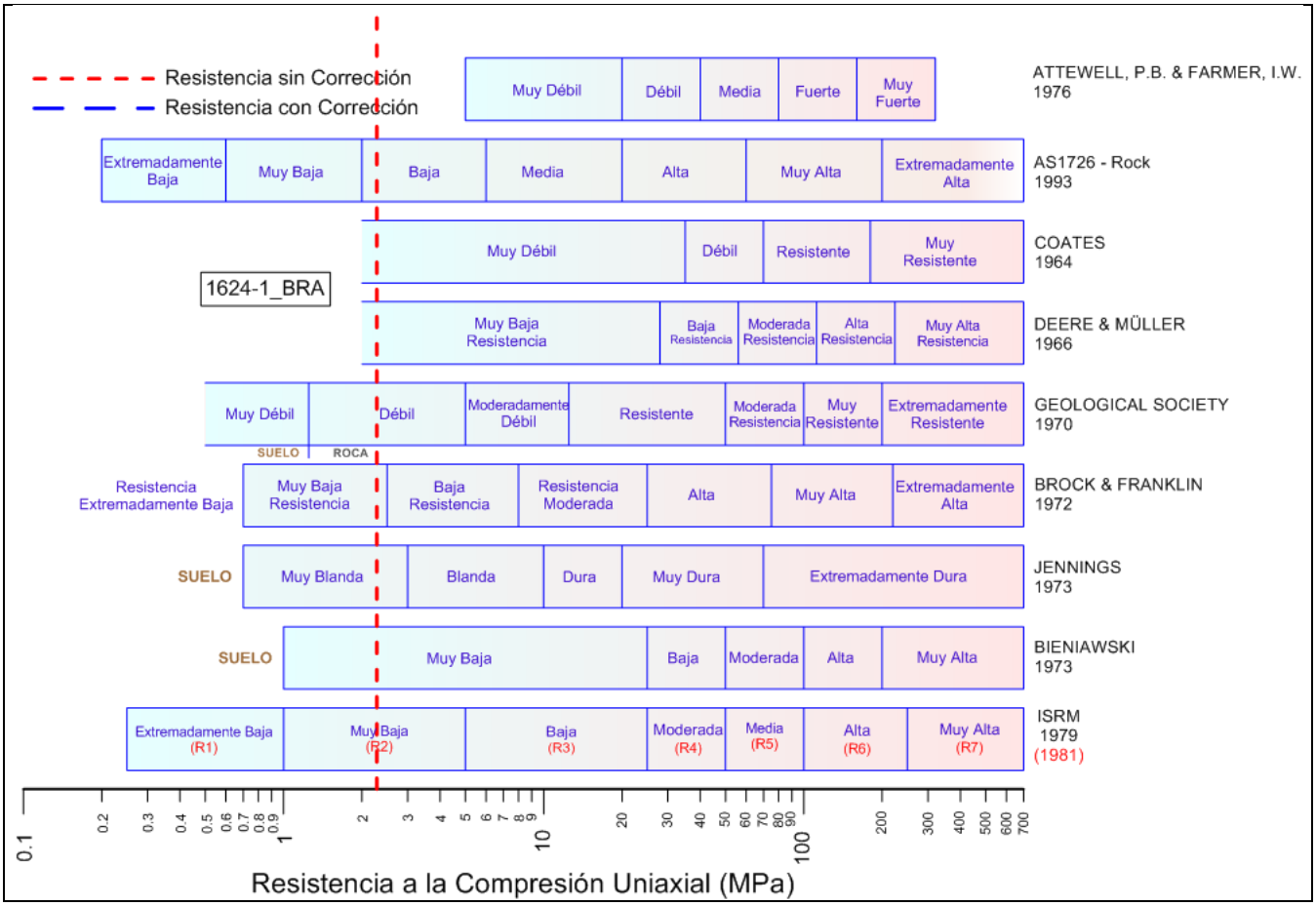
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	-	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg	
Carga Máxima permitida	**90**	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - Ea	**>=**	**1.2%**	
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**	
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**	



.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	

RESULTADOS DEL ENSAYO			**OBSERVACIONES**
Carga Axial Pico	**1.91**	**kN**	
Resistencia a la Tracción	**-0.76**	**MPa**	
Resistencia a la Compresión	**2.28**	**MPa**	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Muy Baja - (R2)**		

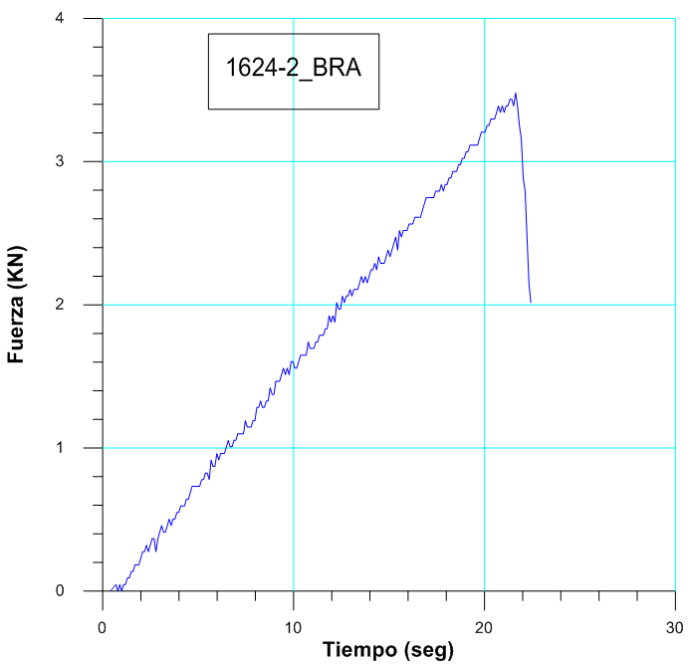

Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1624-1_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1624-2**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1624-2**			
Perforación:	**PHG028R**			
Muestra:	**MGM-12**			
Profundidad:	**210.65 – 210.80**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**LIMOLITAS ARCILLOSAS**			
Diámetro (D)	24.90	mm		
Espesor	47.20	mm		
Duración:	22.4928	seg	**INICIO**	**FINAL**

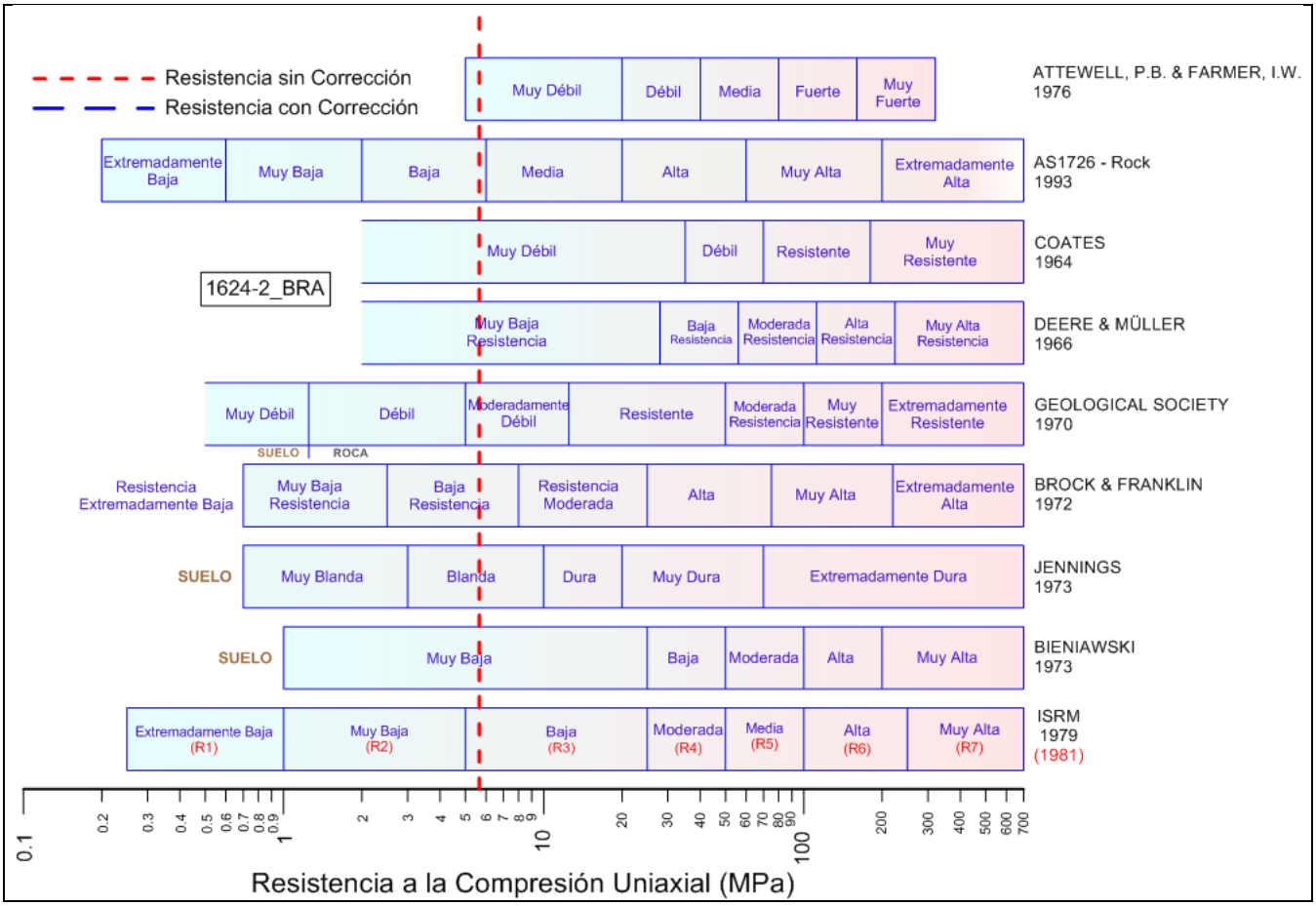
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	-	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg	
Carga Máxima permitida	**90**	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial – Ea	**>=**	**1.2%**	
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**	
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**	



.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	

RESULTADOS DEL ENSAYO			**OBSERVACIONES**
Carga Axial Pico	**3.48**	**kN**	
Resistencia a la Tracción	**-1.89**	**MPa**	
Resistencia a la Compresión	**5.66**	**MPa**	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Baja - (R3)**		


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1624-2_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1625-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1625-1-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Limolitas Arcillosas	
Formación		
Profundidad	241.00	m
Altura	93.45	mm
Longitud medidor de deformación	93.45	mm
Diámetro	46.5	mm
Área	16.982	cm^2
Volumen	158.699	cm^3
Peso	372.2	gr
Densidad	2.34532	Ton/m^3
L/D	2.0	-
σ3 (calculado)	169.566636	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1151	Registros



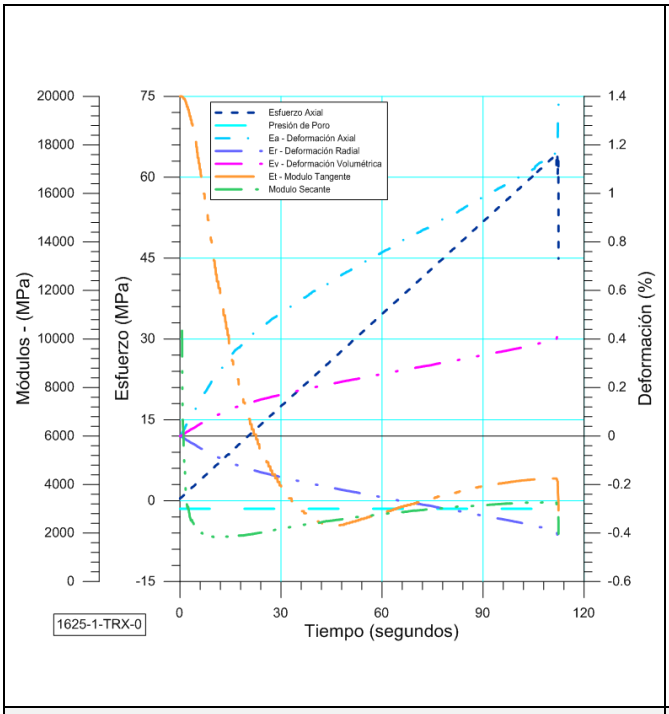
Condición inicial del espécimen

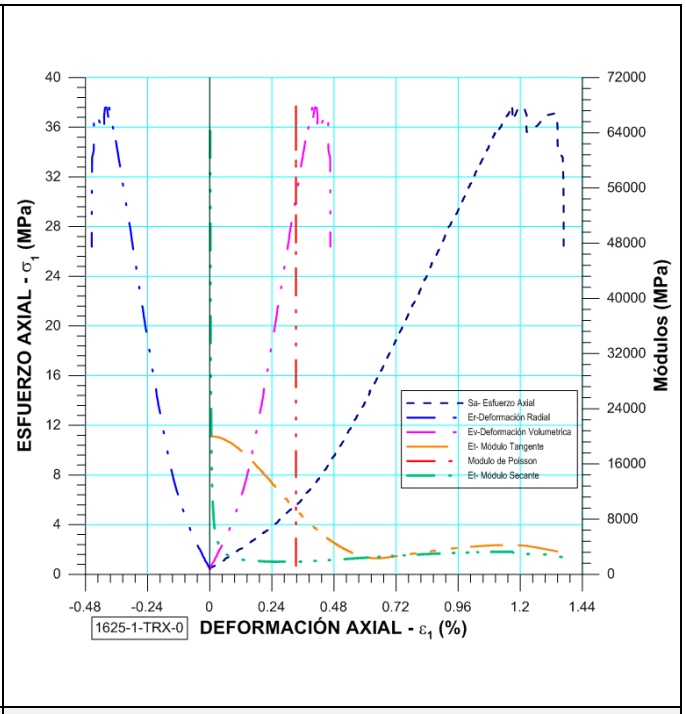
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.168	%
Tiempo Máximo del Ensayo	01:51	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

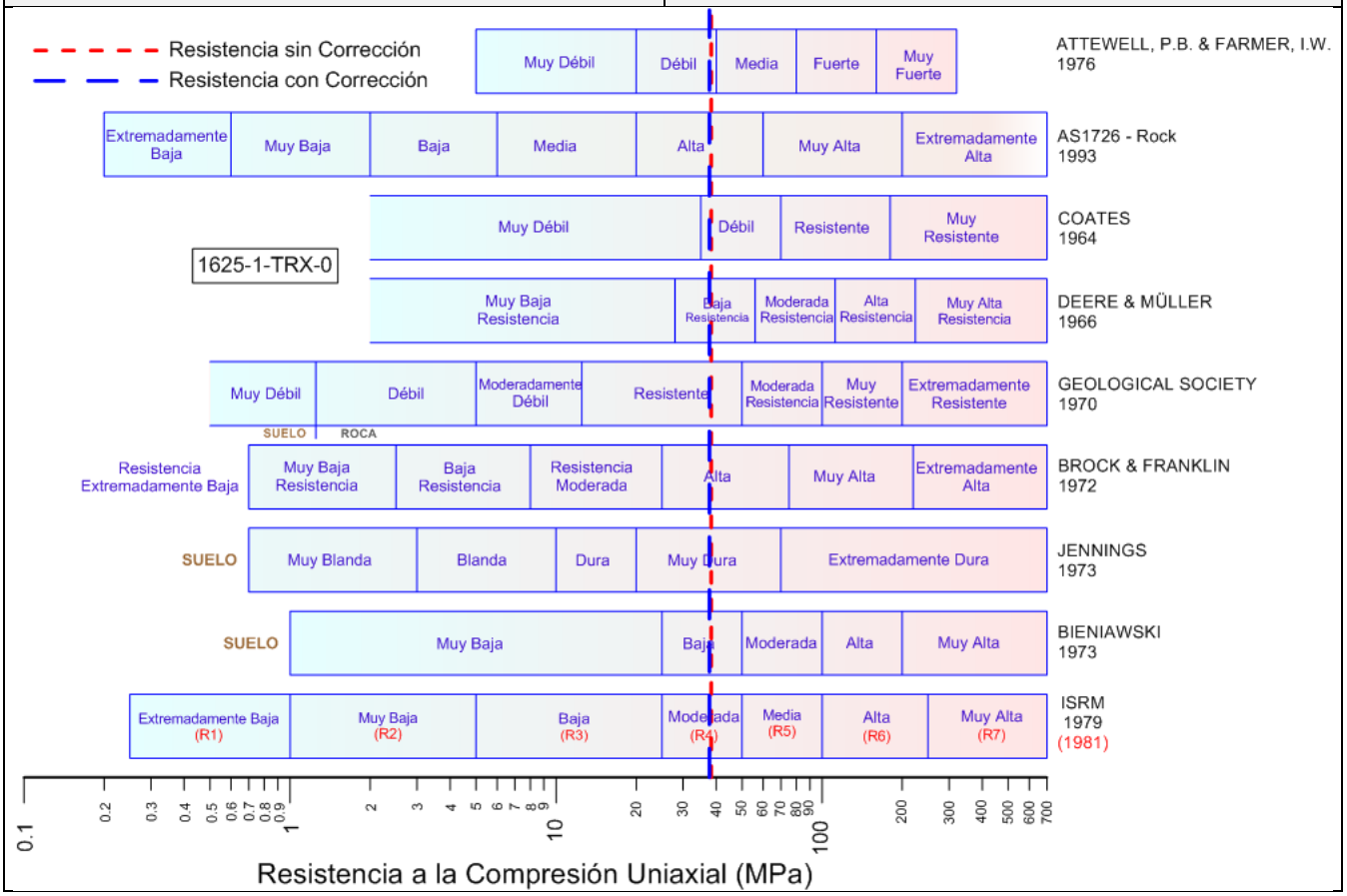
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	93.45	mm
Long medidor deformaciones	93.45	mm
Diámetro	46.50	mm
Área	16.982	cm^2
Volumen	158.699	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**38.30**	**MPa**
t - Tiempo	111.691	segundo
εa – Deformación Axial	1.168	%
εr – Deformación Radial	-0.389	%
εv – Deformación Volumétrica	0.397	%
σa – Esfuerzo Axial	37.70	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**2.70**	**MPa**
t - Tiempo	**112.384**	segundo
εa – Deformación Axial	1.502	%
εr – Deformación Radial	-0.501	%
εv – Deformación Volumétrica	0.513	%
σa – Esfuerzo Axial	2.20	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	2654.42	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	2711.42	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Moderada - (R4)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**38.20**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**37.70**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**2680.09**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

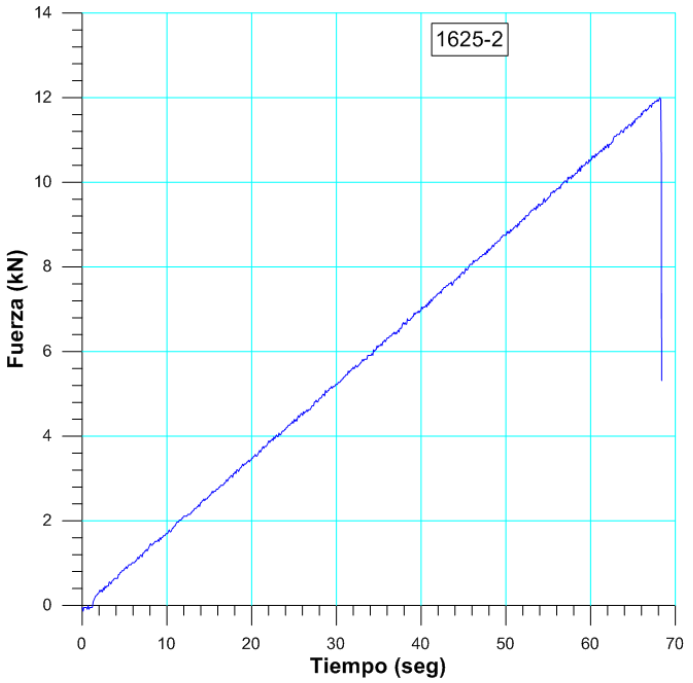
Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1625-2**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1625-2**			
Perforación:	**PHG028R**			
Muestra:	**MGM-13**			
Profundidad:	**241.00 – 241.15**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**LIMOLITAS ARCILLOSAS**			
Diámetro (D)	25.85	mm		
Espesor	47.15	mm		
Duración:	68.3979	seg	**INICIO**	**FINAL**

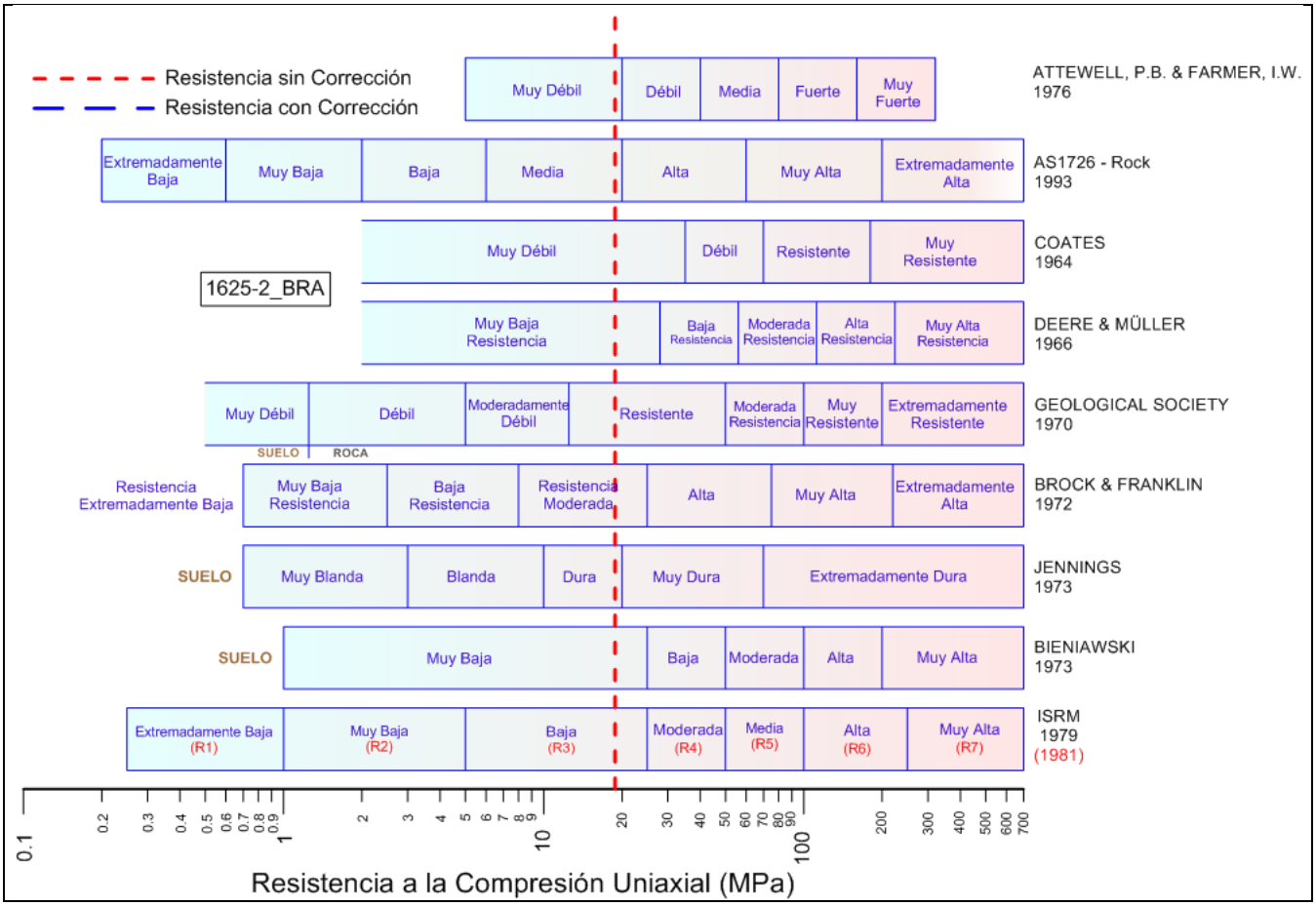
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	-	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg	
Carga Máxima permitida	**90**	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial – Ea	**>=**	**1.8%**	
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**	
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**	



.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	

RESULTADOS DEL ENSAYO			**OBSERVACIONES**
Carga Axial Pico	**12.00**	**kN**	
Resistencia a la Tracción	**-6.27**	**MPa**	
Resistencia a la Compresión	**18.81**	**MPa**	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Baja - (R3)**		


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1625-2_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

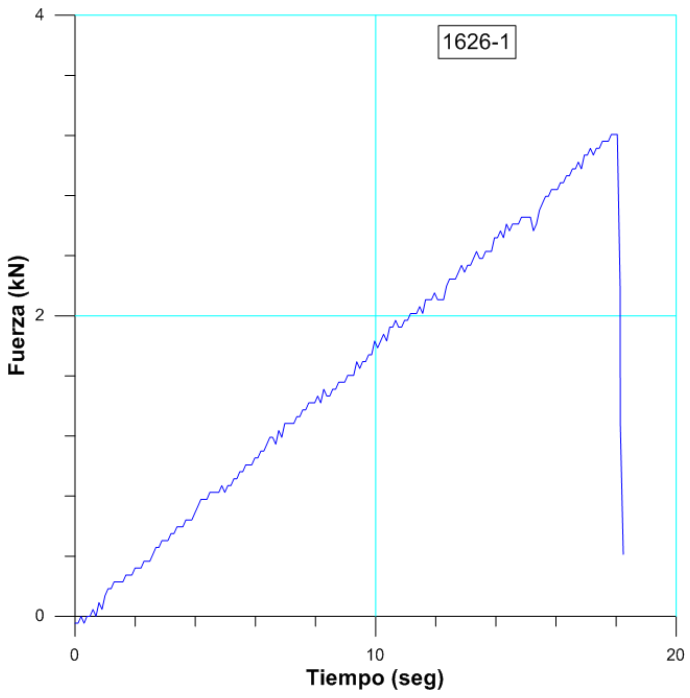
Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1626-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1626-1**			
Perforación:	**PHG028R**			
Muestra:	**MGM-14**			
Profundidad:	**228.50 – 228.65**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**LIMOLITAS**			
Diámetro (D)	26.30	mm		
Espesor	47.05	mm		
Duración:	18.3167	seg	**INICIO**	**FINAL**

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	-	MPa
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg
Carga Máxima permitida	**90**	KN
ETAPA FINAL		
Deformación Axial – Ea	**>=**	**1.8%**
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**

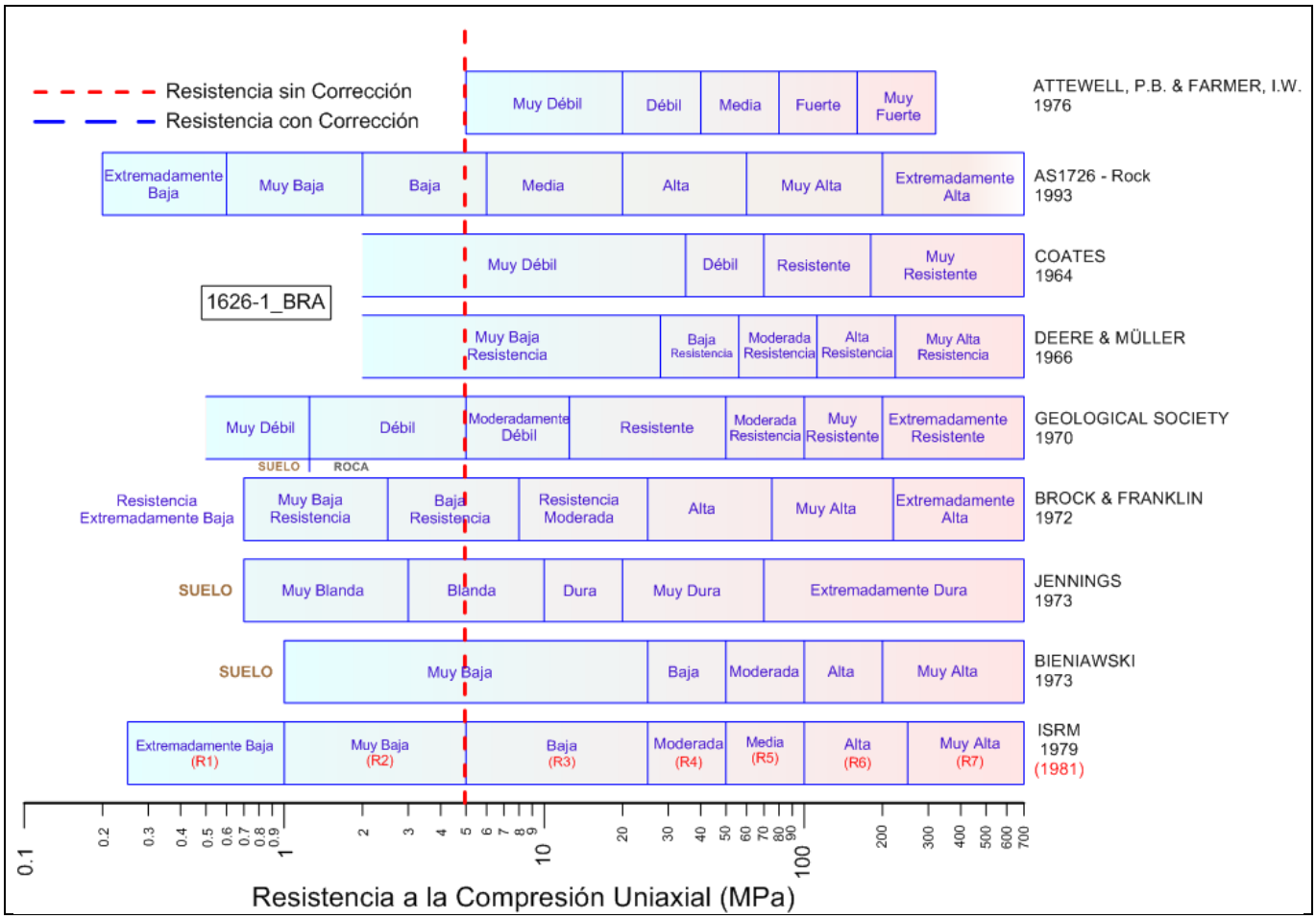
.



ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Carga Axial Pico	**3.21**	**kN**
Resistencia a la Tracción	**-1.65**	**MPa**
Resistencia a la Compresión	**4.95**	**MPa**
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Muy Baja - (R2)**	

OBSERVACIONES


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1626-1_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

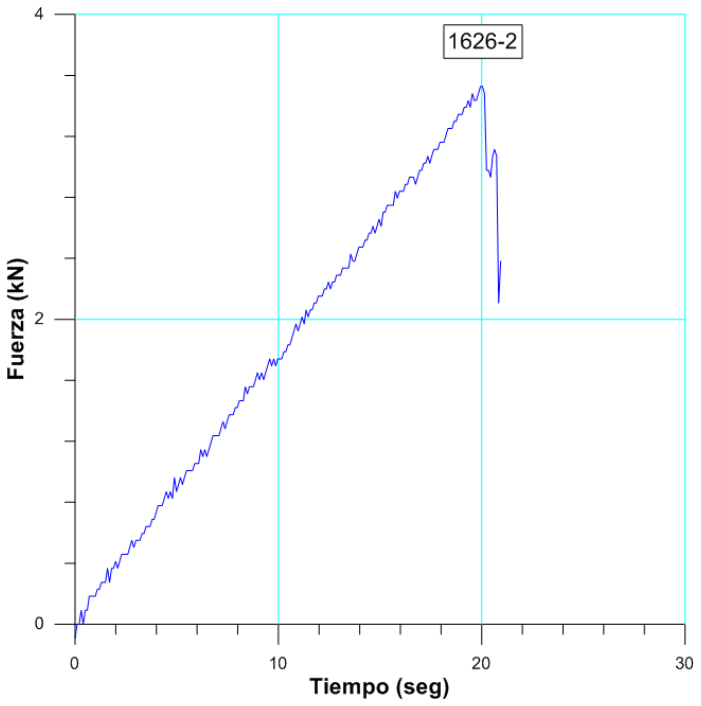
Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1626-2**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1626-2**			
Perforación:	**PHG028R**			
Muestra:	**MGM-14**			
Profundidad:	**228.50 – 228.65**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**LIMOLITAS**			
Diámetro (D)	26.03	mm		
Espesor	47.05	mm		
Duración:	21.0192	seg	**INICIO**	**FINAL**

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	-	MPa
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg
Carga Máxima permitida	**90**	KN
ETAPA FINAL		
Deformación Axial – Ea	**>=**	**1.8%**
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**

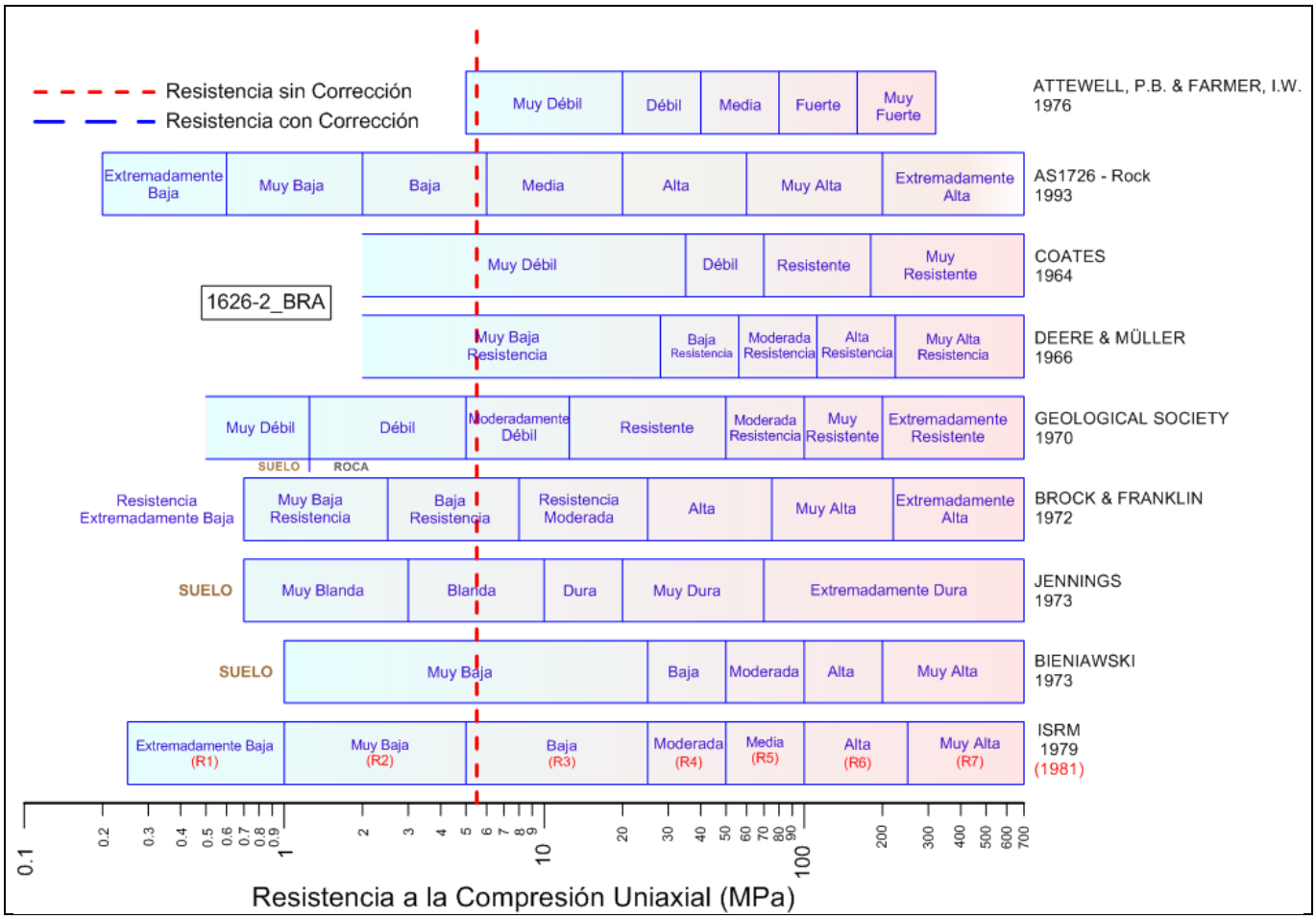
.



ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo		**0.1 seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo		CERO

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Carga Axial Pico	**3.53**	**kN**
Resistencia a la Tracción	**-1.83**	**MPa**
Resistencia a la Compresión	**5.50**	**MPa**
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Baja - (R3)**	

OBSERVACIONES


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1626-2_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO *GUASARE – FOSA NORTE*		RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 4**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	16/12/2015	**Espécimen: 1627-TRX-40**

NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**Suggested Methods For Determining the Strength and Deformability of Rock Materials in Triaxial Compression (1977)**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES		
Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**CATS Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	GUASARE – FOSA NORTE	
Espécimen	**1627-TRX-40**	
Perforación	**PHG028R**	
Muestra	**MGM-15**	
Coordenadas y Cota		
Formación:		
Tipo de Roca	Carbón	
Origen de la Muestra	Suministrada por el Cliente	
Profundidad	309.30	m
Altura	81.20	mm
Longitud medidor de deformación	81.20	mm
Diámetro	47.20	mm
Área	17.43	cm^2
Volumen	142.08	cm^3
Peso	114.80	gr
Densidad calculada	0.81	Ton/m^3
L/D	1.72	-
σ3 (calculado)	74.97	MPa
Módulo de Elasticidad Tan 50% de σ_d (Etapa 2)	1044.55	MPa
Numero de observaciones	2395	puntos

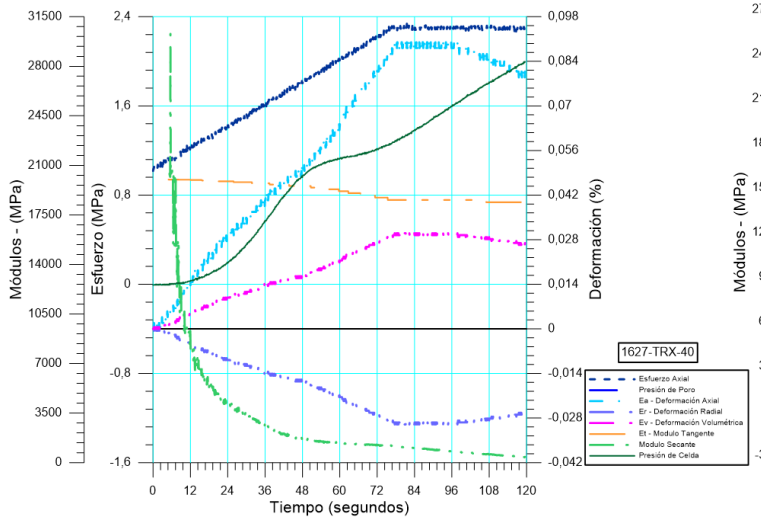
Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

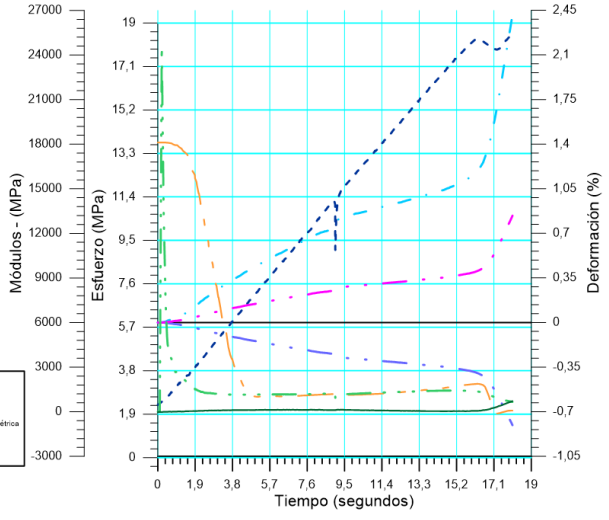
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ACTUADOR AXIAL			**ESPÉCIMEN**		
Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo	-	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	15.5	MPa/seg	Velocidad	1.00	MPa/seg
Valor Final de Carga	43	MPa	Valor Final de Carga	250	MPa
PRESION DE CELDA			**PRESION DE CELDA**		
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	
Tipo de Carga	Incremetal		Tipo de Carga	Constante	
Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	14.5	MPa / seg	Velocidad	-	MPa/seg
Valor Final de Carga	42	MPa	Valor Final de Carga	-	MPa
PRESIÓN DE POROS			**PRESIÓN DE POROS**		
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad		MPa/min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA			**FINALIZACION DE LA ETAPA**		
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	1.50	%
Tiempo Máximo de Carga	3.20	min	Tiempo Máximo de Carga	30	min
Variable de Control	AI-3: Presión de Celda >= 41.6 MPa		Variable de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando		
Reverso - kPa	Umbral - kN		Reverso 10 MPa	Umbral 2	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS			**ADQUISICIÓN DE DATOS**		
Incremento de tiempo	0.10	segundo	Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce			Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.10	MPa	Sensibilidad	1.00	kPa
TIPO	Drenado		**TIPO**	Drenado	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			**MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA**		
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior		
Finalización de la Etapa	Tiempo Límite Alcanzado		Finalización de la Etapa	Deformación Axial Máxima Alcanzada	

RESULTADOS DEL ENSAYO

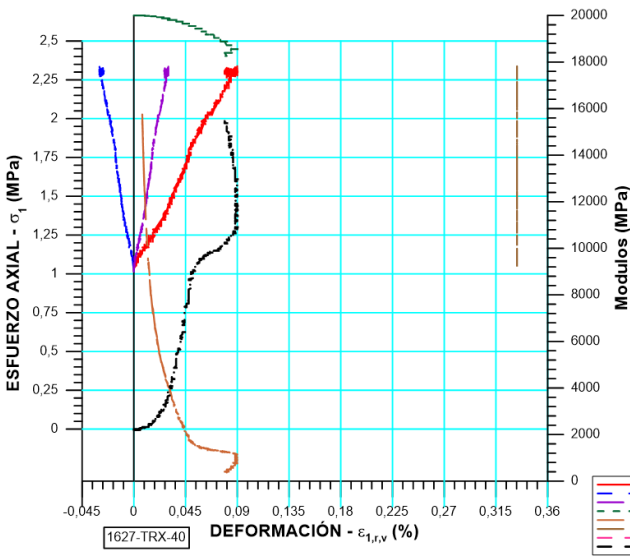
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ESPÉCIMEN			**ESPÉCIMEN**		
Altura	81.20	mm	Altura	80.61	mm
Long medidor deformaciones	81.20	mm	Long medidor deformaciones	80.61	mm
Diámetro	47.20	mm	Diámetro	47.32	mm
Área	17.49	cm^2	Área	17.58	cm^2
Volumen	142.08	cm^3	Volumen	141.73	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite Alcanzado		**Finalización de la Etapa debido**	Etapa final – pico reverso activado	
σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**2.56**	**MPa**	**σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)**	**25.16**	**MPa**
t – Tiempo	128.949	seg	**t** – Tiempo	169.823	seg
σ_3 – Presión de Celda	37.20	MPa	σ_3 – Presión de Celda	40.51	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.75	%	ε_a – Deformación Axial	1.50	%
ε_r – Deformación Radial	-0.25	%	ε_r – Deformación Radial	-0.50	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.23	%	ε_v – Deformación Volumétrica	0.51	%
σ_a – Esfuerzo Axial	42.90	MPa	σ_a – Esfuerzo Axial	70.35	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	44.46	MPa	σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	71.91	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	40.34	MPa	σ'_c – Presión de Celda Efectiva	43.63	MPa
σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**-0.55**	**MPa**	**σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)**	**26.68**	**MPa**
t - Tiempo	142.298	seg	**t** - Tiempo	169.823	seg
σ_3 – Presión de Celda	40.44	MPa	σ_3 – Presión de Celda	40.49	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.73	%	ε_a – Deformación Axial	1.50	%
ε_r – Deformación Radial	-0.24	%	ε_r – Deformación Radial	-0.50	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.25	%	ε_v – Deformación Volumétrica	0.51	%
σ_a – Esfuerzo Axial	43.02	MPa	σ_a – Esfuerzo Axial	70.30	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	44.58	MPa	σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	71.87	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	43.57	MPa	σ'_c – Presión de Celda Efectiva	43.63	MPa
			Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
			E_t - Módulo de Elasticidad Tangente	1044.55	MPa
			E_s - Módulo de Elasticidad Secante	1165.52	MPa
			μ - Módulo de Poisson	0.33	-
			Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
			Moderada - (R4)		

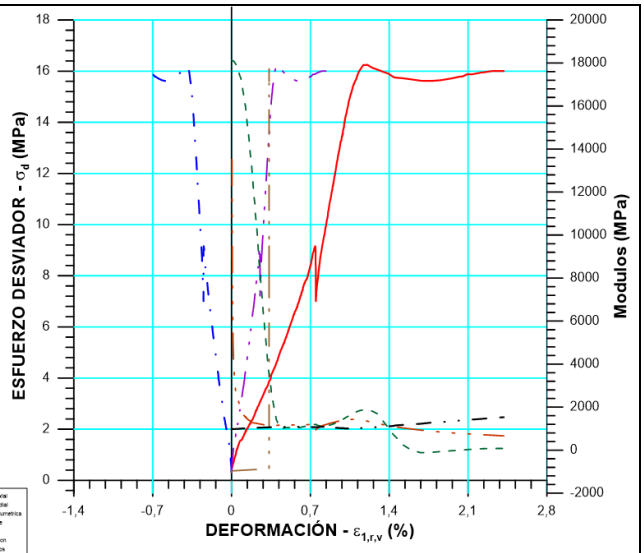


Desarrollo del ensayo Etapa 1



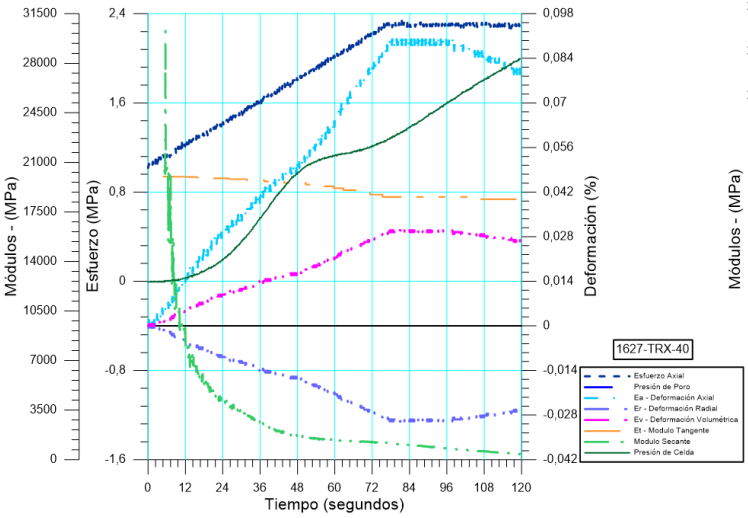
Desarrollo del ensayo Etapa 2

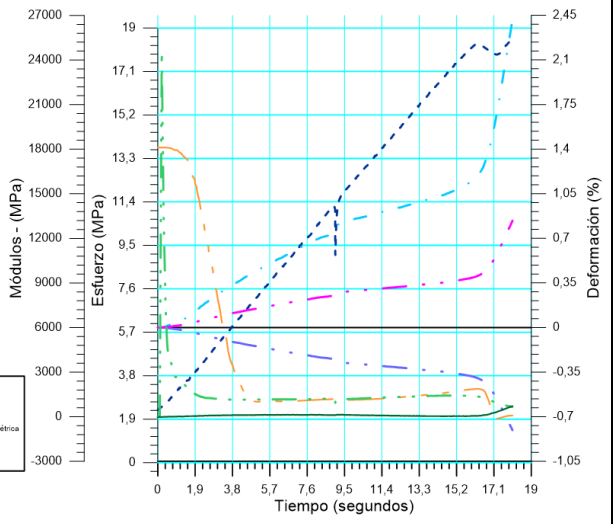




DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 1	DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 2

Parámetros vs. Deformación





Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia

	Observaciones:
Condición final del Espécimen	

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1629**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1629-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG034**	
Tipo de Roca	Limolitas	
Formación		
Profundidad	54.60	m
Altura	116.80	mm
Longitud medidor de deformación	116.80	mm
Diámetro	63.10	mm
Área	31.271	cm^2
Volumen	365.251	cm^3
Peso	910.40	gr
Densidad	2.49253	Ton/m^3
L/D	1.90	-
σ3 (calculado)	40.8276414	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1990	Registros



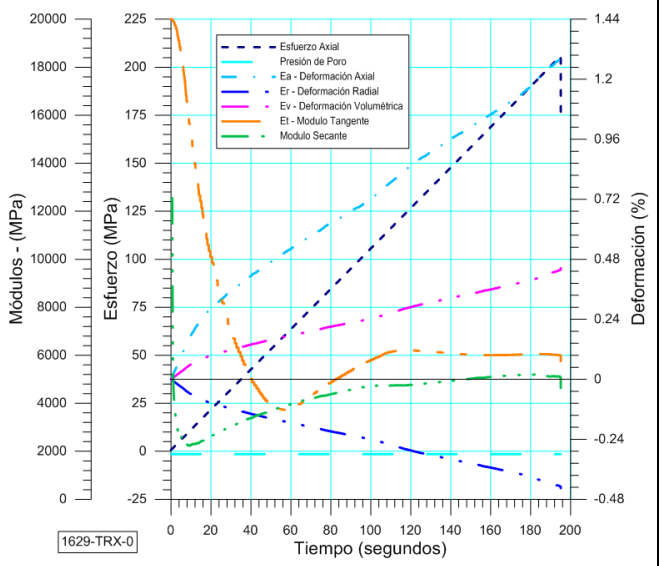
Condición inicial del espécimen

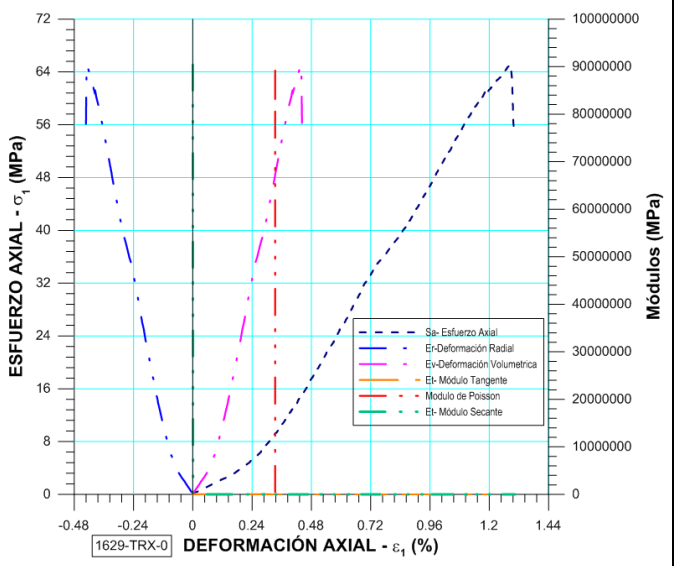
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.288	%
Tiempo Máximo del Ensayo	03:15	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

