



**Universidad Central de Venezuela**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela de Geología, Minas y Geofísica**

**Departamento de Geología**

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y ANÁLISIS DE  
LOS ESTADOS DE ESFUERZO, EN EL SECTOR  
HELIPUERTO ÁVILA - ESTACIÓN PDV-CERCADO  
(CORDILLERA DE LA COSTA) PARA LA EXCAVACIÓN  
DE LOS TÚNELES DEL METRO CARACAS-GUARENAS,  
ESTADO MIRANDA**

**Trabajo Especial de Grado presentado ante la**

**Ilustre Universidad Central de Venezuela**

**por los Bachilleres:**

**Carlos Eduardo Oliveros Alcalá**

**Carlos Elías Oliveros Alcalá**

**para optar los Títulos de Ingenieros Geólogos**

**Caracas, 2014**



**Universidad Central de Venezuela**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela de Geología, Minas y Geofísica**

**Departamento de Minas**

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y ANÁLISIS DE  
LOS ESTADOS DE ESFUERZO, EN EL SECTOR  
HELIPUERTO ÁVILA - ESTACIÓN PDV-CERCADO  
(CORDILLERA DE LA COSTA) PARA LA EXCAVACIÓN DE  
LOS TÚNELES DEL METRO CARACAS-GUARENAS,  
ESTADO MIRANDA**

**Trabajo Especial de Grado presentado ante la  
Ilustre Universidad Central de Venezuela**

**por los Bachilleres:**

**Carlos Eduardo Oliveros Alcalá**

**Carlos Elías Oliveros Alcalá**

**para optar los Títulos de Ingenieros Geólogos**

**Caracas, 2014**

Los abajo firmantes del jurado Designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres Carlos Eduardo Oliveros Alcalá y Carlos Elías Oliveros Alcalá, titulado

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y ANÁLISIS DE  
LOS ESTADOS DE ESFUERZO, EN EL SECTOR  
HELIPUERTO ÁVILA - ESTACIÓN PDV-CERCADO  
(CORDILLERA DE LA COSTA) PARA LA EXCAVACIÓN DE  
LOS TÚNELES DEL METRO CARACAS-GUARENAS,  
ESTADO MIRANDA**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique hacerse solidarios con las ideas expuestas por los Autores, lo declaran **APROBADO**.

**Prof:  
Jurado**

**Prof:  
Jurado**

**Prof. Miguel Castillejo  
Tutor Académico**

**Prof. Rutman Hurtado  
Co-Tutor Académico**

## AGRADECIMIENTOS

- Gracias a Dios y a la Virgen del Valle, que hicieron posible este sueño.
- A nuestros padres Carmen Rosa Alcalá y Félix Ángel Oliveros que nos han apoyado en todo momento y nos enseñaron que el que persevera alcanza.
- A nuestro tutor Miguel Castillejo Cans, que incondicionalmente nos brindó la oportunidad que necesitábamos y siempre dispuso de su valioso tiempo para solventar cualquier duda.
- A nuestro cotutor Ruthman Hurtado que a pesar de estar muy ocupado nos apoyó en este trabajo tan especial para nosotros.
- A nuestros hermanos (Enrique, Verioska, Félix Ángel, Félix Alexander) que siempre preguntaban cuando íbamos a graduarnos para celebrar.
- A nuestro compañero y amigo Ramón Montes quien hasta el final estuvo con nosotros en este “TRABAJÓN” de grado y que por cosas del destino eligió terminar su carrera en Italia.
- A Anny Araque quien siempre estuvo allí y brindo apoyo incondicional en momentos de tensión aclarando dudas.
- A Karina González quien modelo nuestras palabras coherentemente a la hora de plasmarlas y brindar su comprensión en momentos difíciles.
- A Josefita que siempre estuvo con una gran sonrisa y un café para aliviar el stress.
- A Vicente, Marino, Yuli, María y Ángel y nuestro gran amigo Francisco Álvarez (Orejón) que siempre nos apoyaron incondicionalmente.
- A nuestra prima María Amalia que siempre se las arregla para estar al lado de nosotros en momentos especiales.

**Oliveros A. Carlos E. y Oliveros A. Carlos E.**

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y ANÁLISIS DE LOS ESTADOS DE ESFUERZO,  
EN EL SECTOR HELIPUERTO ÁVILA - ESTACIÓN PDV-CERCADO (CORDILLERA DE LA  
COSTA) PARA LA EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES DEL METRO CARACAS-  
GUARENAS, ESTADO MIRANDA**

**Tutor académico: Prof. Miguel Castillejo**

**Cotutor: Prof. Ruthman Hurtado.**

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y  
Geofísica**

**Departamento de Geología Año 2014, 321p.**

**Palabras clave:** Geomecánica, Mecánica de Rocas, Rocas Competentes, Rocas Duras, Modelo Geomecánico, Esquisto Las Mercedes, Abrasividad, Elementos Finitos-Análisis, Túneles, Metro Petare Guarenas.