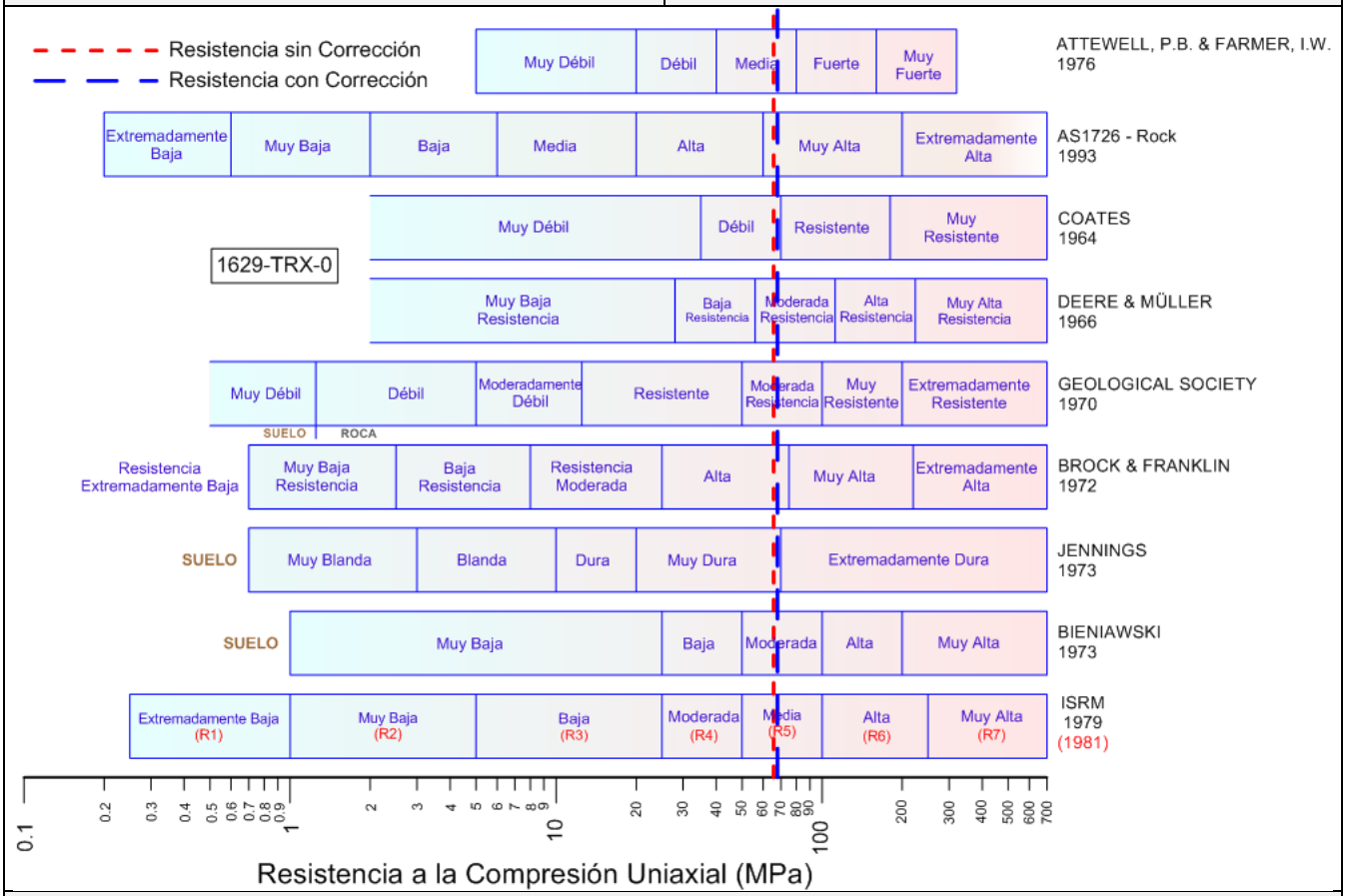
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	116.80	mm
Long medidor deformaciones	116.80	mm
Diámetro	63.10	mm
Área	31.271	cm^2
Volumen	365.251	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**65.70**	**MPa**
t - Tiempo	195.001	segundo
εa – Deformación Axial	1.288	%
εr – Deformación Radial	-0.429	%
εv – Deformación Volumétrica	0.439	%
σa – Esfuerzo Axial	65.10	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**7.80**	**MPa**
t - Tiempo	**195.094**	segundo
εa – Deformación Axial	1.414	%
εr – Deformación Radial	-0.471	%
εv – Deformación Volumétrica	0.482	%
σa – Esfuerzo Axial	7.20	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	5715.65	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	4668.69	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1629**



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**65.15**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**67.94**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**5926.01**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1630**

NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1630-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG034**	
Tipo de Roca	Areniscas	
Formación		
Profundidad	86.05	m
Altura	138.90	mm
Longitud medidor de deformación	138.90	mm
Diámetro	63.40	mm
Área	31.57	cm^2
Volumen	438.501	cm^3
Peso	1171.20	gr
Densidad	2.67092	Ton/m^3
L/D	2.20	-
σ3 (calculado)	68.9497998	MPa
Registros capturados durante el ensayo	4927	Registros



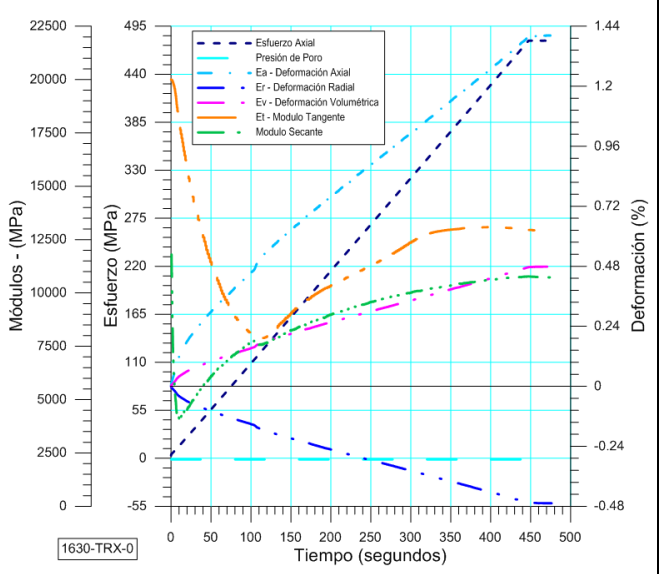
Condición inicial del espécimen

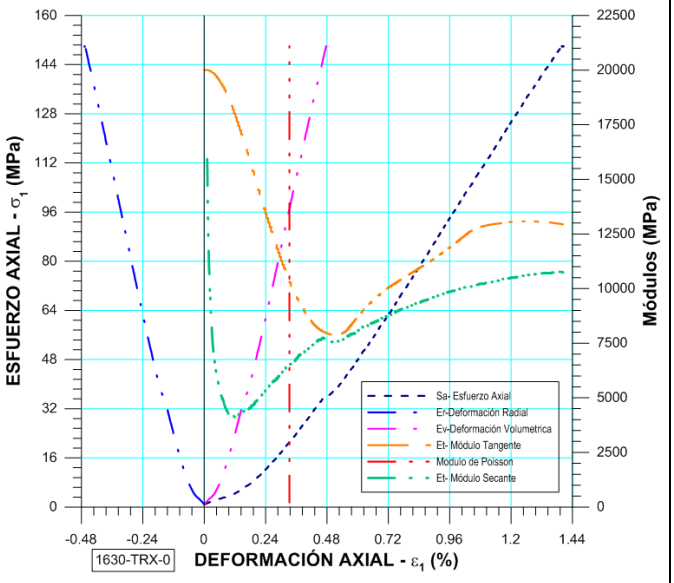
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	150	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.401	%
Tiempo Máximo del Ensayo	07:37	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2.5%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

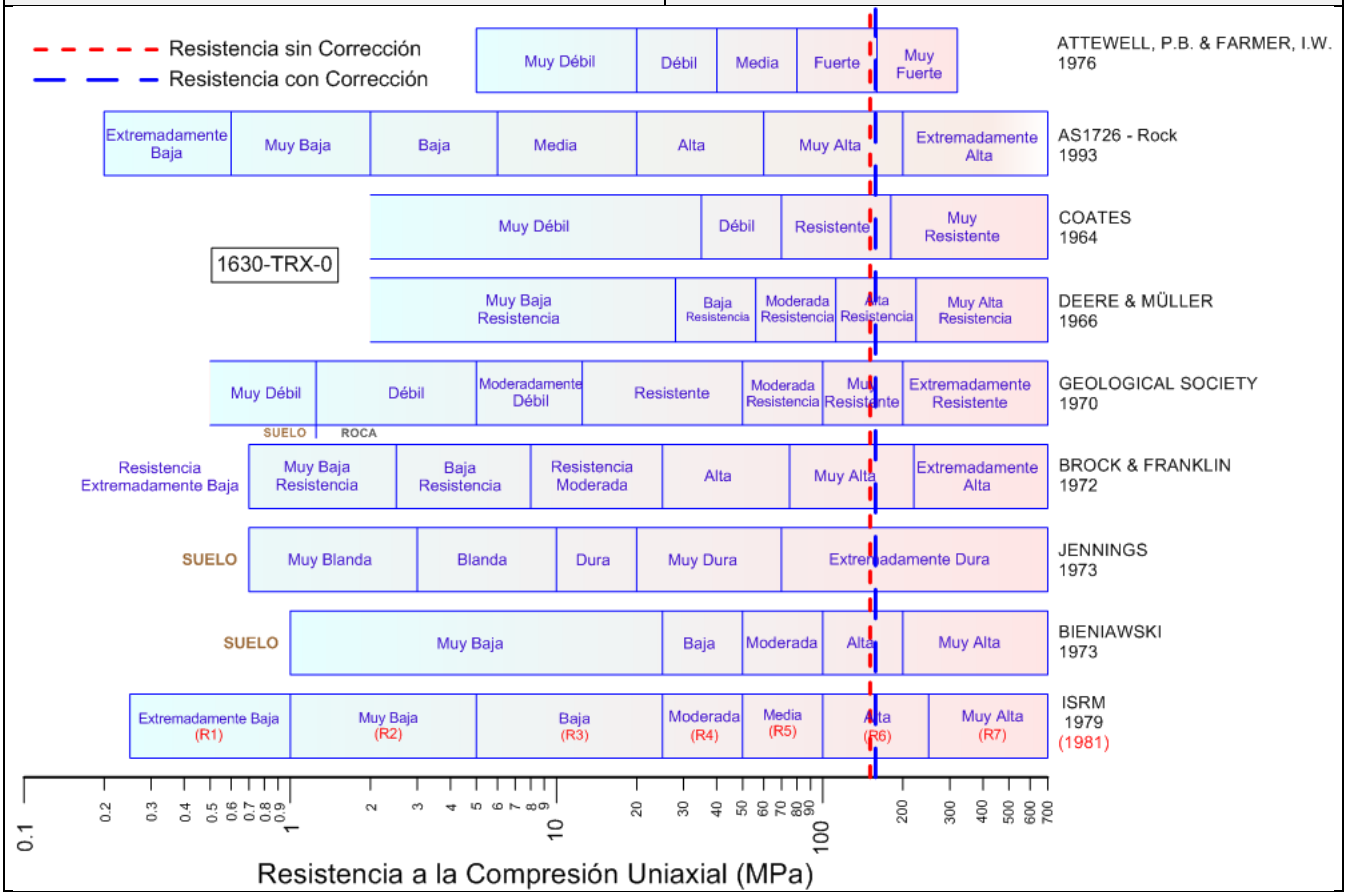
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	138.90	mm
Long medidor deformaciones	138.90	mm
Diámetro	63.40	mm
Área	31.57	cm^2
Volumen	438.501	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**150.60**	**MPa**
t - Tiempo	457.839	segundo
εa – Deformación Axial	1.401	%
εr – Deformación Radial	-0.467	%
εv – Deformación Volumétrica	0.478	%
σa – Esfuerzo Axial	150	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**150.6**	**MPa**
t - Tiempo	**476.432**	segundo
εa – Deformación Axial	1.403	%
εr – Deformación Radial	-0.468	%
εv – Deformación Volumétrica	0.479	%
σa – Esfuerzo Axial	150	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	10759.79	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	9274.80	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Alta - (R6)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1630**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**151.18**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**157.78**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**10557.34**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1631**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1631-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG034**	
Tipo de Roca	Areniscas	
Formación		
Profundidad	100.30	m
Altura	137.10	mm
Longitud medidor de deformación	137.10	mm
Diámetro	63.30	mm
Área	31.47	cm^2
Volumen	431.454	cm^3
Peso	1178.30	gr
Densidad	2.731	Ton/m^3
L/D	2.20	-
σ3 (calculado)	82.17579	MPa
Registros capturados durante el ensayo	2567	Registros



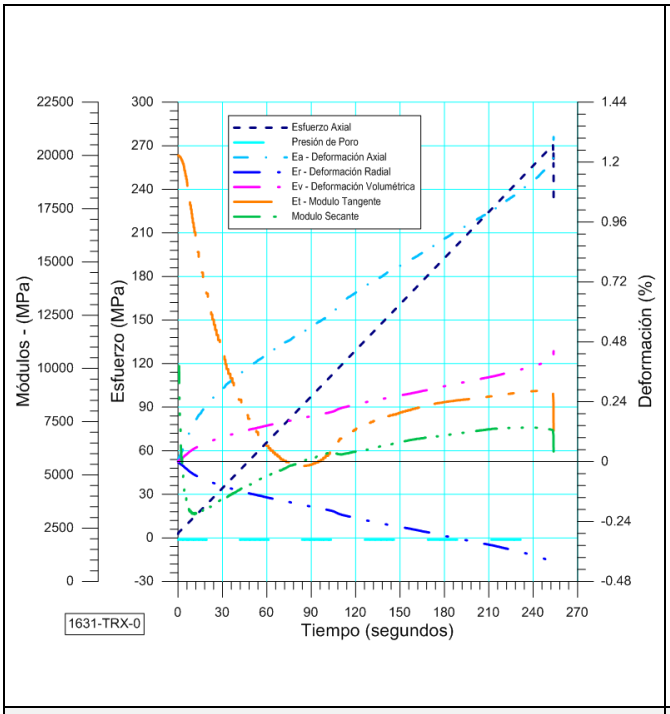
Condición inicial del espécimen

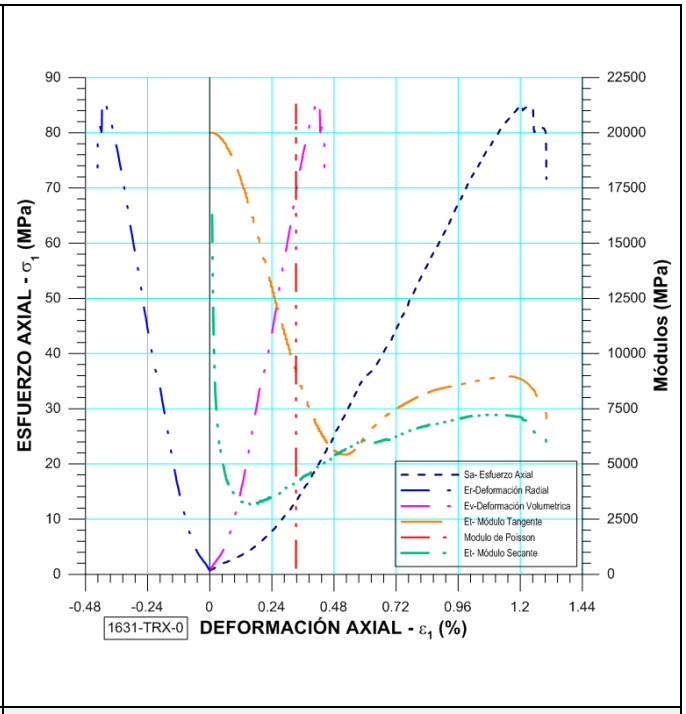
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	150	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.208	%
Tiempo Máximo del Ensayo	04:13	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2.5%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

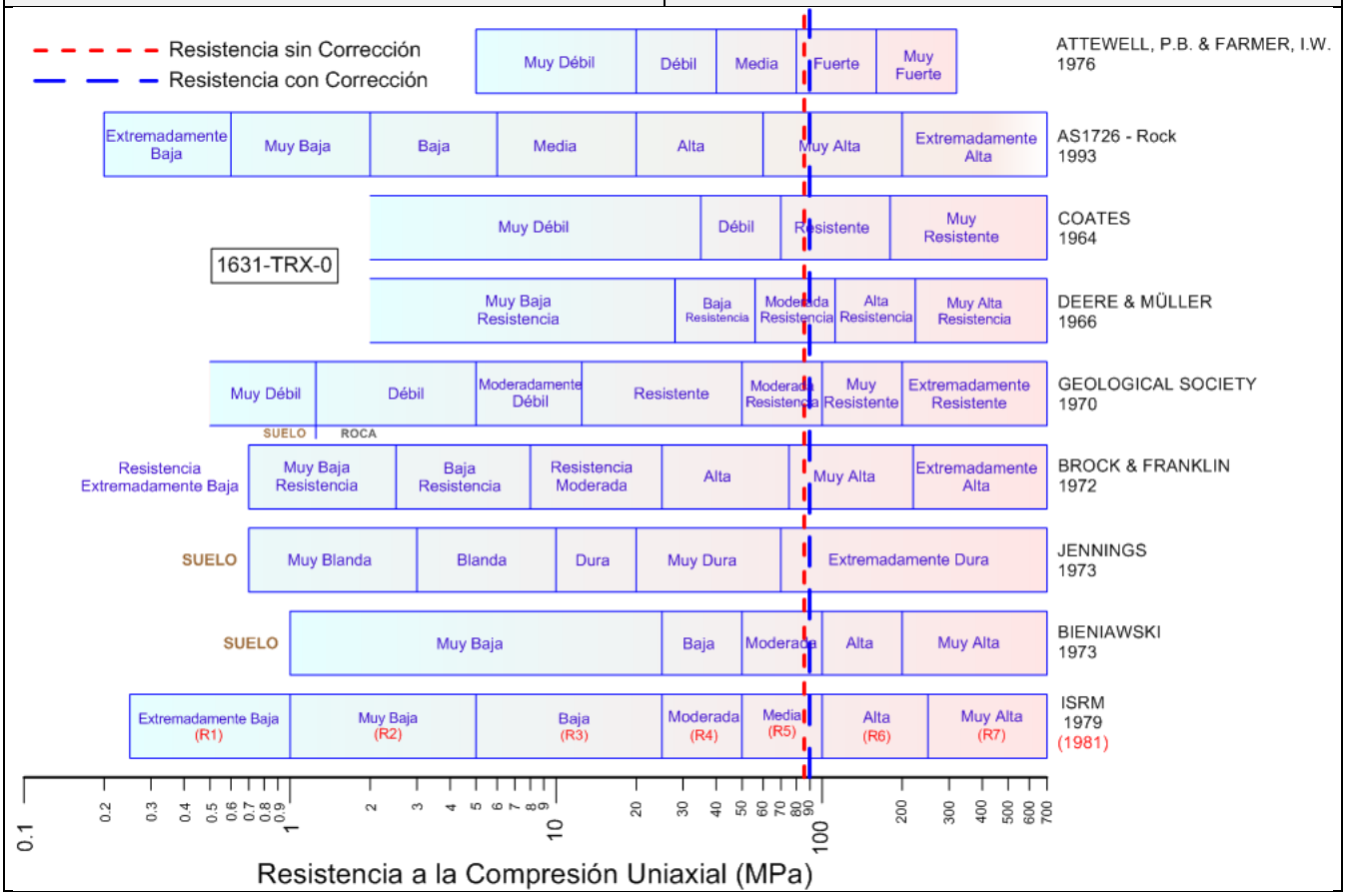
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	137.10	mm
Long medidor deformaciones	137.10	mm
Diámetro	63.30	mm
Área	31.47	cm^2
Volumen	431.454	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**85.70**	**MPa**
t - Tiempo	253.397	segundo
εa – Deformación Axial	1.208	%
εr – Deformación Radial	-0.403	%
εv – Deformación Volumétrica	0.411	%
σa – Esfuerzo Axial	85.10	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.30**	**MPa**
t - Tiempo	**253.778**	segundo
εa – Deformación Axial	1.423	%
εr – Deformación Radial	-0.474	%
εv – Deformación Volumétrica	0.486	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.30	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	7359.17	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	6164.38	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**85.95**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**89.68**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**7248.55**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1632**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1632-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG034**	
Tipo de Roca	Carbón	
Formación		
Profundidad	116.60	m
Altura	133.60	mm
Longitud medidor de deformación	133.60	mm
Diámetro	63.50	mm
Área	31.669	cm^2
Volumen	423.101	cm^3
Peso	525.00	gr
Densidad	1.24084	Ton/m^3
L/D	2.10	-
σ3 (calculado)	43.4045832	MPa
Registros capturados durante el ensayo	162	Registros



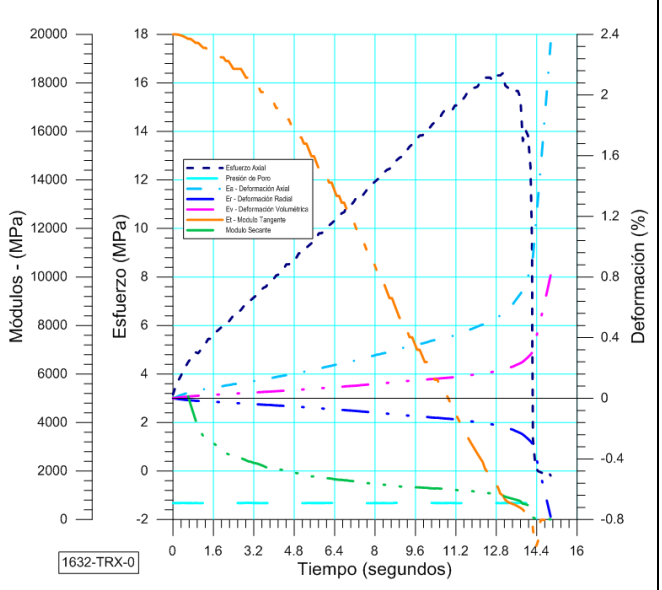
Condición inicial del espécimen

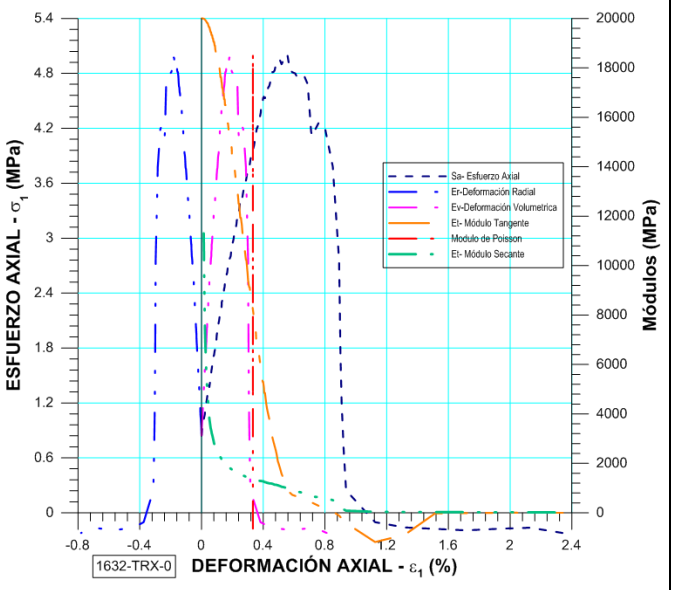
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	150	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	0.555	%
Tiempo Máximo del Ensayo	00:00	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2.5%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

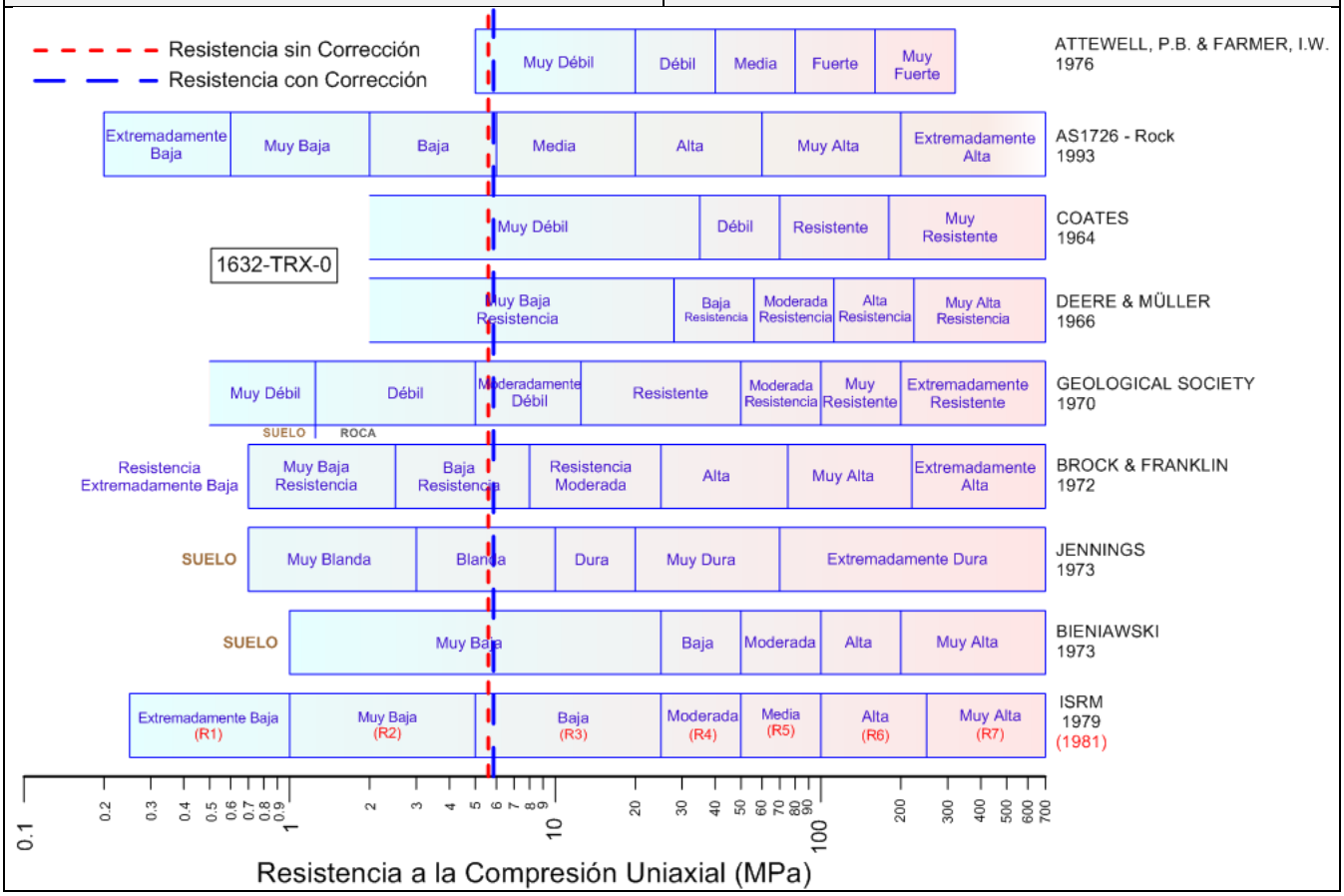
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	133.60	mm
Long medidor deformaciones	133.60	mm
Diámetro	63.50	mm
Área	31.669	cm^2
Volumen	423.101	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**5.60**	**MPa**
t - Tiempo	13.0305	segundo
εa – Deformación Axial	0.555	%
εr – Deformación Radial	-0.185	%
εv – Deformación Volumétrica	0.187	%
σa – Esfuerzo Axial	5.00	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.40**	**MPa**
t - Tiempo	**15.025**	segundo
εa – Deformación Axial	2.586	%
εr – Deformación Radial	-0.862	%
εv – Deformación Volumétrica	0.899	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.20	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	14975.34	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	1780.59	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Baja - (R3)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**5.60**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**5.85**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**14893.62**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO *GUASARE – FOSA NORTE*		RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 4**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	16/12/2015	**Espécimen: 1633-TRX-19**

NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**Suggested Methods For Determining the Strength and Deformability of Rock Materials in Triaxial Compression (1977)**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**CATS Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	GUASARE – FOSA NORTE	
Espécimen	**1633-TRX-19**	
Perforación	**PHG028R**	
Muestra	**MGM-05**	
Coordenadas y Cota		
Formación:		
Tipo de Roca	Carbón	
Origen de la Muestra	Suministrada por el Cliente	
Profundidad	120.45	m
Altura	131.70	mm
Longitud medidor de deformación	131.70	mm
Diámetro	63.20	mm
Área	31.371	cm^2
Volumen	413.152	cm^3
Peso	330.80	gr
Densidad calculada	0.800674	Ton/m^3
L/D	2.08386075	-
σ3 (calculado)	28.9323549	MPa
Módulo de Elasticidad Tan 50% de σ_d (Etapa 2)	18117.1133	MPa
Numero de observaciones	2083	puntos



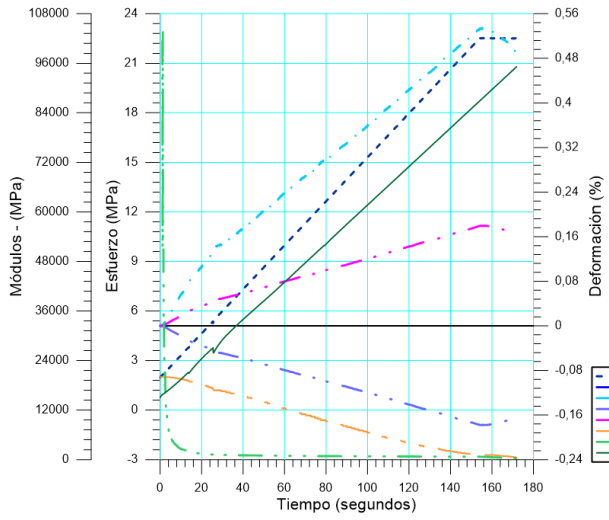
Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

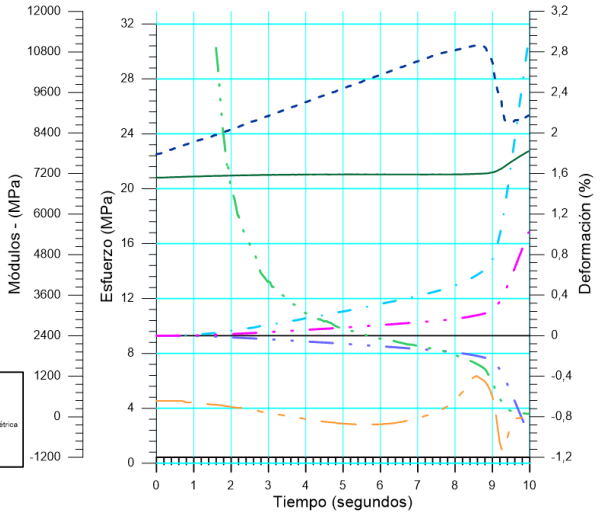
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ACTUADOR AXIAL			**ESPÉCIMEN**		
Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo	-	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	8	MPa/seg	Velocidad	1.00	MPa/seg
Valor Final de Carga	22.5	MPa	Valor Final de Carga	250	MPa
PRESION DE CELDA			**PRESION DE CELDA**		
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	
Tipo de Carga	Incremetal		Tipo de Carga	Constante	
Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	7	MPa / seg	Velocidad	-	MPa/seg
Valor Final de Carga	20.8	MPa	Valor Final de Carga	-	MPa
PRESIÓN DE POROS			**PRESIÓN DE POROS**		
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad		MPa/min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA			**FINALIZACION DE LA ETAPA**		
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	3	%
Tiempo Máximo de Carga	3.20	min	Tiempo Máximo de Carga	30	min
Variable de Control	AI-3: Presión de Celda >= 41.6 MPa		Variable de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando		
Reverso - kPa	Umbral	- kN	Reverso 10 MPa	Umbral	2 MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS			**ADQUISICIÓN DE DATOS**		
Incremento de tiempo	0.10	segundo	Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce			Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.10	MPa	Sensibilidad	1.00	kPa
TIPO	Drenado		**TIPO**	Drenado	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			**MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA**		
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior		
Finalización de la Etapa	Tiempo Límite Alcanzado		Finalización de la Etapa	Deformación Axial Máxima Alcanzada	

RESULTADOS DEL ENSAYO

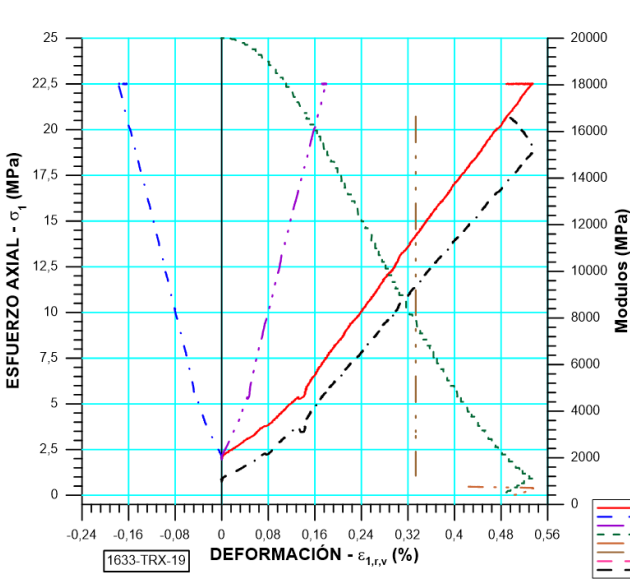
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ESPÉCIMEN			**ESPÉCIMEN**		
Altura	131.70	mm	Altura	131.06	mm
Long medidor deformaciones	131.70	mm	Long medidor deformaciones	131.06	mm
Diámetro	63.20	mm	Diámetro	63.30	mm
Área	31.371	cm^2	Área	31.47	cm^2
Volumen	413.152	cm^3	Volumen	412.47	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite Alcanzado		**Finalización de la Etapa debido**	Etapa final – pico reverso activado	
σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**2.20**	**MPa**	**σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)**	**7.79**	**MPa**
t – Tiempo	153.991	seg	**t** – Tiempo	180.549	seg
σ_3 – Presión de Celda	17.10	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	19.479	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.53	%	**ε_a** – Deformación Axial	0.61	%
ε_r – Deformación Radial	0.18	%	**ε_r** – Deformación Radial	-0.20	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.18	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	0.21	%
σ_a – Esfuerzo Axial	22.53	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	30.49	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	24.14	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	32.11	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	20.33	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	22.71	MPa
σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.10**	**MPa**	**σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)**	**0.95**	**MPa**
t - Tiempo	171.916	seg	**t** - Tiempo	181.915	seg
σ_3 – Presión de Celda	19.19	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	21.35	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.49	%	**ε_a** – Deformación Axial	3.09	%
ε_r – Deformación Radial	-0.16	%	**ε_r** – Deformación Radial	-1.03	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.16	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	1.08	%
σ_a – Esfuerzo Axial	22.52	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	25.55	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	24.13	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	27.17	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	22.42	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	24.59	MPa
			Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
			E_t - Módulo de Elasticidad Tangente	18117.11	MPa
			E_s - Módulo de Elasticidad Secante	1438.11	MPa
			μ - Módulo de Poisson	0.33	-
			Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
			Baja (R3)		

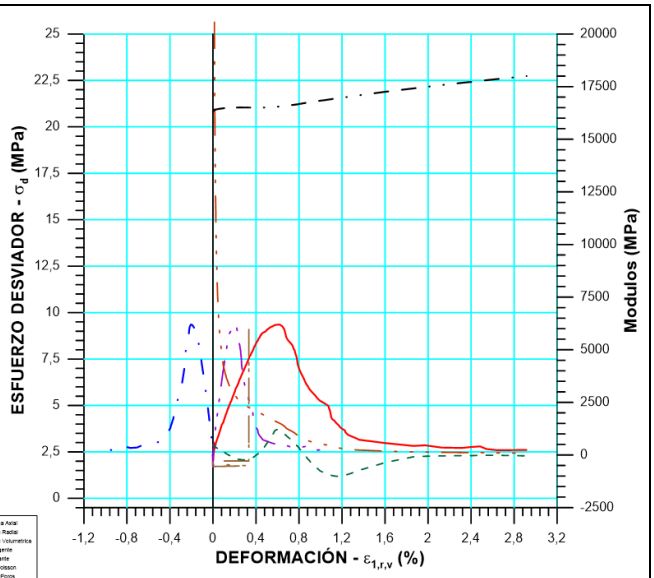


Desarrollo del ensayo Etapa 1



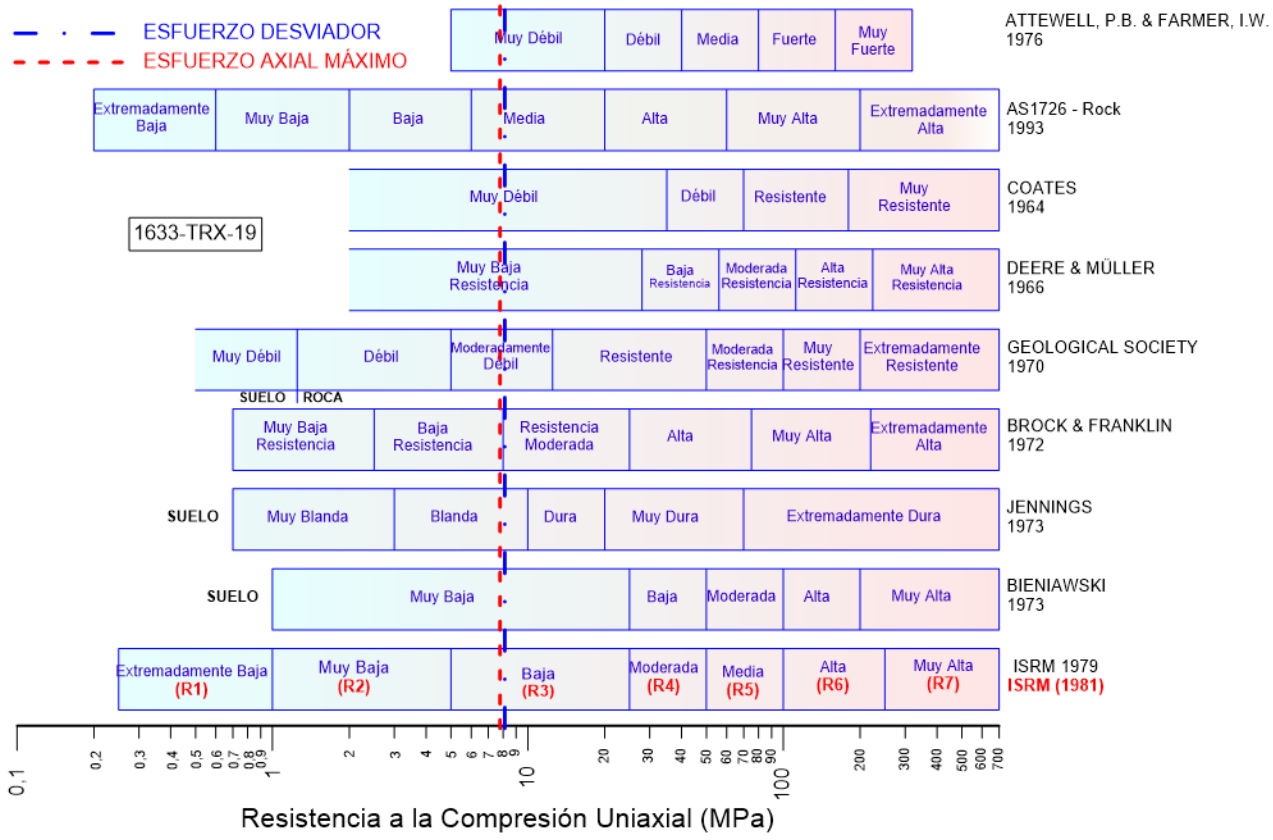
Desarrollo del ensayo Etapa 2





DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 1 | **DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 2**

Parámetros vs. Deformación



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



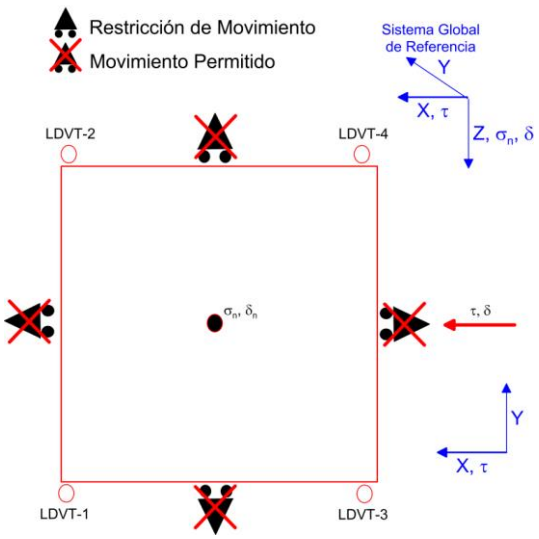
Observaciones:

Condición final del Espécimen

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO – ESTÁTICO (CNL) *GUASARE – FOSA NORTE*			RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 7**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	12-08-2015	**Espécimen:1634-2_DSH**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**Suggested Methods For Determining Shear Strength (2014)**
	ASTM	**D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force**

DATOS GENERALES			
Equipo	**GCTS - RDS-500**		
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**		
Proyecto	**Caracterización la Fosa Norte - Guasare**		
Espécimen	**1634-2_DSH**		
Origen del Espécimen	**Suministrado por el cliente**		
Perforación	**PHG034**		
Coordenadas de la muestra			
Muestra	**MGM-06**		
Profundidad	**61.00**	**m**	
Clasificación Geológica del Espécimen	**Limolitas**		
Formación Geológica			
Tipo de Roca	Media		
Inclinación de la Discontinuidad	-	Referido al eje vertical de la caja	
Tipo de Espécimen	Cilíndrica	Altura	79.90 mm
		Diámetro	63.30 mm
		Angulo de inclinación con la vertical: 0º	
Dirección de Esfuerzo de Corte	indicada		
Eje Mayor	-	Mm	
Área Inicial	31.47	cm^2	
Grados de libertad de la Caja de Corte	**Todos**		



GRADOS DE LIBERTAD DEL ENSAYO

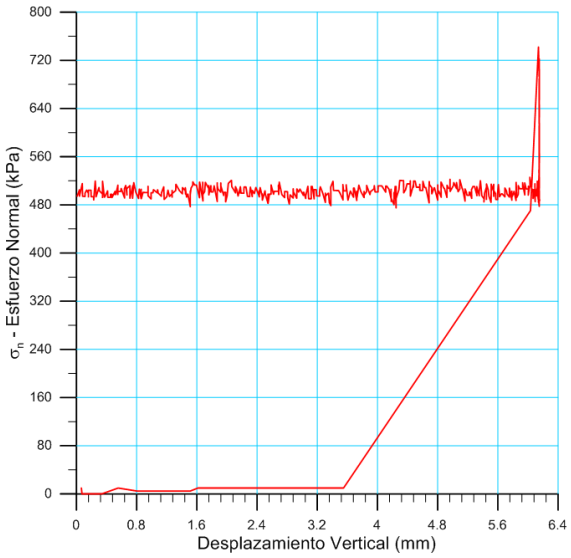
PROGRAMA DE CARGA

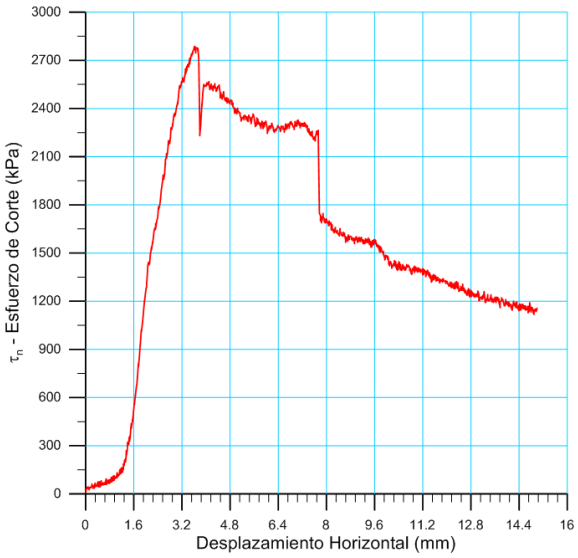
Etapa 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL σ_n			**Etapa 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE τ_n**		
Actuador de Corte			**Actuador de Corte**		
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte		Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte	
Modo	Constante		Modo	Incremental	
Valor Constante	0.00 mm		Valor Inicial	0	mm
Actuador Normal			Velocidad de Desplazamiento	2	mm/minuto
Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal		Valor Final	15	mm
Modo	Incremental		**Actuador Normal**		
Valor Inicial	0	kPa	Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal	
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados	kPa/segundo	Modo	Constante	
Valor Final		kPa	Valor Constante	Relativo	
Adquisición de Datos			**Adquisición de Datos**		
Incrementos de Tiempo	1	segundo	Incrementos de Tiempo	1	segundo
Nivel de Cruce	Seleccionado		Nivel de Cruce	Seleccionado	
Picos/valles	Seleccionado		Picos/valles	Seleccionado	
Entrada Maestra	AI-2: σ_n – Deslazamiento del actuador normal		Entrada Maestra	AI-4:Desplazamiento de corte	
Sensibilidad	10	pfs	Sensibilidad	0.05	mm
Tiempo Máximo de Ejecución	1	minuto	**Tiempo Máximo de Ejecución**	-	minutos
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección		**Corrección del área para la Deformación por Corte**		con corrección

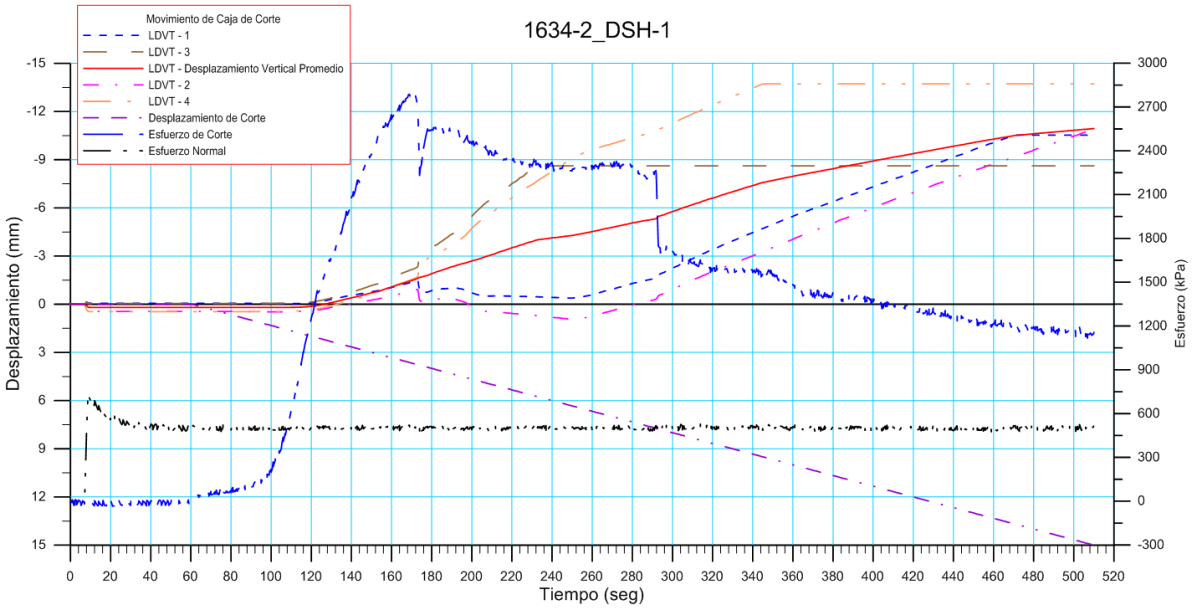
Resultados

Punto 1	**Velocidad de Carga – σ_n**	**100**	**kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n**	**500**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	14.56	-2.91	**2793.33**	**1149.77**	kPa
Tiempo	59.6236	60.00	**171.66**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0031	0.00	**3.72**	**15.00**	mm
Deformación Normal	0.1995	0.20	**-1.54**	**-10.94**	mm
σ - Esfuerzo Normal	509.1907	499.48	**515.10**	**503.19**	kPa
Mediciones				1425	puntos

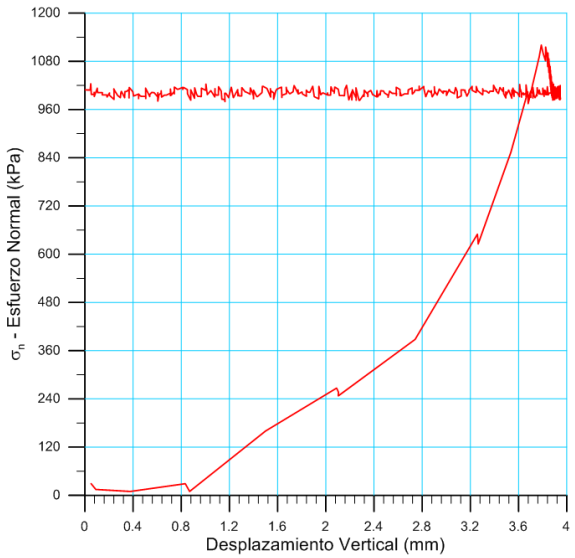


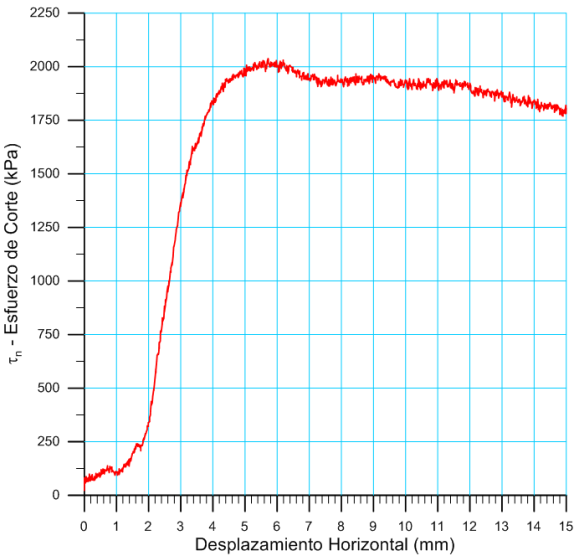


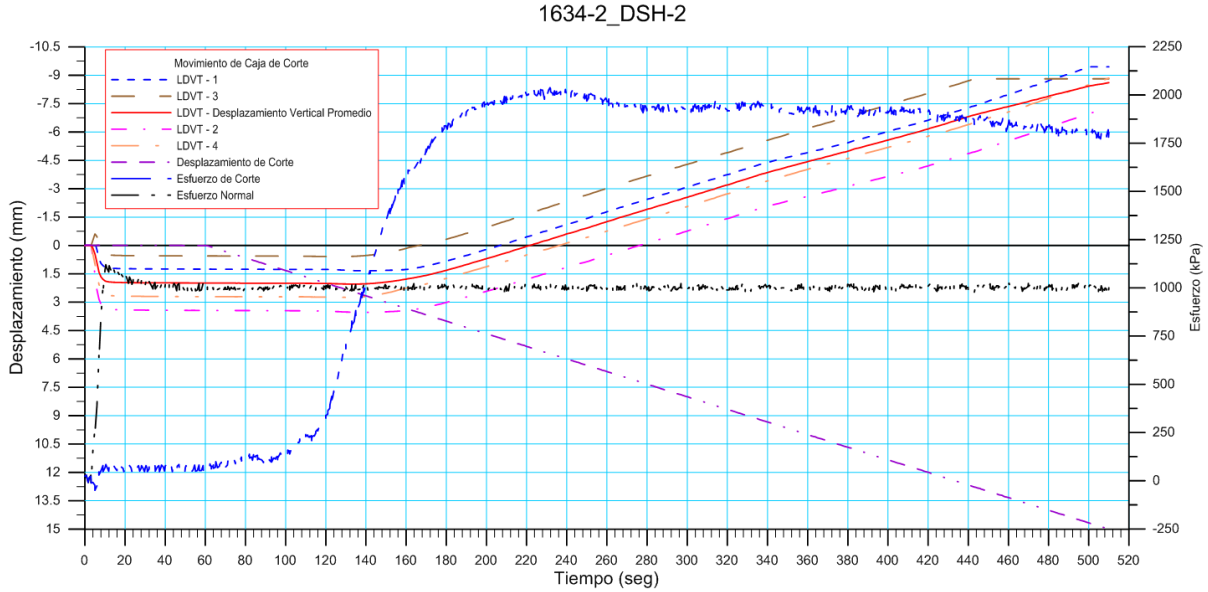


Punto 2	**Velocidad de Carga – σ_n** **100** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **1000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	87.37	64.07	**2039.90**	**1806.25**	kPa
Tiempo	13.7063	60.00	**245.92**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	-0.0031	0.00	**6.19**	**15.00**	mm
Deformación Normal	1.9410	1.99	**-0.80**	**-8.61**	mm
σ - Esfuerzo Normal	1105.6715	998.97	**1028.32**	**1000.58**	kPa
Mediciones				1426	puntos