## **RESUMEN**

La construcción del metro Petare-Guarenas es una obra de ingeniería de gran envergadura, por lo tanto se necesitó la caracterización geomecánica y análisis petrográfico del macizo rocoso a través del lineamiento, que indicaron distintos parámetros: tracción, compresión, resistencia al corte, abrasividad, cohesión, ángulo de fricción, densidad, composición mineral, donde los parámetros geomecánicos se ajustaron mediante el software Rocdata para modelar un perfil geomecánico y un posterior análisis de estado de esfuerzo de elementos finitos, esto nos permitió inferir el desplazamiento vertical del túnel en sus distintas etapas antes, durante y posterior construcción. La petrografía indicó la composición mineral y el porcentaje de mineral abrasivo, que indicó la rozabilidad en el túnel.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>AGRADECIMIENTOS</i> .....	IV
<i>RESUMEN</i> .....	V
<i>ÍNDICE DE CONTENIDO</i> .....	VI
<i>ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS</i> .....	IX
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i> .....	XI
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. <i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i> .....	2
1.2. <i>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</i> .....	3
1.2.1. <i>Objetivo General</i> .....	3
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
1.3. <i>JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</i> .....	3
1.4. <i>ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN</i> .....	4
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1. <i>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</i> .....	5
2.2. <i>UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</i> .....	7
2.3. <i>GEOLOGÍA REGIONAL</i> .....	8
2.4. <i>BASES TEÓRICAS</i> .....	11
2.4.1. <i>Macizo Rocosó</i> .....	11
2.4.2. <i>Fundamentos de Túneles</i> .....	13
2.4.3. <i>Análisis Petrográfico</i> .....	14
2.4.4. <i>Ensayos geomecánicos</i> .....	15
2.4.4.1. <i>Compresión Uniaxial</i> .....	15
2.4.4.2. <i>Compresión triaxial</i> .....	16
2.4.4.3. <i>Tracción indirecta o ensayo brasilero</i> .....	17
2.4.5. <i>Clasificación Deere &amp; Patton</i> .....	19
2.4.6. <i>Clasificación de Barton</i> .....	20
2.4.7. <i>Clasificación de Bieniawski (RMR)</i> .....	22
2.4.8. <i>Criterio de Hoek-Brown</i> .....	23
2.4.9. <i>Esfuerzos, Tensiones y Deformaciones en las Rocas</i> .....	24
2.4.10. <i>RocData (Rocscience)</i> .....	25
2.4.10.1. <i>Criterios Fuerza: Generalizada Hoek-Brown</i> .....	25

<b>3. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>27</b>
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	27
3.4 MEDIOS, INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS.....	28
3.5. METODOLOGÍA.....	29
3.5.1 Etapa I: Recopilación de información y Análisis de la información .....	32
3.5.2 Etapa II: Recolección de muestra.....	32
3.5.3 Etapa III: Trabajo de laboratorio y oficina.....	33
<b>4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
4.1. DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA.....	37
4.2. PROPIEDADES ÍNDICES .....	39
4.3 ESTUDIO PETROGRÁFICO .....	40
4.3.1. Estudio petrográfico (BH-19) .....	40
4.3.1.1. Resultados del conteo modal .....	41
4.3.2. Estudio petrográfico BH-21.....	42
4.3.2.1. Resultados del conteo modal .....	43
4.3.3 Estudio petrográfico BH-240.....	44
4.3.3.1. Resultados del conteo modal .....	46
4.3.4. Estudio petrográfico BH-250.....	47
4.3.4.1. Resultados del conteo modal .....	48
4.3.5. Resultado general de porcentaje modal de cuarzo .....	49
4.4. ENSAYOS GEOMECÁNICOS .....	51
4.4.1. Ensayos de Tracción Indirecta.....	51
4.4.1.1. Resultados del Ensayo Brasilerio (tracción indirecta) .....	53
4.4.2. Ensayos Triaxial Estático .....	56
4.4.2.1. Resultados del Ensayo compresión Triaxial .....	60
4.4.3. Ensayos de Compresión Uniaxial .....	64
4.4.3.1 Resultados del Ensayo Compresión Uniaxial .....	66
4.4.4. Ensayos de Corte Directo .....	70
4.4.4.1 Resultados del Ensayo Corte directo .....	76
4.4.6 Ensayo de abrasividad método (Cerchar) .....	77
4.5. COMPARACIÓN DE ÍNDICE DE ABRASIVIDAD DE LOS MÉTODOS SCHIMAZEK Y CERCHAR	78
4.5.1. Método de Schimazek.....	78

## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

4.5.2. Método Cerchar .....	79
4.5.3. Comparación entre los Métodos de Schimazek y Cerchar .....	80
<b>4.6. MODELO GEOMECANICO .....</b>	<b>81</b>
4.6.1. Ajuste Geomecánico BH-19.....	81
4.6.2. Ajuste Geomecánico BH-21.....	83
4.6.3. Ajuste Geomecánico BH-240.....	84
4.6.4. Ajuste Geomecánico BH-250.....	85
4.6.5. Modelo Geomecánico General .....	86
<b>4.7. MODELO DE ELEMENTOS FINITOS .....</b>	<b>87</b>
4.7.1. Análisis de elementos finitos BH-19 (Se modela con carga litostática).....	89
4.7.2. Análisis General BH-19 (Se modela con carga litostática) .....	92
4.7.2. Análisis de elementos finitos BH-21(Se modela con carga litostática).....	93
4.7.3. Análisis general BH-21 (Se modela con carga litostática) .....	96
4.7.4. Análisis de elementos finitos BH-240 (Se modela con carga litostática).....	97
4.7.4. Análisis general BH-240 (Se modela con carga litostática).....	100
4.7.4. Análisis de elementos finitos BH-250.....	101
4.7.5. Análisis general BH-250.....	104
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>105</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	105
5.2. RECOMENDACIONES .....	106
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>107</b>
6.1 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS .....	107
<b>7. APENDICES .....</b>	<b>110</b>
7.1 REPORTES PETROGRÁFICOS .....	110
7.2 REPORTES DE TRACCIÓN INDIRECTA .....	145
7.3 REPORTES DE COMPRESIÓN TRIAXIAL .....	181
7.4 REPORTES DE COMPRESIONES SIMPLE .....	217
7.5 REPORTES DE CORTE DIRECTO .....	268
7.6 REPORTES CERCHAR .....	292
7.7 PLANILLAS DE PERFORACIÓN .....	304



ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

FIGURA 2.2.1 MAPA POLÍTICO TERRITORIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA..... 7

FIGURA 2.3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO (MAPA GEOLÓGICO DE CORDILLERA DE LA COSTA. TOMADO DE URBANI & RODRÍGUEZ 2004)..... 8

FIGURA 2.4.1. REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA Y ESTADÍSTICA DEL EFECTO ESCALA EN UN MACIZO ROCOSO PINTO DE CUNHA, (1993)..... 11

FIGURA 2.4.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL (CASTILLEJO, 1993) ..... 15

FIGURA 2.4.3. VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL EN FUNCIÓN DE LA RELACIÓN L/D. DATOS DE GREEN & PERKINS, 1968; MOGI 1966. .... 16

FIGURA 2.4.4. ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL (CASTILLEJO, 1993)..... 17

FIGURA 2.4.5. ESQUEMA DE ENSAYO BRASILEIRO (CASTILLEJO, 1993)..... 18

FIGURA 2.4.6. 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 (ADDONAL & HACKET, 1964). TOMADO DE (CASTILLEJO, 1993)..... 19

FIGURA 2.4.7. CLASIFICACIÓN (DEERE & PATTON, 1971) ..... 20

FIGURA 2.4.8. DIFERENTES ESTADOS DE TENSIONES APLICADOS A MUESTRAS DE LABORATORIO (GONZÁLEZ DE VALLEJO & FERRER, 2002)..... 24

GRAFICO 3.5.2 ESQUEMA METODOLÓGICO ETAPA I Y II..... 30

GRAFICO 3.5.3 ESQUEMA METODOLÓGICO ETAPA III..... 30

GRAFICO 3.5.4 ESQUEMA METODOLÓGICO ETAPA III..... 31

GRAFICO 4.3.1. RESULTADO GENERAL DEL PORCENTAJE MODAL DEL MINERAL DE CUARZO DE LAS PERFORACIONES BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21. .... 49

FIGURA 4.6.1. AJUSTE GEOMECÁNICO BH-19..... 81

FIGURA 4.6.2. AJUSTE GEOMECÁNICO BH-21 ..... 83

FIGURA 4.6.3. AJUSTE GEOMECÁNICO BH-240..... 84

FIGURA 4.6.4. AJUSTE GEOMECÁNICO BH-250..... 85

FIGURA 4.7.1. ETAPA 1 BH-19 (S) ..... 89

FIGURA 4.7.1. ETAPA 1 BH-19 (E) ..... 89

FIGURA 4.7.1. ETAPA 2 BH-19 (S) ..... 90

FIGURA 4.7.1. ETAPA 2 BH-19 (E) ..... 90

FIGURA 4.7.1. ETAPA 3 BH-19 (S) ..... 91

FIGURA 4.7.1. ETAPA 3 BH-19 (E) ..... 91

FIGURA 4.7.2. ETAPA 1 BH-21 (S) ..... 93

FIGURA 4.7.2. ETAPA 1 BH-21 (E) ..... 93

FIGURA 4.7.2. ETAPA 2 BH-21 (S) ..... 94

FIGURA 4.7.2. ETAPA 2 BH-21 (E) ..... 94

FIGURA 4.7.2. ETAPA 3 BH-21 (S) ..... 95

FIGURA 4.7.2. ETAPA 3 BH-21 (E) ..... 95

FIGURA 4.7.3. ETAPA 1 BH-240 (S) ..... 97

FIGURA 4.7.3. ETAPA 1 BH-240 (E) ..... 97

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

---

FIGURA 4.7.3. ETAPA 2 BH-240 (S) ..... 98  
FIGURA 4.7.3. ETAPA 2 BH-240 (E) ..... 98  
FIGURA 4.7.3. ETAPA 3 BH-240 (S) ..... 99  
FIGURA 4.7.3. ETAPA 3 BH-240 (E) ..... 99  
FIGURA 4.7.4. ETAPA 1 BH-250 (S) ..... 101  
FIGURA 4.7.4. ETAPA 1 BH-250 (E) ..... 101  
FIGURA 4.7.4. ETAPA 2 BH-250 (S) ..... 102  
FIGURA 4.7.4. ETAPA 2 BH-250 (E) ..... 102  
FIGURA 4.7.4. ETAPA 3 BH-250 (S) ..... 103  
FIGURA 4.7.4. ETAPA 3 BH-250 (E) ..... 103