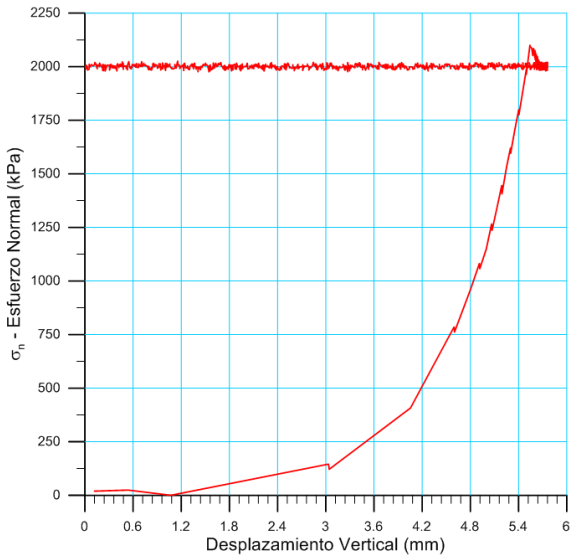


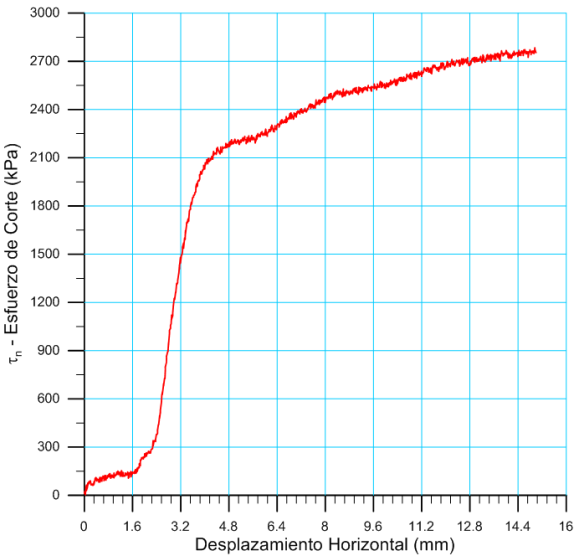


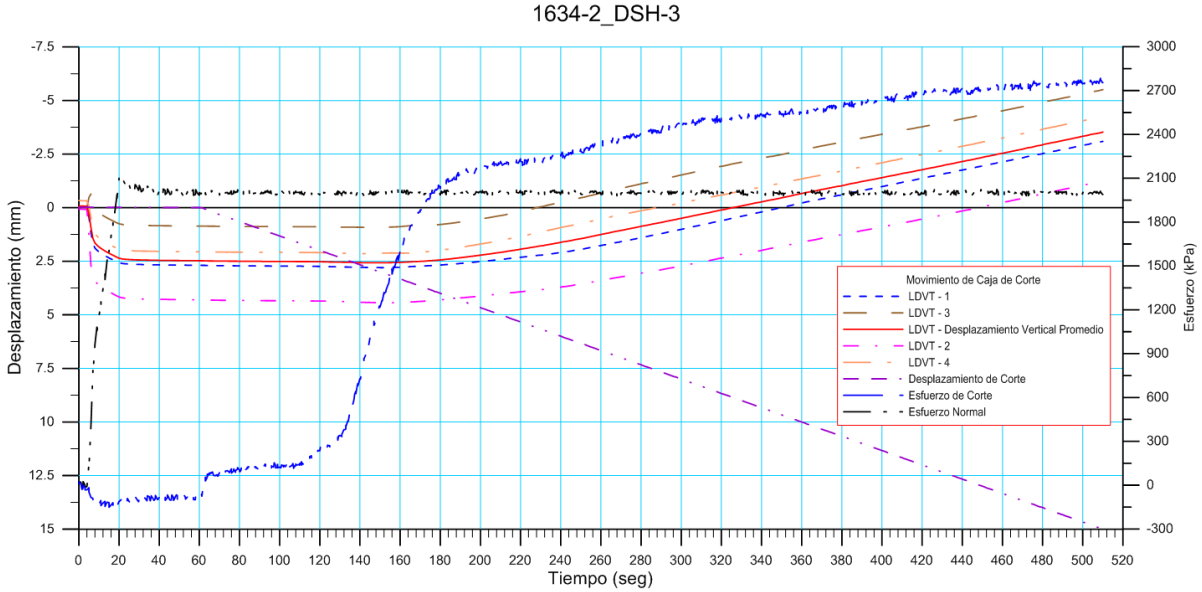


Punto 3	**Velocidad de Carga – σ_n** **100** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **2000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	23.30	-84.46	**2798.61**	**2571.06**	kPa
Tiempo	0.0645	60.00	**503.60**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0047	0.00	**14.78**	**15.00**	mm
Deformación Normal	-0.0761	2.48	**-3.41**	**-3.53**	mm
σ - Esfuerzo Normal	24.2472	1997.97	**2024.28**	**1983.81**	kPa
Mediciones				1435	puntos

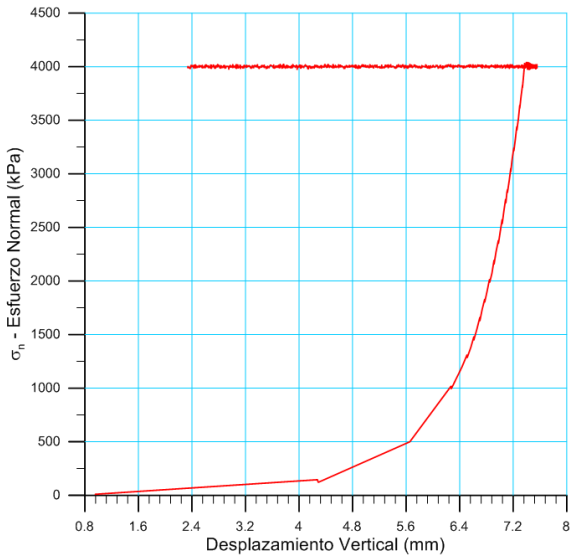


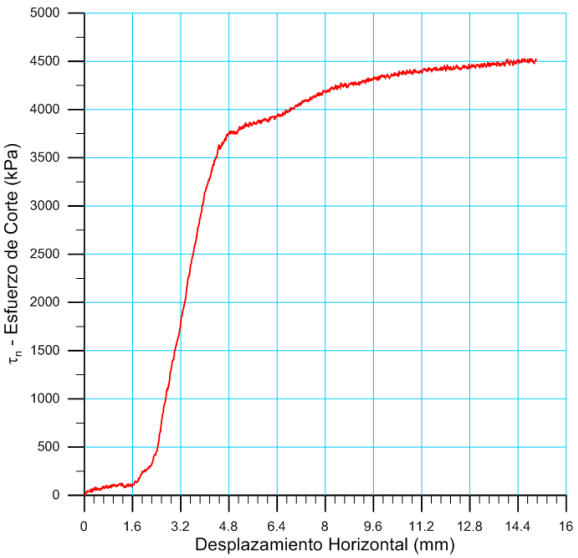


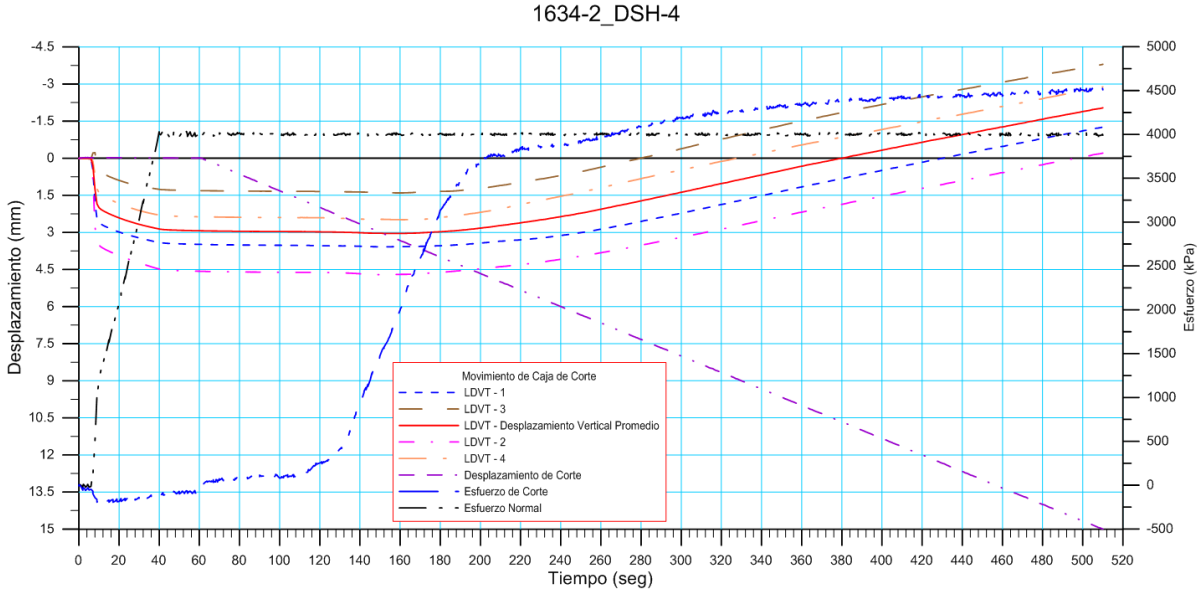


Punto 4	**Velocidad de Carga – σ_n** **100** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **4000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	8.74	-81.55	4552.12	**4505.02**	kPa
Tiempo	0.0137	60.00	504.27	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0078	-0.01	14.79	**15.00**	mm
Deformación Normal	0.0071	2.93	-1.95	**-2.04**	mm
σ - Esfuerzo Normal	0.0000	4005.83	4020.53	**3990.60**	kPa
Mediciones				1418	puntos

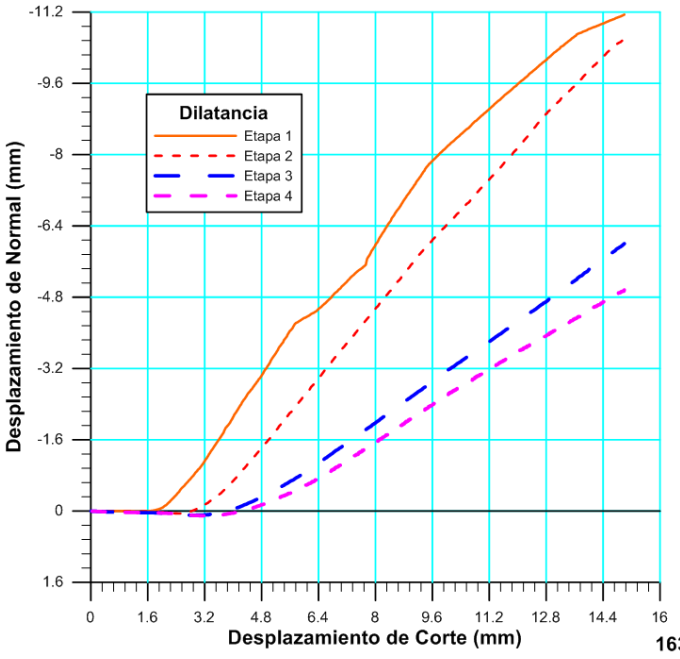


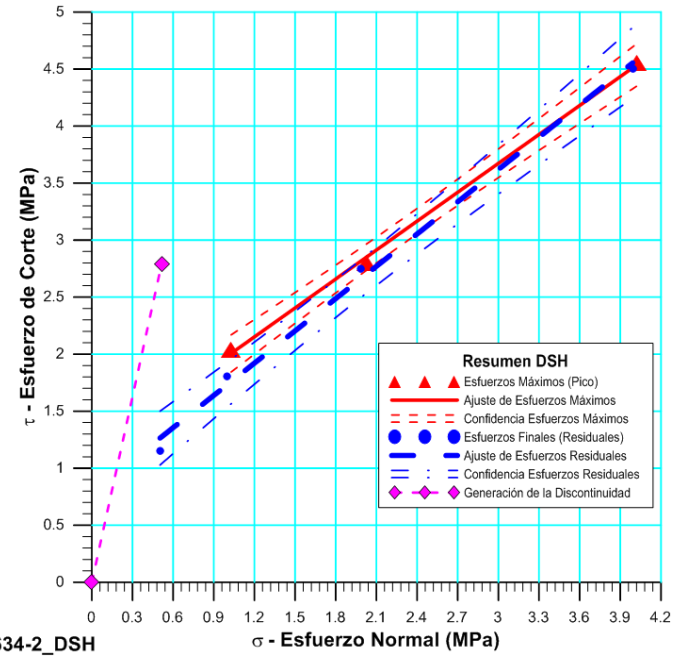




Cuadro Resumen de los Resultados

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	σ_n (MPa)	τ (MPa)	σ_n (MPa)	τ (MPa)
1	0.51510	2.79333	0.50319	1.14977
2	1.02832	2.03990	1.00058	1.80625
3	2.02428	2.79861	1.98381	2.75106
4	4.02053	4.55212	3.99060	4.50502





Resultados de las curvas de ajuste del punto 2 al punto 4 (DISCONTINUIDAD)		
VARIABLE	**Máximo (Pico)**	**Mínimo (Residual)**
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$\tau = \tan(40.20) * \sigma + 1.14$	$\tau = \tan(43.33) * \sigma + 0.79$
Cohesión (c) (MPa)	1.14	0.79
Ángulo de Fricción (ϕ), (grados)	40.20	43.33
Número de puntos	4	4
Promedio Esfuerzo Normal (σ_n) - (MPa)	2.36	1.87
Promedio Esfuerzo de Corte (τ)- (MPa)	3.05	2.55
Suma de los residuos cuadrados	0.73	0.03
Regresión Suma de los residuos cuadrados	2.68	6.35
Coeficiente de Determinación (R^2)	0.79	1.00

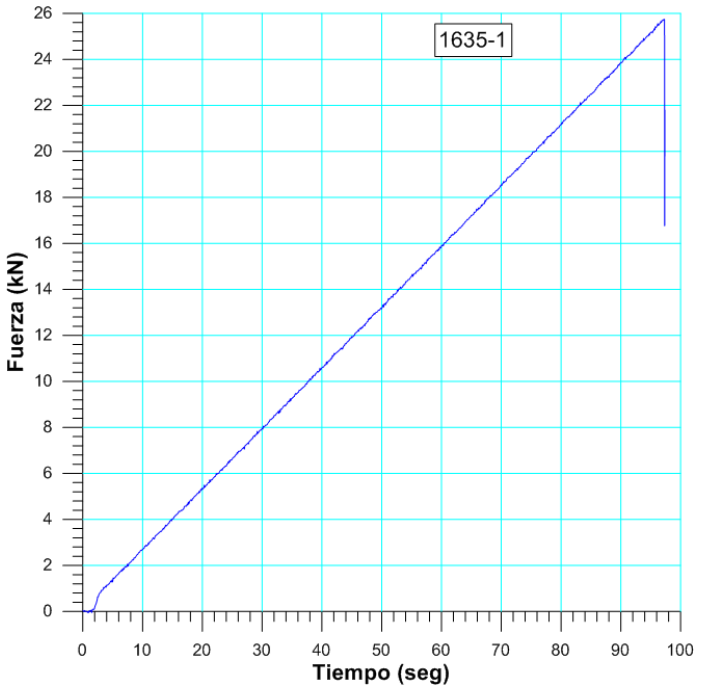
OBSERVACIONES	
	INICIAL
FINAL – CAJA INFERIOR	FINAL – CAJA SUPERIOR

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1635-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1635-1**			
Perforación:	**PHG034**			
Muestra:	**MGM-07**			
Profundidad:	**81.20 – 81.35**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**ARENISCAS LIMOLITICAS**			
Diámetro (D)	31.60	mm		
Espesor	63.25	mm		
Duración:	97.3803	seg	**INICIO**	**FINAL**

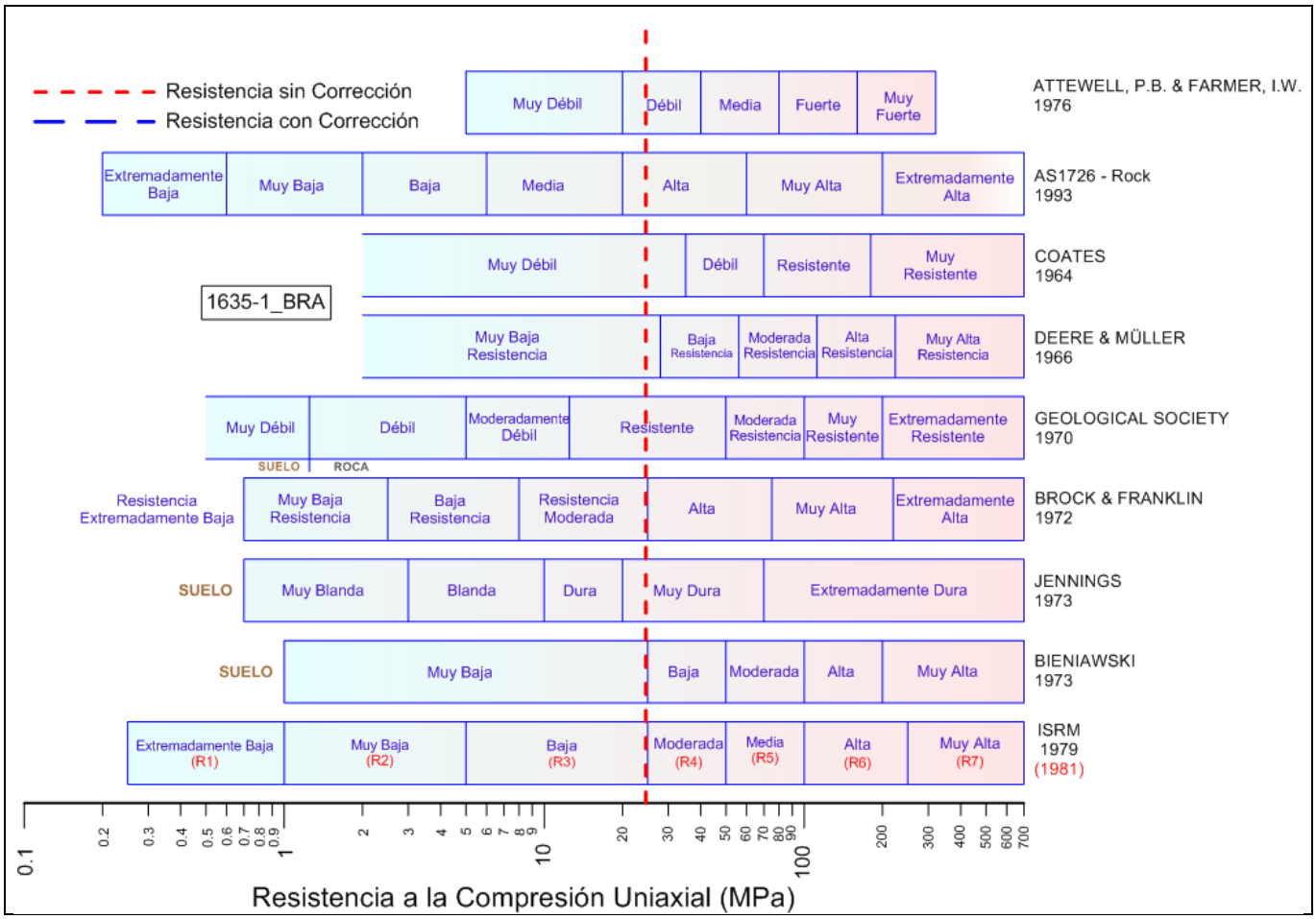
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	-	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg	
Carga Máxima permitida	**90**	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial – Ea	**>=**	**1.2%**	
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**	
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**	



.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	

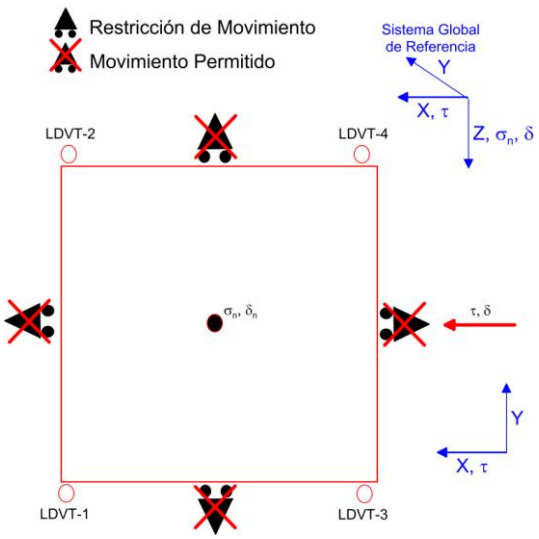
RESULTADOS DEL ENSAYO			**OBSERVACIONES**
Carga Axial Pico	**25.74**	**kN**	
Resistencia a la Tracción	**-8.20**	**MPa**	
Resistencia a la Compresión	**24.60**	**MPa**	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Baja - (R3)**		


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1635-1_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO – ESTÁTICO (CNL) *GUASARE – FOSA NORTE*			RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 7**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	12-08-2015	**Espécimen:1635-2_DSH**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**Suggested Methods For Determining Shear Strength (2014)**
	ASTM	**D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force**

DATOS GENERALES			
Equipo	**GCTS - RDS-500**		
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**		
Proyecto	**Caracterización la Fosa Norte - Guasare**		
Espécimen	**1635-2_DSH**		
Origen del Espécimen	**Suministrado por el cliente**		
Perforación	**PHG034**		
Coordenadas de la muestra			
Muestra	**MGM-07**		
Profundidad	**81.20**	**m**	
Clasificación Geológica del Espécimen	**Areniscas Limolíticas**		
Formación Geológica			
Tipo de Roca	Media		
Inclinación de la Discontinuidad	-	Referido al eje vertical de la caja	
Tipo de Espécimen	Cilíndrica	Altura	96.70 mm
		Diámetro	63.35 mm
		Angulo de inclinación con la vertical: 0º	
Dirección de Esfuerzo de Corte	indicada		
Eje Mayor	-	Mm	
Área Inicial	33.68	cm^2	
Grados de libertad de la Caja de Corte	**Todos**		



GRADOS DE LIBERTAD DEL ENSAYO

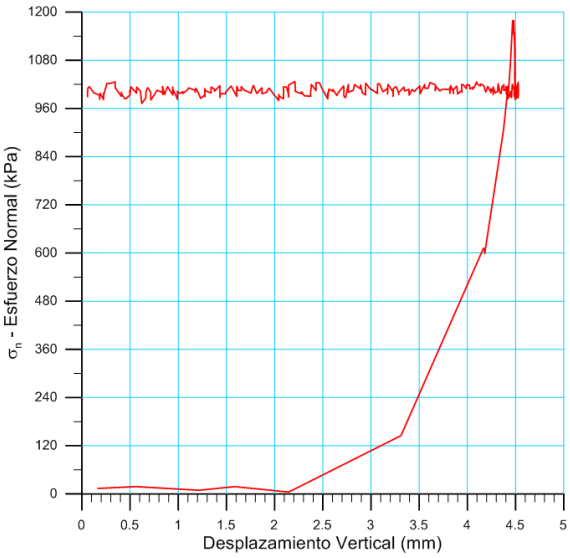
PROGRAMA DE CARGA

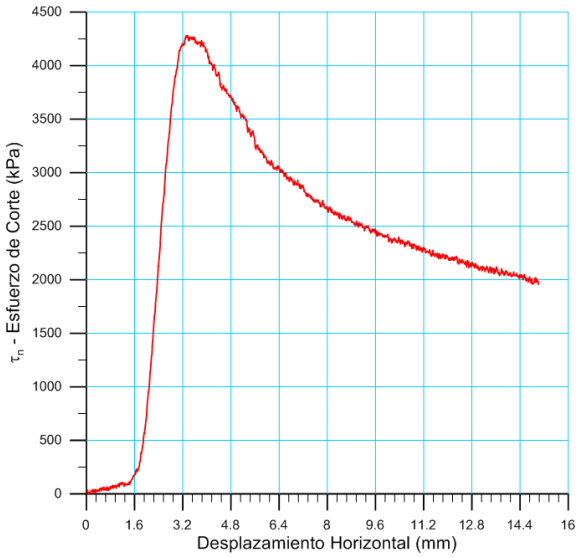
Etapa 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL σ_n			**Etapa 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE τ_n**		
Actuador de Corte			**Actuador de Corte**		
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte		Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte	
Modo	Constante		Modo	Incremental	
Valor Constante	0.00 mm		Valor Inicial	0	mm
Actuador Normal			Velocidad de Desplazamiento	2	mm/minuto
Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal		Valor Final	15	mm
Modo	Incremental		**Actuador Normal**		
Valor Inicial	0	kPa	Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal	
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados	kPa/segundo	Modo	Constante	
Valor Final		kPa	Valor Constante	Relativo	
Adquisición de Datos			**Adquisición de Datos**		
Incrementos de Tiempo	1	segundo	Incrementos de Tiempo	1	segundo
Nivel de Cruce	Seleccionado		Nivel de Cruce	Seleccionado	
Picos/valles	Seleccionado		Picos/valles	Seleccionado	
Entrada Maestra	AI-2: σ_n – Deslazamiento del actuador normal		Entrada Maestra	AI-4:Desplazamiento de corte	
Sensibilidad	10	pfs	Sensibilidad	0.05	mm
Tiempo Máximo de Ejecución	1	minuto	**Tiempo Máximo de Ejecución**	-	minutos
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección		**Corrección del área para la Deformación por Corte**		con corrección

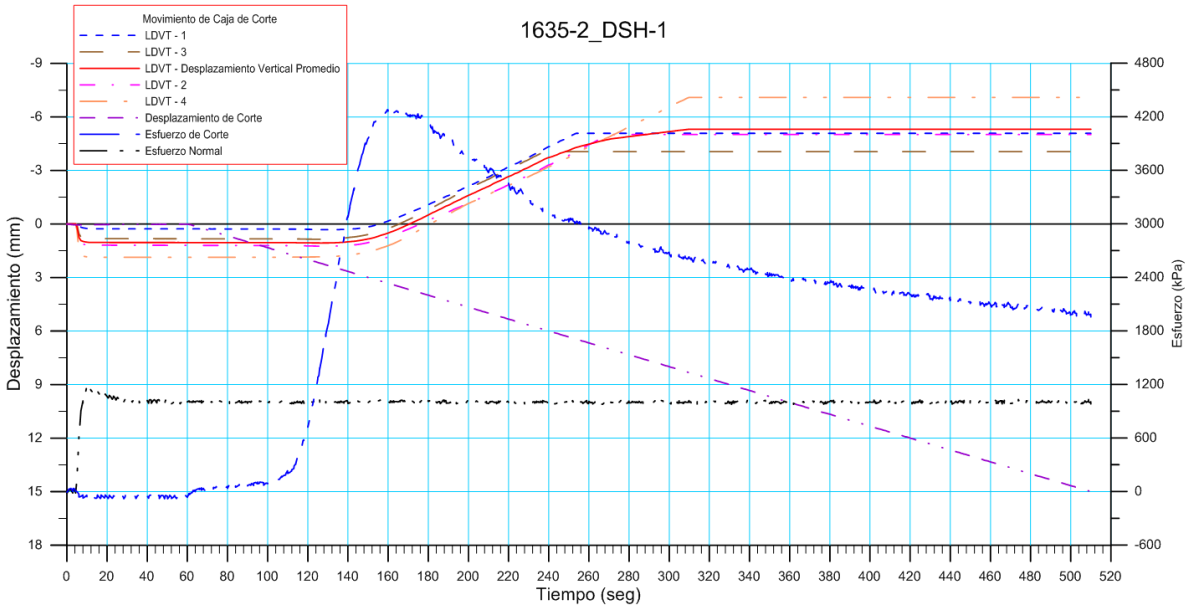
Resultados

Punto 1	**Velocidad de Carga – σ_n** **100** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **1000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	38.13	-76.21	**4300.87**	**1953.32**	kPa
Tiempo	4.0837	60.00	**161.01**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0468	0.01	**3.35**	**15.00**	mm
Deformación Normal	0.0018	1.04	**0.46**	**-5.31**	mm
σ - Esfuerzo Normal	13.6038	992.45	**1025.11**	**975.10**	kPa
Mediciones				1429	puntos

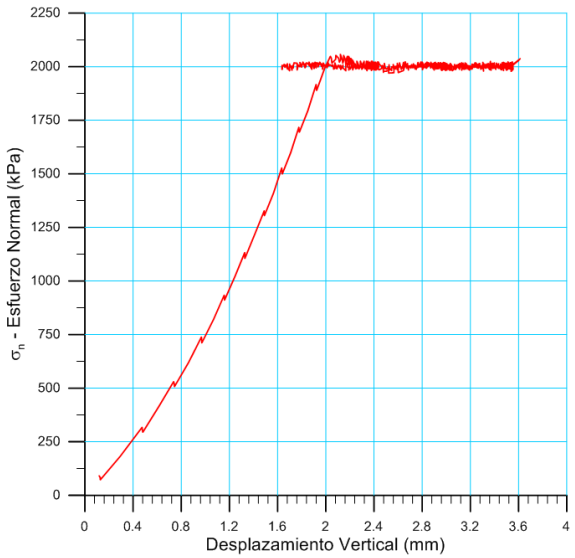


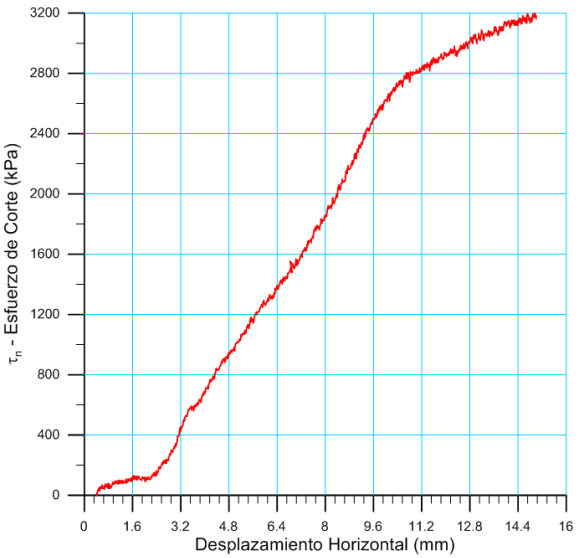


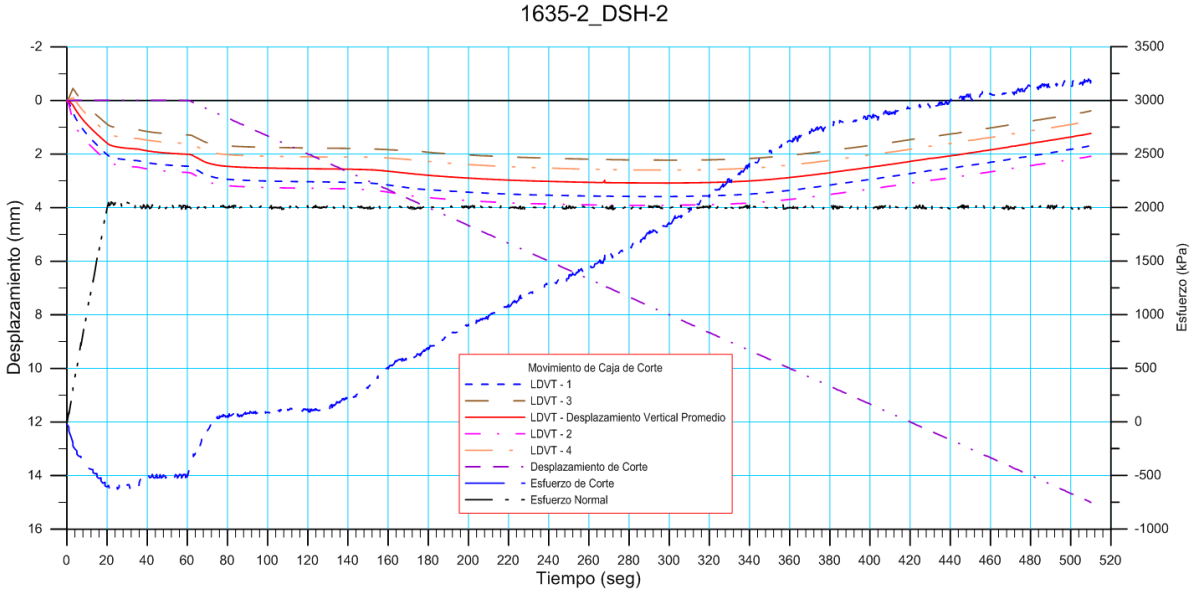


Punto 2	**Velocidad de Carga – σ_n** **100** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **2000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	2.72	-508.84	**3213.85**	**3169.77**	kPa
Tiempo	0.0347	60.00	**506.93**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0016	0.00	**14.89**	**15.00**	mm
Deformación Normal	-0.0005	2.01	**1.27**	**1.23**	mm
σ - Esfuerzo Normal	0.0000	2007.14	**2026.34**	**1994.15**	kPa
Mediciones				1439	puntos

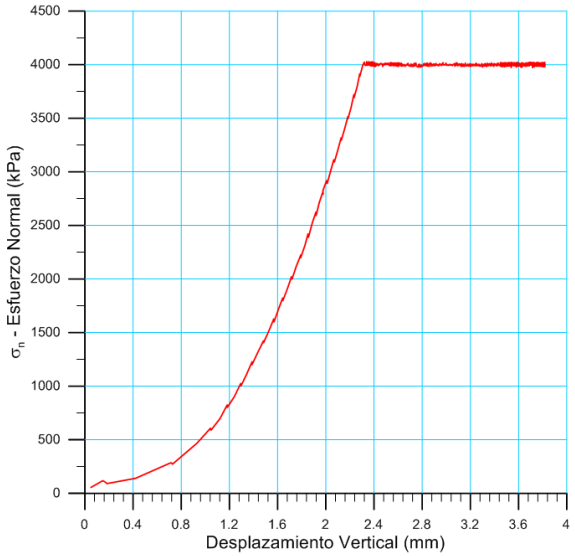


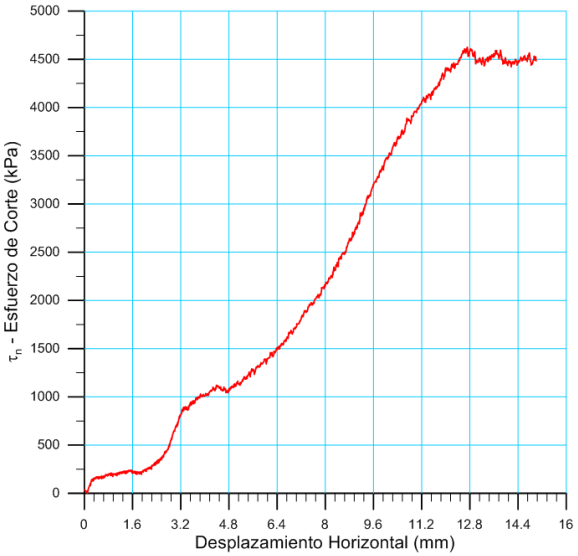


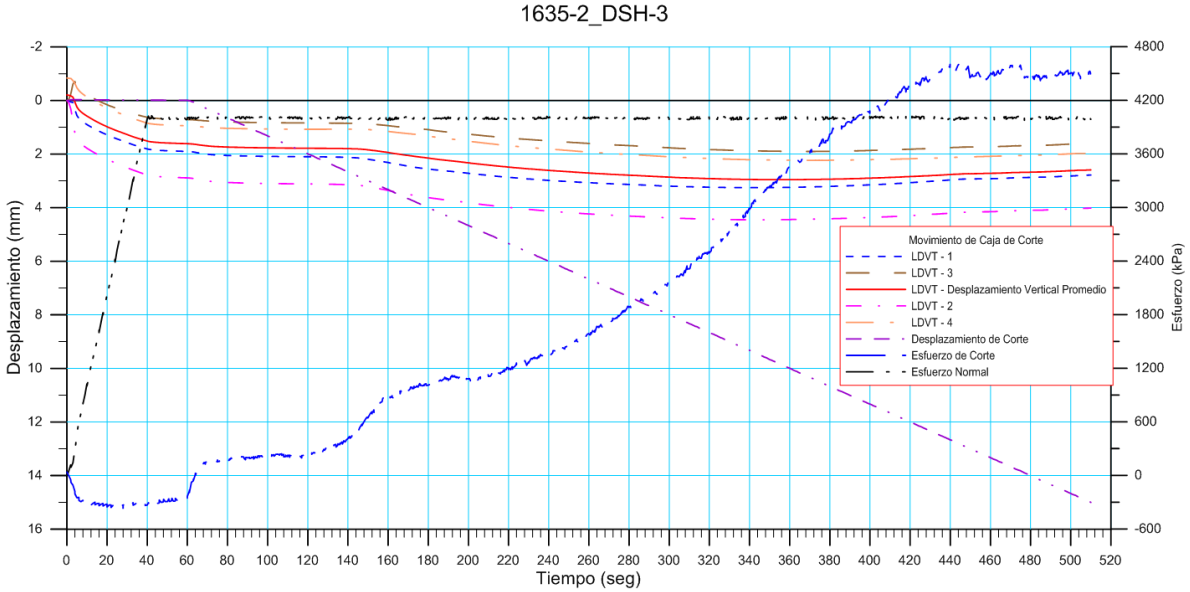


Punto 3	**Velocidad de Carga – σ_n** **100** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **4000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	70.75	-247.63	**4655.66**	**4484.35**	kPa
Tiempo	0.0200	60.00	**441.02**	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0047	-0.01	**12.69**	**15.00**	mm
Deformación Normal	-0.2086	1.61	**2.76**	**2.59**	mm
σ - Esfuerzo Normal	13.5929	4000.93	**4021.53**	**3988.14**	kPa
Mediciones				1428	puntos

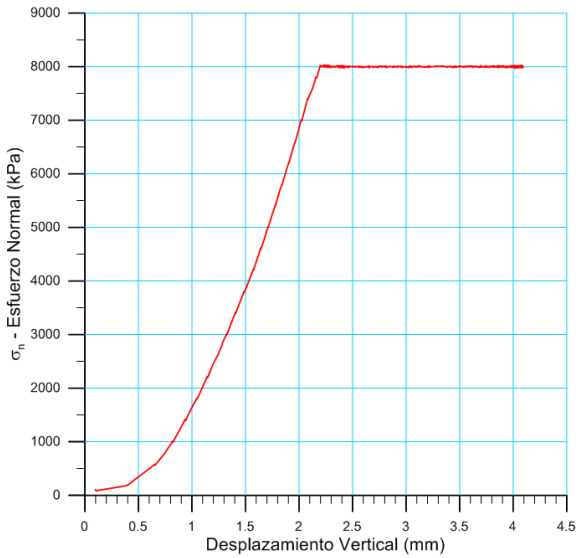


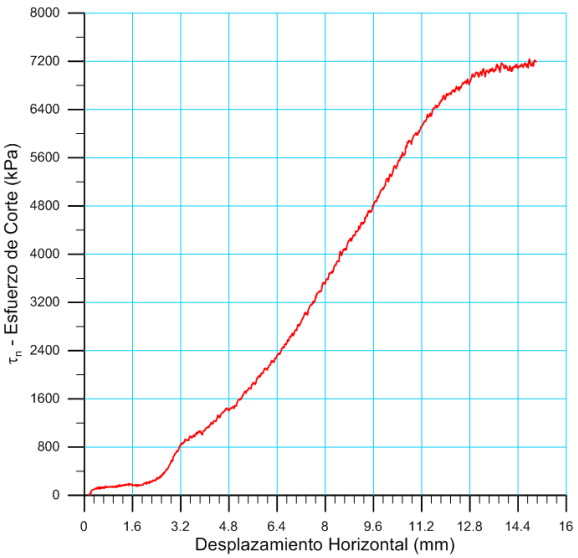


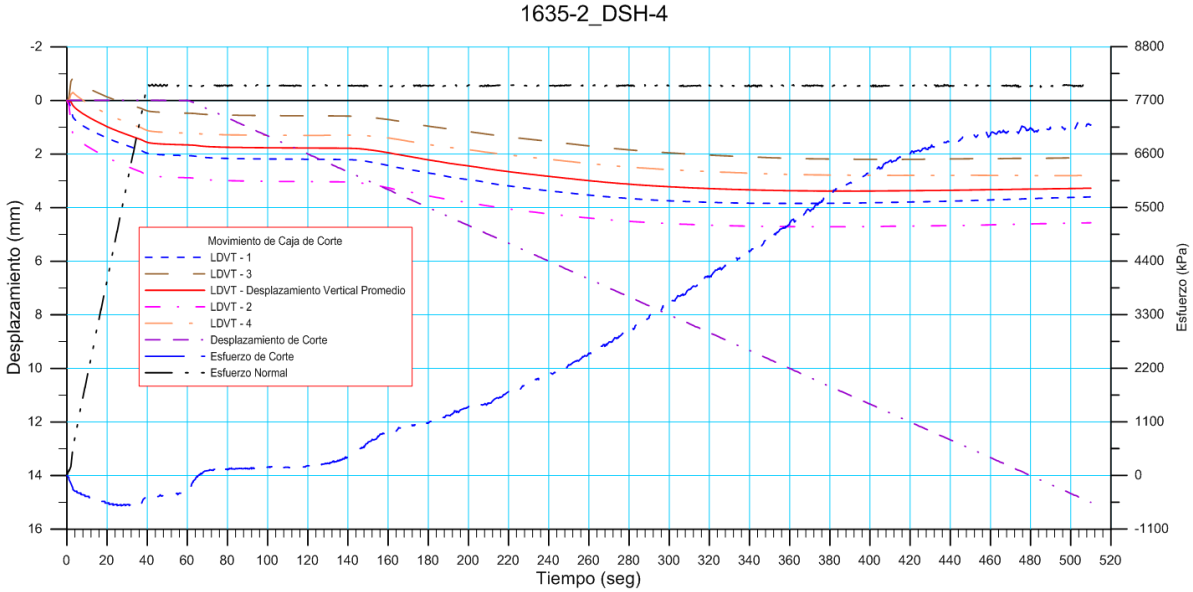


Punto 4	**Velocidad de Carga – σ_n** **100** **kPa/segundo**	**Valor Final – σ_n** **8000**	**kPa**

VARIABLE	**ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal**		**ETAPA 2 – Ejecución del Corte**		**Unidades**
	Pico	**Residual**	**Pico**	**Residual**	
τ - Esfuerzo de Corte	19.05	-380.95	7264.56	**7196.88**	kPa
Tiempo	0.0547	60.00	503.40	**510.00**	segundos
Deformación de Corte	0.0109	0.00	14.77	**15.00**	mm
Deformación Normal	0.0009	1.66	3.28	**3.27**	mm
σ - Esfuerzo Normal	13.5946	8005.91	8018.13	**7995.15**	kPa
Mediciones				1424	puntos

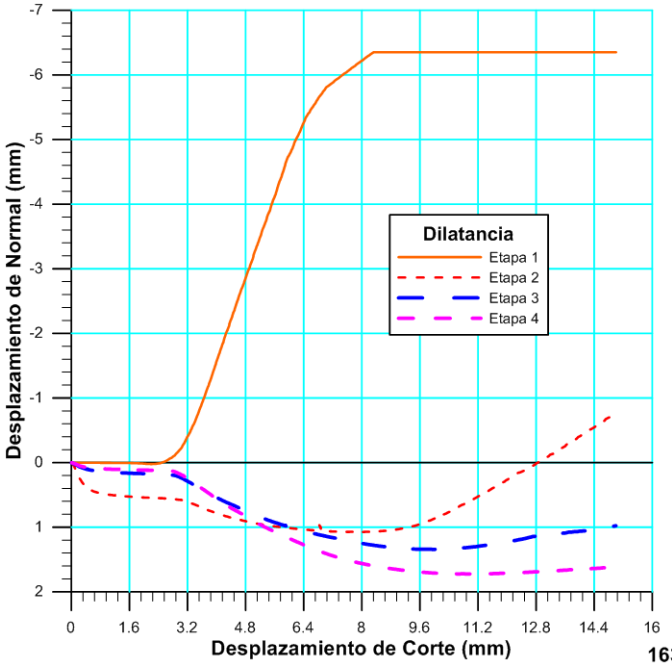


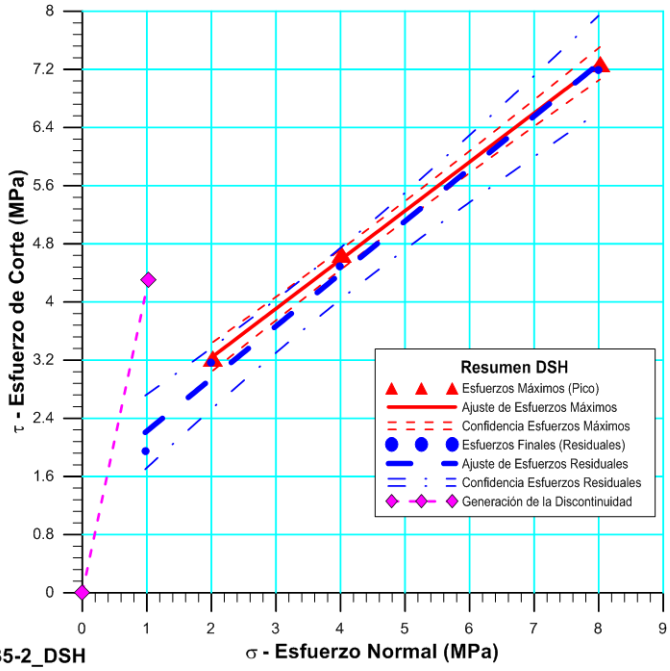




Cuadro Resumen de los Resultados

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	σ_n (MPa)	τ (MPa)	σ_n (MPa)	τ (MPa)
1	1.02511	4.30087	0.97510	1.95332
2	2.02634	3.21385	1.99415	3.16977
3	4.02153	4.65566	3.98814	4.48435
4	8.01813	7.26456	7.99515	7.19688





Resultados de las curvas de ajuste del punto 2 al punto 4 (DISCONTINUIDAD)		
VARIABLE	**Máximo (Pico)**	**Mínimo (Residual)**
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$\tau = \tan(33.93) * \sigma + 1.89$	$\tau = \tan(35.82) * \sigma + 1.50$
Cohesión (c) (MPa)	1.89	1.50
Ángulo de Fricción (ϕ), (grados)	33.93	35.82
Número de puntos	4	4
Promedio Esfuerzo Normal (σ_n) - (MPa)	4.69	3.74
Promedio Esfuerzo de Corte (τ)- (MPa)	4.86	4.20
Suma de los residuos cuadrados	1.45	0.13
Regresión Suma de los residuos cuadrados	7.40	15.04
Coeficiente de Determinación (R^2)	0.84	0.99

OBSERVACIONES	
	INICIAL
FINAL – CAJA INFERIOR	FINAL – CAJA SUPERIOR

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1636-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1636-1-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG034**	
Tipo de Roca	Arenisca	
Formación		
Profundidad	154.20	m
Altura	135.20	mm
Longitud medidor de deformación	135.20	mm
Diámetro	63.40	mm
Área	31.57	cm^2
Volumen	426.82	cm^3
Peso	1077.10	gr
Densidad	2.52354	Ton/m^3
L/D	2.10	-
σ3 (calculado)	116.738960	MPa
Registros capturados durante el ensayo	2249	Registros



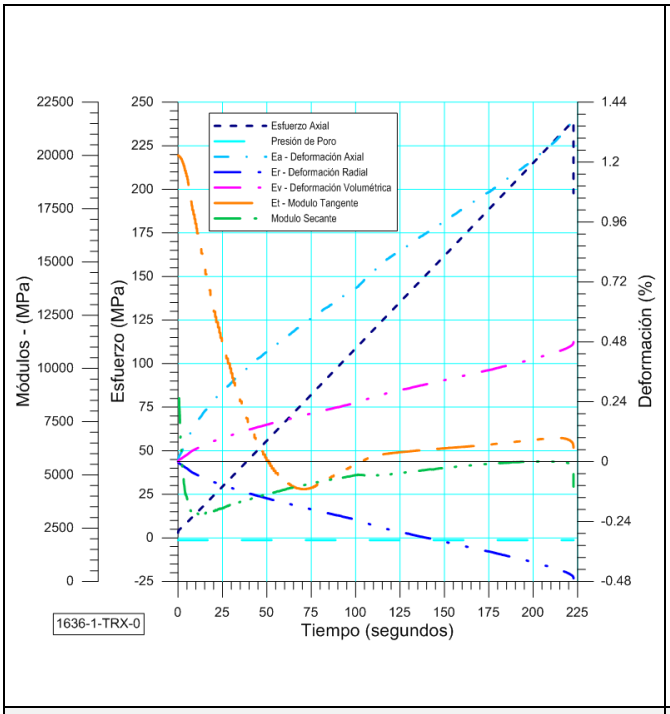
Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

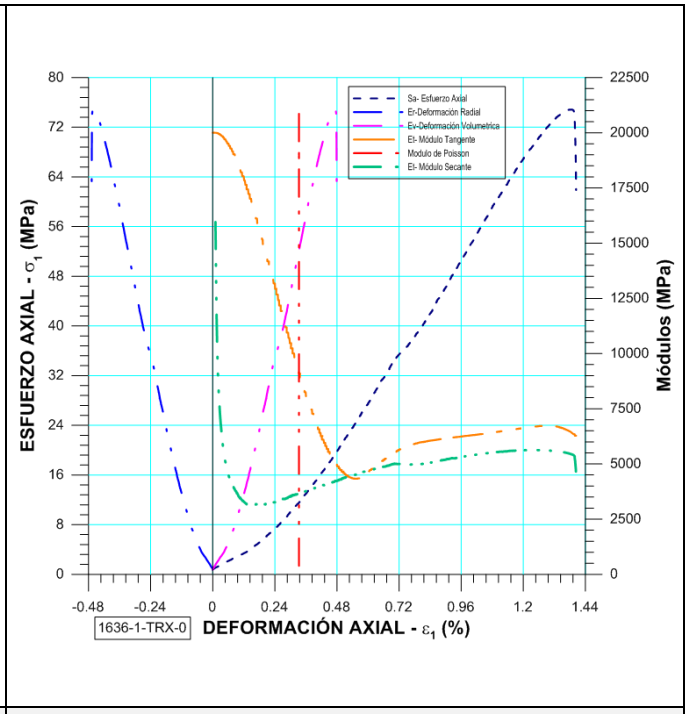
ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	150	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.384	%
Tiempo Máximo del Ensayo	03:42	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2.5%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