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.4.1.	PARÁMETROS DE BARTON .....	21
TABLA 2.4.2.	CLASIFICACIÓN DE BARTON. ....	21
TABLA 4.2.1.	RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES.....	39
TABLA 4.3.1	CONTEO MODAL DE LA PERFORACIÓN BH-19.....	41
TABLA 4.3.2.	CONTEO MODAL DE LA PERFORACIÓN BH-21.....	43
TABLA 4.3.3.	CONTEO MODAL DE LA PERFORACIÓN BH-240.....	46
TABLA 4.3.4.	CONTEO MODAL DE LA PERFORACIÓN BH-250.....	48
TABLA 4.3.5	PROMEDIO GENERAL DE CONTEO .....	48
TABLA 4.4.1.	RESULTADOS DEL ENSAYO BRASILERO. ....	53
TABLA 4.4.1B.	RESISTENCIA PROMEDIO DE ENSAYOS BRASILEROS .....	53
TABLA 4.4.2.	RESULTADOS DEL ENSAYO TRIAXIAL. ....	60
TABLA 4.4.2B.	RESISTENCIA PROMEDIO DE ENSAYOS TRIAXIAL .....	61
TABLA 4.4.3.	RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL. ....	66
TABLA 4.4.3B.	RESISTENCIA PROMEDIO DE ENSAYOS COMPRESIÓN SIMPLE.....	67
TABLA 4.4.4.	RESULTADOS CORTE DIRECTO.....	76
TABLA 4.5.1.	RESULTADOS DE ABRASIVIDAD OBTENIDOS POR EL MÉTODO SCHIMAZEK	78
TABLA 4.5.2.	RESULTADOS DE ABRASIVIDAD OBTENIDOS POR EL MÉTODO CERCHAR...	79
TABLA 4.5.3.	CRITERIO DE ABRASIVIDAD PARA EL MÉTODO CERCHAR.....	79
TABLA 4.6.1	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA PERFORACIÓN BH-19 .....	82
TABLA 4.6.2	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA PERFORACIÓN BH-21 .....	83
TABLA 4.6.3	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA PERFORACIÓN BH-240 .....	84
TABLA 4.6.4	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA PERFORACIÓN BH-250 .....	85

# 1. INTRODUCCIÓN

---

El presente trabajo de investigación es una caracterización geológica, geomecánica y análisis de los estados de esfuerzos del macizo rocoso ubicado entre el Helipuerto Ávila y la estación PDV (Cercado), para la excavación de los túneles gemelos del Sistema de Transporte Masivo Caracas-Guarenas-Guatire, estado Miranda.

El proyecto está estructurado en siete 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, es decir las necesidades que originaron la creación del tema de investigación y la propuesta para resolver el problema. El capítulo II menciona la ubicación de la zona de estudio, además de trabajos previos cuyo objetivo general guarda estrecha relación con el tema tratado en esta investigación, por último están las bases teóricas del tema tratado. El capítulo III contiene todo lo relacionado a la metodología de trabajo propuesta para desarrollar el tema de investigación. El capítulo IV desarrolla lo relacionado a resultados y su posterior análisis, haciendo énfasis en los distintos ensayos geomecánicos, petrografía, modelo geomecánico y análisis de estado de esfuerzo de túnel mediante el método de elementos finitos. El capítulo V contiene las conclusiones y recomendaciones obtenidas en base al trabajo realizado. El capítulo VI presenta las distintas bibliografías utilizadas en el trabajo de investigación. El capítulo VII muestra el apéndice del trabajo cual contiene todos los ensayos elaborados para este trabajo de investigación.

# FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1. Planteamiento del Problema

El crecimiento en los últimos años de las poblaciones de Guarenas, Guatire y sus adyacencias, junto a la necesidad de las mismas de movilizarse diariamente hacia la Gran Caracas, han generado un congestionamiento vehicular en las dos únicas vías terrestres de transporte directo existentes (Autopista Antonio José de Sucre y Carretera Vieja Caracas-Guarenas), por ende el Estado a través de la institución Metro de Caracas C.A. ha contratado los servicios de la empresa ODERBRECHT para llevar a cabo la construcción del Sistema de Transporte Masivo Caracas-Guarenas-Guatire, que servirá como una nueva alternativa de transporte.

Durante la construcción de un tramo de este sistema es necesaria la excavación de túneles (Metro Caracas-Guarenas) que atravesarán al menos 20 km, de la Cordillera de la Costa, específicamente entre el sector Helipuerto Ávila y la Estación PDV-Cercado, (Urbani, (2000)) establece que el macizo rocoso de dicho sector pertenece al Esquisto Las Mercedes.

Durante la excavación de cualquier macizo rocoso siempre existirá un nivel de incertidumbre, dependiente de los estudios exploratorios realizados en las fases previas, con respecto a la litología, geología estructural, hidrogeología y comportamiento geomecánico. Además, al excavar, se altera el estado de equilibrio tensional del mismo, generando así un reacomodo de esfuerzos hacia un nuevo estado de equilibrio que junto a las variaciones de resistencia debido a la presencia de discontinuidades conlleva a la deformación de la masa de roca. En otras palabras, es probable que durante el desarrollo de una excavación, dependiendo del método constructivo utilizado será o no necesario aplicar un sostenimiento, con la finalidad de contrarrestar estas condiciones de esfuerzo, evitando se desprendan fragmentos de roca de las paredes y/o techo de los túneles y determinar los empujes actuantes en el revestimiento final para su diseño.

Tomando en cuenta lo antes mencionado se genera las siguientes interrogantes ¿Existe suficiente información geológica y geomecánica a la profundidad en la que se excavarán los túneles del metro Caracas-Guarenas?, ¿Cómo se redistribuirán los esfuerzos en el macizo rocoso ante la excavación de los túneles?