RESULTADOS DEL ENSAYO

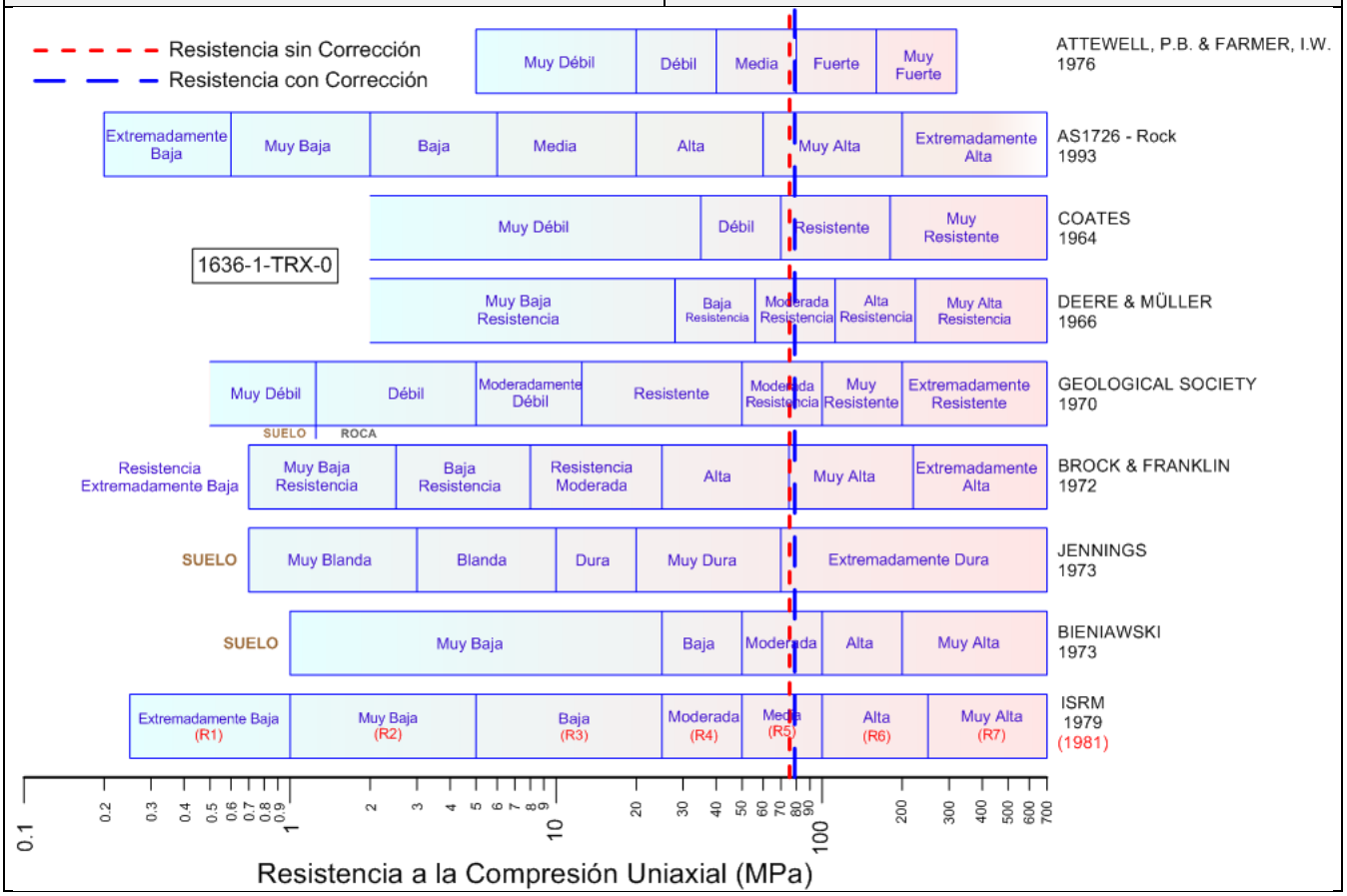
ESPÉCIMEN		
Altura	135.20	mm
Long medidor deformaciones	135.20	mm
Diámetro	63.40	mm
Área	31.57	cm^2
Volumen	426.82	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**75.40**	**MPa**
t - Tiempo	222.477	segundo
εa – Deformación Axial	1.384	%
εr – Deformación Radial	-0.461	%
εv – Deformación Volumétrica	0.472	%
σa – Esfuerzo Axial	74.90	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.30**	**MPa**
t - Tiempo	**222.728**	segundo
εa – Deformación Axial	1.519	%
εr – Deformación Radial	-0.506	%
εv – Deformación Volumétrica	0.519	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.20	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	5880.60	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	4983.09	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		



Desarrollo del ensayo



Resultados del ensayo



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**75.53**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**78.83**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**5822.35**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1636-2**

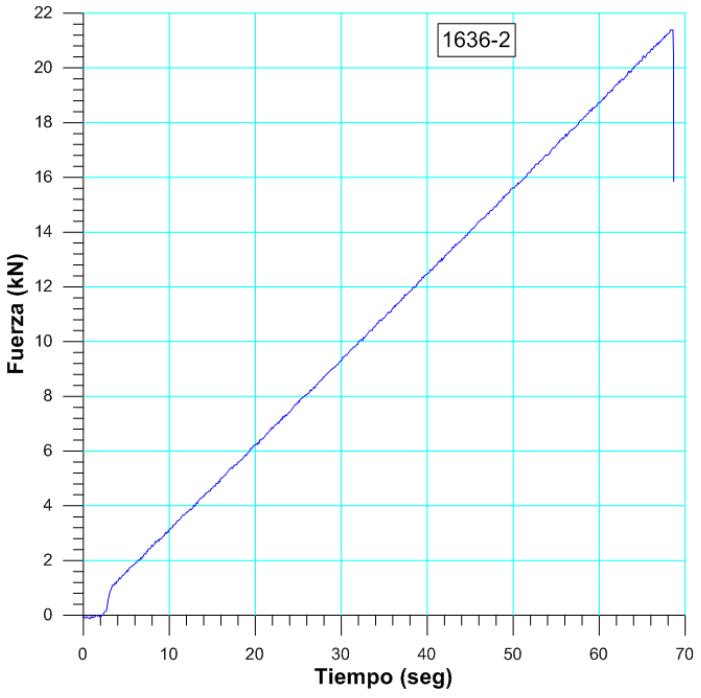
NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES				
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**			
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**			
Espécimen:	**1636-2**			
Perforación:	**PHG034**			
Muestra:	**MGM-08**			
Profundidad:	**154.20 – 154.35**	m		
Espesor capa	**0.15**	m		
Tipo de Roca	**ARENISCAS LIMOLITICAS**			
Diámetro (D)	34.40	mm		
Espesor	63.35	mm		
Duración:	68.673	seg	**INICIO**	**FINAL**

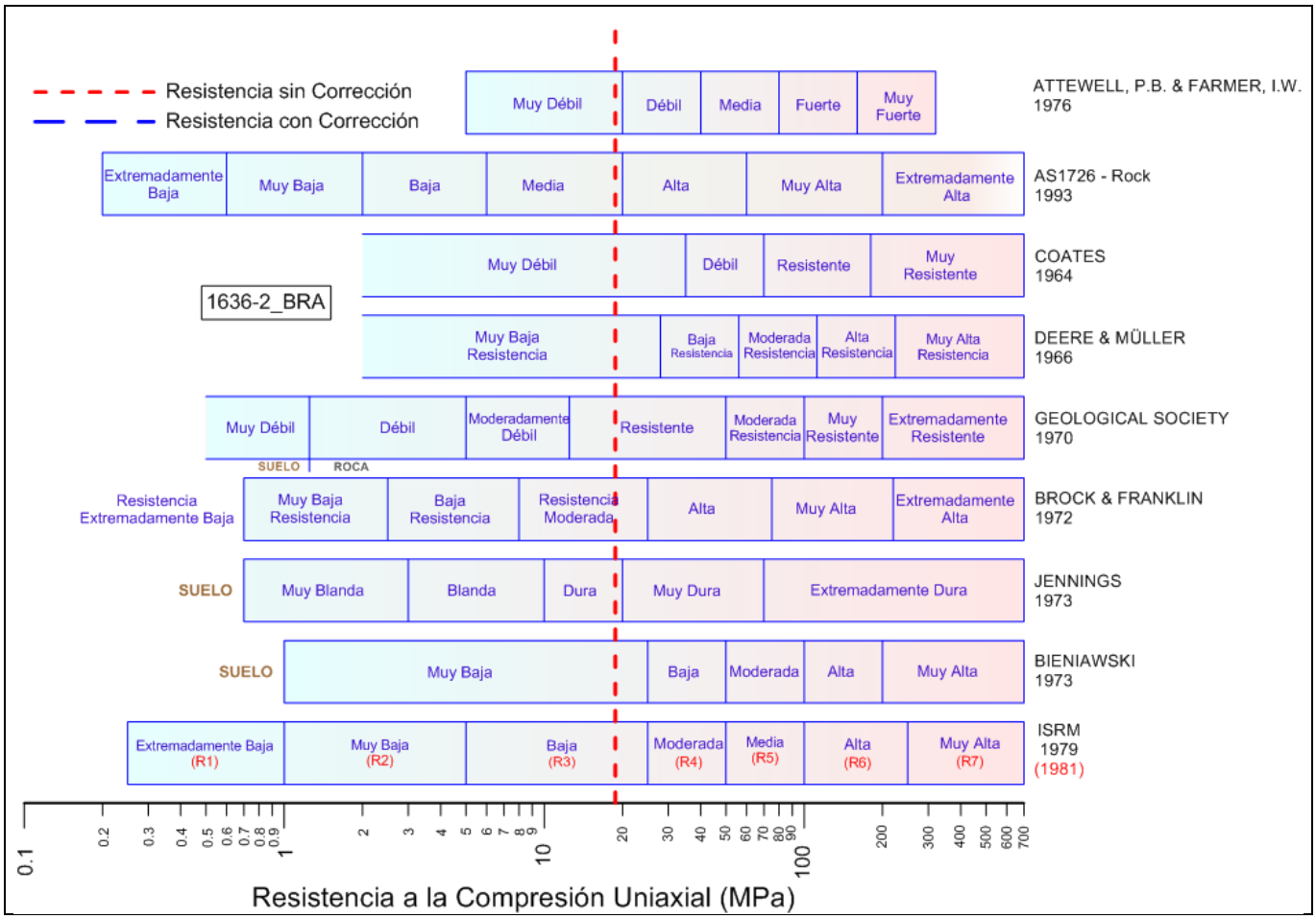
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	-	MPa
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg
Carga Máxima permitida	**90**	KN
ETAPA FINAL		
Deformación Axial – Ea	**>=**	**1.8%**
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**

.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	



RESULTADOS DEL ENSAYO			**OBSERVACIONES**
Carga Axial Pico	**21.39**	**kN**	
Resistencia a la Tracción	**-6.25**	**MPa**	
Resistencia a la Compresión	**18.76**	**MPa**	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Baja - (R3)**		


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1636-2_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
1
10
100
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1637**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1637-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG034**	
Tipo de Roca	Limolitas Arcillosas	
Formación		
Profundidad	57.55	m
Altura	129.60	mm
Longitud medidor de deformación	129.60	mm
Diámetro	62.70	mm
Área	30.876	cm^2
Volumen	400.157	cm^3
Peso	965.50	gr
Densidad	2.41281	Ton/m^3
L/D	2.10	-
σ3 (calculado)	41.65716465	MPa
Registros capturados durante el ensayo	653	Registros



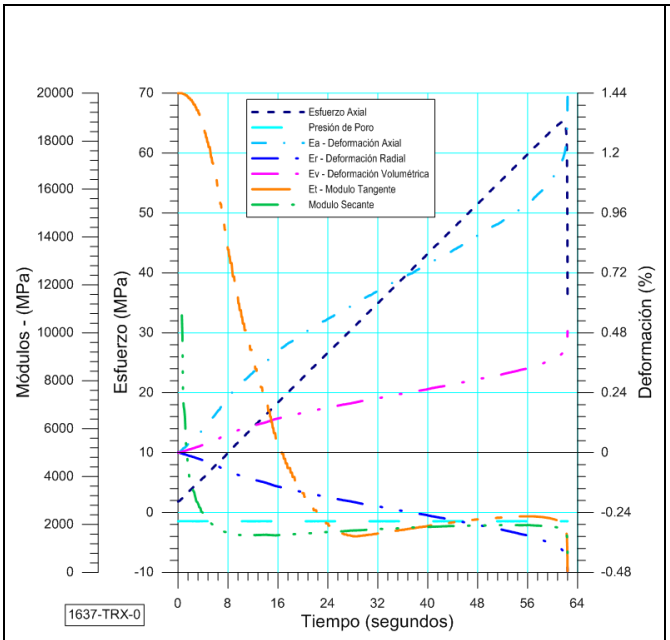
Condición inicial del espécimen

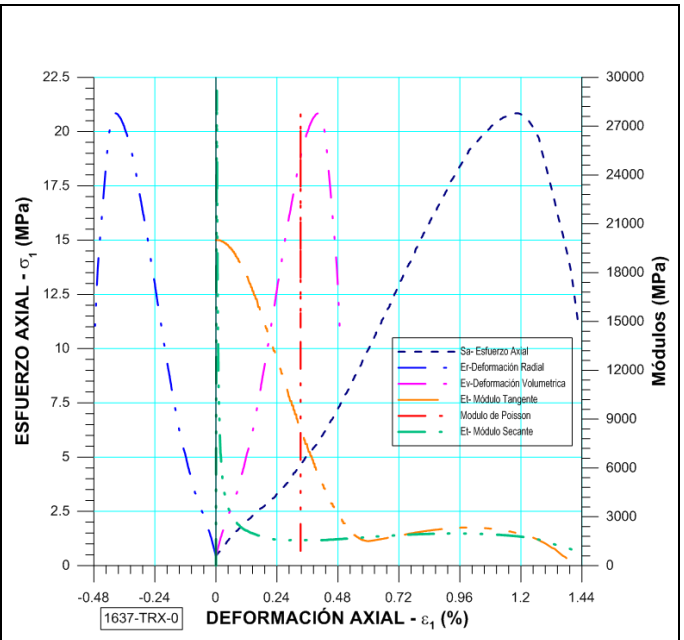
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.175	%
Tiempo Máximo del Ensayo	01:01	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

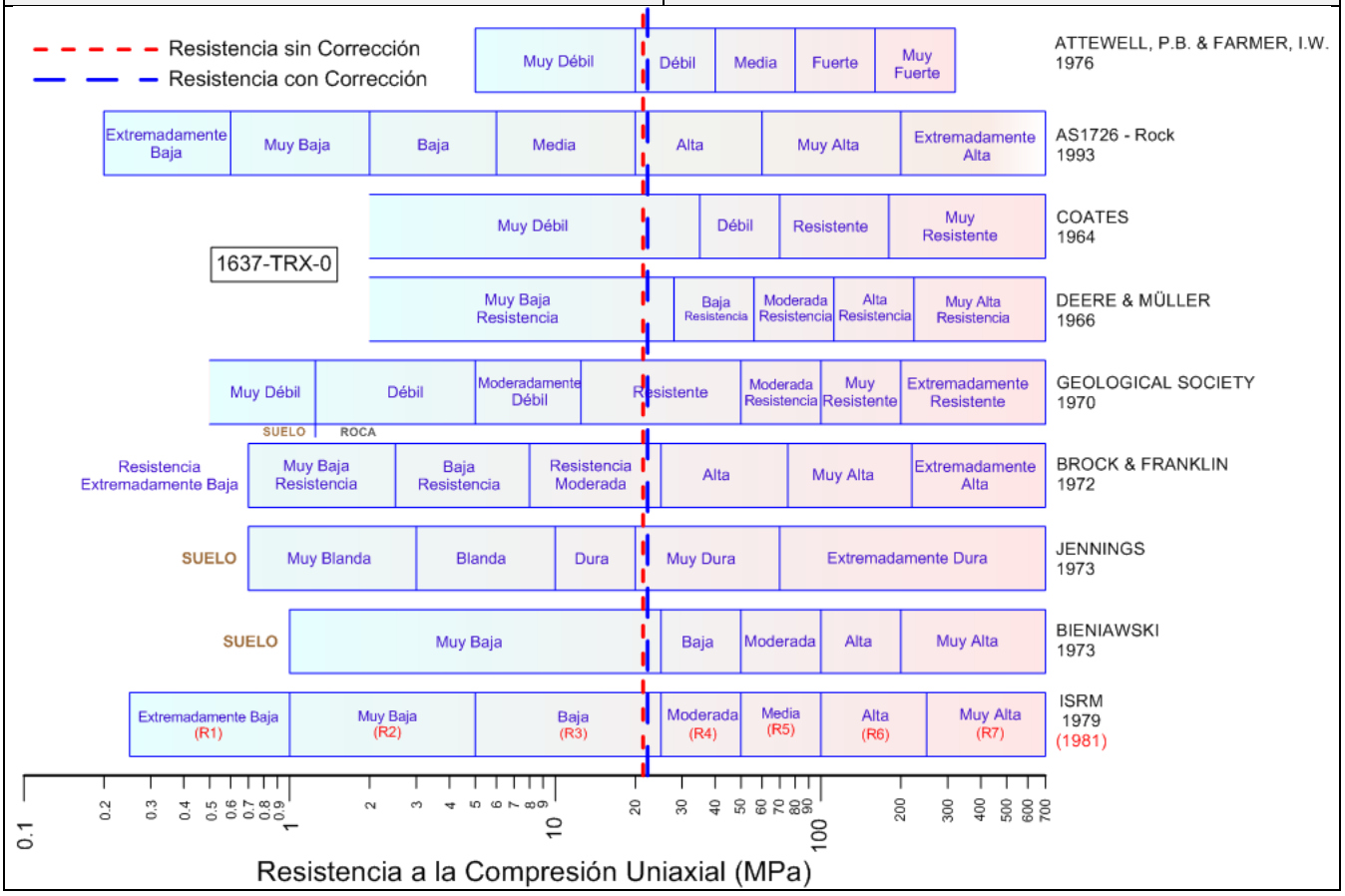
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	129.60	mm
Long medidor deformaciones	129.60	mm
Diámetro	63.70	mm
Área	30.876	cm^2
Volumen	400.157	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**21.40**	**MPa**
t - Tiempo	61.6078	segundo
εa – Deformación Axial	1.175	%
εr – Deformación Radial	-0.392	%
εv – Deformación Volumétrica	0.399	%
σa – Esfuerzo Axial	20.90	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**8.40**	**MPa**
t - Tiempo	**62.3979**	segundo
εa – Deformación Axial	1.473	%
εr – Deformación Radial	-0.491	%
εv – Deformación Volumétrica	0.503	%
σa – Esfuerzo Axial	7.90	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	1574.44	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	1784.09	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Baja - (R3)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**21.39**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**22.28**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**1575.05**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1872**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1872-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Carbón	
Formación		
Profundidad	192.30	m
Altura	114.05	mm
Longitud medidor de deformación	114.05	mm
Diámetro	47.00	mm
Área	17.349	cm^2
Volumen	197.87	cm^3
Peso	155.70	gr
Densidad	0.786879	Ton/m^3
L/D	2.40	-
σ3 (calculado)	45.39504951	MPa
Registros capturados durante el ensayo	531	Registros



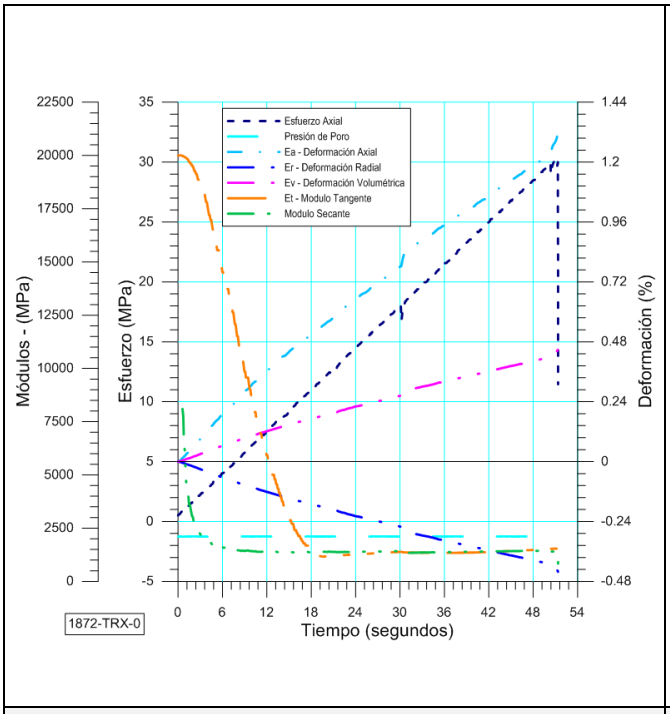
Condición inicial del espécimen

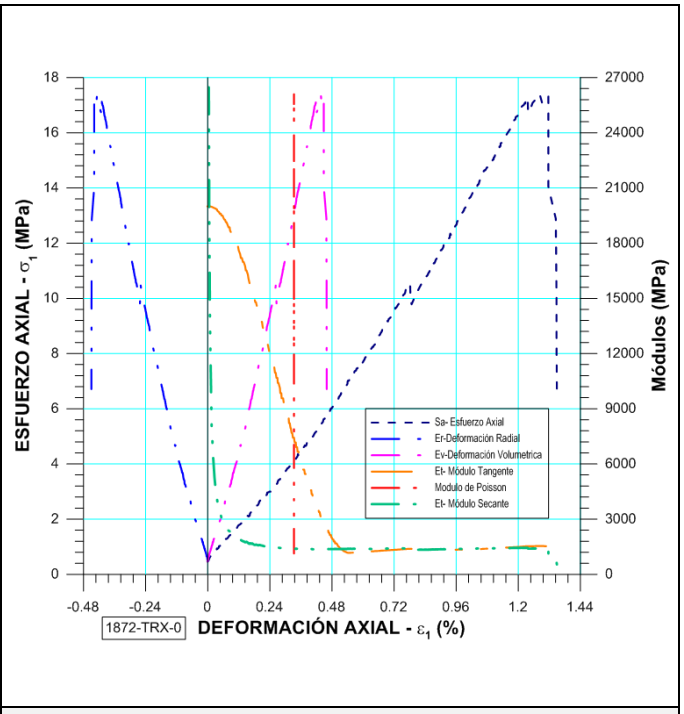
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.280	%
Tiempo Máximo del Ensayo	00:00	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

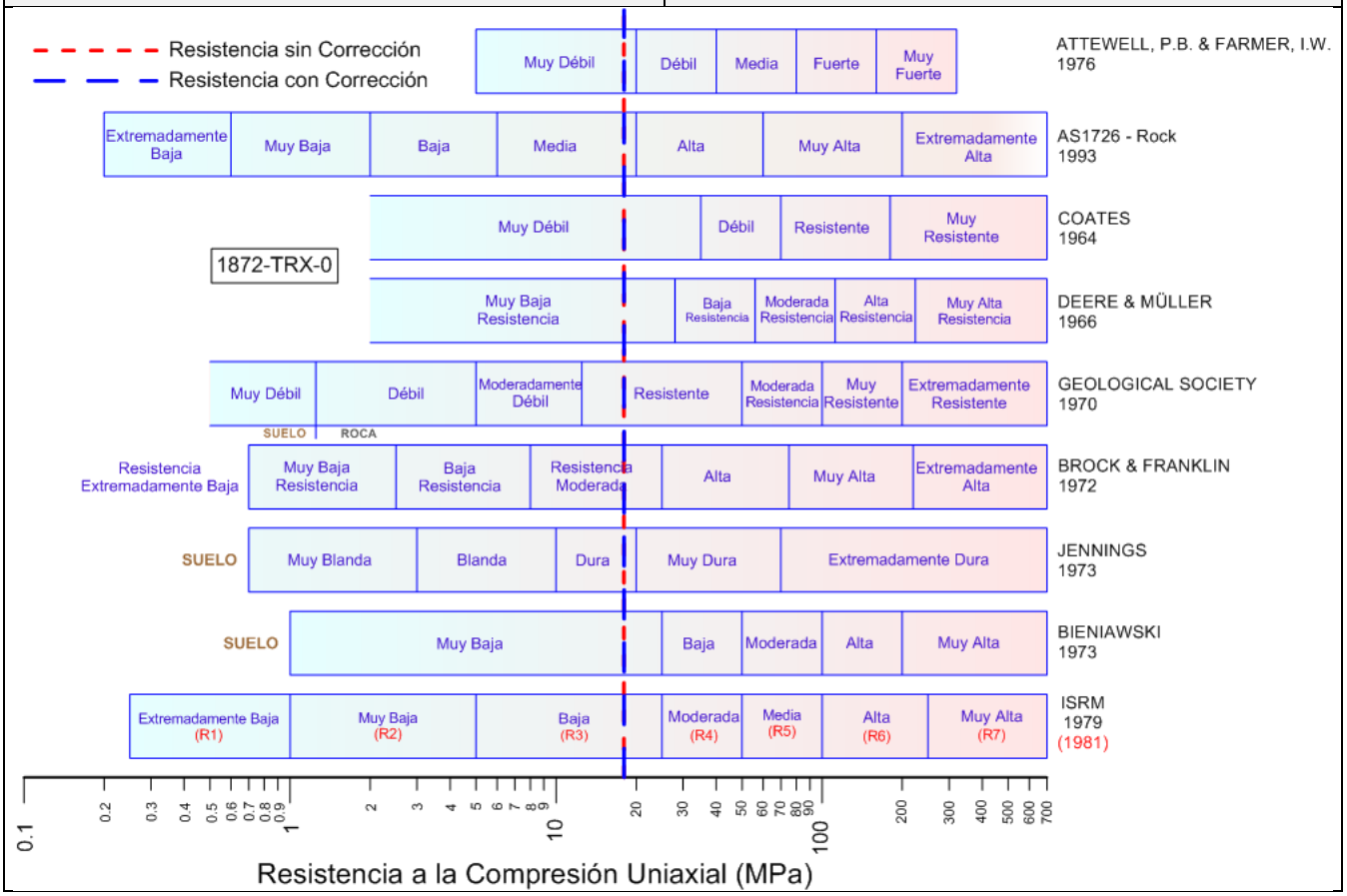
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	114.05	mm
Long medidor deformaciones	114.05	mm
Diámetro	47.00	mm
Área	17.349	cm^2
Volumen	197.87	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**18.00**	**MPa**
t - Tiempo	50.9407	segundo
εa – Deformación Axial	1.280	%
εr – Deformación Radial	-0.427	%
εv – Deformación Volumétrica	0.436	%
σa – Esfuerzo Axial	17.40	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**-0.90**	**MPa**
t - Tiempo	**51.3687**	segundo
εa – Deformación Axial	1.422	%
εr – Deformación Radial	-0.474	%
εv – Deformación Volumétrica	0.485	%
σa – Esfuerzo Axial	-1.5	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	1294.37	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	1403.90918	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Baja - (R3)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**18.22**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**18.02**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**1226.36**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1873**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1873-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG028R**	
Tipo de Roca	Carbón	
Formación		
Profundidad	222.30	m
Altura	110.00	mm
Longitud medidor de deformación	110.00	mm
Diámetro	48.30	mm
Área	18.322	cm^2
Volumen	201.547	cm^3
Peso	163.00	gr
Densidad	0.808744	Ton/m^3
L/D	2.30	-
σ3 (calculado)	53.93513736	MPa
Registros capturados durante el ensayo	676	Registros



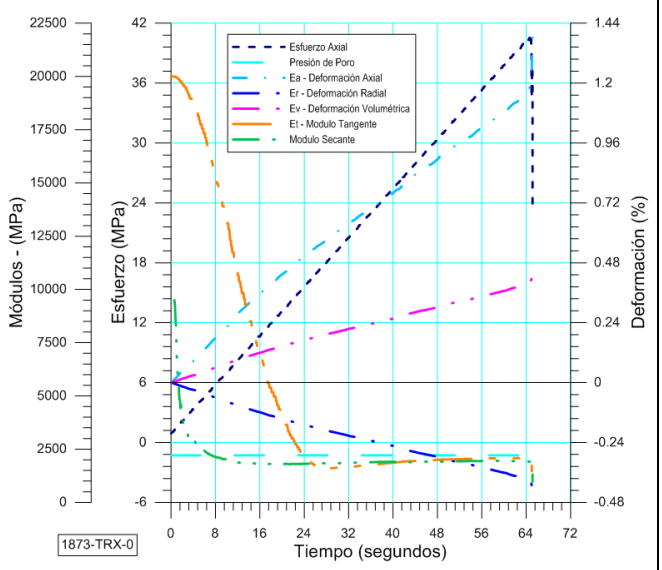
Condición inicial del espécimen

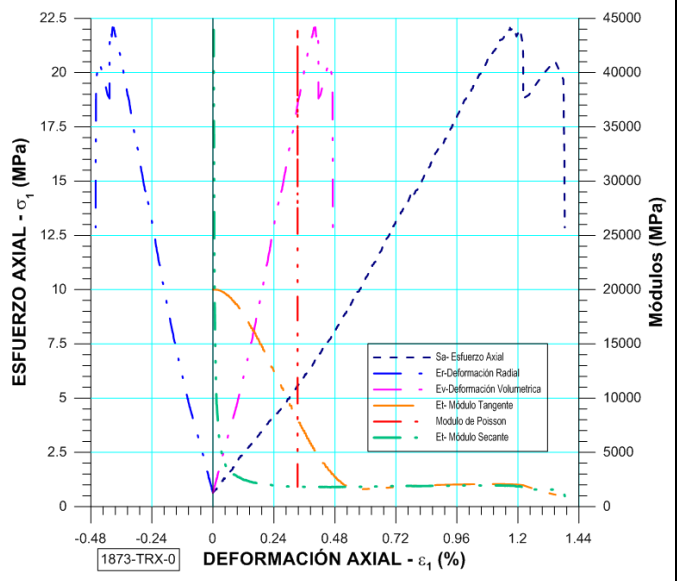
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.184	%
Tiempo Máximo del Ensayo	01:04	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

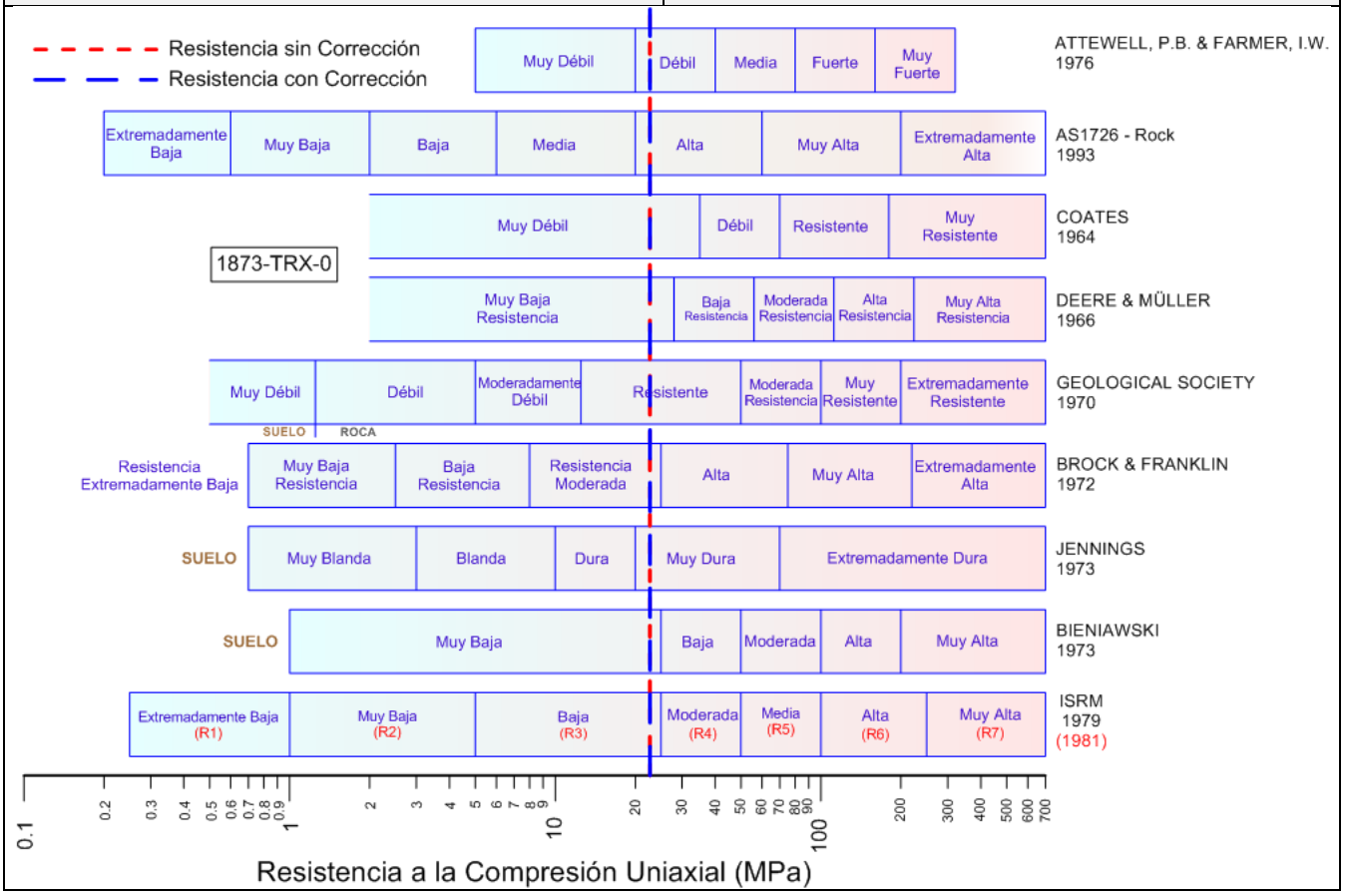
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	110.00	mm
Long medidor deformaciones	110.00	mm
Diámetro	48.30	mm
Área	18.322	cm^2
Volumen	201.547	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**22.70**	**MPa**
t - Tiempo	64.6421	segundo
εa – Deformación Axial	1.184	%
εr – Deformación Radial	-0.395	%
εv – Deformación Volumétrica	0.403	%
σa – Esfuerzo Axial	22.10	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**1.70**	**MPa**
t - Tiempo	**65.1453**	segundo
εa – Deformación Axial	1.418	%
εr – Deformación Radial	-0.473	%
εv – Deformación Volumétrica	0.484	%
σa – Esfuerzo Axial	1.20	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	1677.21	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	1854.33	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Baja - (R3)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036(L/D)\right]$	**22.86**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**22.72**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E\left[1.24 - 0.33\ln(L/D)\right]$	**1624.20**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO *GUASARE – FOSA NORTE*			RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 4**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	16/12/2015	**Espécimen: 1880-TRX-41**

NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**Suggested Methods For Determining the Strength and Deformability of Rock Materials in Triaxial Compression (1977)**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**CATS Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	GUASARE – FOSA NORTE	
Espécimen	**1880-TRX-41**	
Perforación	**PHG028R**	
Muestra	**MGM-15**	
Coordenadas y Cota		
Formación:		
Tipo de Roca	Carbón	
Origen de la Muestra	Suministrada por el Cliente	
Profundidad	308.30	m
Altura	126.80	mm
Longitud medidor de deformación	126.80	mm
Diámetro	64.40	mm
Área	32.573	cm^2
Volumen	413.029	cm^3
Peso	317.50	gr
Densidad calculada	0.77	Ton/m^3
L/D	1.97	-
σ3 (calculado)	71.09	MPa
Módulo de Elasticidad Tan 50% de σ_d (Etapa 2)	-4.0246	MPa
Numero de observaciones	1616	puntos



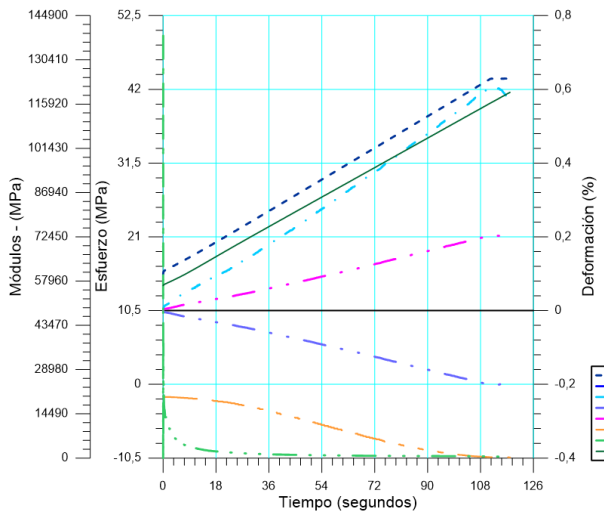
Condición inicial del espécimen

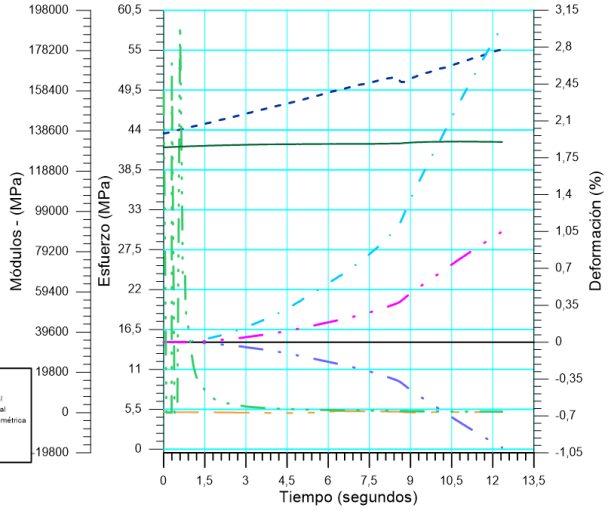
DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ACTUADOR AXIAL			**ESPÉCIMEN**		
Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo	-	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	15	MPa/seg	Velocidad	1.00	MPa/seg
Valor Final de Carga	43.5	MPa	Valor Final de Carga	250	MPa
PRESION DE CELDA			**PRESION DE CELDA**		
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	
Tipo de Carga	Incremetal		Tipo de Carga	Constante	
Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	14	MPa / seg	Velocidad	-	MPa/seg
Valor Final de Carga	41.6	MPa	Valor Final de Carga	-	MPa
PRESIÓN DE POROS			**PRESIÓN DE POROS**		
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad		MPa/min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA			**FINALIZACION DE LA ETAPA**		
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	3	%
Tiempo Máximo de Carga	3.20	min	Tiempo Máximo de Carga	30	min
Variable de Control	AI-3: Presión de Celda >= 41.6 MPa		Variable de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando		
Reverso - kPa	Umbral	- kN	Reverso 10 MPa	Umbral	2 MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS			**ADQUISICIÓN DE DATOS**		
Incremento de tiempo	0.10	segundo	Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce			Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.10	MPa	Sensibilidad	1.00	kPa
TIPO	Drenado		**TIPO**	Drenado	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			**MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA**		
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior		
Finalización de la Etapa	Tiempo Límite Alcanzado		Finalización de la Etapa	Deformación Axial Máxima Alcanzada	

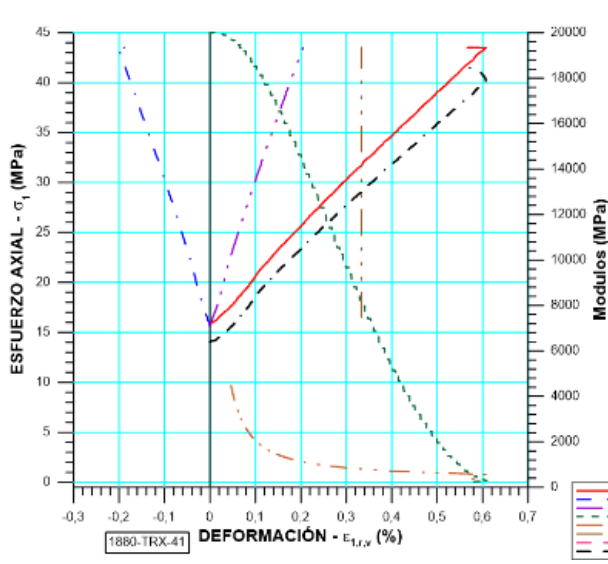
RESULTADOS DEL ENSAYO

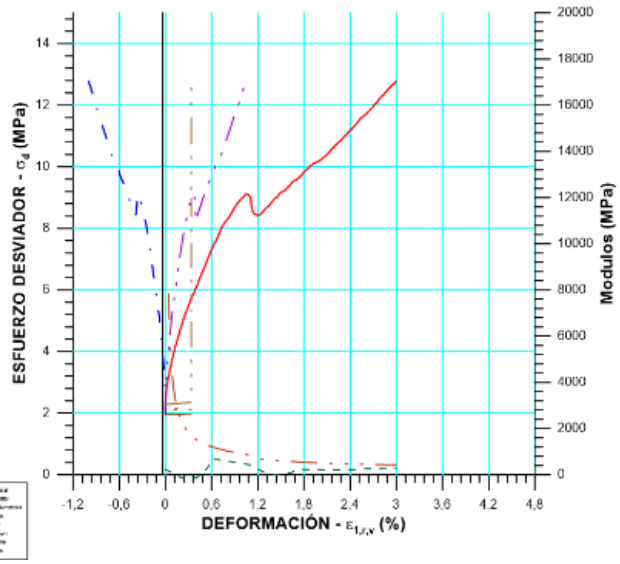
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ESPÉCIMEN			**ESPÉCIMEN**		
Altura	126.80	mm	Altura	126.085	mm
Long medidor deformaciones	126.80	mm	Long medidor deformaciones	126.085	mm
Diámetro	64.40	mm	Diámetro	64.521	mm
Área	32.573	cm^2	Área	32.696	cm^2
Volumen	413.029	cm^3	Volumen	412.246	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite Alcanzado		**Finalización de la Etapa debido**	Etapa final – pico reverso activado	
σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**1.91**	**MPa**	**σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)**	**11.22**	**MPa**
t – Tiempo	111.357	seg	**t** – Tiempo	130.424	seg
σ_3 – Presión de Celda	38.47	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	40.76	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.607	%	**ε_a** – Deformación Axial	3.002	%
ε_r – Deformación Radial	-0.202	%	**ε_r** – Deformación Radial	-1.001	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.204	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	1.051	%
σ_a – Esfuerzo Axial	43.544	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	55.142	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	45.124	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	56.722	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	41.631	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	43.924	MPa
σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.36**	**MPa**	**σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)**	**11.20**	**MPa**
t - Tiempo	118.078	seg	**t** - Tiempo	130.424	seg
σ_3 – Presión de Celda	10.01	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	40.79	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.565	%	**ε_a** – Deformación Axial	3.01	%
ε_r – Deformación Radial	-0.188	%	**ε_r** – Deformación Radial	-1.003	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.19	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	1.054	%
σ_a – Esfuerzo Axial	43.458	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	55.149	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	45.135	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	56.729	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	43.188	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	43.95	MPa
			Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
			E_t - Módulo de Elasticidad Tangente	-4.02	MPa
			E_s - Módulo de Elasticidad Secante	-16.03	MPa
			μ - Módulo de Poisson	0.33	-
			Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
			Baja (R3)		





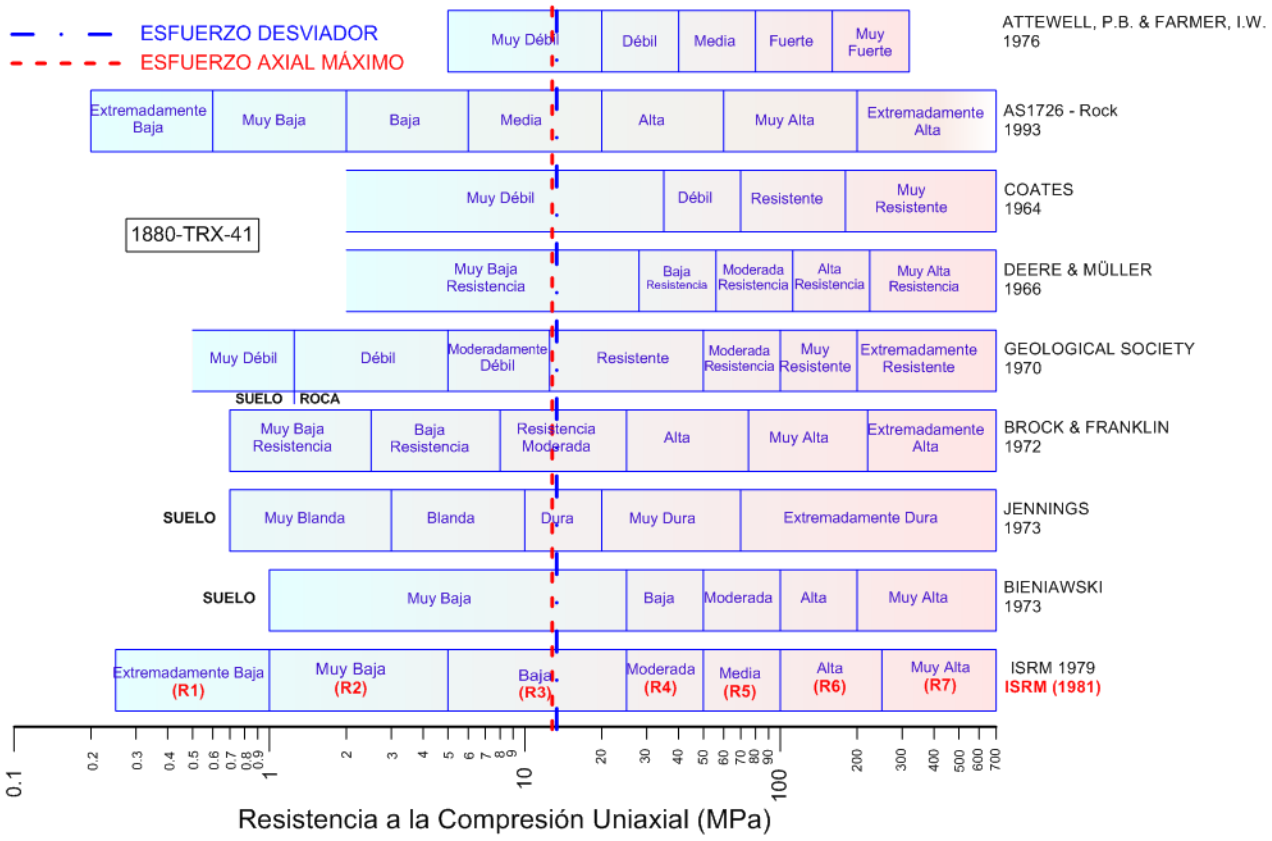
Desarrollo del ensayo Etapa 1	**Desarrollo del ensayo Etapa 2**





DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 1 | **DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 2**

Parámetros vs. Deformación



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Observaciones:

Condición final del Espécimen

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO *GUASARE – FOSA NORTE*			RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 4**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	16/12/2015	**Espécimen: 1881-1-TRX-19**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**Suggested Methods For Determining the Strength and Deformability of Rock Materials in Triaxial Compression (1977)**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES		
Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**CATS Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	GUASARE – FOSA NORTE	
Espécimen	**1881-1-TRX-19**	
Perforación	**PHG028R**	
Muestra	**MGM-16**	
Coordenadas y Cota		
Formación:		
Tipo de Roca	Carbón	
Origen de la Muestra	Suministrada por el Cliente	
Profundidad	149.50	m
Altura	102.60	mm
Longitud medidor de deformación	102.60	mm
Diámetro	48.30	mm
Área	18.32	cm^2
Volumen	187.99	cm^3
Peso	152.60	gr
Densidad calculada	0.81	Ton/m^3
L/D	2.12	-
σ3 (calculado)	36.41	MPa
Módulo de Elasticidad Tan 50% de σ_d (Etapa 2)	-182.54	MPa
Numero de observaciones	3057	puntos

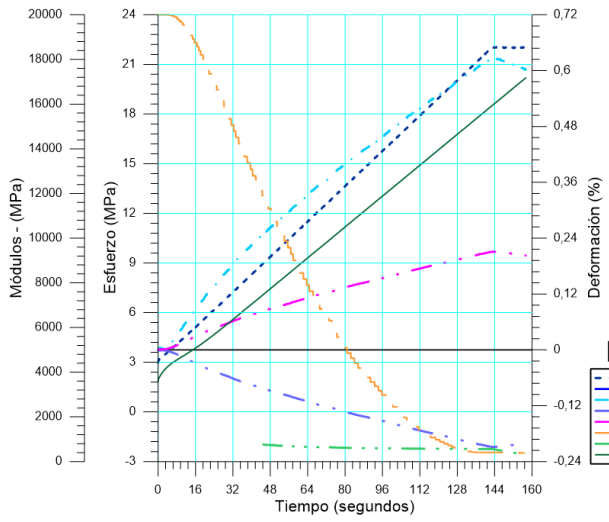
Condición inicial del espécimen

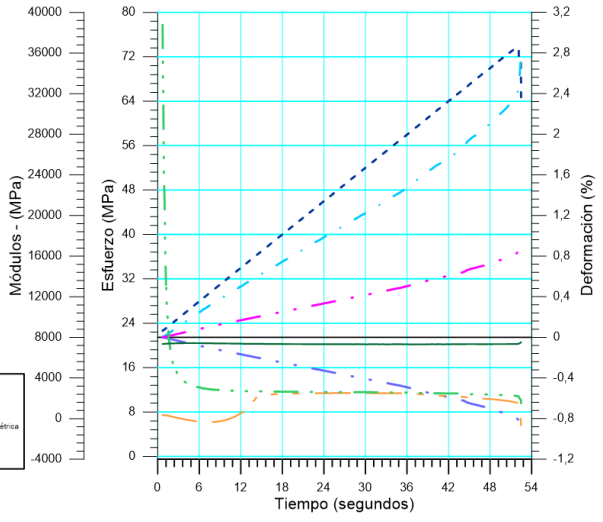
DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ACTUADOR AXIAL			**ESPÉCIMEN**		
Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo	-	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	8	MPa/seg	Velocidad	1.00	MPa/seg
Valor Final de Carga	22	MPa	Valor Final de Carga	250	MPa
PRESION DE CELDA			**PRESION DE CELDA**		
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	
Tipo de Carga	Incremetal		Tipo de Carga	Constante	
Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	7	MPa / seg	Velocidad	-	MPa/seg
Valor Final de Carga	20.2	MPa	Valor Final de Carga	-	MPa
PRESIÓN DE POROS			**PRESIÓN DE POROS**		
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad		MPa/min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA			**FINALIZACION DE LA ETAPA**		
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	3	%
Tiempo Máximo de Carga	3.2	min	Tiempo Máximo de Carga	30	min
Variable de Control	AI-3: Presión de Celda >=20.2 MPa		Variable de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando		
Reverso - kPa	Umbral	- kN	Reverso 10 MPa	Umbral	2 MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS			**ADQUISICIÓN DE DATOS**		
Incremento de tiempo	0.10	segundo	Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce			Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.10	MPa	Sensibilidad	1.00	kPa
TIPO	Drenado		**TIPO**	Drenado	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			**MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA**		
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior		
Finalización de la Etapa	Tiempo Límite Alcanzado		Finalización de la Etapa	Deformación Axial Máxima Alcanzada	

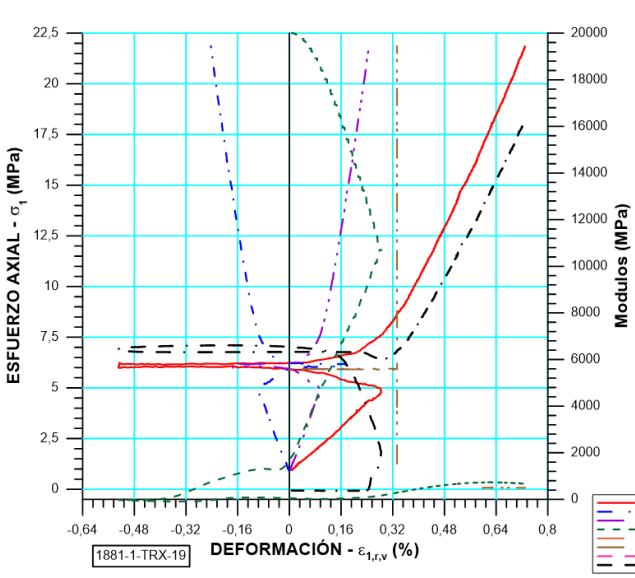
RESULTADOS DEL ENSAYO

Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ESPÉCIMEN			**ESPÉCIMEN**		
Altura	102.60	mm	Altura	101.98	mm
Long medidor deformaciones	102.60	mm	Long medidor deformaciones	101.98	mm
Diámetro	48.30	mm	Diámetro	48.40	mm
Área	18.32	cm^2	Área	18.40	cm^2
Volumen	187.99	cm^3	Volumen	187.61	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite Alcanzado		**Finalización de la Etapa debido**	Etapa final – pico reverso activado	
σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**1.94**	**MPa**	**σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)**	**51.76**	**MPa**
t – Tiempo	14.373	seg	**t** – Tiempo	209.197	seg
σ_3 – Presión de Celda	16.83	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	18.64	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.63	%	**ε_a** – Deformación Axial	2.38	%
ε_r – Deformación Radial	-0.21	%	**ε_r** – Deformación Radial	-0.80	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.21	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	0.83	%
σ_a – Esfuerzo Axial	22.00	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	73.64	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	23.61	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	75.26	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	20.06	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	21.88	MPa
σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.18**	**MPa**	**σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)**	**35.70**	**MPa**
t - Tiempo	157.386	seg	**t** - Tiempo	209.862	seg
σ_3 – Presión de Celda	18.59	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	19.07	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.60	%	**ε_a** – Deformación Axial	2.93	%
ε_r – Deformación Radial	-0.20	%	**ε_r** – Deformación Radial	0.98	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.20	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	1.02	%
σ_a – Esfuerzo Axial	21.99	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	58.02	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	23.61	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	59.64	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	21.81	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	22.31	MPa
			Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
			E_t - Módulo de Elasticidad Tangente	-182.54	MPa
			E_s - Módulo de Elasticidad Secante	3338.98	MPa
			μ - Módulo de Poisson	0.33	-
			Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
			Media - (R5)		

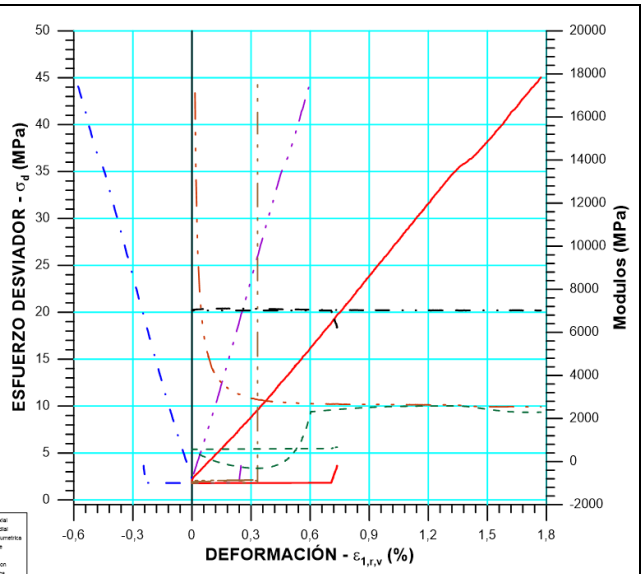




Desarrollo del ensayo Etapa 1	**Desarrollo del ensayo Etapa 2**

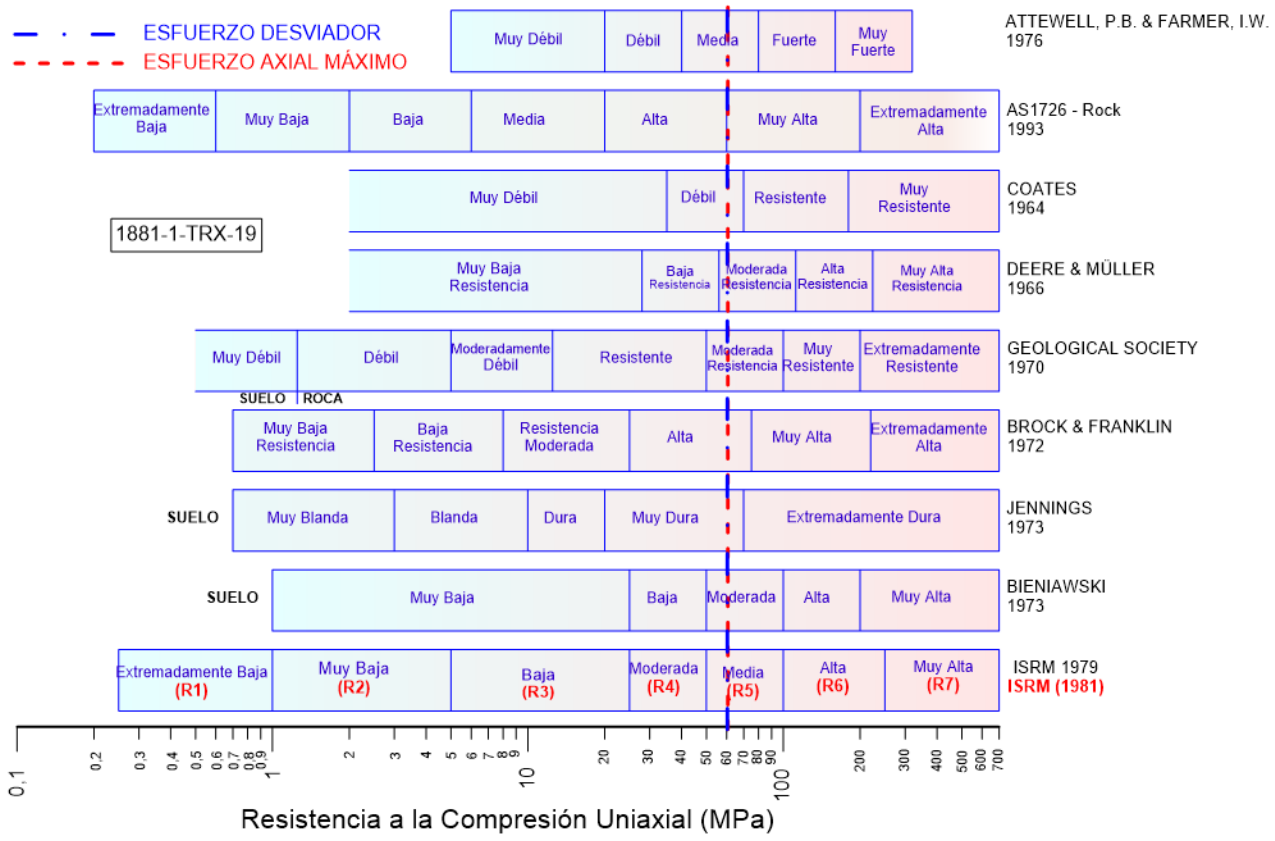


DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 1



DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 2

Parámetros vs. Deformación



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia

	Observaciones:
Condición final del Espécimen	

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO *GUASARE – FOSA NORTE*		RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 4**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	16/12/2015	**Espécimen: 1881-TRX-19**

NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**Suggested Methods For Determining the Strength and Deformability of Rock Materials in Triaxial Compression (1977)**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES		
Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**CATS Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	GUASARE – FOSA NORTE	
Espécimen	**1881-TRX-19**	
Perforación	**PHG028R**	
Muestra	**MGM-16**	
Coordenadas y Cota		
Formación:		
Tipo de Roca	Carbón	
Origen de la Muestra	Suministrada por el Cliente	
Profundidad	149.50	m
Altura	102.60	mm
Longitud medidor de deformación	102.60	mm
Diámetro	48.30	mm
Área	18.32	cm^2
Volumen	187.99	cm^3
Peso	152.60	gr
Densidad calculada	0.81	Ton/m^3
L/D	2.12	-
σ3 (calculado)	36.41	MPa
Módulo de Elasticidad Tan 50% de σ_d (Etapa 2)	-266.37	MPa
Numero de observaciones	3385	puntos

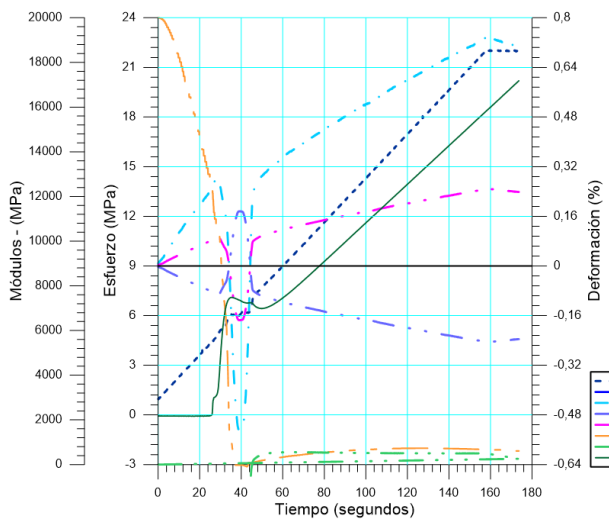
Condición inicial del espécimen

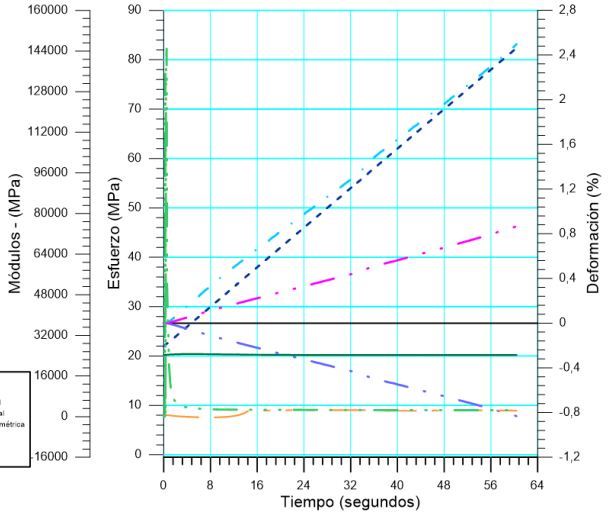
DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ACTUADOR AXIAL			**ESPÉCIMEN**		
Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo	-	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	8	MPa/seg	Velocidad	1.00	MPa/seg
Valor Final de Carga	22	MPa	Valor Final de Carga	250	MPa
PRESION DE CELDA			**PRESION DE CELDA**		
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	
Tipo de Carga	Incremetal		Tipo de Carga	Constante	
Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	7	MPa / seg	Velocidad	-	MPa/seg
Valor Final de Carga	20.2	MPa	Valor Final de Carga	-	MPa
PRESIÓN DE POROS			**PRESIÓN DE POROS**		
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad		MPa/min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA			**FINALIZACION DE LA ETAPA**		
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	2.5	%
Tiempo Máximo de Carga	3.2	min	Tiempo Máximo de Carga	30	min
Variable de Control	AI-3: Presión de Celda >=20.2 MPa		Variable de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando		
Reverso - kPa	Umbral	- kN	Reverso 10 MPa	Umbral	2 MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS			**ADQUISICIÓN DE DATOS**		
Incremento de tiempo	0.10	segundo	Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce			Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.10	MPa	Sensibilidad	1.00	kPa
TIPO	Drenado		**TIPO**	Drenado	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			**MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA**		
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior		
Finalización de la Etapa	Tiempo Límite Alcanzado		Finalización de la Etapa	Deformación Axial Máxima Alcanzada	

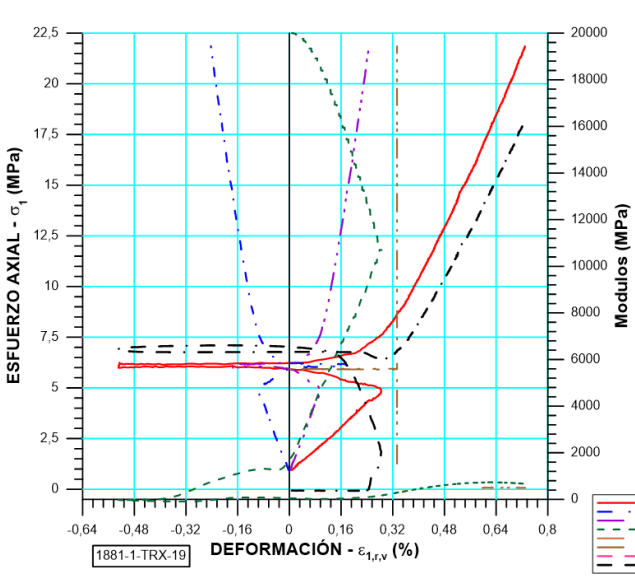
RESULTADOS DEL ENSAYO

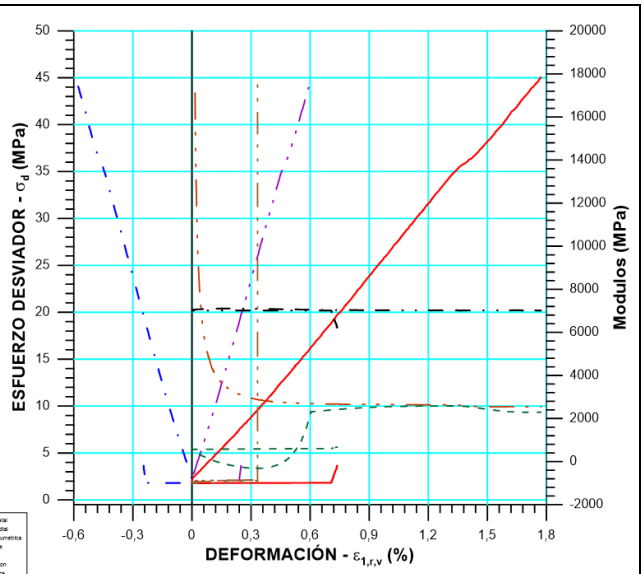
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ESPÉCIMEN			**ESPÉCIMEN**		
Altura	102.60	mm	Altura	101.87	mm
Long medidor deformaciones	102.60	mm	Long medidor deformaciones	101.87	mm
Diámetro	48.30	mm	Diámetro	48.41	mm
Área	18.32	cm^2	Área	18.41	cm^2
Volumen	187.99	cm^3	Volumen	187.54	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite Alcanzado		**Finalización de la Etapa debido**	Etapa final – pico reverso activado	
σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**2.82**	**MPa**	**σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)**	**60.66**	**MPa**
t – Tiempo	25.355	seg	**t** – Tiempo	234.15	seg
σ_3 – Presión de Celda	-1.66	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	18.61	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.24	%	**ε_a** – Deformación Axial	2.50	%
ε_r – Deformación Radial	-0.08	%	**ε_r** – Deformación Radial	-0.83	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.08	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	0.87	%
σ_a – Esfuerzo Axial	4.40	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	82.48	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	6.02	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	84.09	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	1.58	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	21.82	MPa
σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.17**	**MPa**	**σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)**	**60.63**	**MPa**
t - Tiempo	173.702	seg	**t** - Tiempo	234.15	seg
σ_3 – Presión de Celda	18.58	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	18.59	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.71	%	**ε_a** – Deformación Axial	2.50	%
ε_r – Deformación Radial	-0.24	%	**ε_r** – Deformación Radial	-0.83	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.24	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	0.87	%
σ_a – Esfuerzo Axial	21.99	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	82.46	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	23.612	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	84.08	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	21.82	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	21.83	MPa
			Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
			E_t - Módulo de Elasticidad Tangente	-266.37	MPa
			E_s - Módulo de Elasticidad Secante	2802.49	MPa
			μ - Módulo de Poisson	0.33	-
			Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
			Media - (R5)		





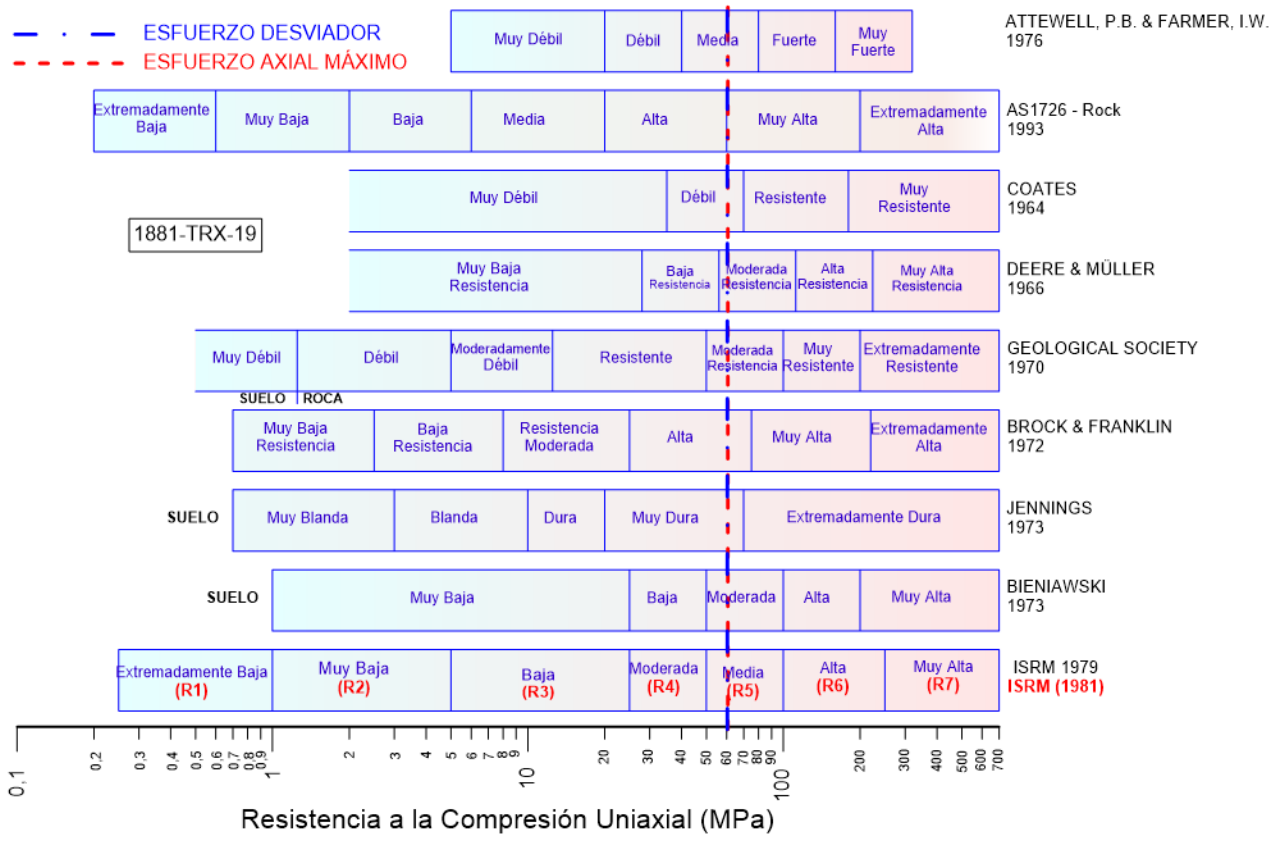
Desarrollo del ensayo Etapa 1	**Desarrollo del ensayo Etapa 2**





DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 1 | **DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 2**

Parámetros vs. Deformación



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Observaciones:

Condición final del Espécimen

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1891**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1891-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG031**	
Tipo de Roca	Areniscas	
Formación		
Profundidad	78.25	m
Altura	104.20	mm
Longitud medidor de deformación	104.20	mm
Diámetro	63.50	mm
Área	31.669	cm^2
Volumen	329.993	cm^3
Peso	525.90	gr
Densidad	1.59367	Ton/m^3
L/D	1.60	-
σ3 (calculado)	37.41140325	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1940	Registros



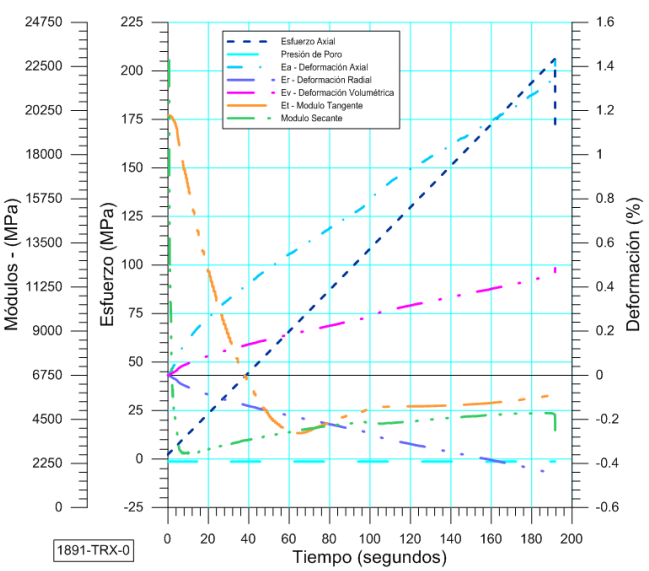
Condición inicial del espécimen

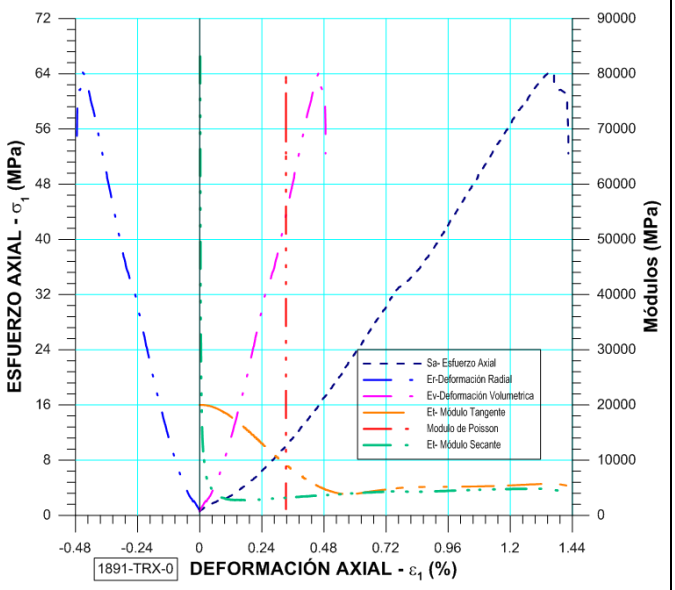
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.366	%
Tiempo Máximo del Ensayo	03:11	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

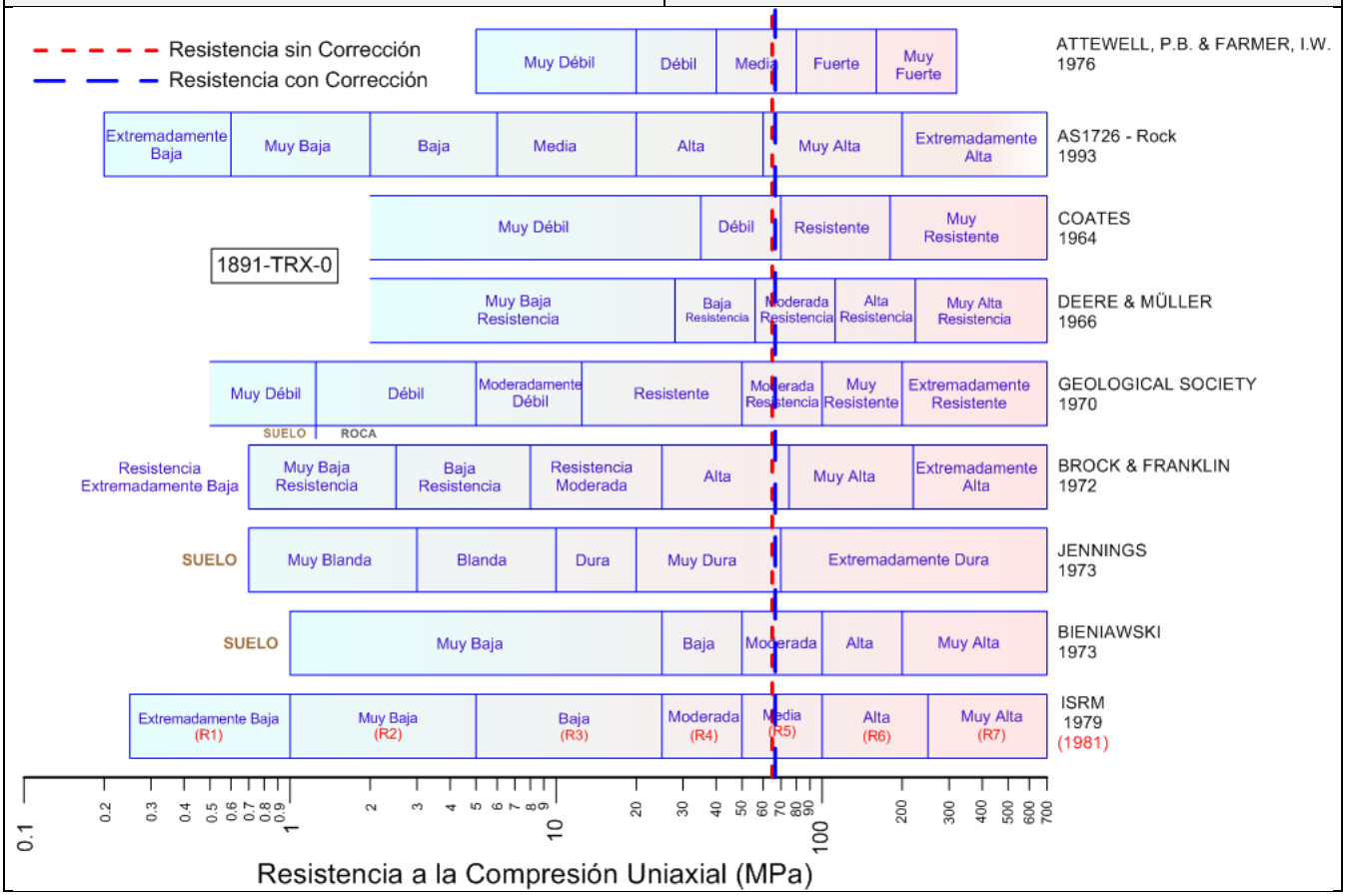
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	104.20	mm
Long medidor deformaciones	104.20	mm
Diámetro	63.50	mm
Área	31.669	cm^2
Volumen	329.993	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**64.90**	**MPa**
t - Tiempo	191.504	segundo
εa – Deformación Axial	1.366	%
εr – Deformación Radial	-0.455	%
εv – Deformación Volumétrica	0.466	%
σa – Esfuerzo Axial	64.30	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**-0.40**	**MPa**
t - Tiempo	**191.601**	segundo
εa – Deformación Axial	1.531	%
εr – Deformación Radial	-0.510	%
εv – Deformación Volumétrica	0.524	%
σa – Esfuerzo Axial	-1.00	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	4892.85	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	4366.35	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1891**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**63.87**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**66.67**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**5267.44**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1892**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1892-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG031**	
Tipo de Roca	Areniscas	
Formación		
Profundidad	15.40	m
Altura	105.20	mm
Longitud medidor de deformación	105.20	mm
Diámetro	62.10	mm
Área	30.288	cm^2
Volumen	318.632	cm^3
Peso	585.90	gr
Densidad	1.8388	Ton/m^3
L/D	1.70	-
σ3 (calculado)	8.495256	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1277	Registros



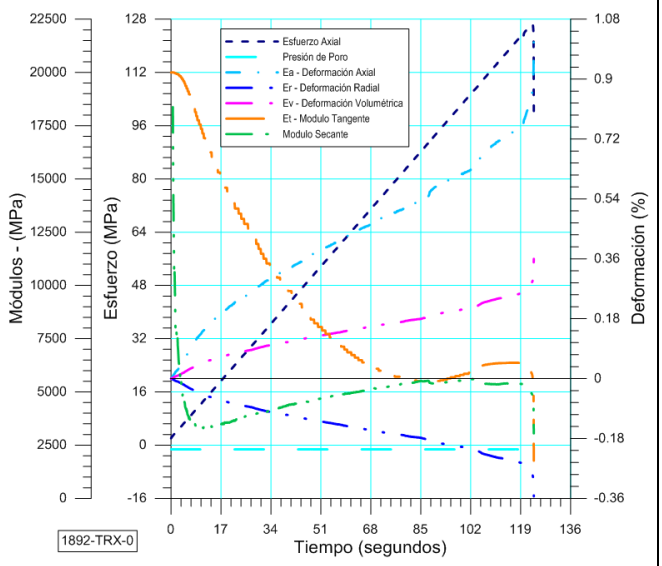
Condición inicial del espécimen

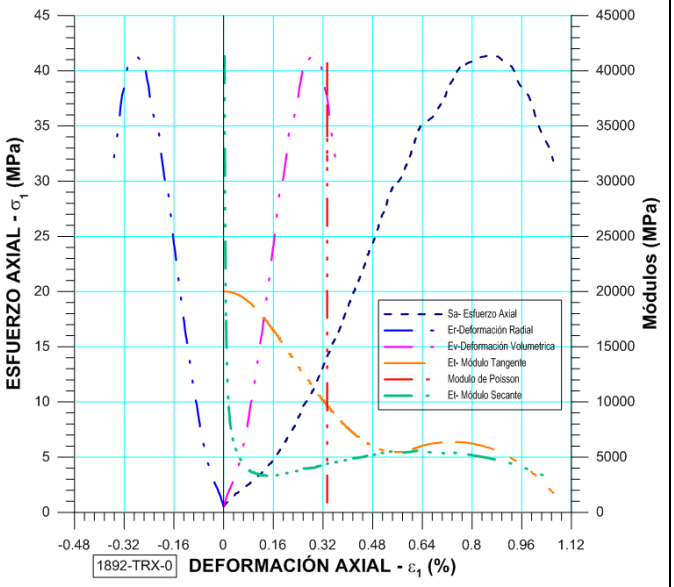
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	0.858	%
Tiempo Máximo del Ensayo	02:02	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

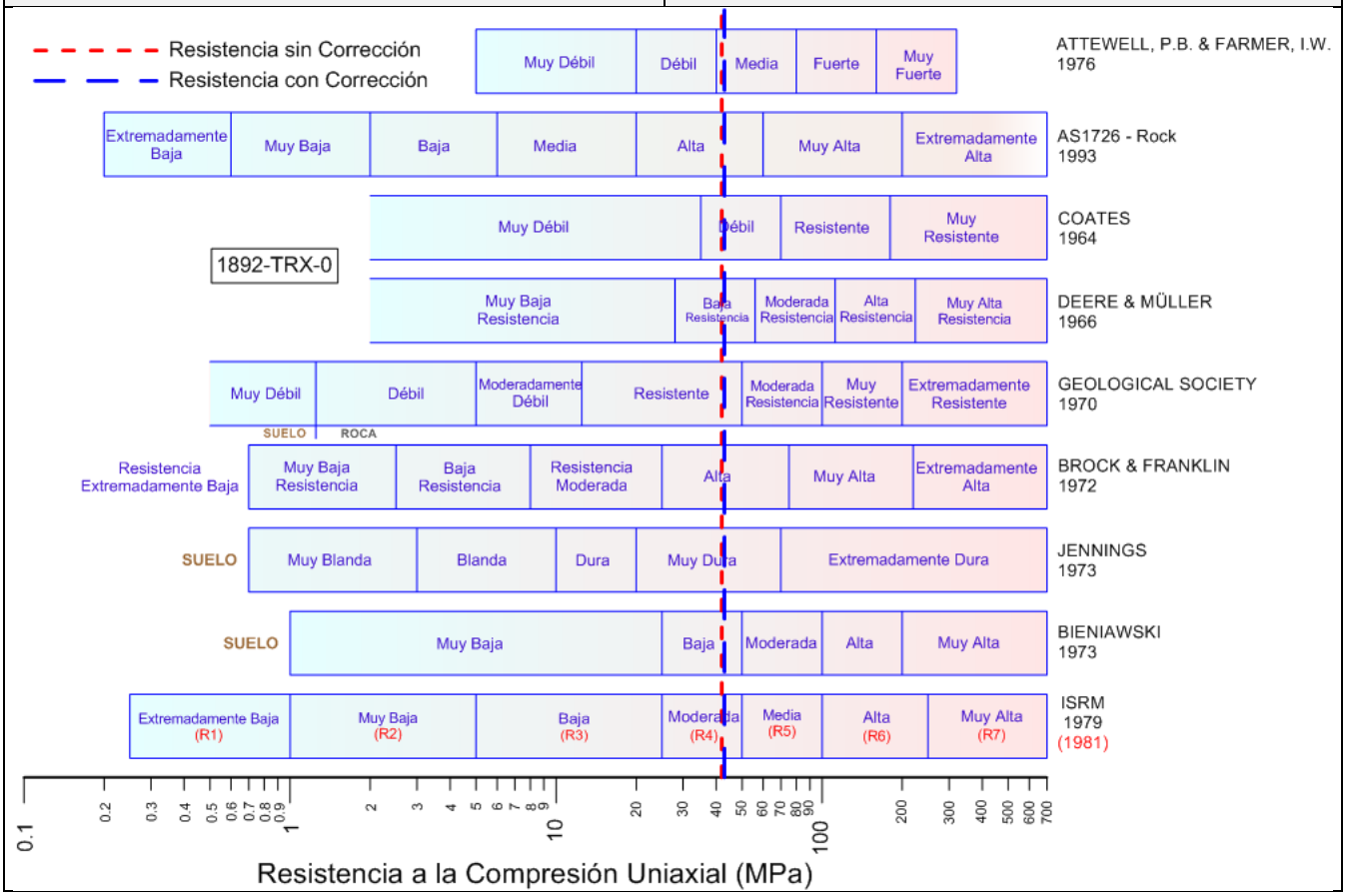
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	105.20	mm
Long medidor deformaciones	105.20	mm
Diámetro	62.10	mm
Área	30.288	cm^2
Volumen	318.632	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**41.90**	**MPa**
t - Tiempo	122.904	segundo
εa – Deformación Axial	0.858	%
εr – Deformación Radial	-0.286	%
εv – Deformación Volumétrica	0.290	%
σa – Esfuerzo Axial	41.40	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**26.90**	**MPa**
t - Tiempo	**123.481**	segundo
εa – Deformación Axial	1.112	%
εr – Deformación Radial	-0.371	%
εv – Deformación Volumétrica	0.377	%
σa – Esfuerzo Axial	26.30	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	6857.77	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	4946.73	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Moderada - (R4)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1892**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**41.31**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**42.96**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**7310.74**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1893**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1893-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG031**	
Tipo de Roca	Limolitas	
Formación		
Profundidad	69.25	m
Altura	114.90	mm
Longitud medidor de deformación	114.90	mm
Diámetro	62.75	mm
Área	30.926	cm^2
Volumen	355.334	cm^3
Peso	559.3	gr
Densidad	1.57401	Ton/m^3
L/D	1.80	-
σ3 (calculado)	32.70005775	MPa
Registros capturados durante el ensayo	405	Registros



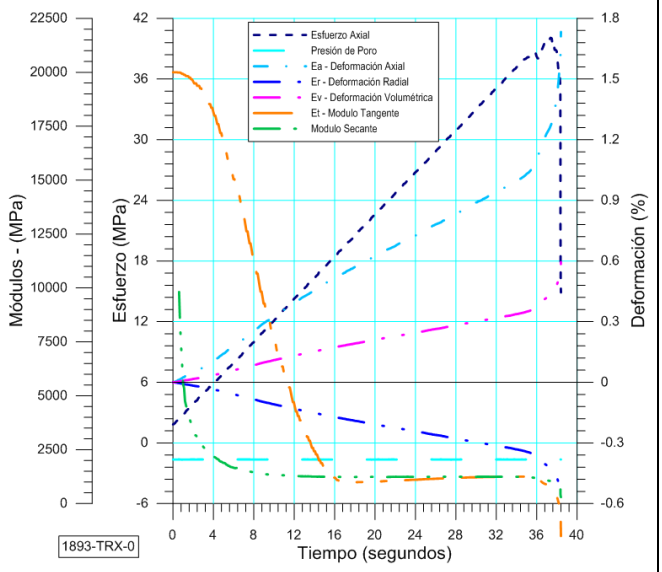
Condición inicial del espécimen

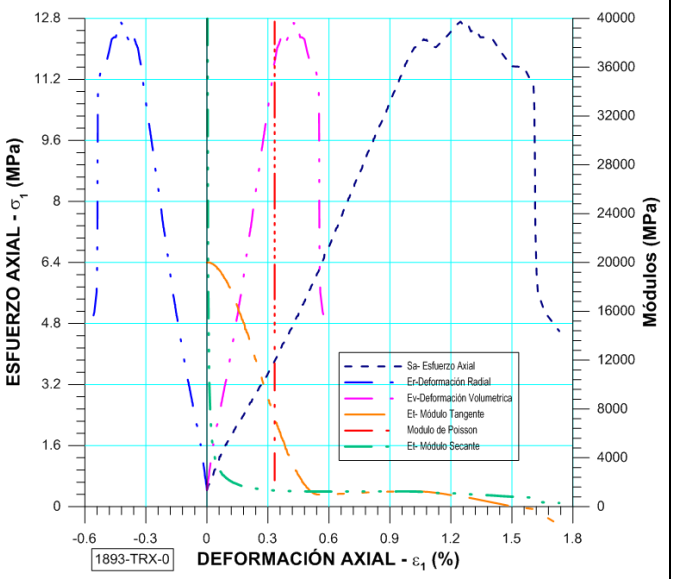
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.271	%
Tiempo Máximo del Ensayo	00:00	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

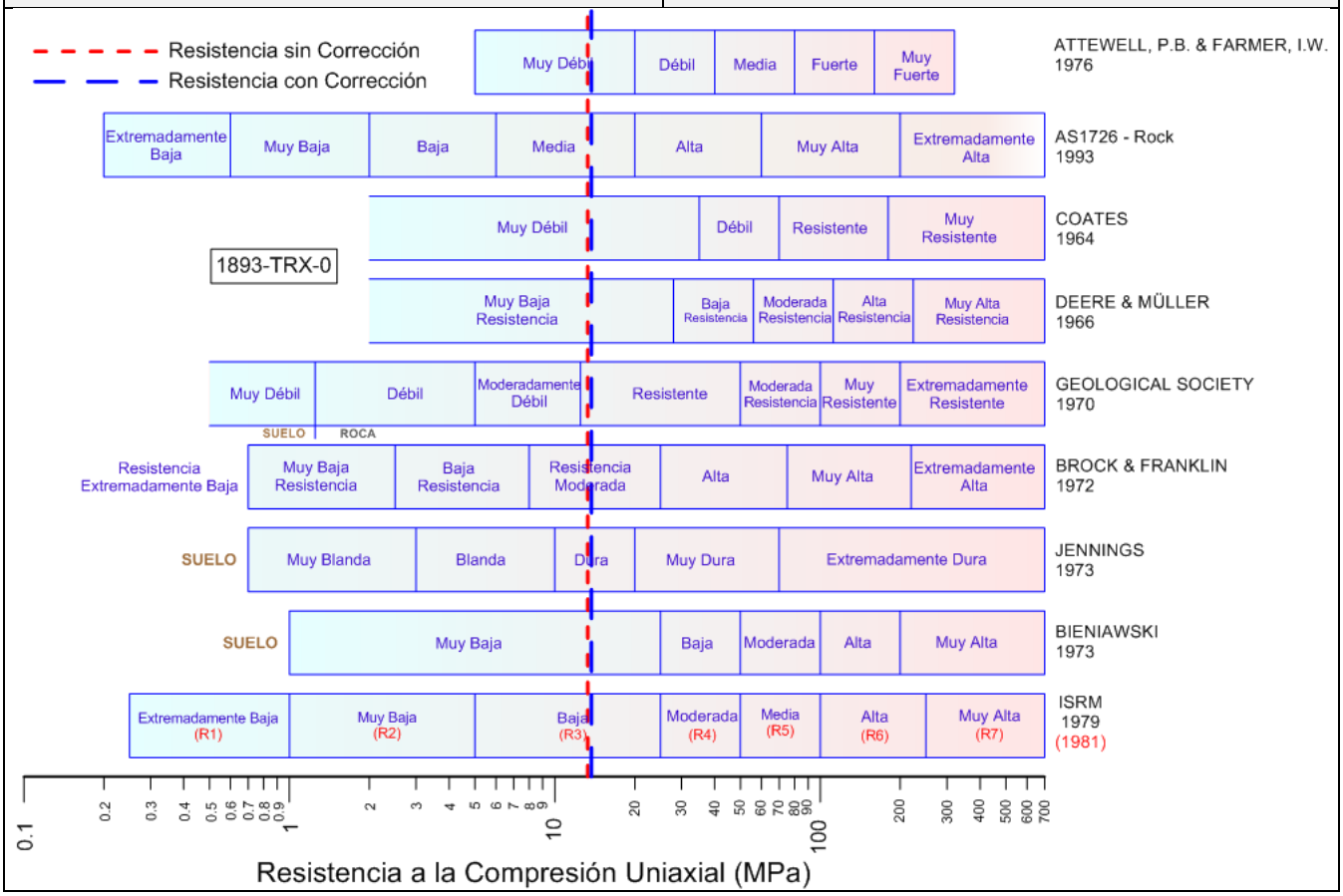
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	114.90	mm
Long medidor deformaciones	114.90	mm
Diámetro	62.75	mm
Área	30.926	cm^2
Volumen	355.334	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**13.30**	**MPa**
t - Tiempo	37.4064	segundo
εa – Deformación Axial	1.271	%
εr – Deformación Radial	-0.424	%
εv – Deformación Volumétrica	0.433	%
σa – Esfuerzo Axial	12.70	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**4.60**	**MPa**
t - Tiempo	**38.4735**	segundo
εa – Deformación Axial	2.045	%
εr – Deformación Radial	-0.682	%
εv – Deformación Volumétrica	0.705	%
σa – Esfuerzo Axial	4.00	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	998.02	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	1239.21	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Baja - (R3)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**13.18**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**13.73**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**1038.32**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1894**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1894-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG031**	
Tipo de Roca	Limolitas Arcillosas	
Formación		
Profundidad	12.50	m
Altura	120.00	mm
Longitud medidor de deformación	120.00	mm
Diámetro	66.00	mm
Área	34.212	cm^2
Volumen	410.543	cm^3
Peso	548.00	gr
Densidad	1.33482	Ton/m^3
L/D	1.80	-
σ3 (calculado)	5.005575	MPa
Registros capturados durante el ensayo	41	Registros



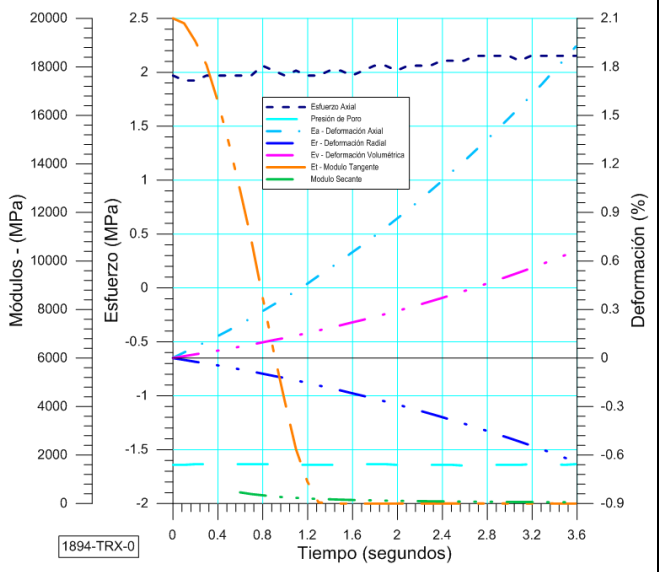
Condición inicial del espécimen

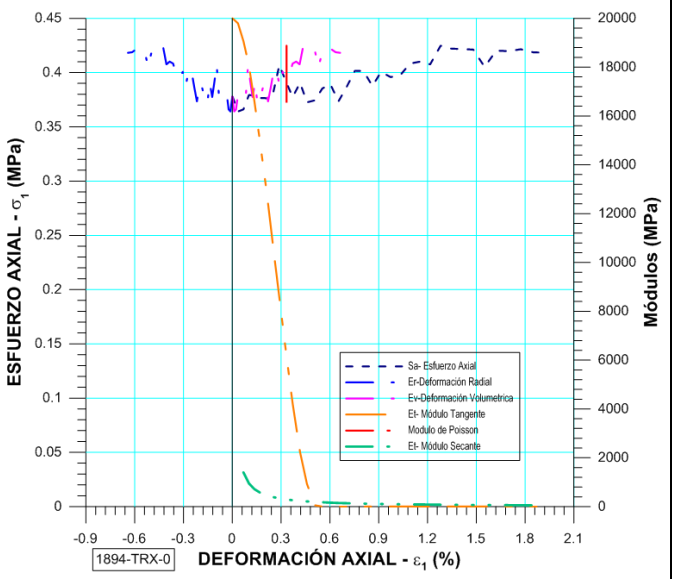
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.853	%
Tiempo Máximo del Ensayo	00:00	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

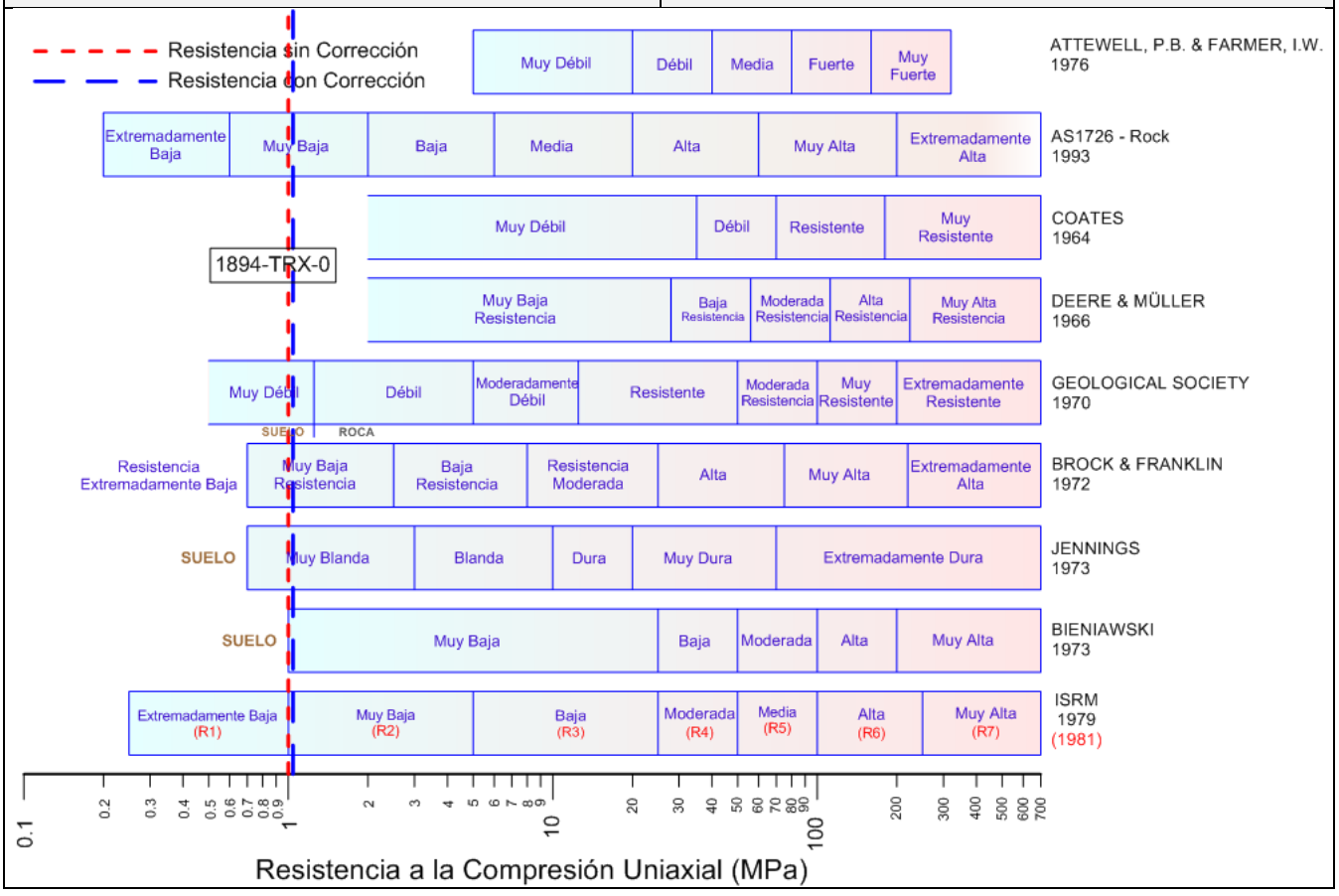
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	120.00	mm
Long medidor deformaciones	120.00	mm
Diámetro	66.00	mm
Área	34.212	cm^2
Volumen	410.543	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**1.00**	**MPa**
t - Tiempo	3.49497	segundo
εa – Deformación Axial	1.853	%
εr – Deformación Radial	-0.618	%
εv – Deformación Volumétrica	0.637	%
σa – Esfuerzo Axial	0.40	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**1.00**	**MPa**
t - Tiempo	**3.67966**	segundo
εa – Deformación Axial	2.006	%
εr – Deformación Radial	-0.669	%
εv – Deformación Volumétrica	0.691	%
σa – Esfuerzo Axial	0.40	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	1.77	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	79.33	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Muy Baja - (R2)		



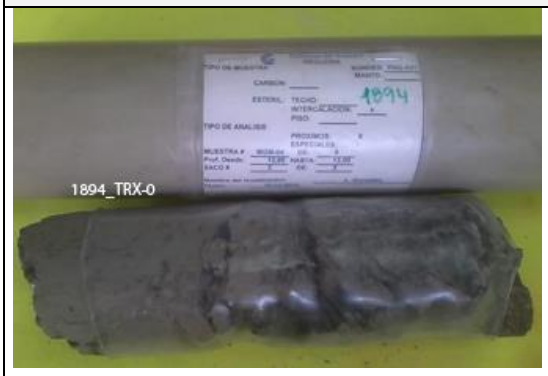


Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1894**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**0.99**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**1.04**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**1.85**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1895**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1895-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG031**	
Tipo de Roca	Carbón	
Formación		
Profundidad	48.30	m
Altura	108.50	mm
Longitud medidor de deformación	108.50	mm
Diámetro	64.45	mm
Área	32.624	cm^2
Volumen	353.969	cm^3
Peso	277.90	gr
Densidad	0.785097	Ton/m^3
L/D	1.70	-
σ3 (calculado)	11.37605553	MPa
Registros capturados durante el ensayo	260	Registros



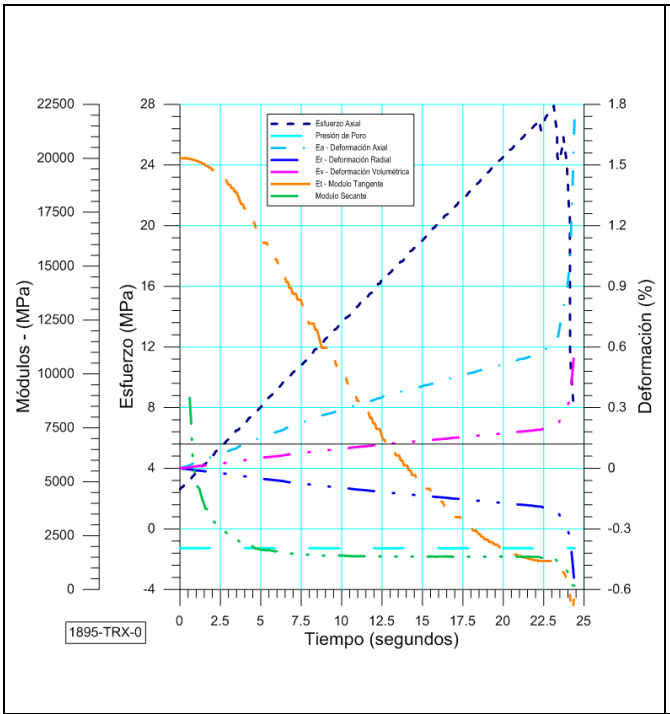
Condición inicial del espécimen

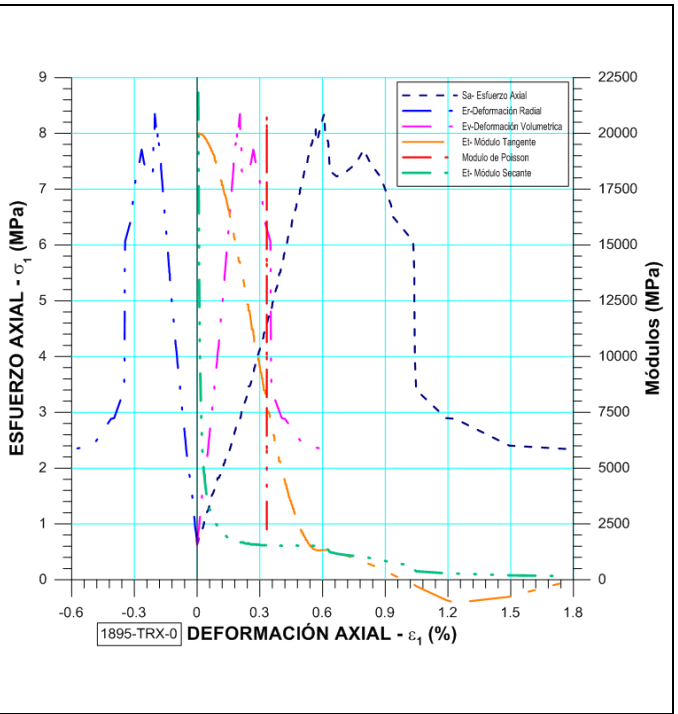
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	0.610	%
Tiempo Máximo del Ensayo	00:00	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