## 1.2. Objetivos de la Investigación

### 1.2.1. Objetivo General

- Realizar la caracterización geológica, geomecánica y análisis de los estados de esfuerzo, en la Cordillera de la Costa (sector Helipuerto Ávila - estación PDV-Cercado) para la excavación de los túneles del Metro Caracas-Guarenas, estado Miranda.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Describir parámetros cualitativos (foliación, color, variación mineralógica) de los núcleos de perforación.
- Determinar propiedades índices (absorción, porosidad y densidad) de los núcleos de perforación.
- Determinar propiedades geomecánicas de las rocas a través de los ensayos mecánicos: Compresión Simple, Compresión Triaxial, Tracción Indirecta (Brasilero), Cerchar y Corte directo.
- Analizar petrográficamente las muestras de las perforaciones BH-250, BH-240, BH-21, BH-19, haciendo énfasis en porcentaje modal, fases minerales, rasgos texturales, microestructuras, e identificación mineral.
- Concentrar datos geológicos y geomecánicos en tablas y reportes de laboratorio.
- Comparar los índices de abrasividad obtenidos mediante índice de Schimazek y ensayo geomecánico (CERCHAR).
- Generar el modelo geomecánico de la zona en estudio del macizo rocoso.
- Analizar las variaciones de los estados de esfuerzo en el macizo rocoso antes y después de la excavación del túnel por el método de los elementos finitos.

## 1.3. Justificación de la Investigación

El primer paso para la construcción del Metro Caracas-Guarenas, proyecto que beneficiará directamente a los habitantes de estas ciudades y de zonas aledañas al ofrecer un medio de transporte alternativo que cubrirá al menos 20 km de distancia, es el modelado geológico y geomecánico del macizo rocoso donde serán excavados. Este proceso comprende identificar las características geológicas, geotécnicas y geomecánicas más representativas y cuantificar los valores de resistencia a partir de la correlación con valores obtenidos en roca intacta mediante ensayos de laboratorio sistematizados.

Este trabajo representará una herramienta de gran valor para la puesta en marcha del proyecto ya que actualmente solo existe información de geología de superficie y excavaciones hasta 50 metros de profundidad que no permiten tener una aproximación de los inconvenientes y situaciones adversas que podrían surgir durante la fase constructiva del túnel a 200 m, ni permiten proporcionar información sobre las características de resistencia de los elementos de sostenimiento aptos que garanticen la estabilidad y seguridad durante y después de la ejecución del proyecto.

Los resultados, aportaran información inédita y sustentada sobre la geología de subsuelo de la zona, la cual servirá como antecedente y beneficiará la realización futuros trabajos geológicos, geotécnicos y/o geomecánicos.

#### **1.4. Alcance de la Investigación**

Este trabajo de investigación está dirigido principalmente a la industria de construcción de obras subterráneas principalmente, las líneas de metro, túneles entre otras. Para esto se plantea una serie de objetivos y tareas, las cuales permitirán llevar a cabo los estudios y posterior análisis del macizo rocoso, mediante un modelo geomecánico y análisis de elementos finitos a fin de proporcionar una base de datos geomecánicos y teóricos que contribuya en posteriores trabajos de investigación y aplicaciones para minas que utilicen el método de explotación.

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

Álvarez y Rodríguez (2008), caracterización geomecánica para el proyecto del sistema subterráneo Metro de Caracas. Línea 5, tramo Zona Rental de la UCV-Bello Monte: Realizaron ensayos en muestras de rocas obtenidas de los sondeos, ubicadas a las profundidades correspondientes a las claves de los túneles, con el objeto de estimar las propiedades índices de la roca intacta. Por otra parte, se aplicaron las clasificaciones geomecánicas de mayor uso en la actualidad para proyecto de túneles, así como también, se estimaron los parámetros de resistencia del macizo rocoso (resistencia a la compresión del macizo, módulo de elasticidad, ángulo de fricción del macizo y cohesión del macizo según las correlaciones propuestas por (Hoek & Brown, 1990).

Farfán y Marconi (2008), Caracterización geomecánica para el proyecto del túnel del sistema subterráneo Metro de Caracas, línea 5, tramo Bello Monte-Chuao (UNEFA): Realizaron ensayos en muestras de rocas obtenidas de los sondeos, ubicadas a las profundidades correspondientes a las claves de los túneles, con el objeto de estimar las propiedades índices de la roca intacta. Por otra parte, se aplicaron las clasificaciones geomecánicas de mayor uso en la actualidad para proyecto de túneles, así como también, se estimaron los parámetros de resistencia del macizo rocoso (resistencia a la compresión del macizo).

Chacón (2008), llevo a cabo la “Caracterización geomecánica y modelado 3D de los macizos rocosos correspondientes al desarrollo de las obras subterráneas del sistema Caracas-Guarenas-Guatire”, con estos estudios concluyeron que el macizo rocoso según la clasificación “Q” de Barton varía en calidad desde excepcionalmente malo a medio. Los parámetros se trabajaron con valores estadísticos que arrojaban una determinada probabilidad de ocurrencia del valor de Q para cada sector del trazado. De acuerdo con la clasificación “RMR” de Bieniawski la calidad varia de muy mala a media. Se identificaron tres familias de diaclasas con las siguientes direcciones: D1: N 11° E 85° S, D2: N 31° O 85°N, D3: N 83° E 83° S, aunque en ciertas zonas del macizo rocoso se encontraron hasta cinco familias.

Boada (2008), en su “Análisis de esfuerzos del comportamiento del macizo rocoso debido a la excavación de los túneles del ferrocarril San Juan- Los Flores, mediante el método de los



elementos finitos, en el municipio Juan Germán Roscio del estado Guárico” realizó una primera estimación de los parámetros de resistencia del macizo rocoso y de la colocación de los elementos de sostenimiento temporales al momento de la excavación. Los esfuerzos a lo largo del ferrocarril fueron modelados en dos situaciones: 1.) la construcción del túnel con un revestimiento de shotcrete, el cual no permite deformaciones ya que la rigidez del mismo, absorbe cualquier reajuste de esfuerzos y 2.) donde se deja libre de revestimiento el macizo rocoso y se observan claras deformaciones, para ello se utilizó el software Plaxis 3D Tunnel, el cual permitió hacer la malla de elementos finitos con la que se realizaron los análisis correspondientes. Dicha malla al ser más densa proporciona mayor exactitud en los cálculos, lo que se traduce en una menor desviación estándar en los resultados, sin embargo aumenta el tiempo de análisis y las exigencias del computador.