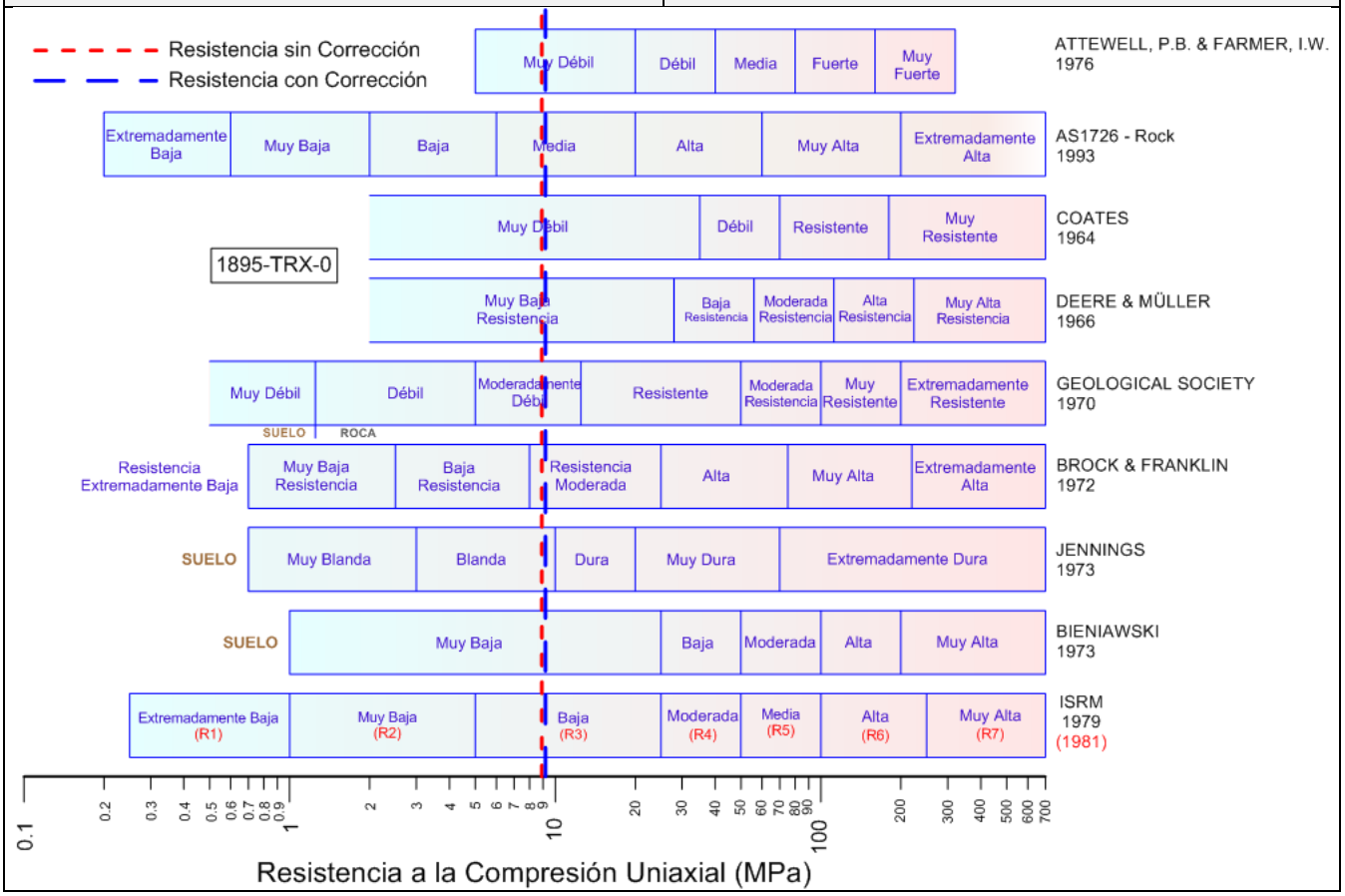
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	108.50	mm
Long medidor deformaciones	108.50	mm
Diámetro	64.45	mm
Área	32.624	cm^2
Volumen	353.969	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**8.90**	**MPa**
t - Tiempo	23.1954	segundo
εa – Deformación Axial	0.610	%
εr – Deformación Radial	-0.203	%
εv – Deformación Volumétrica	0.206	%
σa – Esfuerzo Axial	8.40	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**2.70**	**MPa**
t - Tiempo	**24.5058**	segundo
εa – Deformación Axial	2.054	%
εr – Deformación Radial	-0.685	%
εv – Deformación Volumétrica	0.708	%
σa – Esfuerzo Axial	2.20	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	8483.97	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	1549.42	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Baja - (R3)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**8.77**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**9.18**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**9061.87**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO *GUASARE – FOSA NORTE*			RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 4**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	16/12/2015	**Espécimen: 1896-TRX-11**

NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**Suggested Methods For Determining the Strength and Deformability of Rock Materials in Triaxial Compression (1977)**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**CATS Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	GUASARE – FOSA NORTE	
Espécimen	**1896-TRX-11**	
Perforación	**PHG031**	
Muestra	**MGM-06**	
Coordenadas y Cota		
Formación:		
Tipo de Roca	Arenisca	
Origen de la Muestra	Suministrada por el Cliente	
Profundidad	91.40	m
Altura	94.50	mm
Longitud medidor de deformación	94.50	mm
Diámetro	62.80	mm
Área	30.98	cm^2
Volumen	292.71	cm^3
Peso	513.30	gr
Densidad calculada	1.75	Ton/m^3
L/D	1.50	-
σ3 (calculado)	48.08	MPa
Módulo de Elasticidad Tan 50% de σ_d (Etapa 2)	4988.65	MPa
Numero de observaciones	4592	puntos



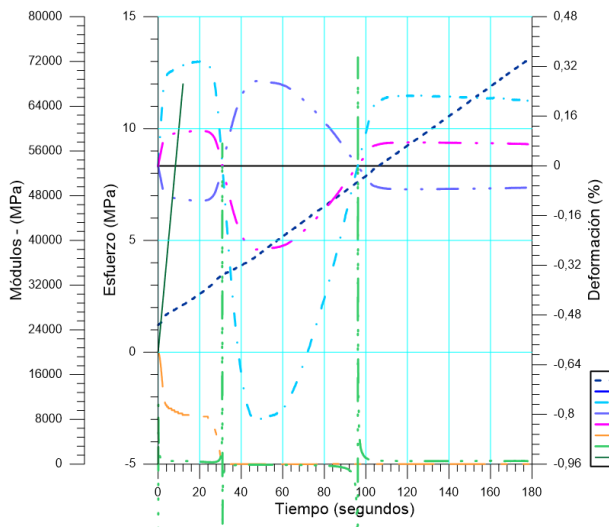
Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

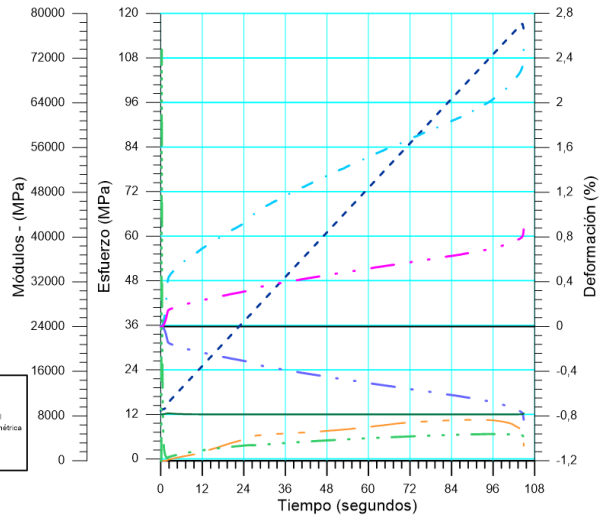
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ACTUADOR AXIAL			**ESPÉCIMEN**		
Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo	-	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	4	MPa/seg	Velocidad	1.00	MPa/seg
Valor Final de Carga	13	MPa	Valor Final de Carga	250	MPa
PRESION DE CELDA			**PRESION DE CELDA**		
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	
Tipo de Carga	Incremetal		Tipo de Carga	Constante	
Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	4	MPa / seg	Velocidad	-	MPa/seg
Valor Final de Carga	12	MPa	Valor Final de Carga	-	MPa
PRESIÓN DE POROS			**PRESIÓN DE POROS**		
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad		MPa/min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial		MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA			**FINALIZACION DE LA ETAPA**		
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	2.5	%
Tiempo Máximo de Carga	3.2	min	Tiempo Máximo de Carga	30	min
Variable de Control	AI-3: Presión de Celda >=12 MPa		Variable de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando		
Reverso - kPa	Umbral	- kN	Reverso 10 MPa	Umbral	2 MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS			**ADQUISICIÓN DE DATOS**		
Incremento de tiempo	0.10	Segundo	Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce			Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.10	MPa	Sensibilidad	1.00	kPa
TIPO	Drenado		**TIPO**	Drenado	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			**MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA**		
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior		
Finalización de la Etapa	Tiempo Límite Alcanzado		Finalización de la Etapa	Deformación Axial Máxima Alcanzada	

RESULTADOS DEL ENSAYO

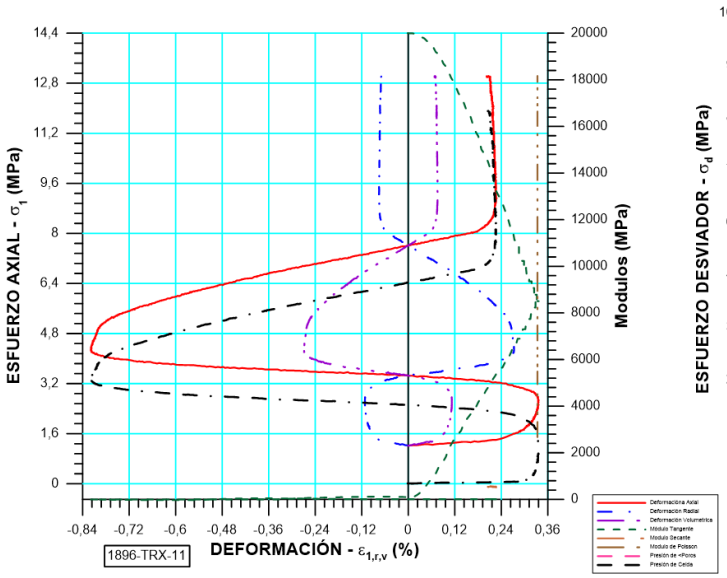
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA		
ESPÉCIMEN			**ESPÉCIMEN**		
Altura	94.50	mm	Altura	94.31	mm
Long medidor deformaciones	94.50	mm	Long medidor deformaciones	94.31	mm
Diámetro	62.80	mm	Diámetro	62.84	mm
Área	30.98	cm^2	Área	31.02	cm^2
Volumen	292.71	cm^3	Volumen	292.52	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite Alcanzado		**Finalización de la Etapa debido**	Etapa final – pico reverso activado	
σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**0.48**	**MPa**	**σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)**	**103.84**	**MPa**
t – Tiempo	12.9655	seg	**t** – Tiempo	284.107	seg
σ_3 – Presión de Celda	-0.94	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	10.71	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.33	%	**ε_a** – Deformación Axial	2.32	%
ε_r – Deformación Radial	-011	%	**ε_r** – Deformación Radial	-0.77	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.11	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	0.80	%
σ_a – Esfuerzo Axial	2.20	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	117.22	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	3.53	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	118.56	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	1.72	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	13.39	MPa
σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**-0.35**	**MPa**	**σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)**	**100.94**	**MPa**
t - Tiempo	179.640	seg	**t** - Tiempo	284.477	seg
σ_3 – Presión de Celda	10.66	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	10.99	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.20	%	**ε_a** – Deformación Axial	2.53	%
ε_r – Deformación Radial	-0.07	%	**ε_r** – Deformación Radial	-0.84	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.07	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	0.88	%
σ_a – Esfuerzo Axial	13.00	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	114.62	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	14.34	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	115.96	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	13.35	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	13.68	MPa
			Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
			E_t - Módulo de Elasticidad Tangente	4988.65	MPa
			E_s - Módulo de Elasticidad Secante	3321.33	MPa
			μ - Módulo de Poisson	0.33	-
			Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
			Alta - (R6)		

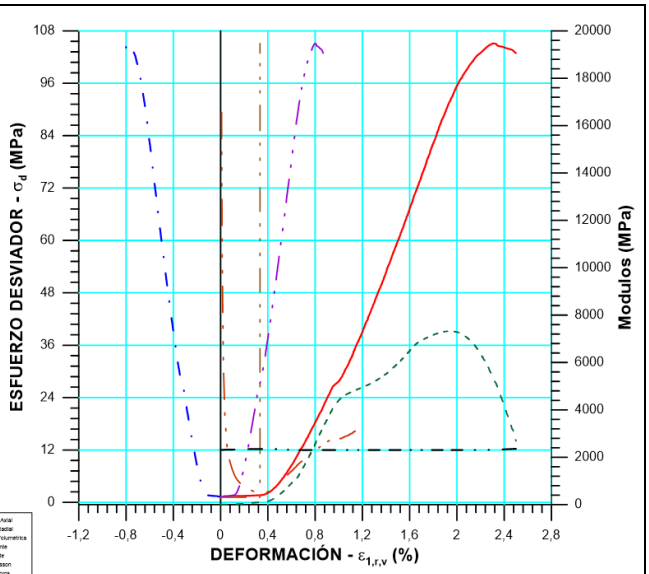


Desarrollo del ensayo Etapa 1



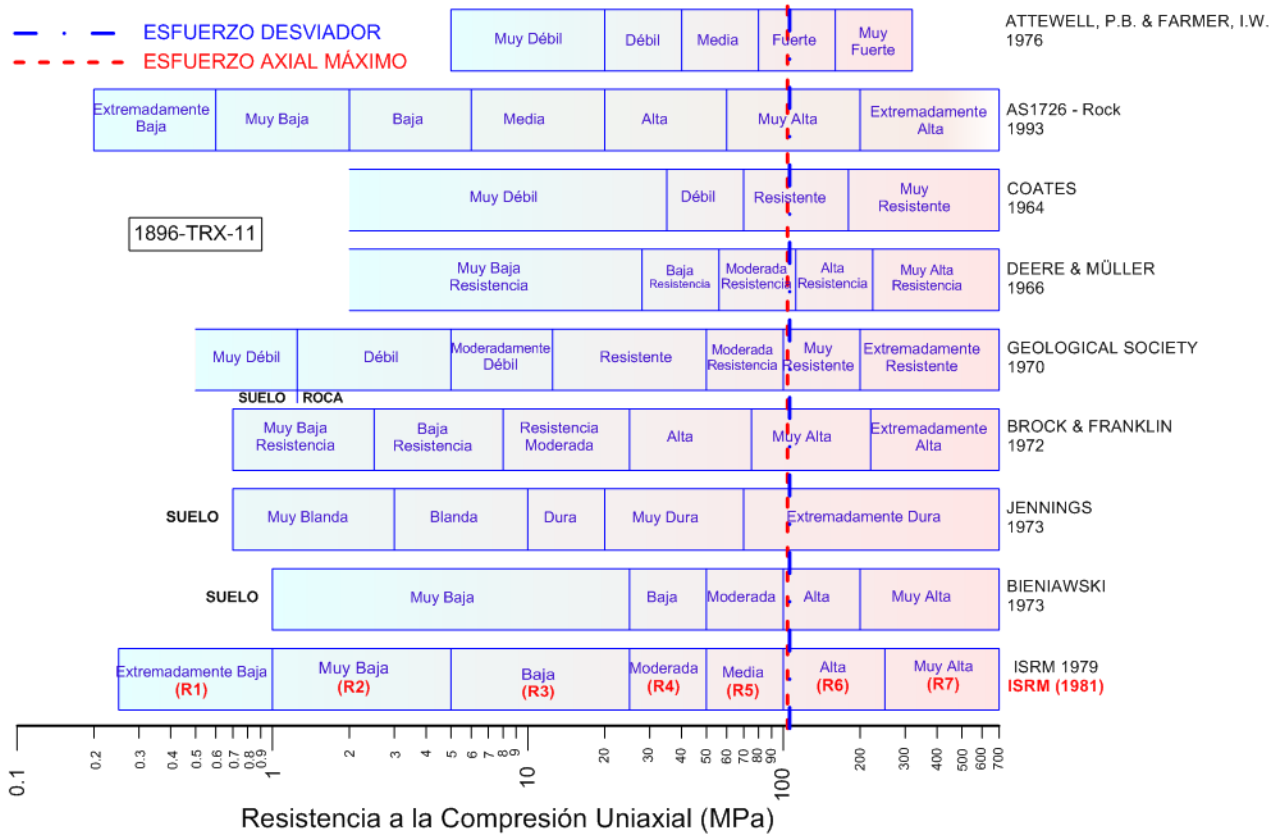
Desarrollo del ensayo Etapa 2





DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 1 | **DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 2**

Parámetros vs. Deformación



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Observaciones:

Condición final del Espécimen

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1898-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1898-1-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG031**	
Tipo de Roca	Arenisca	
Formación		
Profundidad	79.25	m
Altura	125.40	mm
Longitud medidor de deformación	125.40	mm
Diámetro	63.00	mm
Área	31.172	cm^2
Volumen	390.903	cm^3
Peso	630.3	gr
Densidad	1.61242	Ton/m^3
L/D	2.00	-
σ3 (calculado)	38.3352855	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1703	Registros



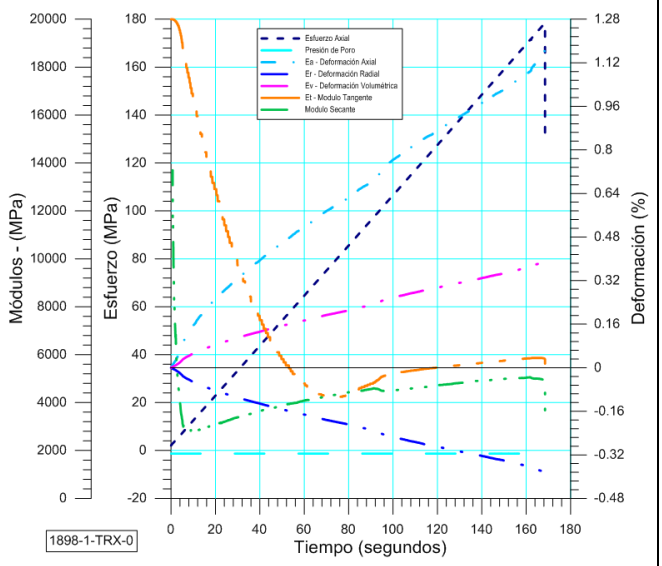
Condición inicial del espécimen

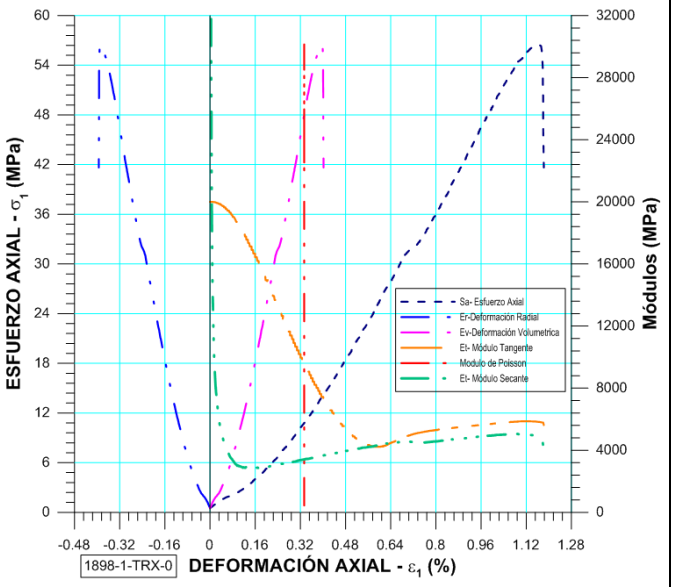
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.161	%
Tiempo Máximo del Ensayo	02:48	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

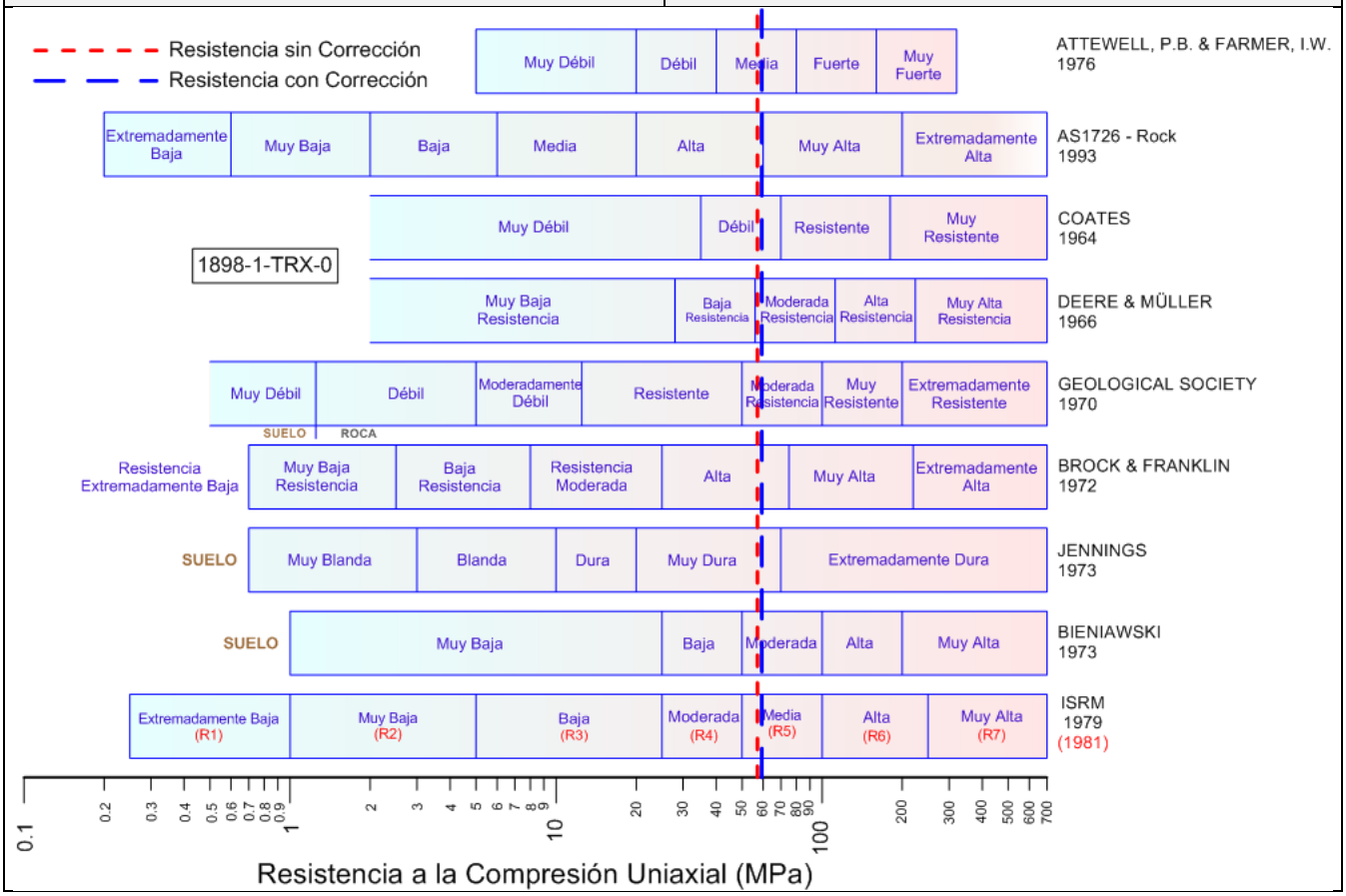
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	125.40	mm
Long medidor deformaciones	125.40	mm
Diámetro	63.00	mm
Área	31.172	cm^2
Volumen	390.903	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**57.10**	**MPa**
t - Tiempo	168.227	segundo
εa – Deformación Axial	1.161	%
εr – Deformación Radial	-0.387	%
εv – Deformación Volumétrica	0.395	%
σa – Esfuerzo Axial	56.50	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**-0.40**	**MPa**
t - Tiempo	**168.488**	segundo
εa – Deformación Axial	1.294	%
εr – Deformación Radial	-0.431	%
εv – Deformación Volumétrica	0.441	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.90	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	4551.23	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	4475.63	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**56.91**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**59.33**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**4609.66**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO *GUASARE – FOSA NORTE*			RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 4**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	16/12/2015	**Espécimen: 1899-TRX-10**

NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**Suggested Methods For Determining the Strength and Deformability of Rock Materials in Triaxial Compression (1977)**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES		
Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**CATS Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	GUASARE – FOSA NORTE	
Espécimen	**1899-TRX-10**	
Perforación	**PHG031**	
Muestra	**MGM-09**	
Coordenadas y Cota		
Formación:		
Tipo de Roca	Carbón	
Origen de la Muestra	Suministrada por el Cliente	
Profundidad	85.90	m
Altura	133.30	mm
Longitud medidor de deformación	133.30	mm
Diámetro	63.71	mm
Área	31.88	cm^2
Volumen	424.95	cm^3
Peso	287.20	gr
Densidad calculada	0.68	Ton/m^3
L/D	2.09	-
σ3 (calculado)	17.42	MPa
Módulo de Elasticidad Tan 50% de σ_d (Etapa 2)	15106.25	MPa
Numero de observaciones	2001	puntos

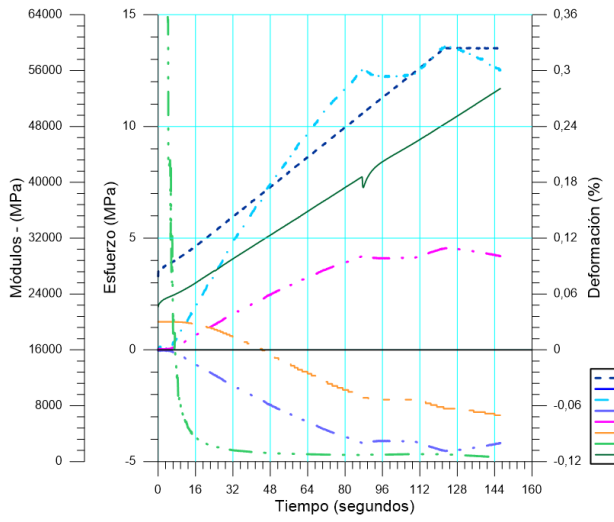
Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

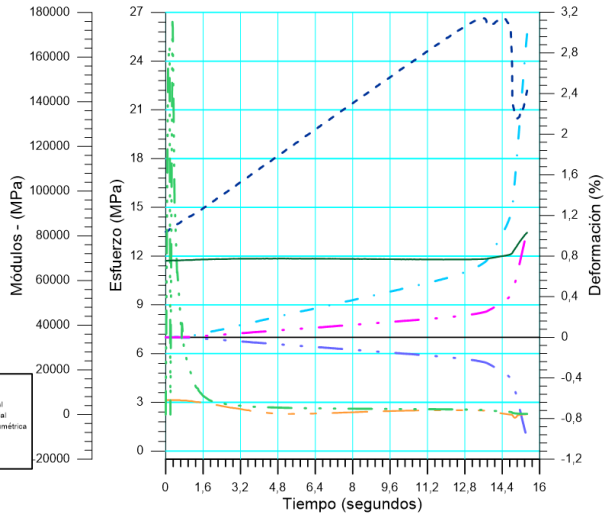
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**			
ACTUADOR AXIAL			**ESPÉCIMEN**			
Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Incremental		
Valor Inicial de Carga	Relativo	-	Valor Inicial de Carga	Relativo		MPa
Velocidad	5	MPa/seg	Velocidad	1.00		MPa/seg
Valor Final de Carga	13.5	MPa	Valor Final de Carga	250		MPa
PRESION DE CELDA			**PRESION DE CELDA**			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremetal		Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	Valor Inicial de Carga	Relativo		MPa
Velocidad	4	MPa / seg	Velocidad	-		MPa/seg
Valor Final de Carga	11.7	MPa	Valor Final de Carga	-		MPa
PRESIÓN DE POROS			**PRESIÓN DE POROS**			
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad			MPa/min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial			MPa
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial			MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA			**FINALIZACION DE LA ETAPA**			
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	3		%
Tiempo Máximo de Carga	3.2	min	Tiempo Máximo de Carga	30		min
Variable de Control	AI-3: Presión de Celda >=11.7 MPa		Variable de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando			
Reverso - kPa	Umbral	- kN	Reverso 10 MPa	Umbral	2	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS			**ADQUISICIÓN DE DATOS**			
Incremento de tiempo	0.10	Segundo	Incremento de tiempo	0.10		segundo
Nivel de cruce			Nivel de cruce			
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Sensibilidad	0.10	MPa	Sensibilidad	1.00		kPa
TIPO	Drenado		**TIPO**	Drenado		
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			**MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA**			
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior			
Finalización de la Etapa	Tiempo Límite Alcanzado		Finalización de la Etapa	Deformación Axial Máxima Alcanzada		

RESULTADOS DEL ENSAYO

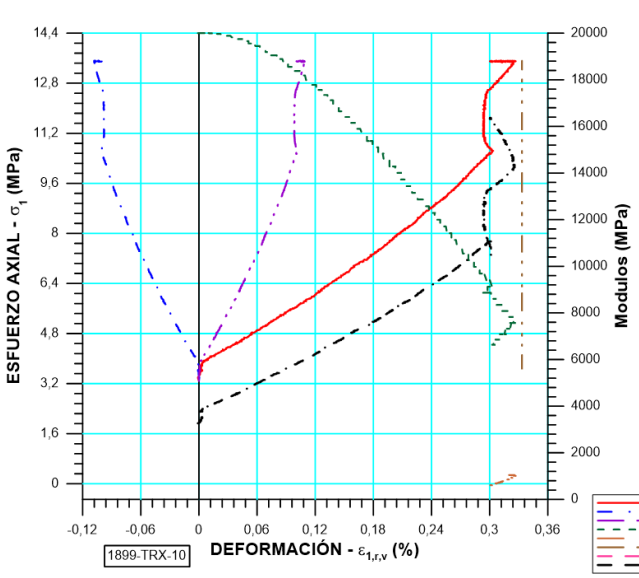
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ESPÉCIMEN			**ESPÉCIMEN**		
Altura	133.30	mm	Altura	132.90	mm
Long medidor deformaciones	133.30	mm	Long medidor deformaciones	132.90	mm
Diámetro	63.71	mm	Diámetro	63.77	mm
Área	31.88	cm^2	Área	31.94	cm^2
Volumen	424.95	cm^3	Volumen	424.52	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite Alcanzado		**Finalización de la Etapa debido**	Etapa final – pico reverso activado	
σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**1.81**	**MPa**	**σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)**	**13.24**	**MPa**
t – Tiempo	122.349	seg	**t** – Tiempo	160.08	seg
σ_3 – Presión de Celda	8.48	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	10.22	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.33	%	**ε_a** – Deformación Axial	0.73	%
ε_r – Deformación Radial	-0.11	%	**ε_r** – Deformación Radial	-0.24	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.11	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	0.25	%
σ_a – Esfuerzo Axial	13.50	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	26.67	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	1511	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	28.28	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	11.70	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	13.43	MPa
σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.22**	**MPa**	**σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)**	**7.20**	**MPa**
t - Tiempo	146.496	seg	**t** - Tiempo	161.963	seg
σ_3 – Presión de Celda	10.10	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	11.92	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.30	%	**ε_a** – Deformación Axial	3.05	%
ε_r – Deformación Radial	-0.10	%	**ε_r** – Deformación Radial	-1.02	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.10	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	1.07	%
σ_a – Esfuerzo Axial	13.53	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	22.33	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	15.14	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	23.94	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	13.31	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	15.13	MPa
			Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
			E_t - Módulo de Elasticidad Tangente	15106.25	MPa
			E_s - Módulo de Elasticidad Secante	1187.9	MPa
			μ - Módulo de Poisson	0.33	-
			Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
			Baja - (R3)		

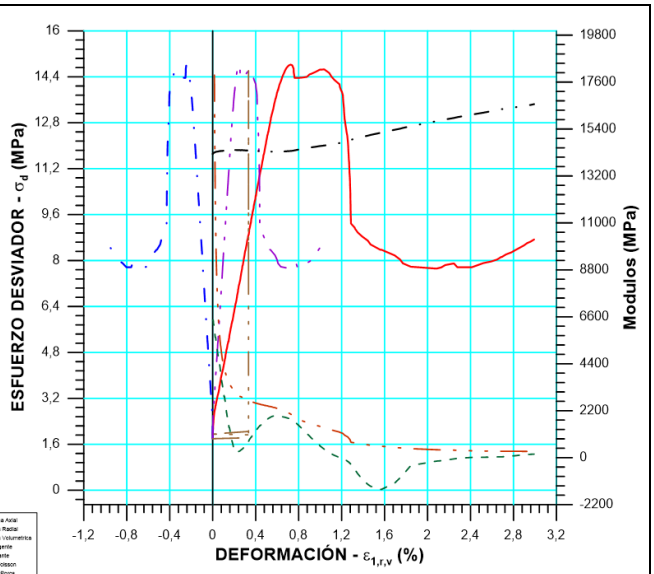


Desarrollo del ensayo Etapa 1



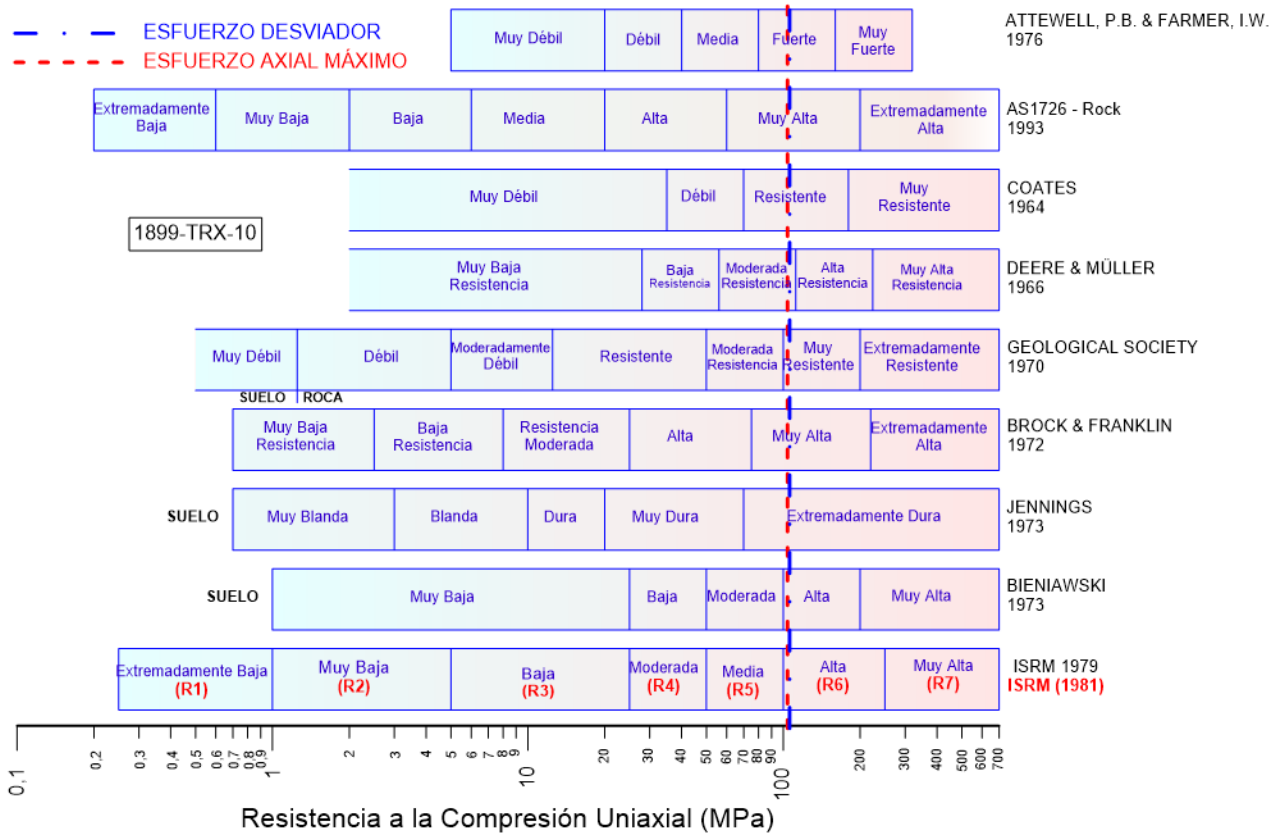
Desarrollo del ensayo Etapa 2





DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 1 | **DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 2**

Parámetros vs. Deformación



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia

	Observaciones:
Condición final del Espécimen	

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1900**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1900-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG030A**	
Tipo de Roca	Arenisca	
Formación		
Profundidad	88.05	m
Altura	92.70	mm
Longitud medidor de deformación	92.70	mm
Diámetro	61.90	mm
Área	30.093	cm^2
Volumen	278.966	cm^3
Peso	461.80	gr
Densidad	1.6554	Ton/m^3
L/D	1.50	-
σ3 (calculado)	43.727391	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1733	Registros



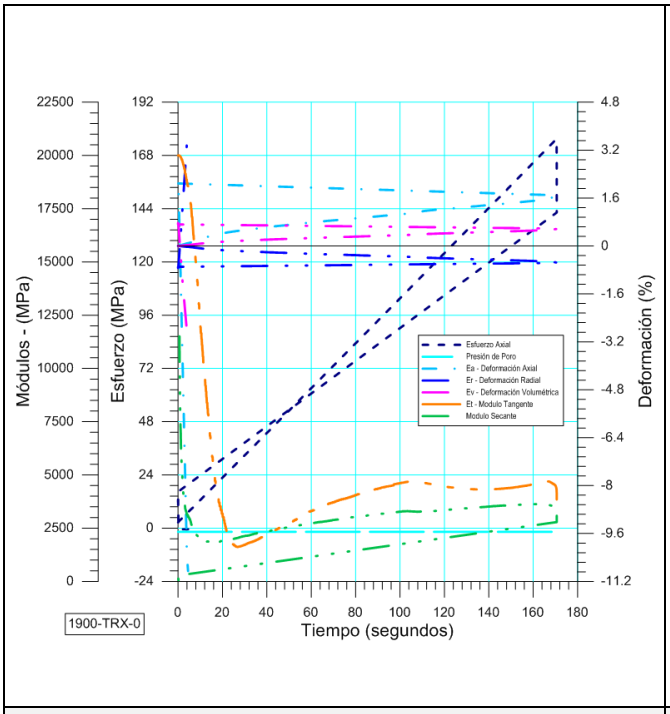
Condición inicial del espécimen

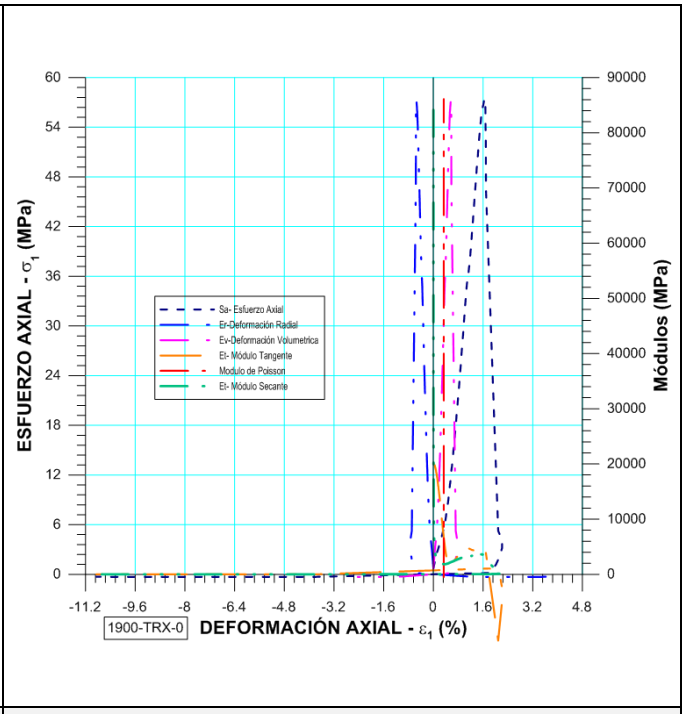
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.645	%
Tiempo Máximo del Ensayo	02:50	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

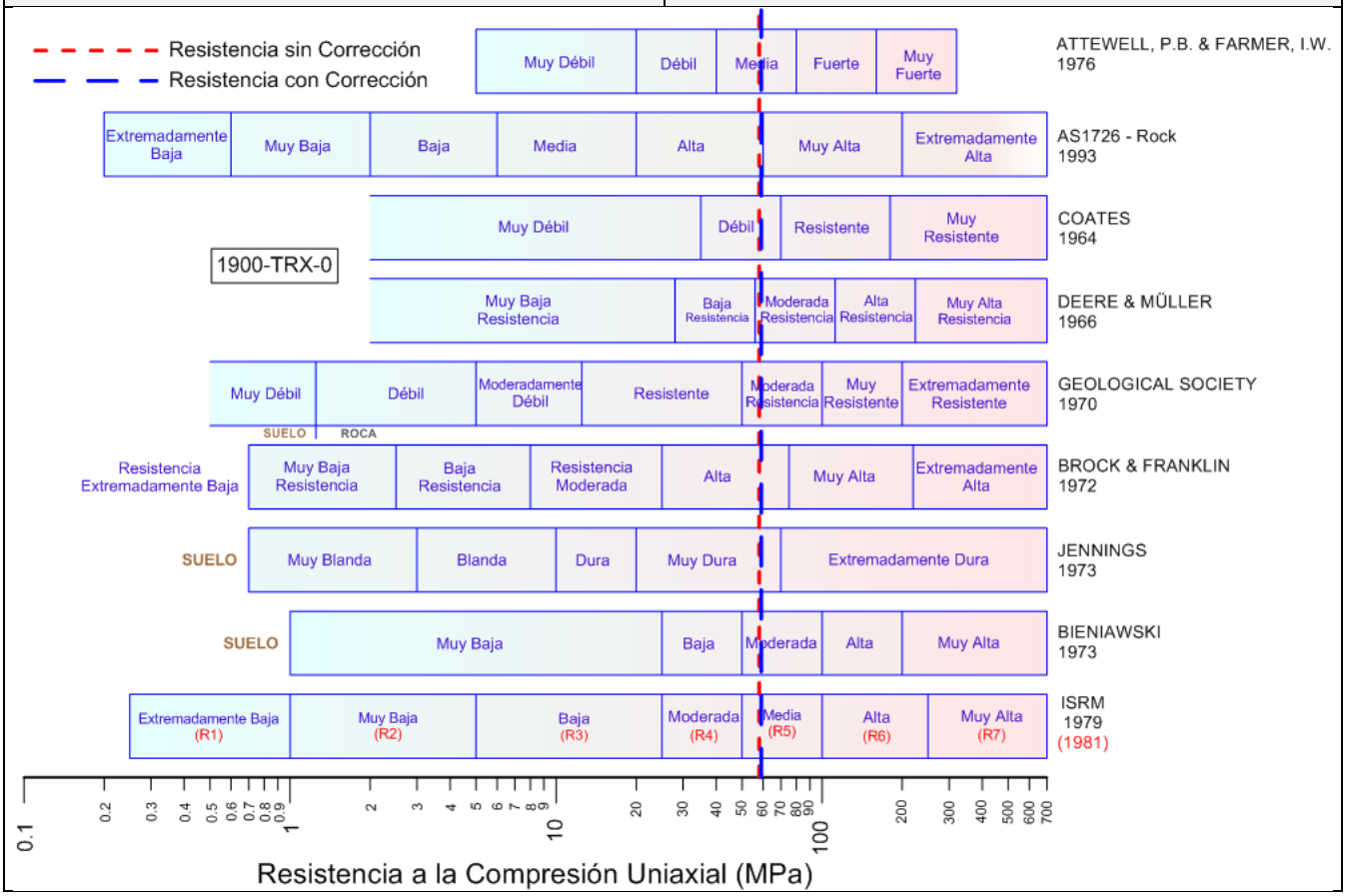
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	92.70	mm
Long medidor deformaciones	92.70	mm
Diámetro	61.90	mm
Área	30.093	cm^2
Volumen	278.966	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**58.00**	**MPa**
t - Tiempo	170.132	segundo
εa – Deformación Axial	1.645	%
εr – Deformación Radial	-0.548	%
εv – Deformación Volumétrica	0.563	%
σa – Esfuerzo Axial	57.40	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**4.70**	**MPa**
t - Tiempo	**170.596**	segundo
εa – Deformación Axial	1.869	%
εr – Deformación Radial	-0.623	%
εv – Deformación Volumétrica	0.642	%
σa – Esfuerzo Axial	4.10	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	4054.64	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	3086.98	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1900**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**56.78**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**59.00**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**4487.39**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1901**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1901-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG030A**	
Tipo de Roca	Arenisca	
Formación		
Profundidad	51.35	m
Altura	125.60	mm
Longitud medidor de deformación	125.60	mm
Diámetro	63.90	mm
Área	32.069	cm^2
Volumen	402.792	cm^3
Peso	575.20	gr
Densidad	1.42803	Ton/m^3
L/D	2.00	-
σ3 (calculado)	21.99880215	MPa
Registros capturados durante el ensayo	1123	Registros



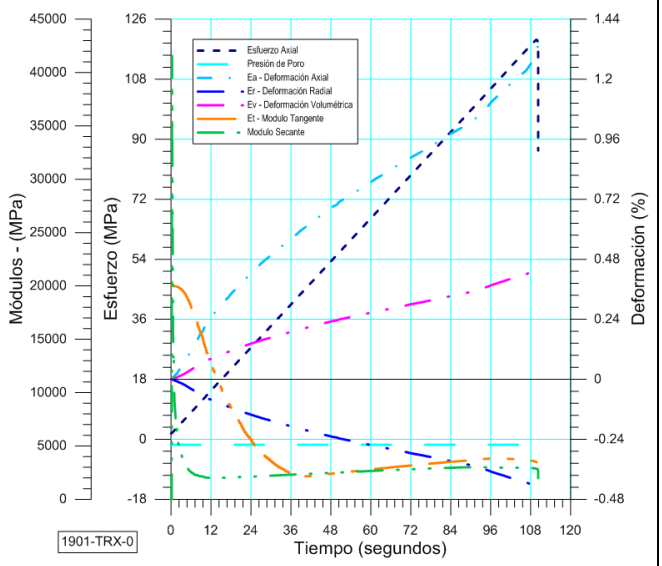
Condición inicial del espécimen

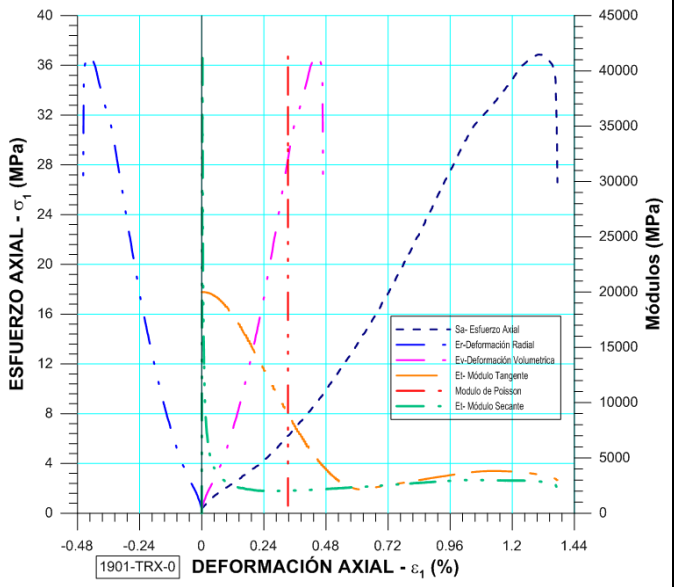
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.309	%
Tiempo Máximo del Ensayo	01:49	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain >= 2%	
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

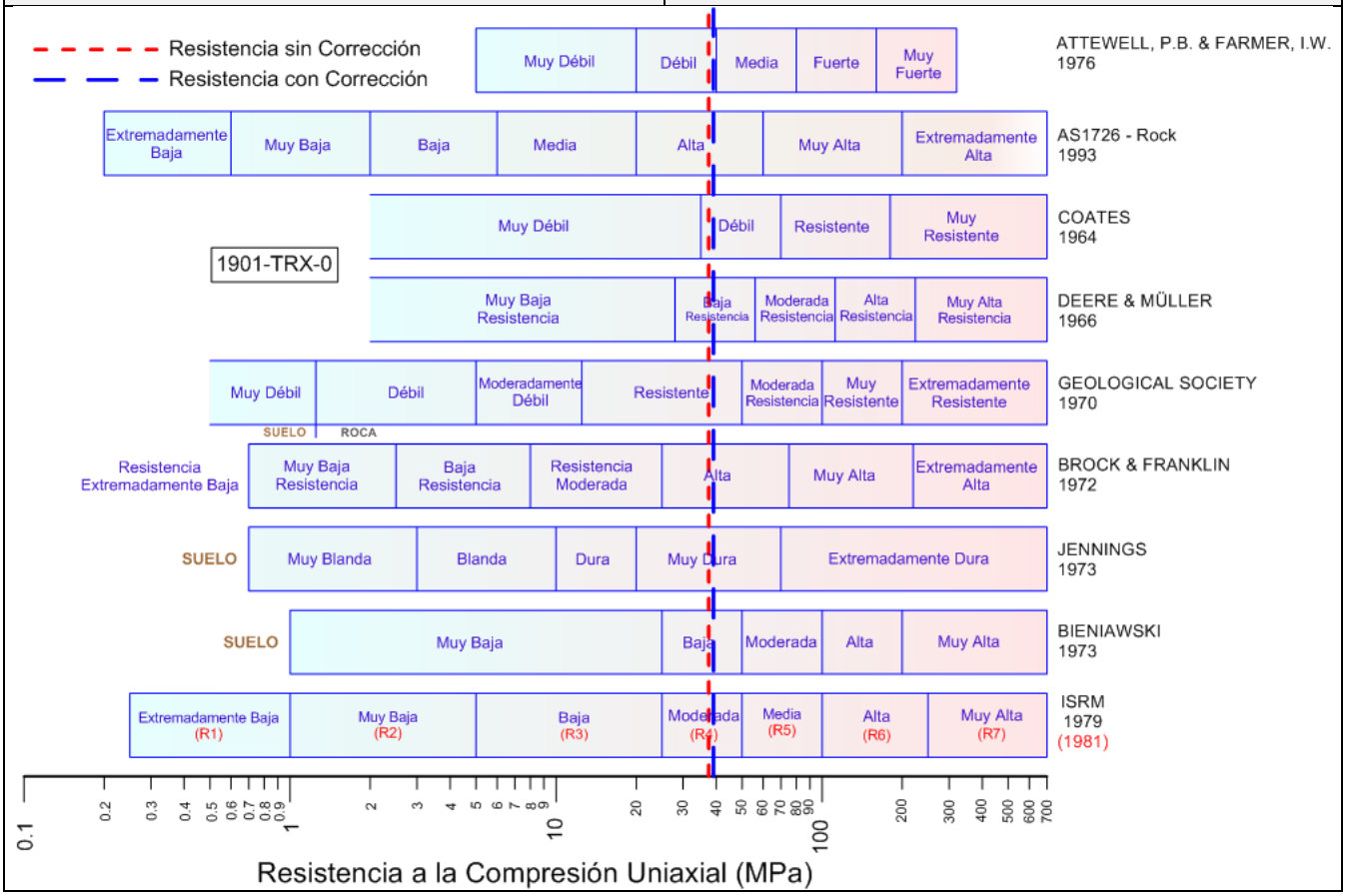
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	125.60	mm
Long medidor deformaciones	125.60	mm
Diámetro	63.90	mm
Área	32.069	cm^2
Volumen	402.792	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**37.50**	**MPa**
t - Tiempo	109.847	segundo
εa – Deformación Axial	1.309	%
εr – Deformación Radial	-0.436	%
εv – Deformación Volumétrica	0.446	%
σa – Esfuerzo Axial	36.90	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.30**	**MPa**
t - Tiempo	**110.278**	segundo
εa – Deformación Axial	1.464	%
εr – Deformación Radial	-0.488	%
εv – Deformación Volumétrica	0.50	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.30	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	2640.58	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	2586.16	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Moderada - (R4)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1901**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**37.34**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**39.03**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**2685.44**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1902**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1902-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG030A**	
Tipo de Roca	Arenisca	
Formación		
Profundidad	230.60	m
Altura	123.00	mm
Longitud medidor de deformación	123.00	mm
Diámetro	62.70	mm
Área	30.876	cm^2
Volumen	379.778	cm^3
Peso	696.10	gr
Densidad	1.83291	Ton/m^3
L/D	2.00	-
σ3 (calculado)	126.800714	MPa
Registros capturados durante el ensayo	927	Registros