Espinoza (2005), realizó un análisis de subsidencia producida por la excavación de túneles de la línea 4 del metro de Caracas, aplicando el método de los elementos finitos para así estudiar el comportamiento del suelo durante la construcción de los túneles de Parque Central. Se investigó particularmente el efecto del peso de las edificaciones sobre el movimiento generado en el terreno, así como el efecto de la interacción del suelo con las estructuras a través de elementos de interacción. Llegaron a la conclusión que la carga de las edificaciones cambian el régimen de esfuerzos producidos por la excavación, y consecuentemente, la rigidez del suelo cercano a la superficie. Los elementos de interacción demuestran que este incremento de rigidez reduce la deformación horizontal a nivel superficial, pero a su vez ocasiona una mayor deformación plástica en los alrededores de las edificaciones.

## 2.2. Ubicación de la zona de estudio

El área de estudio está ubicada al norte de Venezuela, comprende un sector del estado Miranda entre los municipios Plaza y Zamora, cuyas capitales son Guarenas y Guatire respectivamente



Figura 2.2.1 Mapa político territorial de la República Bolivariana de Venezuela

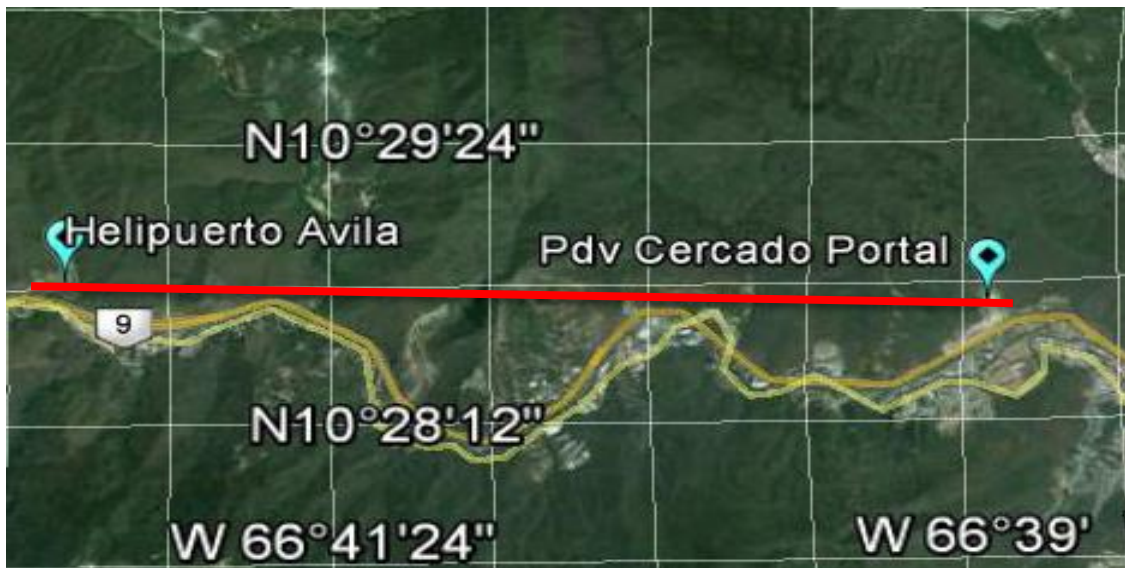
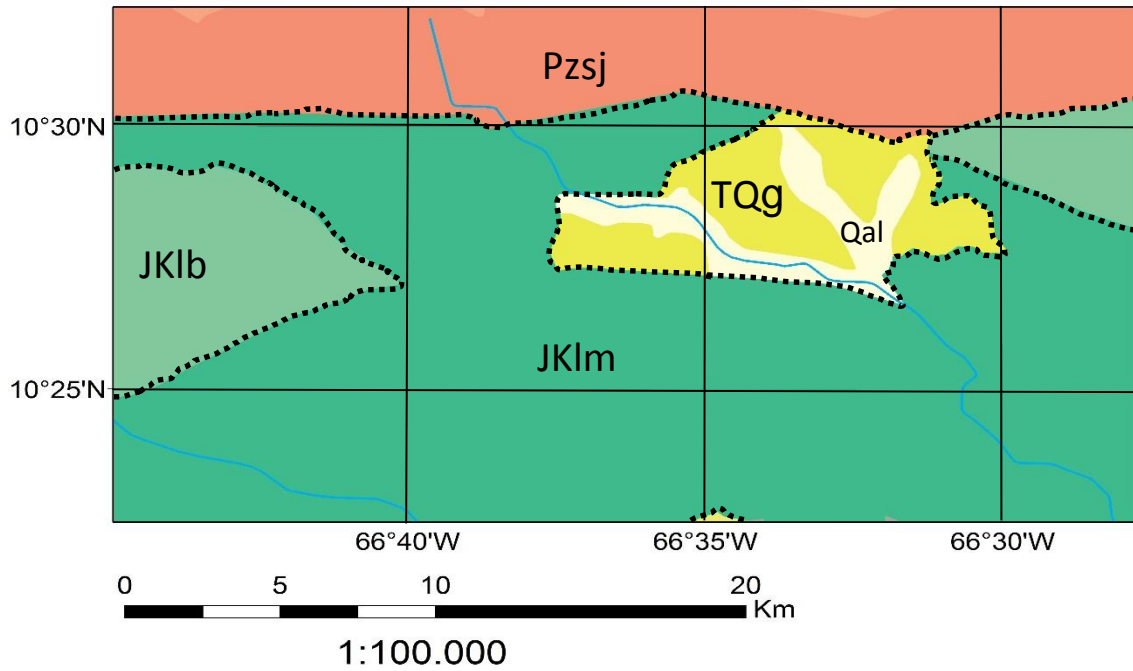


Figura 2.2.2 Sección del alineamiento de la zona estudio.

### 2.3. Geología Regional

La zona en estudio está ubicada en el Esquisto Las Mercedes, el presente mapa geológico muestra sus características



#### Leyenda

- JKlm Las Mercedes Esquisto, Chuspita Esquisto, s.d. Caracas Asociación Metasedimentaria (Jurásico a
- JKlb Las Brisas Esquisto, Caracas Asociación Metasedimentaria (Jurásico a Cretácico)
- TQg Guatire Fm. (Pleistoceno a Holoceno)
- Qal Aluvión (Pleistoceno a Holoceno)
- Pzsj San Julián complejo, Ávila Metamórfica Asociación (Paleozoico)
- Contactos

**Figura 2.3.1. Ubicación de la zona de estudio (mapa geológico de Cordillera de la Costa. tomado de Urbani & Rodríguez 2004)**

## Esquisto Las Mercedes

Asociación Metasedimentaria Caracas-estado Miranda.

**Referencia original:** S. E. Aguerrevere y G. Zuloaga, 1937

**Localidad tipo:** Antigua Hacienda Las Mercedes al este de Caracas, estado Miranda, hoy urbanizaciones Las Mercedes y Valle Arriba. Hoja 6747, escala 1:100. 000, Cartografía Nacional. Debido al crecimiento del urbanismo con la consecuente desaparición de los afloramientos de la localidad tipo, Wehrmann (1972) propone como sección de referencia a la carretera Petare - Santa Lucía, donde está expuesta una sección casi continua hasta su transición con el Esquisto de Chuspita. Igualmente hay secciones bien expuestas en la autopista Caracas - Valencia, en el tramo Hoyo de la Puerta - Charallave, así como en la Quebrada Las Canoas, al sureste de Hoyo de La Puerta.

**Descripción litológica:** Aguerrevere y Zuloaga (1937, 1938) la define principalmente como esquisto calcáreo, con zonas micáceas. Según Wehrmann (1972) y la revisión de González de Juana *et al.* (1980) la litología predominante consiste en esquisto cuarzo - moscovítico - calcítico - grafitoso con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes, que cuando alcanza gruesos espesores se ha denominado "Mármol de Los Colorados". Las rocas presentan buena foliación y grano de fino a medio, el color característico es el gris parduzco. La mineralogía promedio consiste en cuarzo (40%) en cristales dispuestos en bandas con la mica, muscovita (20%) en bandas lepidoblásticas a veces con clivaje crenulado, calcita (23%) en cristales con maclas polisintéticas, grafito (5%), y cantidades menores de clorita, óxidos de hierro, epidoto y ocasionalmente plagioclasa sódica. El mármol intercalado con esquisto se presenta en capas delgadas usualmente centimétricas a decimétricas, son de color gris azulado, cuya mineralogía es casi en su totalidad calcita, escasa dolomita y cantidades accesorias de cuarzo, muscovita, grafito, pirita y óxidos de hierro.

Wehrmann (1972) menciona la presencia de metaconglomerado en su base, esquisto clorítico y una sección en el tope de filita negra, con nódulos de mármol negro, de grano muy fino, similares a las calizas de las formaciones La Luna y Querecual. Este mismo autor indica que la unidad se hace más cuarcífera y menos calcárea en su transición hacia el Esquisto de Chuspita. Seiders (1965) menciona además, metarenisca pura, feldespática y cuarcífera, de estratificación de grano variable, a veces gradada.

En la zona de Valencia - Mariara, estado Carabobo, Urbani *et al.* (1989a) cartografían dos subunidades. La mayoritaria de esquisto calcítico - grafitoso y mármol, con una asociación

mineralógica de cuarzo, calcita, muscovita, albita, grafito, clorita y epidoto. Una segunda subunidad minoritaria de cuerpos de mármol masivo, contentivo de calcita, cuarzo, muscovita, grafito y albita. En la zona de La Sabana - Chirimena - Capaya, estados Vargas y Miranda, Urbani *et al.* (1989) reconocen cuatro unidades cartografiables, la primera y mayoritaria de esquisto grafitoso y mármol, así como de mármol, de metaconglomerado cuarzo - feldespático - calcáreo, de metaconglomerado y metarenisca y de esquisto albitico - grafitoso. Todas estas rocas corresponden a un metamorfismo de bajo grado en la facies de los esquistos verdes, zona de la clorita.

Característico de la unidad, es la presencia de pirita, que al meteorizar, infunde una coloración rojiza en sus alrededores, en afloramientos al menos algo meteorizados hay la constante presencia de vetas de calcita blanca, pero también de colores pardo a marrón claro, que a ha sido identificada erróneamente como calcita ferruginosa, ankerita o siderita. En muestras de sondeos profundos con muestras no meteorizadas, esta coloración marrón de la calcita está ausente.

**Extensión geográfica:** Aflora en una extensa franja, fundamentalmente al sur de la Fila Maestra de la Cordillera de la Costa, entre Carenero, estado Miranda, hasta el estado Cojedes.