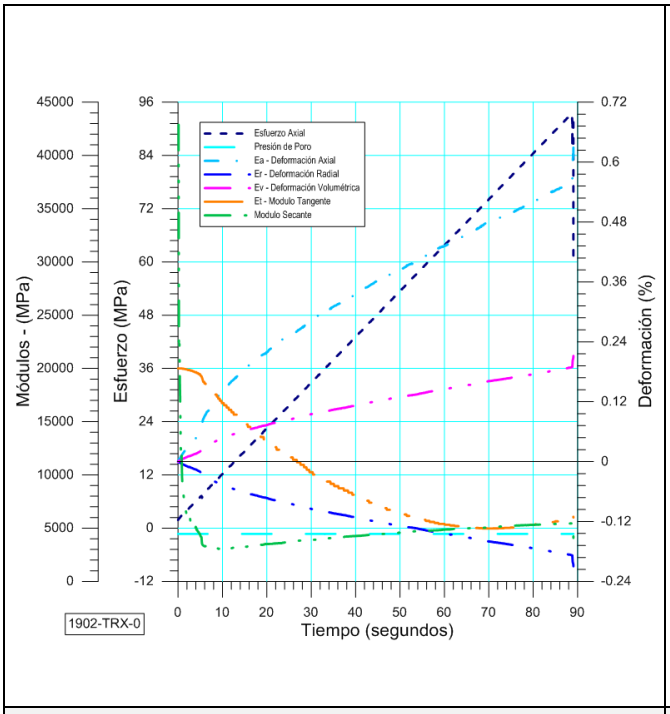
Condición inicial del espécimen

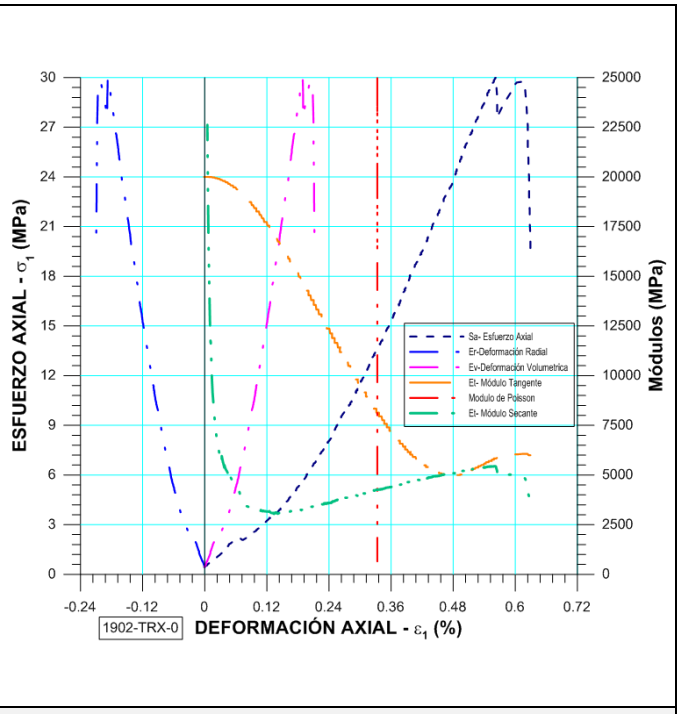
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	0.562	%
Tiempo Máximo del Ensayo	01:28	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

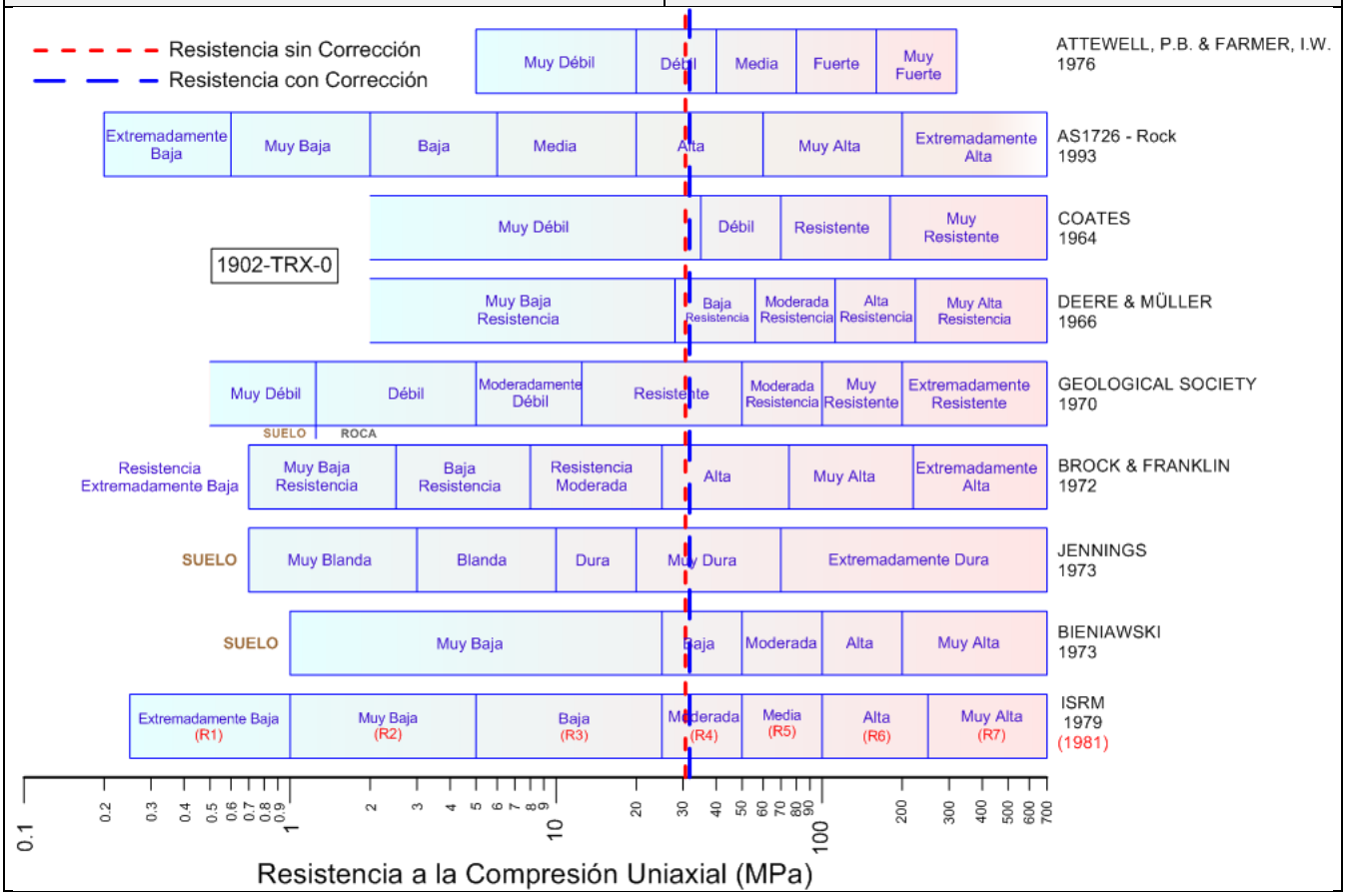
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	123.00	mm
Long medidor deformaciones	123.00	mm
Diámetro	62.70	mm
Área	30.876	cm^2
Volumen	379.778	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**30.60**	**MPa**
t - Tiempo	88.695	segundo
εa – Deformación Axial	0.562	%
εr – Deformación Radial	-0.187	%
εv – Deformación Volumétrica	0.189	%
σa – Esfuerzo Axial	30.00	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**7.70**	**MPa**
t - Tiempo	**89.0643**	segundo
εa – Deformación Axial	0.649	%
εr – Deformación Radial	-0.216	%
εv – Deformación Volumétrica	0.219	%
σa – Esfuerzo Axial	7.10	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	7220.50	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	4403.45	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Moderada - (R4)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**30.47**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**31.73**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**7347.85**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1903**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1903-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG030A**	
Tipo de Roca	Limolitas	
Formación		
Profundidad	41.35	m
Altura	122.10	mm
Longitud medidor de deformación	122.10	mm
Diámetro	62.70	mm
Área	380.876	cm^2
Volumen	376.999	cm^3
Peso	601.70	gr
Densidad	1.59602	Ton/m^3
L/D	1.90	-
σ3 (calculado)	19.7986281	MPa
Registros capturados durante el ensayo	624	Registros



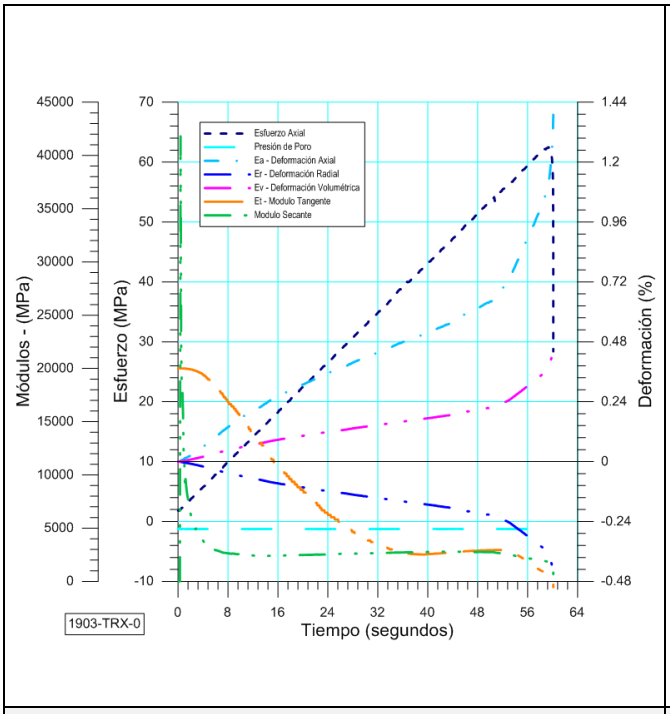
Condición inicial del espécimen

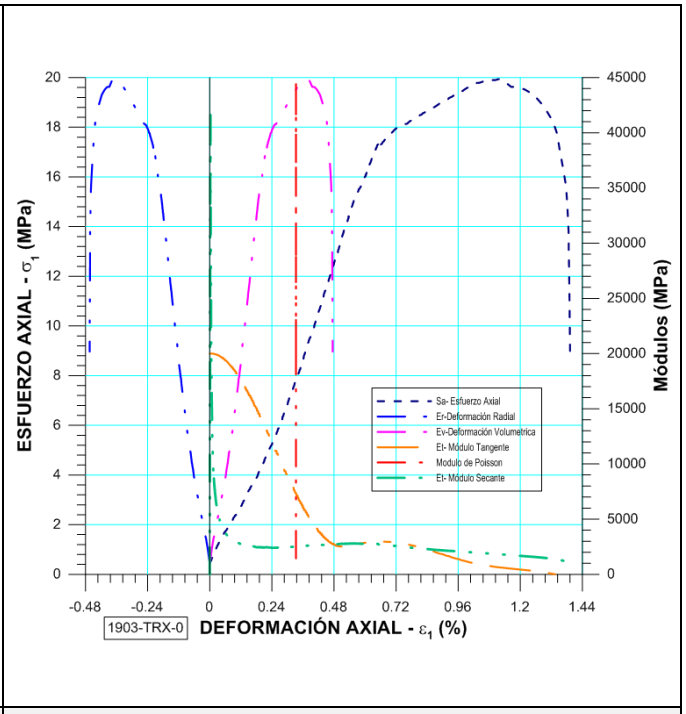
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.115	%
Tiempo Máximo del Ensayo	00:00	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

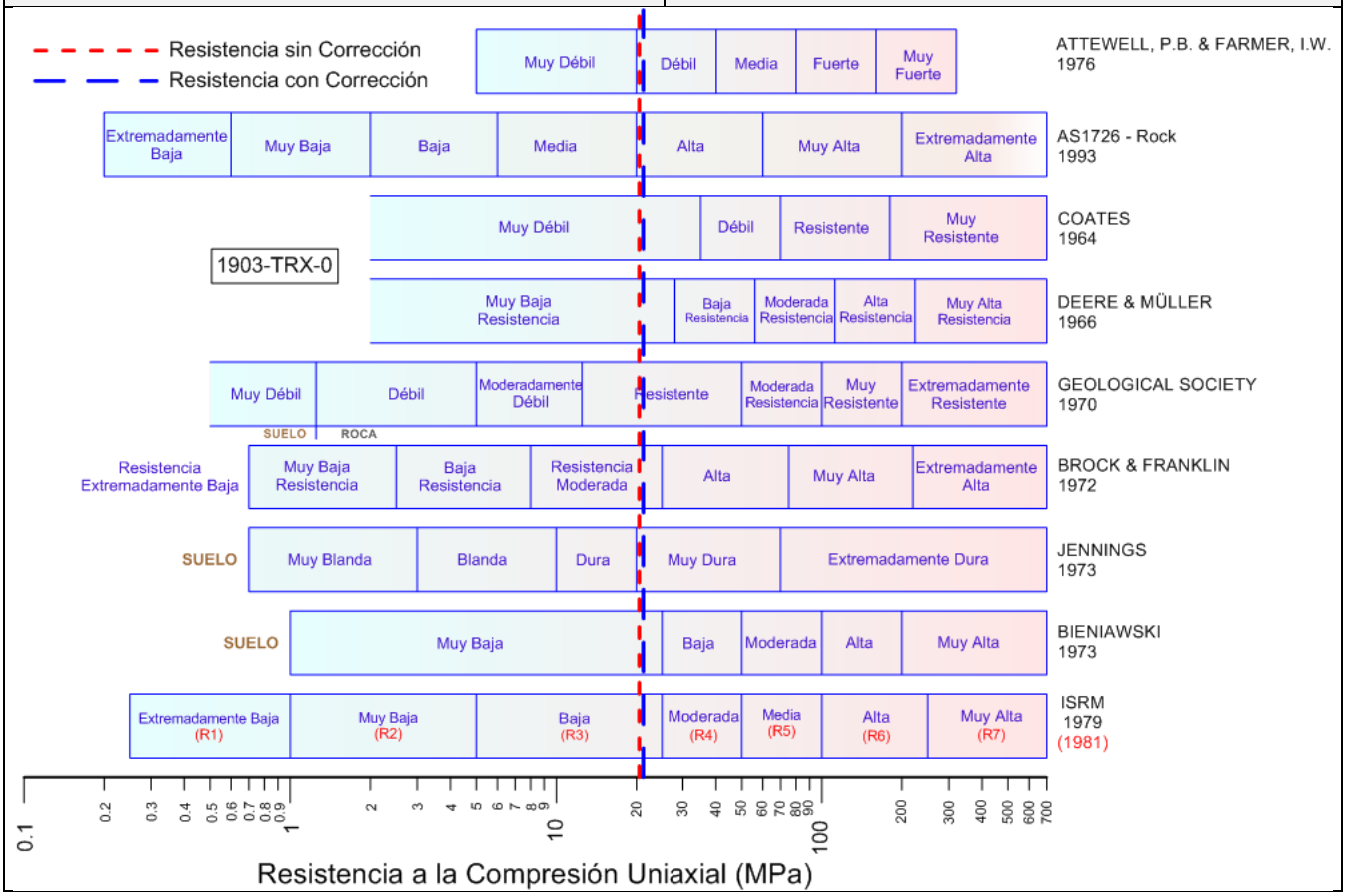
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	122.10	mm
Long medidor deformaciones	122.10	mm
Diámetro	62.70	mm
Área	30.876	cm^2
Volumen	379.999	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**20.50**	**MPa**
t - Tiempo	59.2987	segundo
εa – Deformación Axial	1.115	%
εr – Deformación Radial	-0.372	%
εv – Deformación Volumétrica	0.379	%
σa – Esfuerzo Axial	20.00	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.30**	**MPa**
t - Tiempo	**60.1117**	segundo
εa – Deformación Axial	1.417	%
εr – Deformación Radial	-0.472	%
εv – Deformación Volumétrica	0.484	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.30	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	4147.72	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	2635.85	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Baja - (R3)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036(L/D)\right]$	**20.40**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**21.25**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E\left[1.24 - 0.33\ln(L/D)\right]$	**4230.94**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1904**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1904-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG030A**	
Tipo de Roca	Limolitas	
Formación		
Profundidad	106.35	m
Altura	121.80	mm
Longitud medidor de deformación	121.80	mm
Diámetro	61.95	mm
Área	30.142	cm^2
Volumen	367.13	cm^3
Peso	609.90	gr
Densidad	1.66126	Ton/m^3
L/D	2.00	-
σ3 (calculado)	53.0025003	MPa
Registros capturados durante el ensayo	2086	Registros



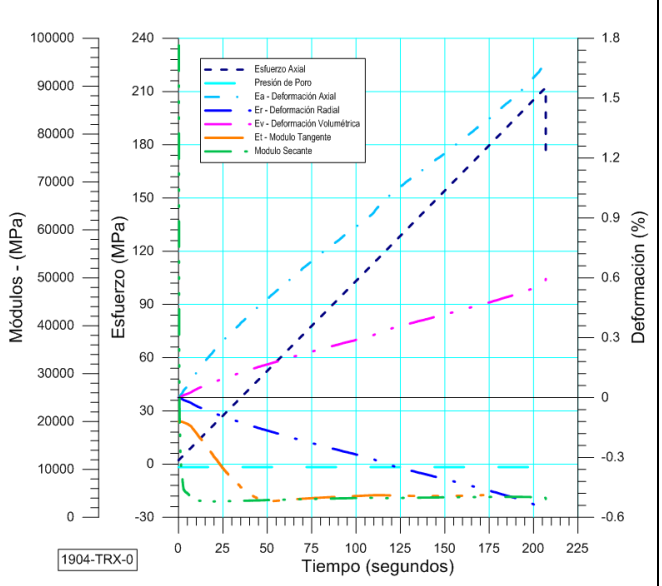
Condición inicial del espécimen

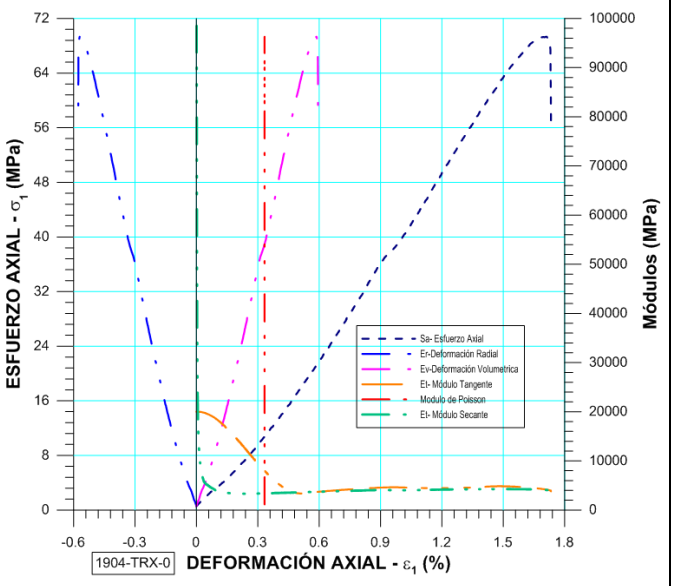
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.713	%
Tiempo Máximo del Ensayo	03:26	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

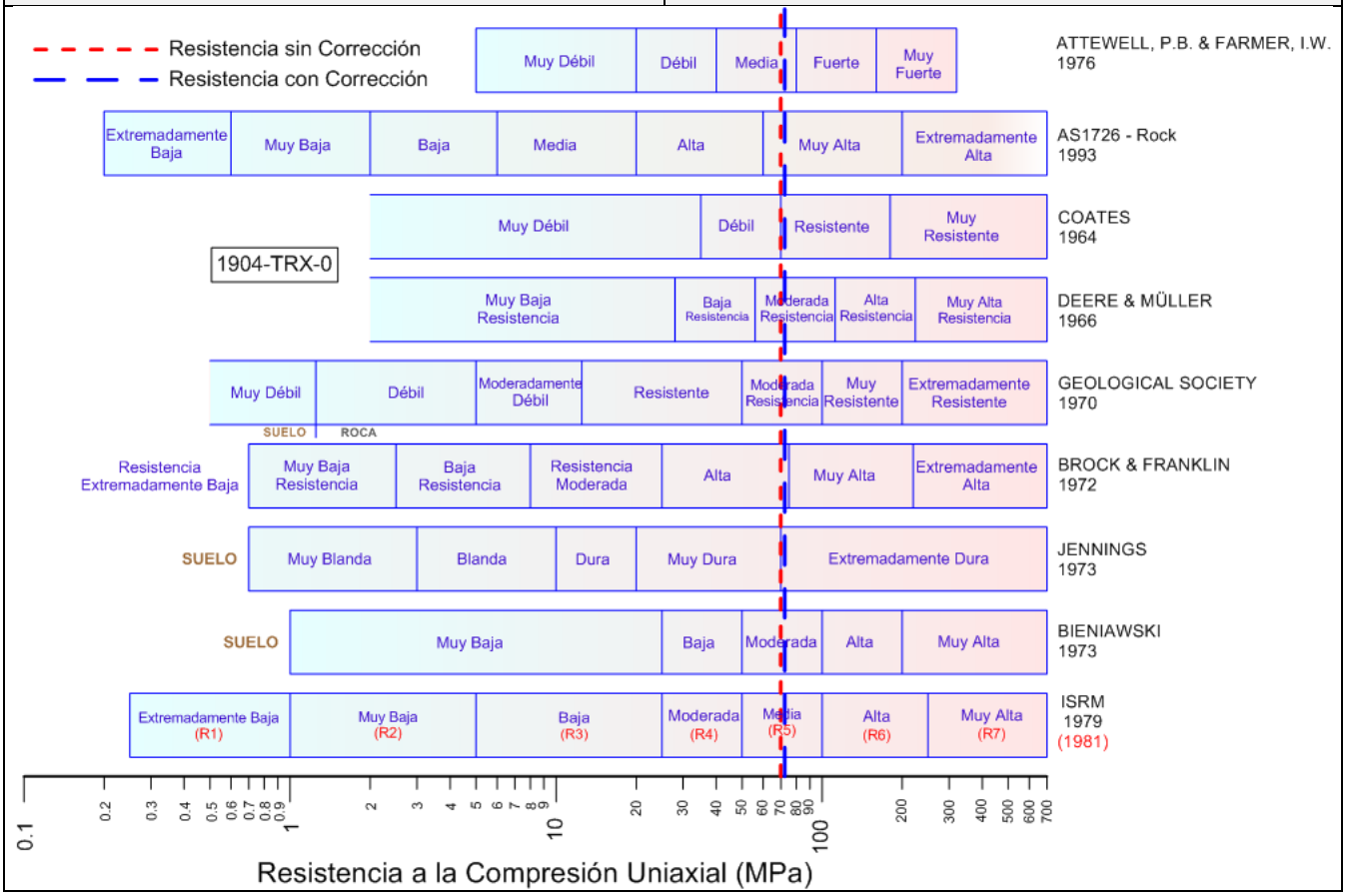
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	121.80	mm
Long medidor deformaciones	121.80	mm
Diámetro	61.95	mm
Área	30.142	cm^2
Volumen	367.13	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**69.90**	**MPa**
t - Tiempo	206.716	segundo
εa – Deformación Axial	1.713	%
εr – Deformación Radial	-0.571	%
εv – Deformación Volumétrica	0.587	%
σa – Esfuerzo Axial	69.30	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.10**	**MPa**
t - Tiempo	**206.867**	segundo
εa – Deformación Axial	1.807	%
εr – Deformación Radial	-0.602	%
εv – Deformación Volumétrica	0.620	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.40	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	4505.15	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	4065.13	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1904**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036(L/D)\right]$	**69.60**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**72.34**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E\left[1.24 - 0.33\ln(L/D)\right]$	**4571.30**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1905**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1905-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG030A**	
Tipo de Roca	Limolitas	
Formación		
Profundidad	80.50	m
Altura	121.15	mm
Longitud medidor de deformación	121.15	mm
Diámetro	63.20	mm
Área	31.371	cm^2
Volumen	380.056	cm^3
Peso	583.20	gr
Densidad	1.53451	Ton/m^3
L/D	1.90	-
σ3 (calculado)	37.0584165	MPa
Registros capturados durante el ensayo	555	Registros



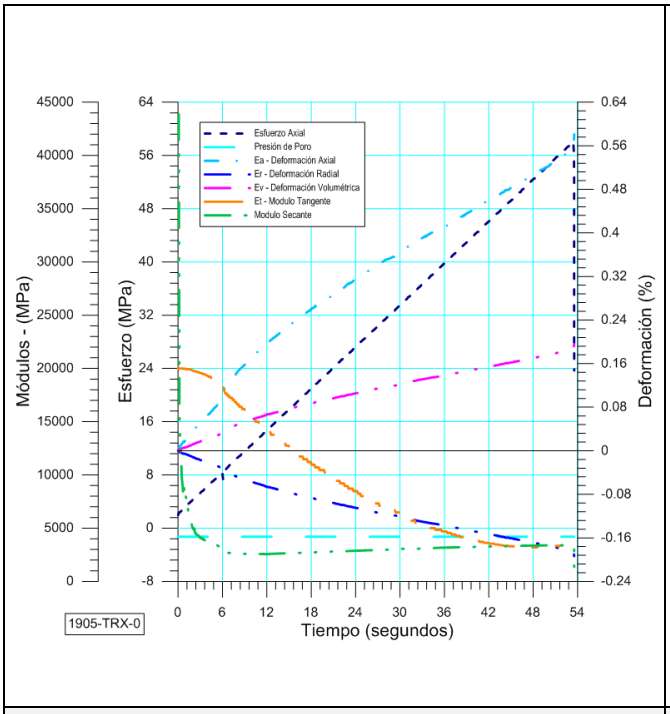
Condición inicial del espécimen

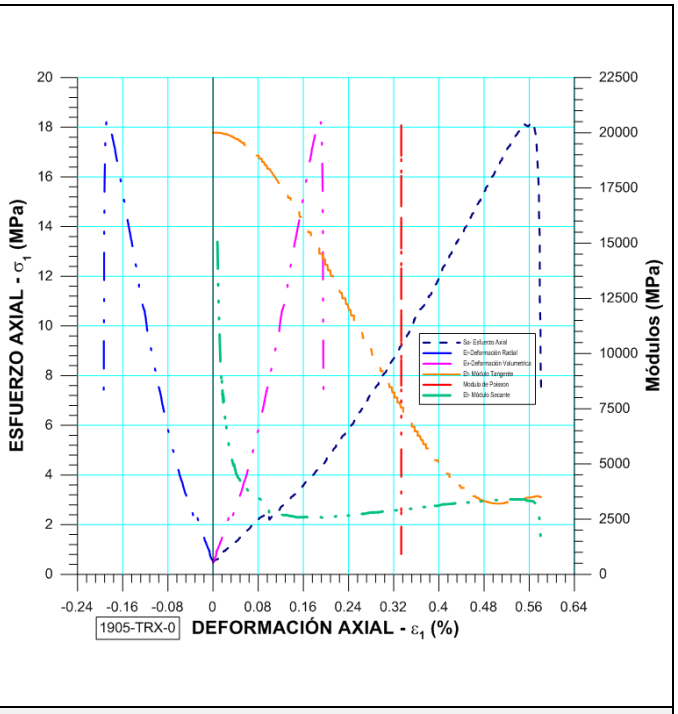
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	0.568	%
Tiempo Máximo del Ensayo	00:00	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

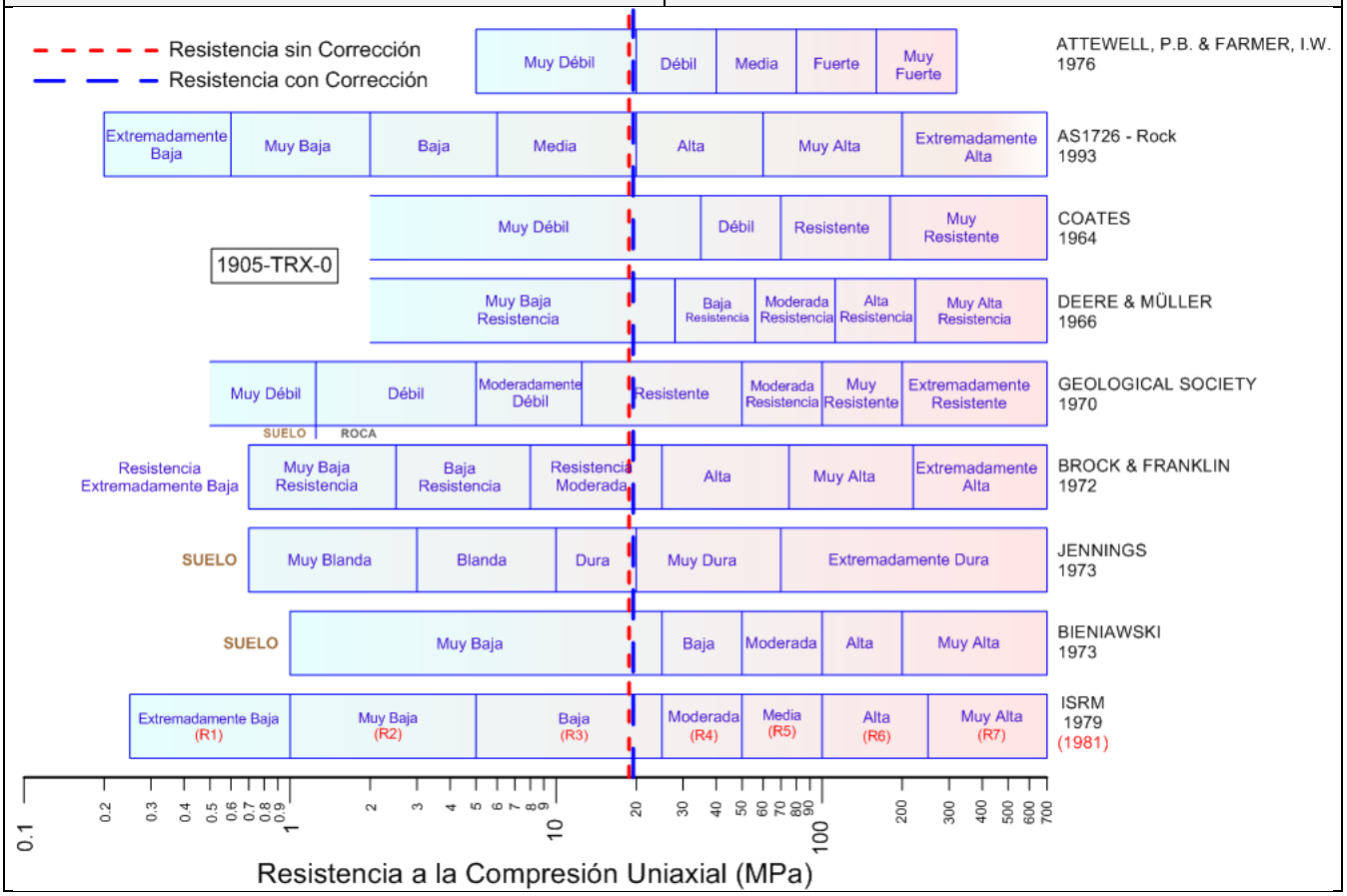
RESULTADOS DEL ENSAYO

ESPÉCIMEN		
Altura	121.15	mm
Long medidor deformaciones	121.15	mm
Diámetro	63.20	mm
Área	31.371	cm^2
Volumen	380.056	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**18.80**	**MPa**
t - Tiempo	53.454	segundo
εa – Deformación Axial	0.568	%
εr – Deformación Radial	-0.189	%
εv – Deformación Volumétrica	0.191	%
σa – Esfuerzo Axial	18.2	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**3.50**	**MPa**
t - Tiempo	**53.542**	segundo
εa – Deformación Axial	0.769	%
εr – Deformación Radial	-0.256	%
εv – Deformación Volumétrica	0.260	%
σa – Esfuerzo Axial	3.00	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	7330.10	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	4065.13	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Baja - (R3)		





Desarrollo del ensayo | **Resultados del ensayo**



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1905**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**18.69**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**19.49**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**7515.27**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1908**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1905-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG030A**	
Tipo de Roca	Carbón	
Formación		
Profundidad	32.20	m
Altura	102.50	mm
Longitud medidor de deformación	102.50	mm
Diámetro	62.80	mm
Área	30.975	cm^2
Volumen	317.492	cm^3
Peso	258.40	gr
Densidad	0.813878	Ton/m^3
L/D	1.60	-
σ3 (calculado)	7.86206148	MPa
Registros capturados durante el ensayo	131	Registros



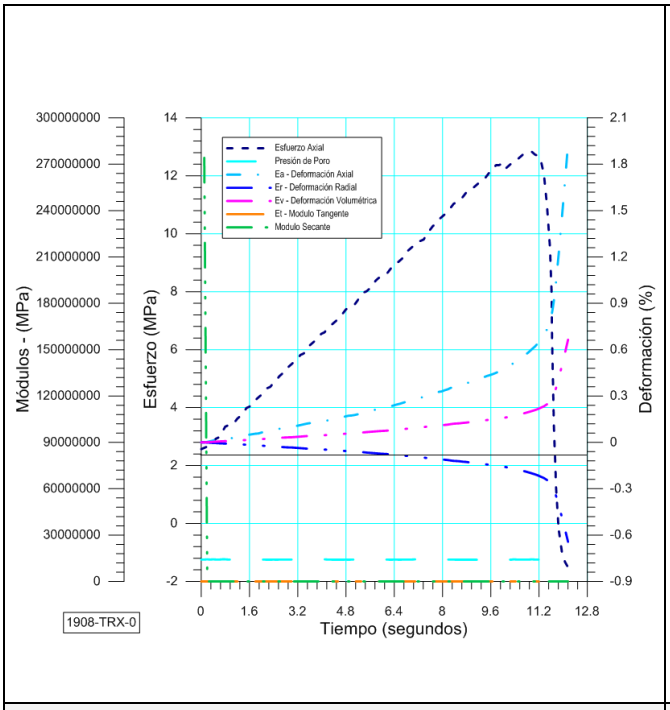
Condición inicial del espécimen

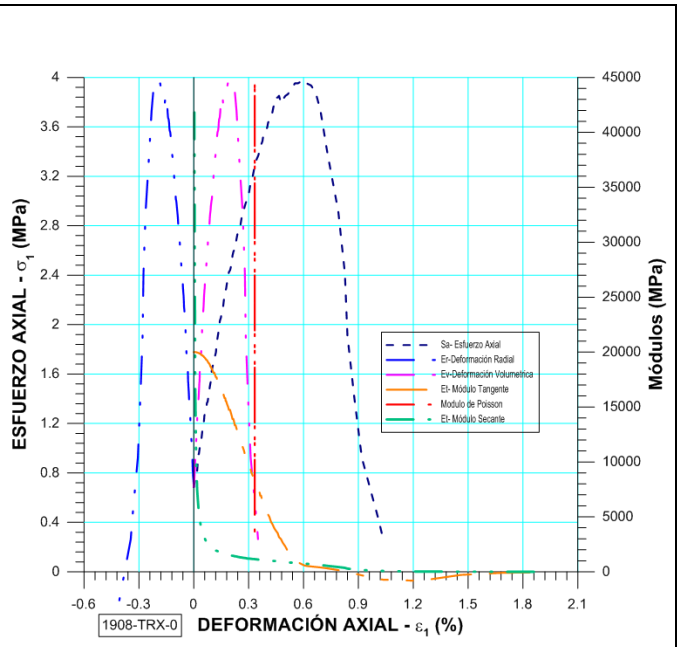
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	0.592	%
Tiempo Máximo del Ensayo	00:00	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

RESULTADOS DEL ENSAYO

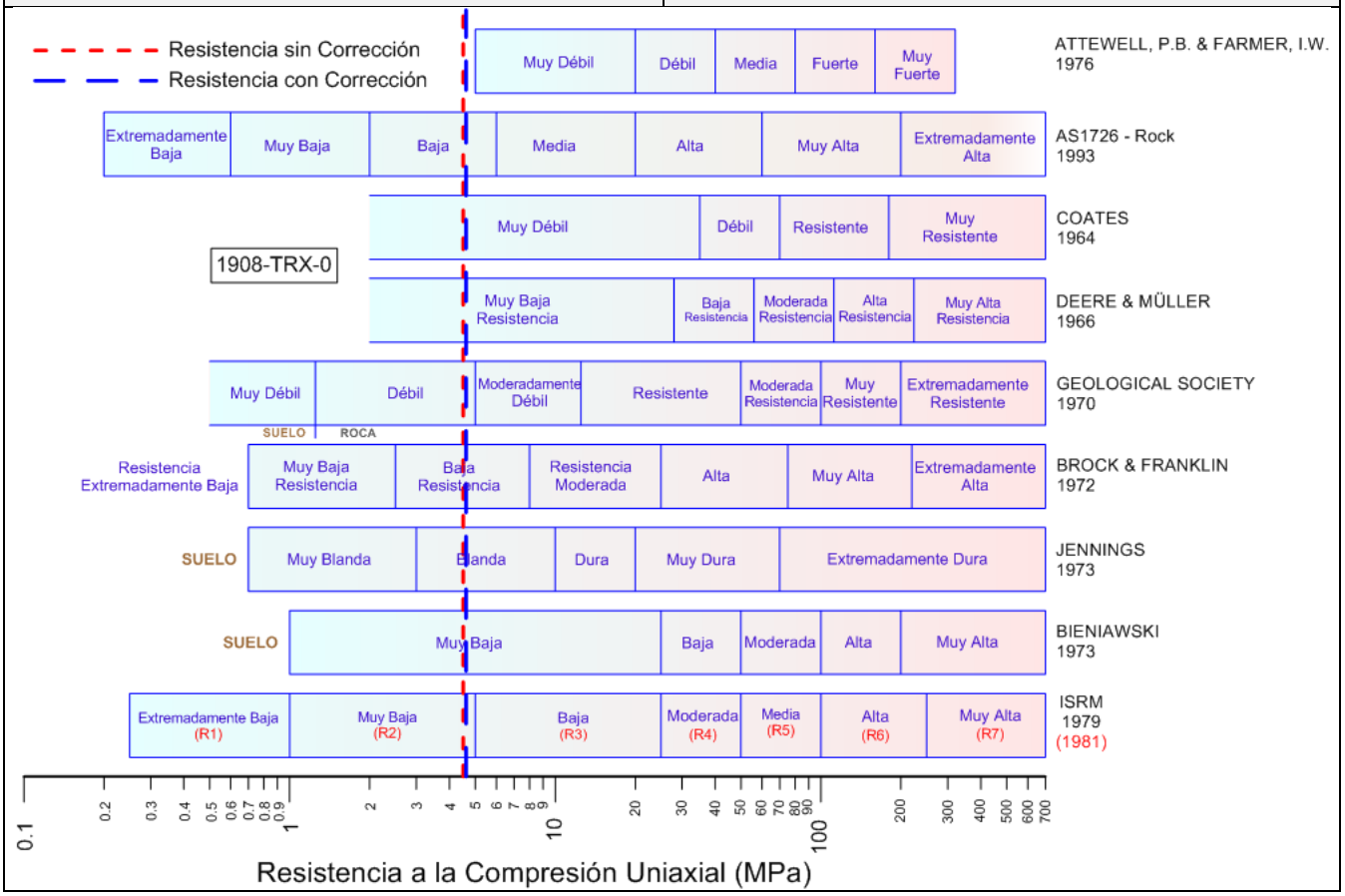
ESPÉCIMEN		
Altura	102.50	mm
Long medidor deformaciones	102.50	mm
Diámetro	62.80	mm
Área	30.975	cm^2
Volumen	317.492	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**4.50**	**MPa**
t - Tiempo	10.9066	segundo
εa – Deformación Axial	0.592	%
εr – Deformación Radial	-0.197	%
εv – Deformación Volumétrica	0.199	%
σa – Esfuerzo Axial	4.00	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**-0.10**	**MPa**
t - Tiempo	**12.1887**	segundo
εa – Deformación Axial	2.035	%
εr – Deformación Radial	-0.678	%
εv – Deformación Volumétrica	0.701	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.60	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	15801.45	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	1629.16	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Muy Baja - (R2)		





Desarrollo del ensayo

Resultados del ensayo



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1908**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**4.43**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**4.61**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**17039.19**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO *GUASARE – FOSA NORTE*			RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 4**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	16/12/2015	**Espécimen: 1909-1-TRX-14**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**Suggested Methods For Determining the Strength and Deformability of Rock Materials in Triaxial Compression (1977)**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES		
Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**CATS Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	GUASARE – FOSA NORTE	
Espécimen	**1909-1-TRX-14**	
Perforación	**PHG030A**	
Muestra	**MGM-10**	
Coordenadas y Cota		
Formación:		
Tipo de Roca	Carbón	
Origen de la Muestra	Suministrada por el Cliente	
Profundidad	109.00	m
Altura	120.10	mm
Longitud medidor de deformación	120.10	mm
Diámetro	64.60	mm
Área	32.78	cm^2
Volumen	393.64	cm^3
Peso	305.40	gr
Densidad calculada	0.78	Ton/m^3
L/D	1.86	-
σ3 (calculado)	25.38	MPa
Módulo de Elasticidad Tan 50% de σ_d (Etapa 2)	18562.68	MPa
Numero de observaciones	2358	puntos

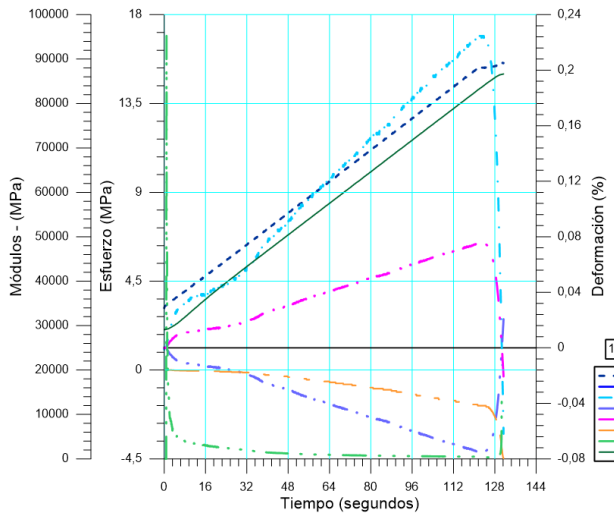
Condición inicial del espécimen

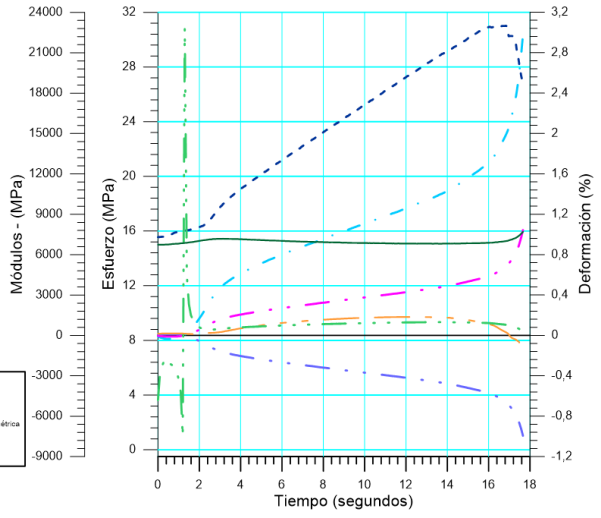
DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**			
ACTUADOR AXIAL			**ESPÉCIMEN**			
Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Incremental		
Valor Inicial de Carga	Relativo	-	Valor Inicial de Carga	Relativo		MPa
Velocidad	6	MPa/seg	Velocidad	1.00		MPa/seg
Valor Final de Carga	15.3	MPa	Valor Final de Carga	250		MPa
PRESION DE CELDA			**PRESION DE CELDA**			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremetal		Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	Valor Inicial de Carga	Relativo		MPa
Velocidad	6	MPa / seg	Velocidad	-		MPa/seg
Valor Final de Carga	15	MPa	Valor Final de Carga	-		MPa
PRESIÓN DE POROS			**PRESIÓN DE POROS**			
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad			MPa/min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial			MPa
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial			MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA			**FINALIZACION DE LA ETAPA**			
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	2		%
Tiempo Máximo de Carga	3.2	min	Tiempo Máximo de Carga	30		min
Variable de Control	AI-3: Presión de Celda >=15 MPa		Variable de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando			
Reverso - kPa	Umbral	- kN	Reverso 10 MPa	Umbral	2	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS			**ADQUISICIÓN DE DATOS**			
Incremento de tiempo	0.10	Segundo	Incremento de tiempo	0.10		segundo
Nivel de cruce			Nivel de cruce			
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Sensibilidad	0.10	MPa	Sensibilidad	1.00		kPa
TIPO	Drenado		**TIPO**	Drenado		
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			**MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA**			
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior			
Finalización de la Etapa	Tiempo Límite Alcanzado		Finalización de la Etapa	Deformación Axial Máxima Alcanzada		

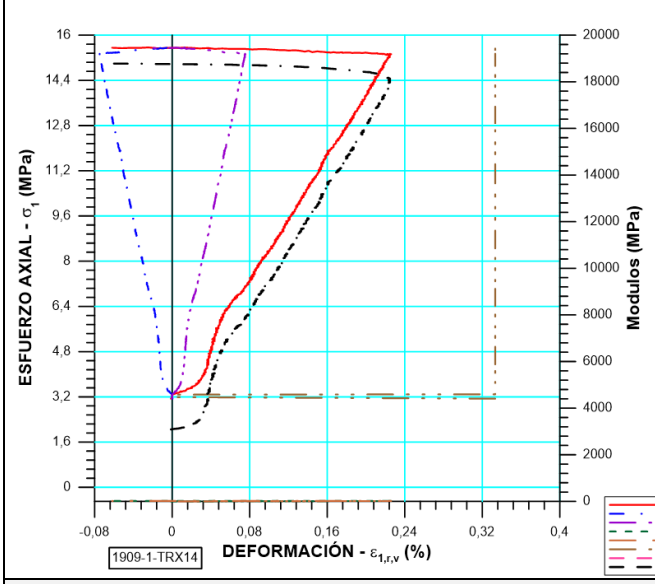
RESULTADOS DEL ENSAYO

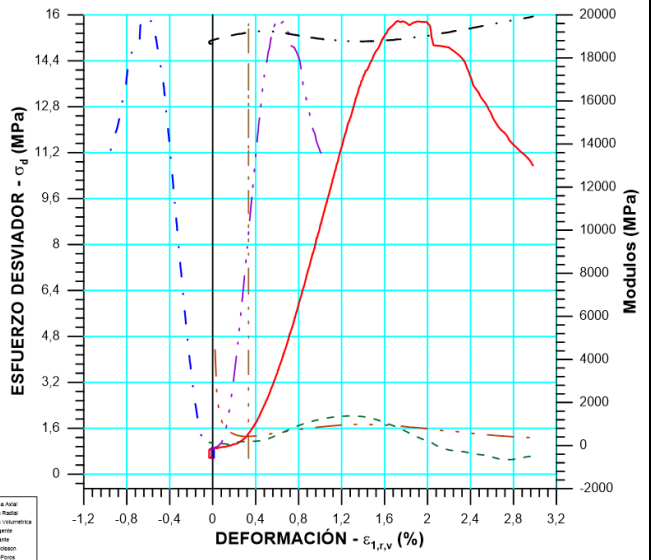
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ESPÉCIMEN			**ESPÉCIMEN**		
Altura	120.10	mm	Altura	120.18	mm
Long medidor deformaciones	120.10	mm	Long medidor deformaciones	120.18	mm
Diámetro	64.60	mm	Diámetro	64.59	mm
Área	32.78	cm^2	Área	32.76	cm^2
Volumen	393.64	cm^3	Volumen	393.73	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite Alcanzado		**Finalización de la Etapa debido**	Etapa final – pico reverso activado	
σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**0.10**	**MPa**	**σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)**	**14.56**	**MPa**
t – Tiempo	5.4142	seg	**t** – Tiempo	147.524	seg
σ_3 – Presión de Celda	1.12	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	13.85	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.03	%	**ε_a** – Deformación Axial	1.74	%
ε_r – Deformación Radial	-0.01	%	**ε_r** – Deformación Radial	-0.58	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.01	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	0.60	%
σ_a – Esfuerzo Axial	3.79	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	30.99	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	5.07	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	32.28	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	3.69	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	16.43	MPa
σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**-0.72**	**MPa**	**σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)**	**9.24**	**MPa**
t - Tiempo	131.402	seg	**t** - Tiempo	149.072	seg
σ_3 – Presión de Celda	13.71	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	14.74	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	-0.07	%	**ε_a** – Deformación Axial	3.05	%
ε_r – Deformación Radial	0.02	%	**ε_r** – Deformación Radial	-1.02	%
ε_v – Deformación Volumétrica	-0.02	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	1.07	%
σ_a – Esfuerzo Axial	15.57	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	26.56	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	16.86	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	27.85	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	16.29	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	17.32	MPa
			Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
			E_t - Módulo de Elasticidad Tangente	18562.68	MPa
			E_s - Módulo de Elasticidad Secante	1223.94	MPa
			μ - Módulo de Poisson	0.33	-
			Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
			Baja - (R3)		





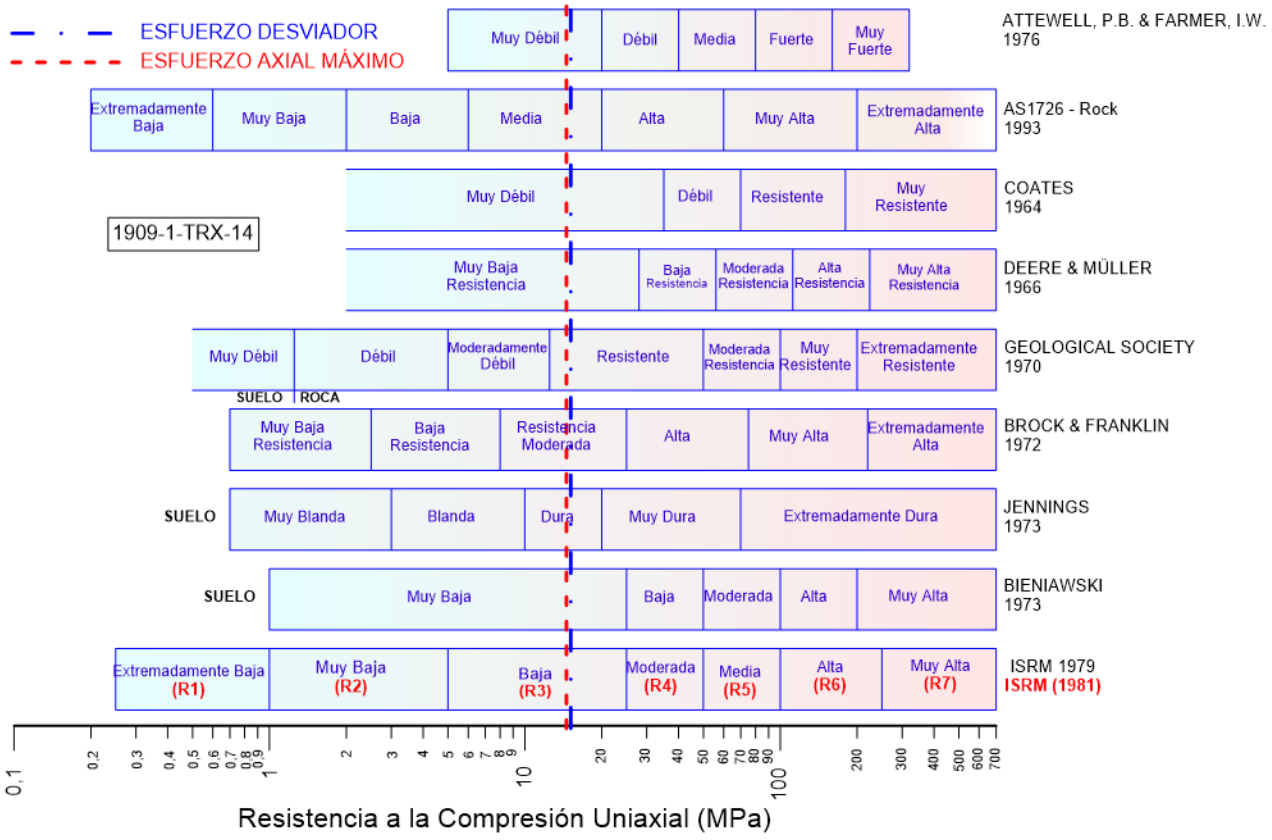
Desarrollo del ensayo Etapa 1	**Desarrollo del ensayo Etapa 2**





DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 1 | **DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 2**

Parámetros vs. Deformación



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia

	Observaciones:
Condición final del Espécimen	

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO *GUASARE – FOSA NORTE*			RIF: G-20000062-7
	Cálculo:	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 4**
	Tomás Sánchez	Miguel Castillejo	16/12/2015	**Espécimen: 1909-TRX-14**

NORMAS UTILIZADAS		
	ISRM	**Suggested Methods For Determining the Strength and Deformability of Rock Materials in Triaxial Compression (1977)**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**CATS Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	GUASARE – FOSA NORTE	
Espécimen	**1909-TRX-14**	
Perforación	**PHG030A**	
Muestra	**MGM-10**	
Coordenadas y Cota		
Formación:		
Tipo de Roca	Carbón	
Origen de la Muestra	Suministrada por el Cliente	
Profundidad	109.00	m
Altura	120.10	mm
Longitud medidor de deformación	120.10	mm
Diámetro	64.60	mm
Área	32.78	cm^2
Volumen	393.64	cm^3
Peso	305.40	gr
Densidad calculada	0.78	Ton/m^3
L/D	1.86	-
σ3 (calculado)	25.37	MPa
Módulo de Elasticidad Tan 50% de σ_d (Etapa 2)	-59.21	MPa
Numero de observaciones	2249	puntos



Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO

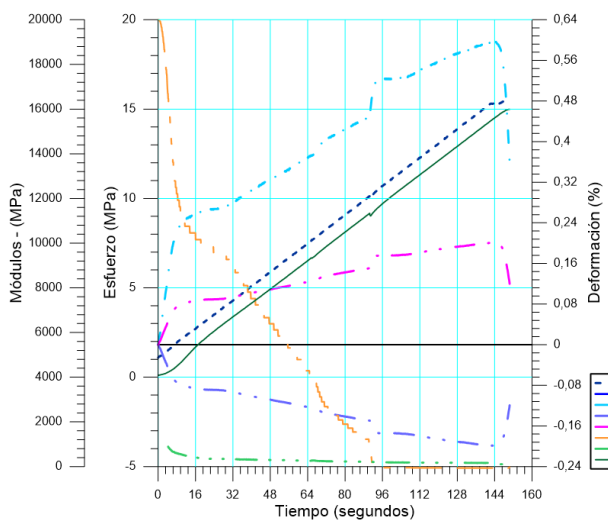
ACTUADOR AXIAL			
Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental		
Valor Inicial de Carga	Relativo	-	
Velocidad	6	MPa/seg	
Valor Final de Carga	15.3	MPa	
PRESION DE CELDA			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremetal		
Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	6	MPa / seg	
Valor Final de Carga	15	MPa	
PRESIÓN DE POROS			
Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa	
Valor Inicial	-	MPa	
FINALIZACION DE LA ETAPA			
Máxima Deformación Axial	-	%	
Tiempo Máximo de Carga	3.2	min	
Variable de Control	AI-3: Presión de Celda >=15 MPa		
Pico reverso, cuando	-		
Reverso - kPa	Umbral	-	kN
ADQUISICIÓN DE DATOS			
Incremento de tiempo	0.10	Segundo	
Nivel de cruce			
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Sensibilidad	0.10	MPa	
TIPO	Drenado		
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			
Deformaciones en cero			
Finalización de la Etapa	Tiempo Límite Alcanzado		

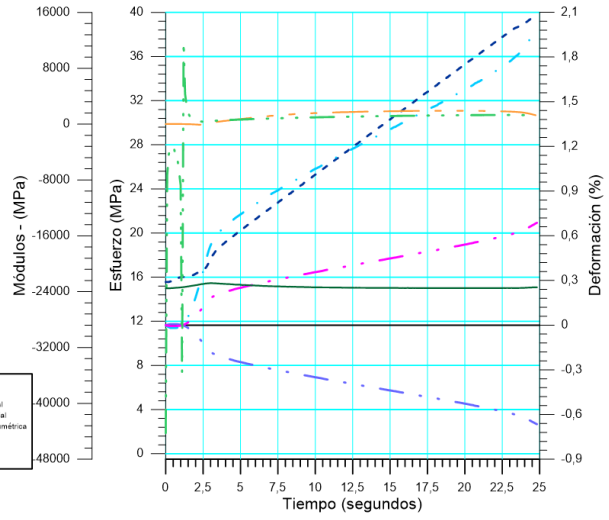
Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA

ESPÉCIMEN			
Control de Entrada	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental		
Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	1.00	MPa/seg	
Valor Final de Carga	250	MPa	
PRESION DE CELDA			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	-	MPa/seg	
Valor Final de Carga	-	MPa	
PRESIÓN DE POROS			
Control de Entrada	No definida		
Velocidad		MPa/min	
Valor Inicial		MPa	
Valor Inicial		MPa	
FINALIZACION DE LA ETAPA			
Máxima Deformación Axial	2	%	
Tiempo Máximo de Carga	30	min	
Variable de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Pico reverso, cuando			
Reverso 10 MPa	Umbral	2	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS			
Incremento de tiempo	0.10	segundo	
Nivel de cruce			
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Sensibilidad	1.00	kPa	
TIPO	Drenado		
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			
Continuación de la etapa anterior			
Finalización de la Etapa	Deformación Axial Máxima Alcanzada		

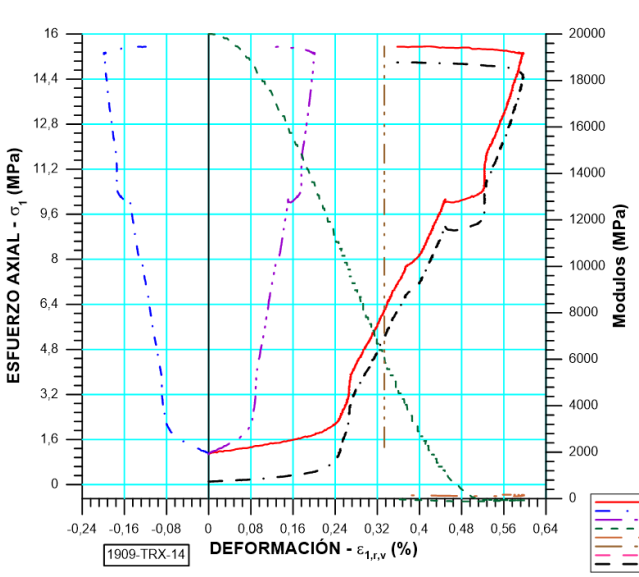
RESULTADOS DEL ENSAYO

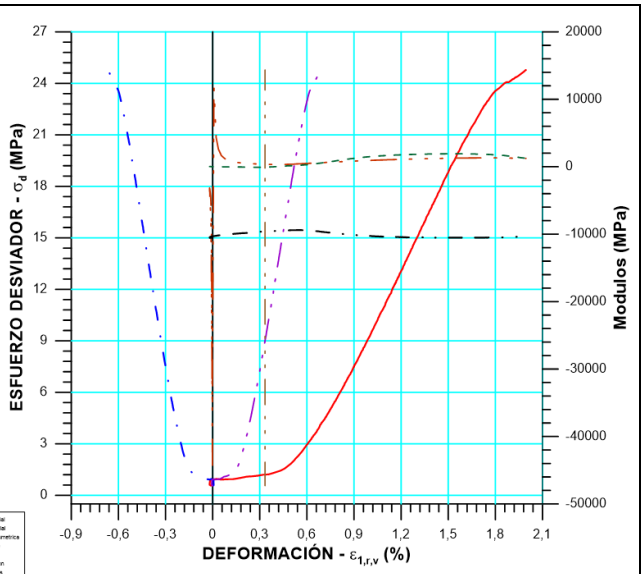
Etapa 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			**Etapa 2 – CARGA ESTÁTICA**		
ESPÉCIMEN			**ESPÉCIMEN**		
Altura	120.10	mm	Altura	116.68	mm
Long medidor deformaciones	120.10	mm	Long medidor deformaciones	119.68	mm
Diámetro	64.60	mm	Diámetro	64.68	mm
Área	32.78	cm^2	Área	32.85	cm^2
Volumen	393.64	cm^3	Volumen	393.17	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite Alcanzado		**Finalización de la Etapa debido**	Etapa final – pico reverso activado	
σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**0.08**	**MPa**	**σ_d – Esfuerzo Desviador Final (Pico)**	**23.70**	**MPa**
t – Tiempo	7.77903	seg	**t** – Tiempo	175.277	seg
σ_3 – Presión de Celda	-0.70	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	13.80	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.22	%	**ε_a** – Deformación Axial	2.02	%
ε_r – Deformación Radial	-0.07	%	**ε_r** – Deformación Radial	-0.67	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.07	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	0.70	%
σ_a – Esfuerzo Axial	1.91	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	40.08	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	3.26	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	41.37	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	1.88	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	16.38	MPa
σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**-0.72**	**MPa**	**σ_d - Esfuerzo Desviador Final (Residual)**	**23.66**	**MPa**
t - Tiempo	150.424	seg	**t** - Tiempo	175.277	seg
σ_3 – Presión de Celda	13.69	MPa	**σ_3** – Presión de Celda	13.79	MPa
Uw – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa	**Uw** – Presión de Poros (agua)	0.00	MPa
ε_a – Deformación Axial	0.35	%	**ε_a** – Deformación Axial	2.03	%
ε_r – Deformación Radial	-0.12	%	**ε_r** – Deformación Radial	-0.68	%
ε_v – Deformación Volumétrica	0.12	%	**ε_v** – Deformación Volumétrica	0.70	%
σ_a – Esfuerzo Axial	15.57	MPa	**σ_a** – Esfuerzo Axial	40.05	MPa
σ'_a – Esfuerzo Axial Efectivo	16.86	MPa	**σ'_a** – Esfuerzo Axial Efectivo	41.35	MPa
σ'_c – Presión de Celda Efectiva	16.29	MPa	**σ'_c** – Presión de Celda Efectiva	16.394	MPa
			Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
			E_t - Módulo de Elasticidad Tangente	-59.21	MPa
			E_s - Módulo de Elasticidad Secante	179.18	MPa
			μ - Módulo de Poisson	0.33	-
			Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
			Baja - (R3)		





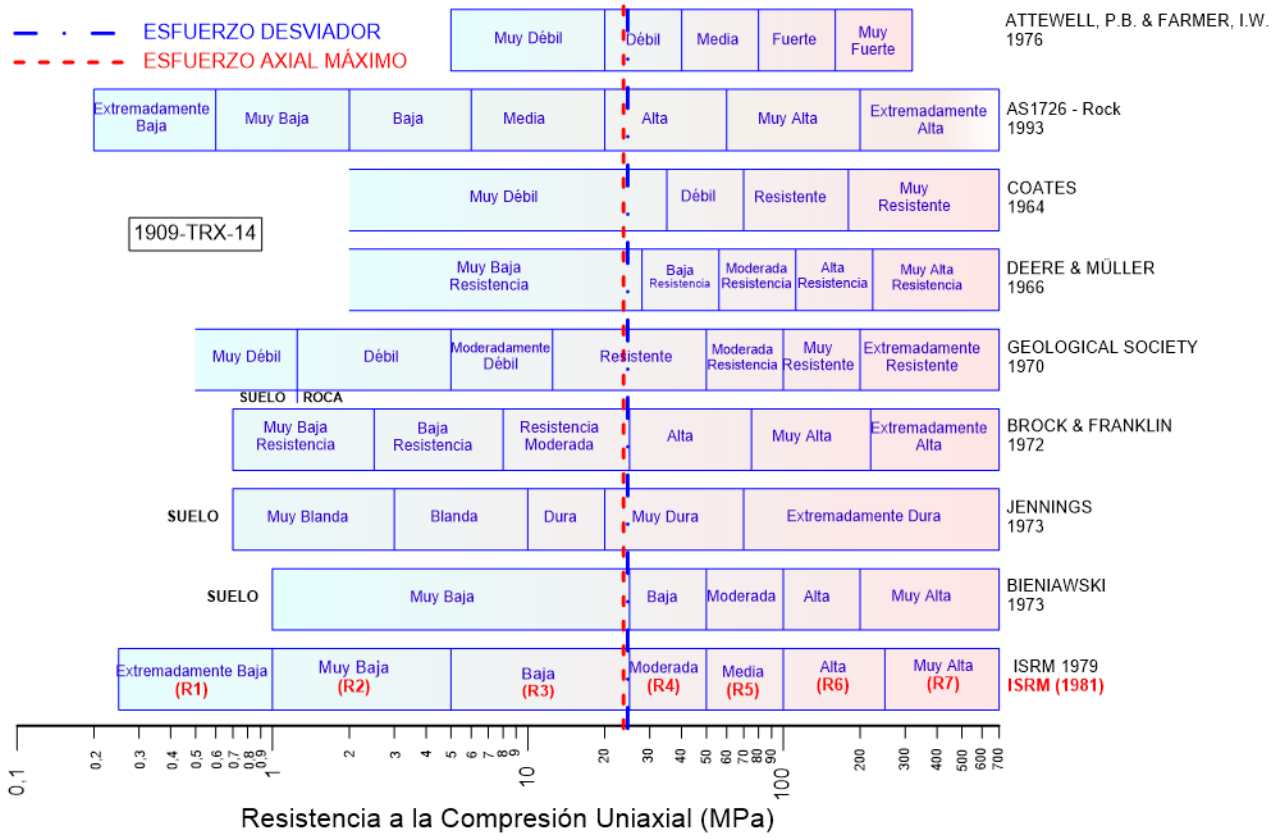
Desarrollo del ensayo Etapa 1	**Desarrollo del ensayo Etapa 2**





DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 1 | **DESARROLLO DEL ENSAYO ETAPA 2**

Parámetros vs. Deformación



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Observaciones:

Condición final del Espécimen

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1910-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES		
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**	
Espécimen:	**1910-1**	
Perforación:	**PHG030A**	
Muestra:	**MGM-11**	
Profundidad:	**143.60 – 143.75**	m
Espesor capa	**0.15**	m
Tipo de Roca	**LIMOLITAS**	
Diámetro (D)	29.80	mm
Espesor	62.65	mm
Duración:	55.9386	seg



INICIO



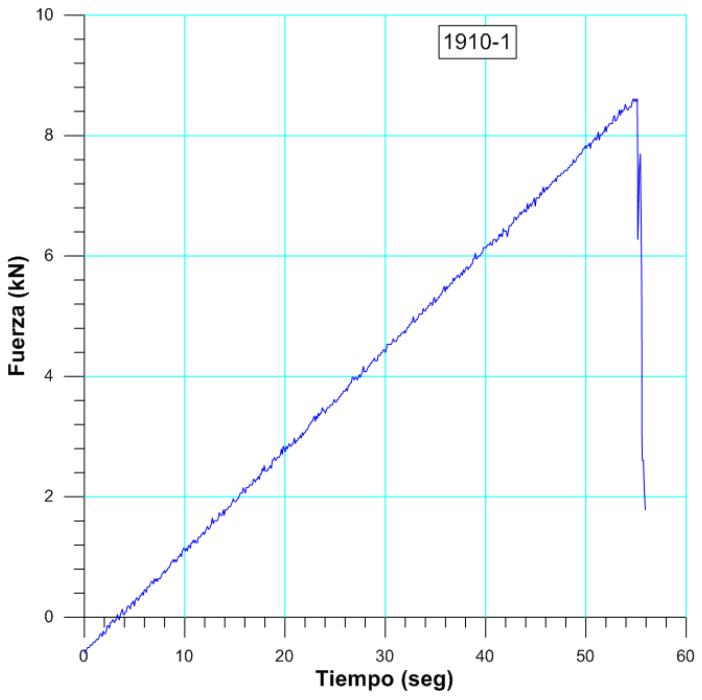
FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	-	MPa
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	**20**	kN/seg
Carga Máxima permitida	**90**	KN

ETAPA FINAL		
Deformación Axial – Ea	**>=**	**1.3%**
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**

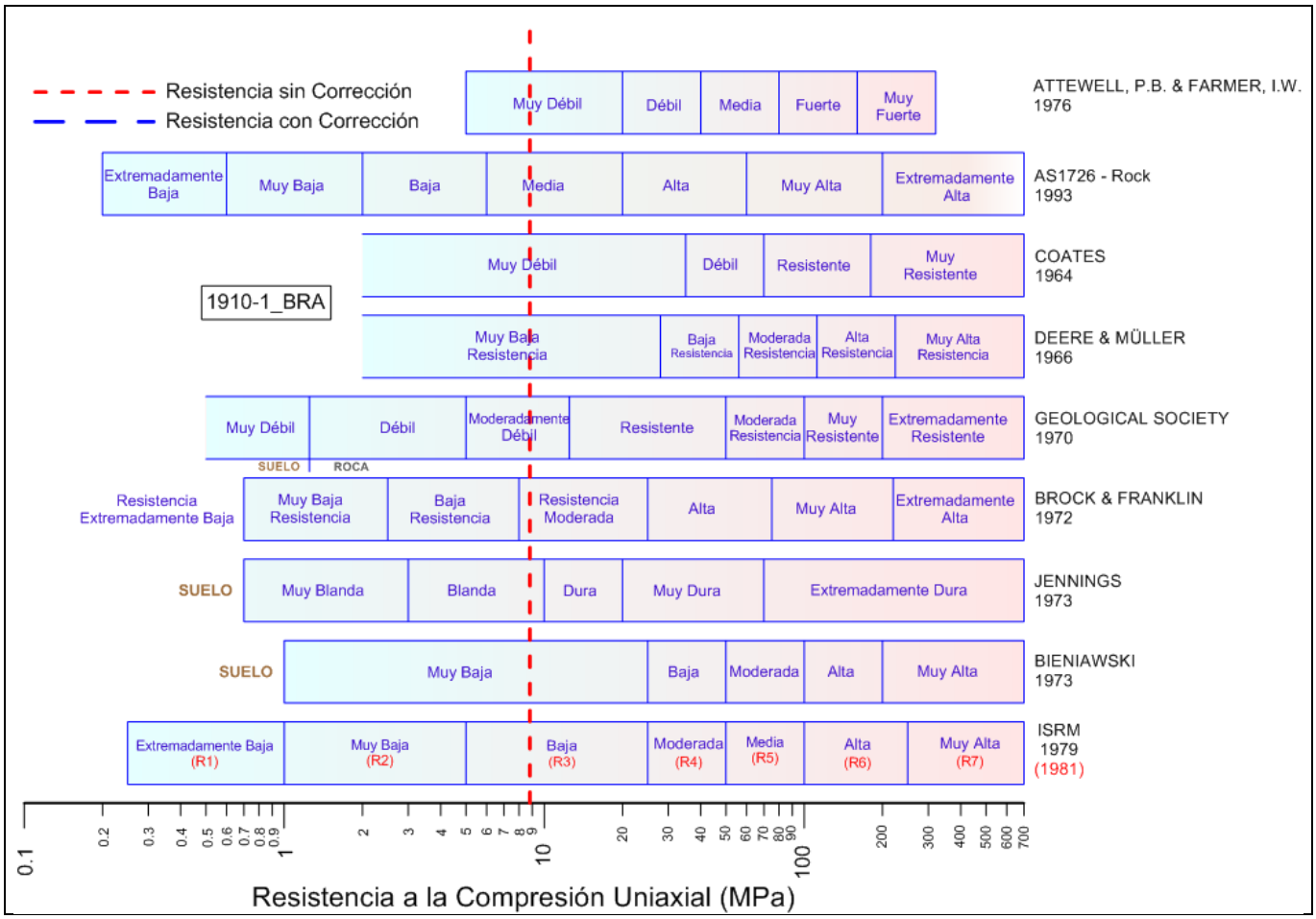
.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	



RESULTADOS DEL ENSAYO		
Carga Axial Pico	**8.61**	**kN**
Resistencia a la Tracción	**-2.94**	**MPa**
Resistencia a la Compresión	**8.81**	**MPa**
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Baja - (R3)**	

OBSERVACIONES


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1910-1_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1911-1**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1911-1-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG030A**	
Tipo de Roca	Arenisca	
Formación		
Profundidad	175.10	m
Altura	114.40	mm
Longitud medidor de deformación	114.40	mm
Diámetro	62.60	mm
Área	30.778	cm^2
Volumen	352.099	cm^3
Peso	617.60	gr
Densidad	1.75405	Ton/m^3
L/D	1.80	-
σ3 (calculado)	92.1402465	MPa
Registros capturados durante el ensayo	2165	Registros



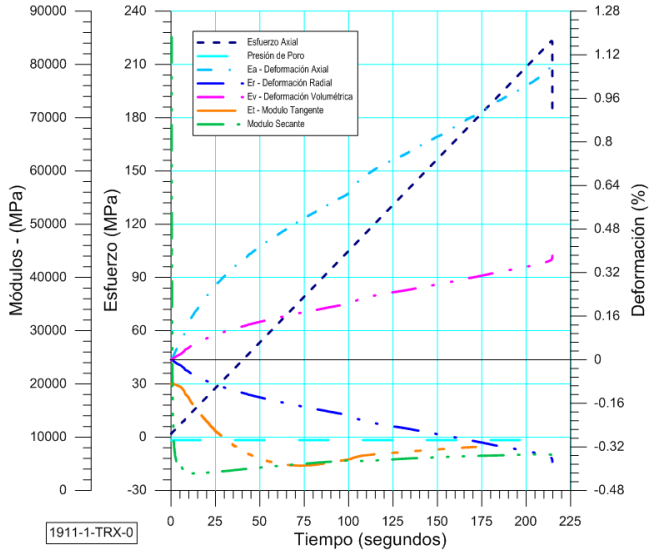
Condición inicial del espécimen

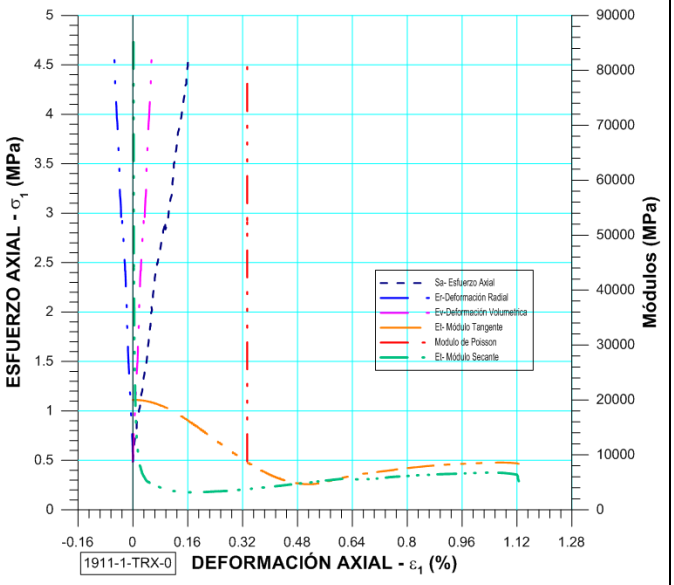
DISEÑO DEL ENSAYO

ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	1.084	%
Tiempo Máximo del Ensayo	03:34	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

RESULTADOS DEL ENSAYO

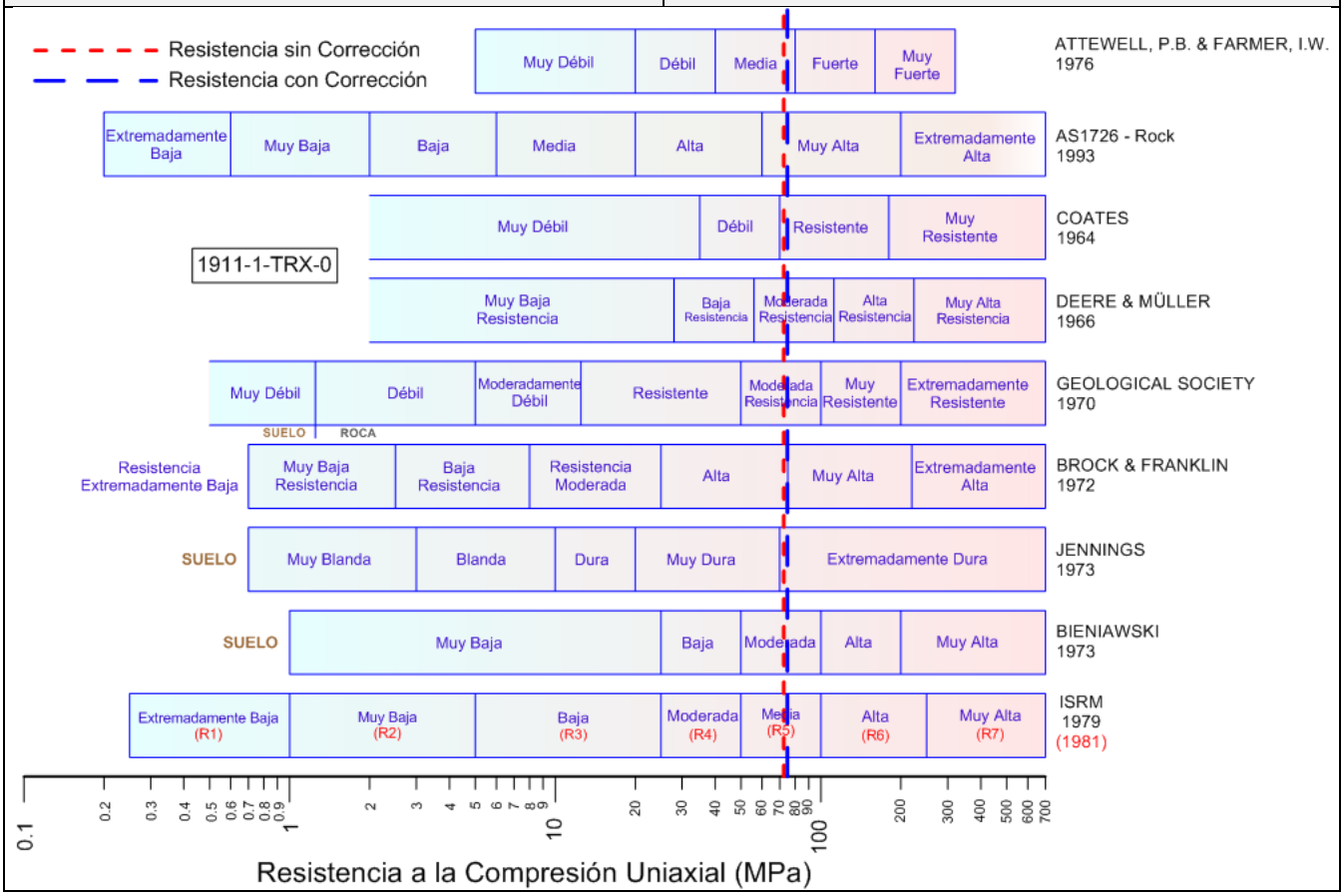
ESPÉCIMEN		
Altura	114.40	mm
Long medidor deformaciones	114.40	mm
Diámetro	62.60	mm
Área	30.778	cm^2
Volumen	352.099	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**72.50**	**MPa**
t - Tiempo	214.319	segundo
εa – Deformación Axial	1.084	%
εr – Deformación Radial	-0.361	%
εv – Deformación Volumétrica	0.368	%
σa – Esfuerzo Axial	71.90	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**0.20**	**MPa**
t - Tiempo	**214.761**	segundo
εa – Deformación Axial	1.215	%
εr – Deformación Radial	-0.405	%
εv – Deformación Volumétrica	0.413	%
σa – Esfuerzo Axial	-0.40	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	6519.13	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	5526.21	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Media - (R5)		





Desarrollo del ensayo

Resultados del ensayo



Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1911-1**

Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036 (L/D) \right]$	**71.83**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**74.80**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E \left[1.24 - 0.33 \ln (L/D) \right]$	**6786.61**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1912-2**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES		
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**	
Espécimen:	**1912-2**	
Perforación:	**PHG030A**	
Muestra:	**MGM-13**	
Profundidad:	**36.00 – 36.15**	m
Espesor capa	**0.15**	m
Tipo de Roca	**ARENISCAS**	
Diámetro (D)	28.50	mm
Espesor	63.35	mm
Duración:	60.3507	seg

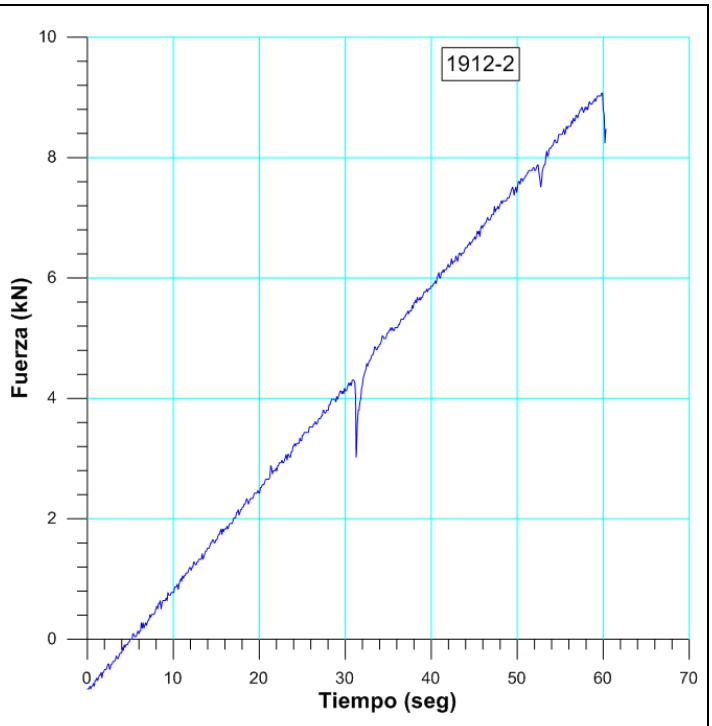


INICIO



FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento		-	MPa
Valor Inicial		Relativo	
Velocidad de Carga:		**10**	kN/seg
Carga Máxima permitida		**90**	KN
ETAPA FINAL			
Deformación Axial – Ea	**>=**	**1.3%**	
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**	
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**	

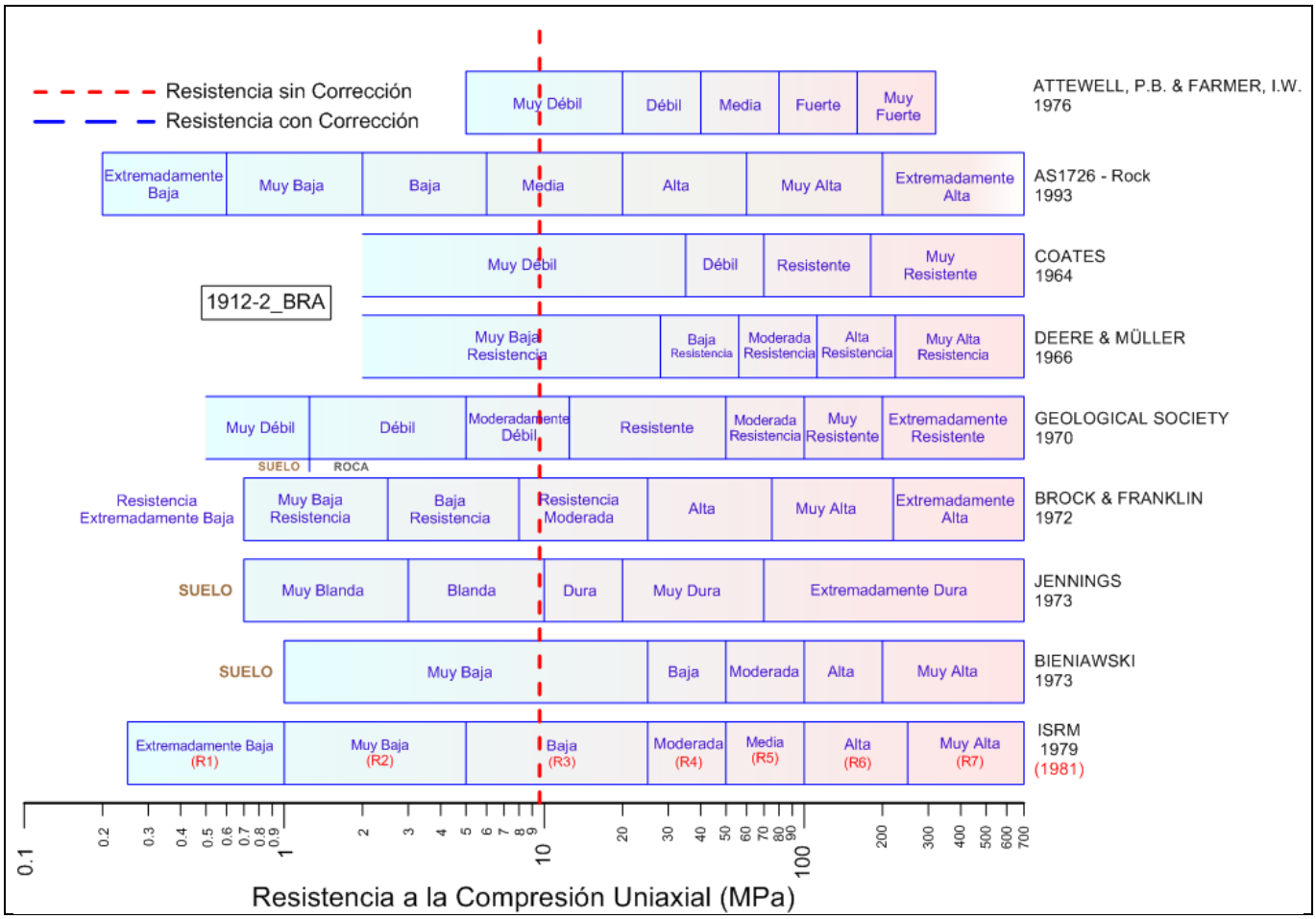


.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo		**0.1 seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo		CERO

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Carga Axial Pico	**9.07**	**kN**
Resistencia a la Tracción	**-3.20**	**MPa**
Resistencia a la Compresión	**9.59**	**MPa**
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Baja - (R3)**	

OBSERVACIONES


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1912-2_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILERO (TRACCIÓN INDIRECTA) GUASARE FOSA NORTE			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 2**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1912-3**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1978) - Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials**
	ASTM	**D2936 – 08 - Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens**

DATOS GENERALES		
Software:	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto:	**Guasare_Fosa_Norte**	
Espécimen:	**1912-3**	
Perforación:	**PHG030A**	
Muestra:	**MGM-13**	
Profundidad:	**36.00 – 36.15**	m
Espesor capa	**0.15**	m
Tipo de Roca	**ARENISCAS**	
Diámetro (D)	28.50	mm
Espesor	63.35	mm
Duración:	60.3507	seg

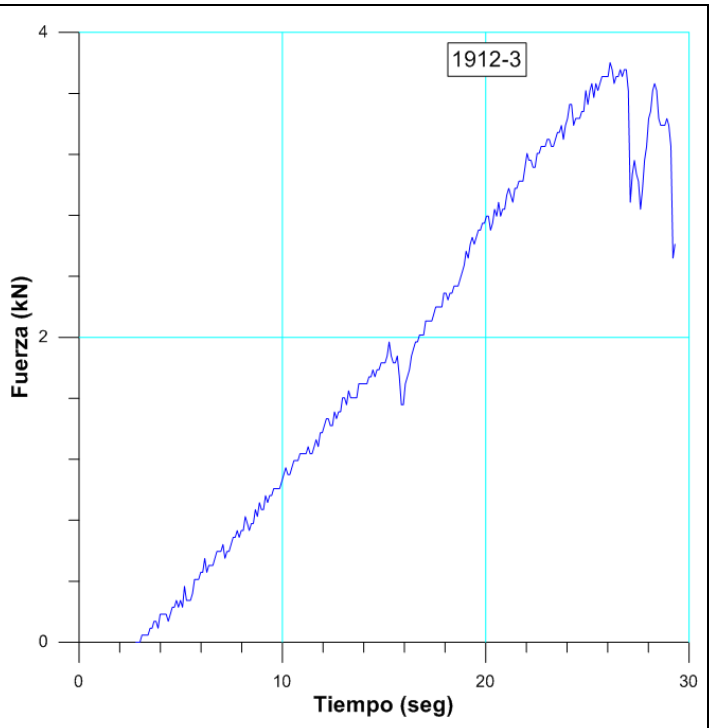


INICIO



FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	-	MPa
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	**10**	kN/seg
Carga Máxima permitida	**90**	KN
ETAPA FINAL		
Deformación Axial – Ea	**>=**	**1.3%**
Tiempo Máximo del Ensayo	-	**min**
Carga Máxima del Ensayo	-	**KN**

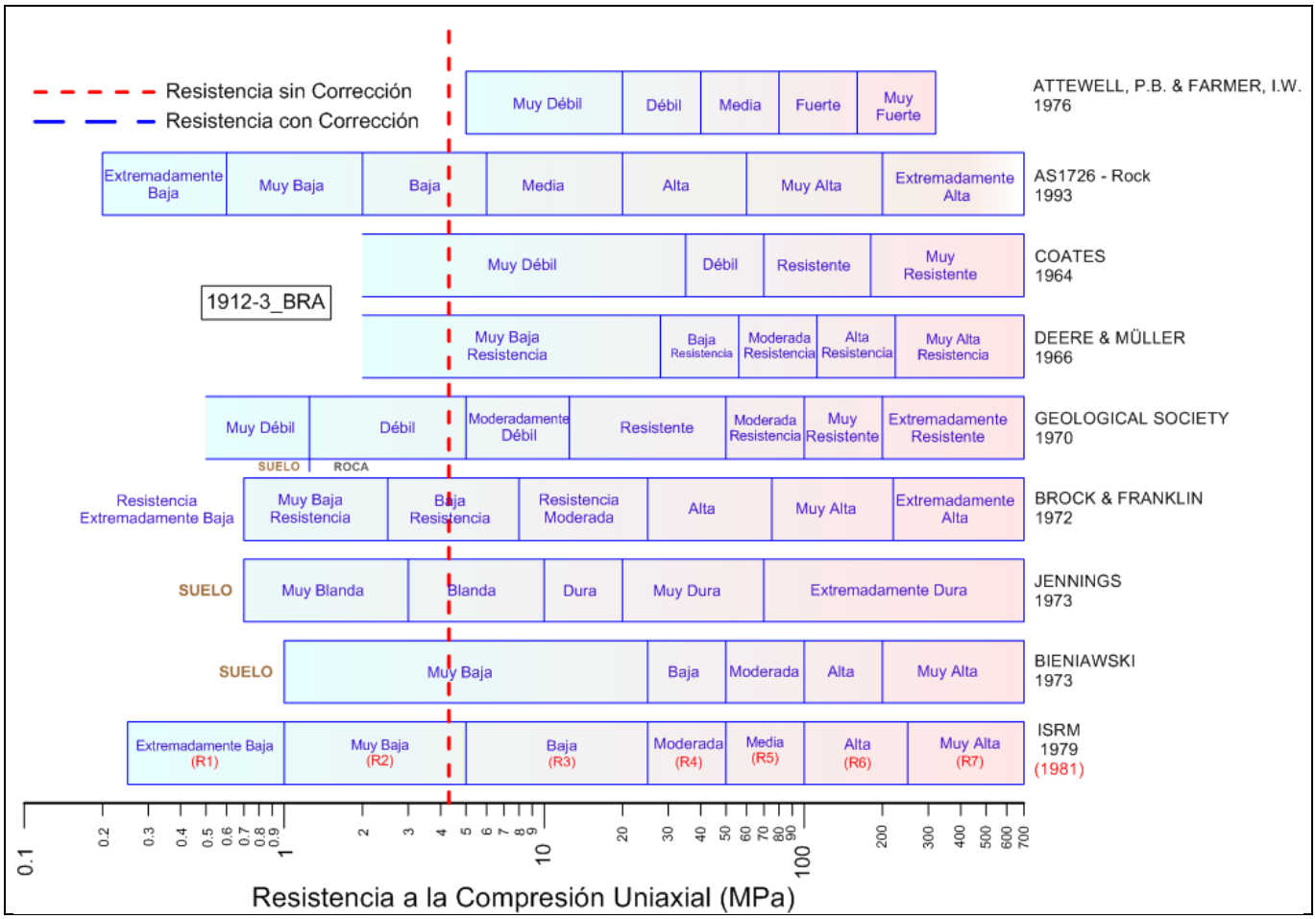


.

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	**0.1**	**seg**
Level Crossing	**Entrada de Control**	**Carga Axial**
	Sensitividad	**1 kN**
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	CERO	

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Carga Axial Pico	**3.80**	**kN**
Resistencia a la Tracción	**-1.43**	**MPa**
Resistencia a la Compresión	**4.30**	**MPa**
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	**Muy Baja - (R2)**	

OBSERVACIONES


Resistencia sin Corrección
Resistencia con Corrección
1912-3_BRA
Muy Débil
Débil
Media
Fuerte
Muy Fuerte
ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. 1976
Extremadamente Baja
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
AS1726 - Rock 1993
Muy Débil
Débil
Resistente
Muy Resistente
COATES 1964
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Moderada Resistencia
Alta Resistencia
Muy Alta Resistencia
DEERE & MÜLLER 1966
Muy Débil
Débil
Moderadamente Débil
Resistente
Moderada Resistencia
Muy Resistente
Extremadamente Resistente
GEOLOGICAL SOCIETY 1970
SUELO
ROCA
Resistencia Extremadamente Baja
Muy Baja Resistencia
Baja Resistencia
Resistencia Moderada
Alta
Muy Alta
Extremadamente Alta
BROCK & FRANKLIN 1972
SUELO
Muy Blanda
Blanda
Dura
Muy Dura
Extremadamente Dura
JENNINGS 1973
SUELO
Muy Baja
Baja
Moderada
Alta
Muy Alta
BIENIAWSKI 1973
Extremadamente Baja (R1)
Muy Baja (R2)
Baja (R3)
Moderada (R4)
Media (R5)
Alta (R6)
Muy Alta (R7)
ISRM 1979 (1981)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
700
Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 1 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1915**

NORMAS UTILIZADAS	**ISRM**	**(1979) -Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials**
	ASTM	**D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures**

DATOS GENERALES

Equipo:	**GCTS - RDS-500**	
Software	**C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89**	
Proyecto	**Guasare Fosa Norte**	
Espécimen	**1915-TRX-0**	
PERFORACIÓN	**PHG030A**	
Tipo de Roca	Limolitas	
Formación		
Profundidad	67.10	m
Altura	123.20	mm
Longitud medidor de deformación	123.20	mm
Diámetro	63.30	mm
Área	31.47	cm^2
Volumen	387.711	cm^3
Peso	653.30	gr
Densidad	1.68502	Ton/m^3
L/D	1.90	-
σ3 (calculado)	33.9194526	MPa
Registros capturados durante el ensayo	649	Registros



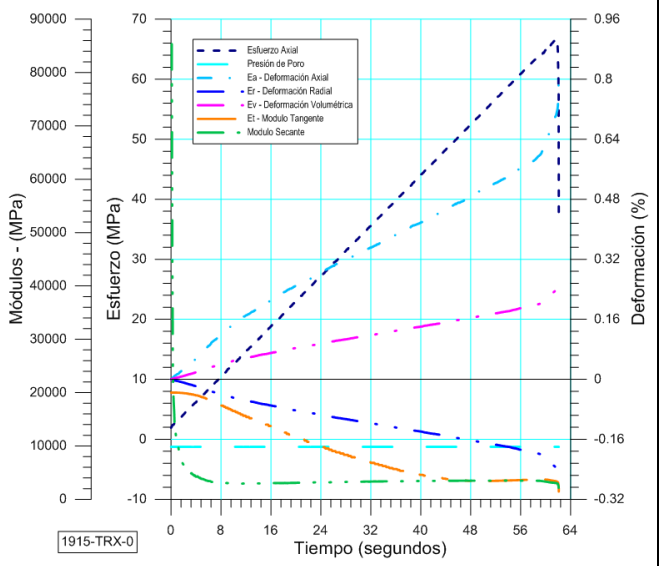
Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

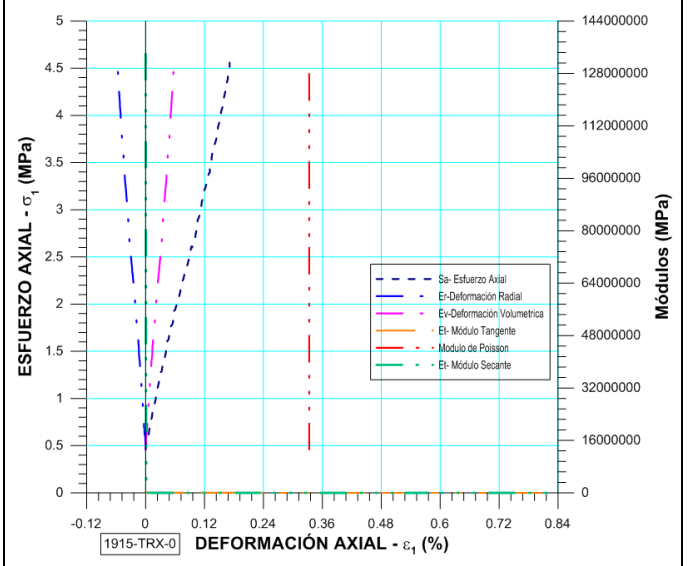
ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	
Valor Inicial de Carga	Relativo a: Carga de asiento	
Velocidad	20	MPa/min
Valor Máximo de Carga	300	MPa
PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa/min
Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	0.705	%
Tiempo Máximo del Ensayo	01:01	min
Entrada Límite		
Variable de Control	TI-1: Ea - Axial Strain	>= 2%
Pico reverso		
Variable de Control	TI-8: Sa - Axial Stress	
Valor Reverso	10	MPa
Umbral	1	MPa
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	0.10	segundo
Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.5	MPa
TIPO DE ENSAYO	**Drenado**	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	**CERO**	

RESULTADOS DEL ENSAYO

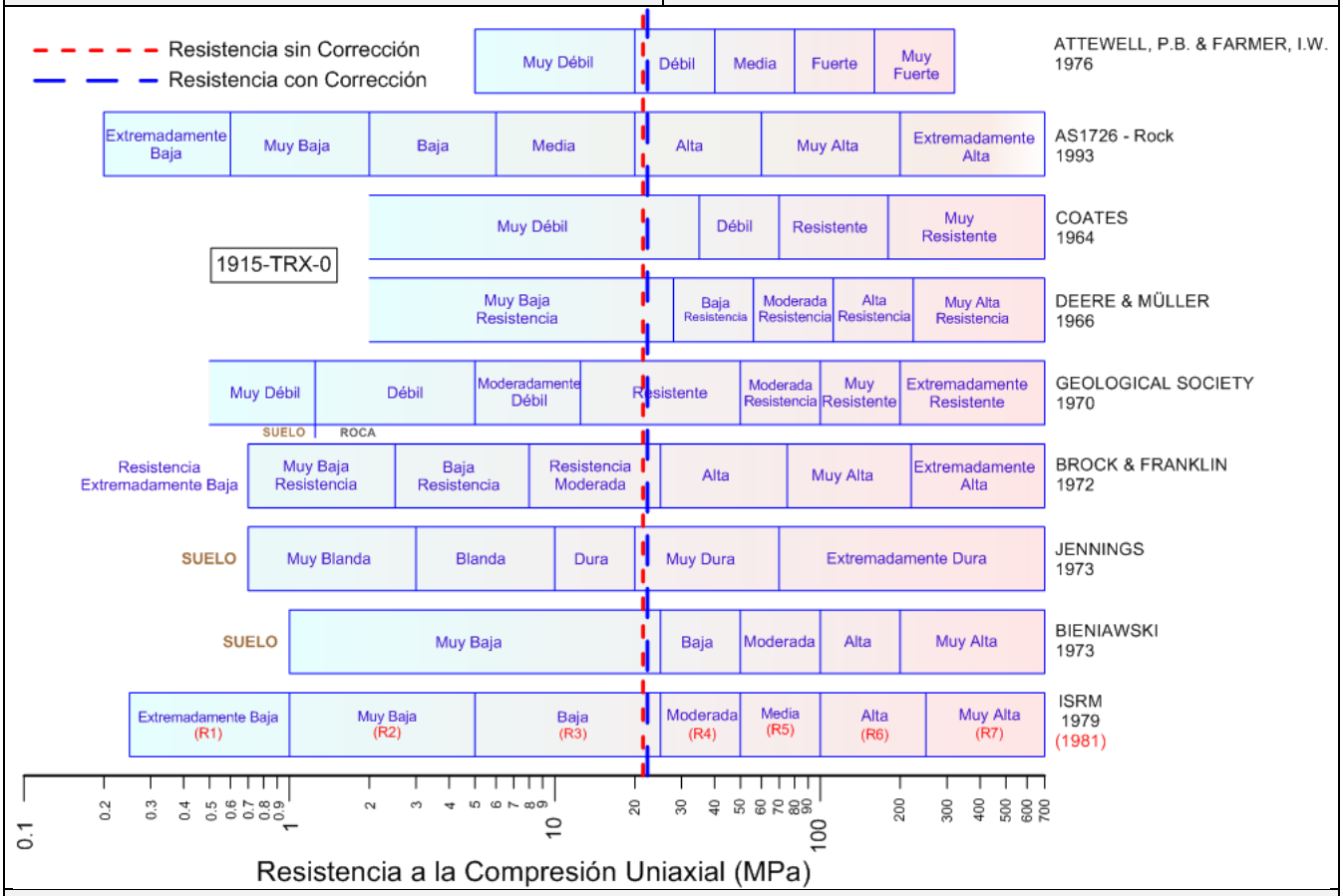
ESPÉCIMEN		
Altura	123.20	mm
Long medidor deformaciones	123.20	mm
Diámetro	62.30	mm
Área	31.47	cm^2
Volumen	387.711	cm^3
Finalización de la Etapa debido	Pico reverso Activado	
σd - Esfuerzo Desviador Final (Pico)	**21.50**	**MPa**
t - Tiempo	61.6753	segundo
εa – Deformación Axial	0.705	%
εr – Deformación Radial	-0.235	%
εv – Deformación Volumétrica	0.238	%
σa – Esfuerzo Axial	20.90	MPa
σd - Esfuerzo Desviador Final (Residual)	**9.80**	**MPa**
t - Tiempo	**62.1209**	segundo
εa – Deformación Axial	0.895	%
εr – Deformación Radial	-0.298	%
εv – Deformación Volumétrica	0.303	%
σa – Esfuerzo Axial	9.30	MPa
Valores de las Constantes al 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	7235.53	MPa
Módulo de Elasticidad Secante	3307.88	MPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca de Acuerdo a su Resistencia (ISRM)		
Baja - (R3)		



Desarrollo del ensayo



Resultados del ensayo



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia

Carbones del Guasare s.a. RIF: G-20009783-3	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL - ESTÁTICO **Guasare Fosa Norte**			RIF: G-20000062-7
Código Proyecto:	**Cálculo:**	**Revisión:**	**Fecha:**	**Página 3 de 3**
	TOMÁS SÁNCHEZ	M. CASTILLEJO	01-02-2016	**Espécimen: 1915**



Condición final del Espécimen

CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA ROCA POR EFECTO ESCALA

Corrección por relación (L/D)		
$\sigma_{c50} = \sigma_c \left[0.925 + 0.036(L/D)\right]$	**21.39**	**MPa**
Corrección por diámetro (50/D)		
$(\sigma_c / \sigma_{c50}) = (50/D)^{0.18}$	**22.32**	**MPa**
Corrección del Módulo de Elasticidad		
$E_{50} = E\left[1.24 - 0.33\ln(L/D)\right]$	**7382.01**	**MPa**

Observaciones:

Bibliografía

Fairhurst, C., & Hudson, J. (1999). Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36*, 279-289.

Hoek, E., & Brown, E. (1980). *Underground excavations in.* London: Inst. Min. Metall. London: Chapman & Hall.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining tensile strength of rock materials. - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15*, 99-103.

ISRM. (1978). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstr., 16*, 135-140.

Thuro, K., Plinninger, R., Zäh, S., & Schütz, S. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfinned compressive test and Brazilian test. En S. &. Eloranta (Ed.), *Rock mechanics - a Challenge for Society* (págs. 169-174). Espoo, Finland (June 3-7,2001): Swets &Zeitlinger Lisse.