**Contactos:** La mayoría de los autores hasta los años 70 han considerado el contacto entre los esquistos de Las Mercedes y Las Brisas, como concordantes y de tipo sedimentario. Mientras que autores más recientes consideran que es de tipo tectónico conservando el paralelismo en la foliación en ambas unidades (e. g. González de Juana *et al.*, 1980,). En la zona de la Colonia Tovar, Ostos (1990) señala que el contacto entre las rocas de la Asociación metamórfica Ávila con el Esquisto de Las Mercedes puede ser interpretado tanto como una falla normal de bajo ángulo, o como un contacto sedimentario original. El contacto con el Esquisto de Las Brisas lo interpreta como de corrimiento. En el estado Cojedes el mismo autor, señala que la Peridotita de Tinaquillo está en contacto con el Esquisto de Las Mercedes a través del Corrimiento de Manrique.

Cantisano, (1989) en su estudio de la zona de Mamera, Distrito Capital, indica que el contacto entre Las Mercedes y Antímamo corresponde a una falla de corrimiento.

El contacto con el Esquisto de Chuspita parece ser transicional Seiders (1965).

**Edad:** Estas asociaciones de fósiles poco diagnósticas sólo permiten sugerir una edad Mesozoica, sin diferenciar.

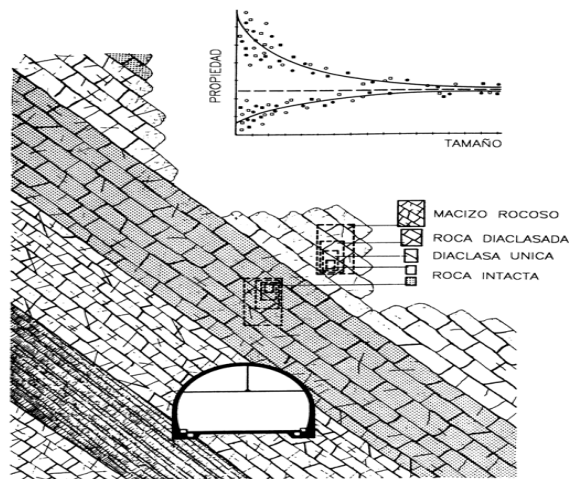
**Paleoambiente:** Talukdar y Loureiro (1982), sugieren un ambiente euxínico en una cuenca externa a una arco volcánico, donde la estructura finamente laminada de la caliza, indica la

sedimentación en un ambiente pelágico. Navarro *et al.* (1988) interpretan que esta unidad se formó en un ambiente de facies pelágicas de sedimentación oceánica en las cuencas del Caribe y de Altamira. Los escasos restos de fósiles hallados indican ambientes más someros, pero es probable que sean retrabajados y hayan sido acarreados a los ambientes pelágicos por corrientes de turbidez.

## 2.4. Bases Teóricas

### 2.4.1. Macizo Rocosos

“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” Castillejo (1993).



**Figura 2.4.1. Representación simbólica y estadística del efecto escala en un macizo rocoso Pinto de Cunha (1993)**

El estudio geológico y geotécnico fundamental de un macizo rocoso debe abordarse mediante: 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 y 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).

Castillejo, (1993) también afirma que “una vez caracterizados los litotipos 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 rocoso. 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 dilatómétricos in situ, que permiten no sólo conocer el módulo de elasticidad, sino además correlaciona dicho módulo con los obtenidos en laboratorio.”

Los parámetros “ $m$ ” y “ $s$ ”, son constantes que dependen de la roca y vienen dados por las siguientes expresiones:

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

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

Siendo  $m_i$  un parámetro dependiente de la litología de la roca.

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 ( $\varphi$ ) y la cohesión ( $C$ ) determinada por las siguientes expresiones:

$$C = (c \cdot \tan \varphi \cdot \cos \varphi) \frac{m \cdot \sigma_c}{8} - \sigma \cdot \tan \varphi$$

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

en donde:

$$h = \frac{1 + 16(m \sigma + s \sigma_c)}{3 m^2 \sigma_c}$$

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:

$$\sigma_{cs} = \sqrt{s} \sigma_c$$

#### 2.4.2. Fundamentos de Túneles

Un túnel es una excavación u obra subterránea relativamente horizontal y lineal que se realiza con el fin de comunicar por lo menos dos puntos o zonas de la superficie terrestre separados por extensas masas de roca o suelo. La excavación de un túnel puede ser destinada al transporte de fluidos, construcción de sistemas ferroviarios de transporte, construcción de autopistas, entre otros usos menos usuales.

“Las investigaciones para un túnel deberán ser una actividad continua durante su proyecto, diseño y construcción. En la medida que se va utilizando cada pieza de información, aparecen nuevos y más detallados problemas, por lo que son necesarias investigaciones adicionales. Los problemas de excavación en túneles tienen una naturaleza más tridimensional que cualquier otro tipo de excavación. Podría decirse que son hasta cuádrimensionales, en el sentido de que el tiempo representa un factor importante, debido a que los esfuerzos en un terreno que ha sido abierto experimentan cambios continuos y el tiempo de instalación de soporte puede llegar a ser determinante.” Megaw, y otros (1988)

Los autores citados establecen en su obra que el objetivo al excavar un túnel a través del macizo rocoso es lograr que los esfuerzos y deformaciones en el terreno y en los elementos de sostenimiento temporal y permanente se mantengan en todo momento dentro de límites seguros y aceptables. Según proceda la operación, los refuerzos se redistribuyen progresivamente, con



relajación en algunas áreas e intensificación en otras. La magnitud y patrón de la redistribución de los esfuerzos puede depender de diversos factores, tales como:

- Tipo de roca
- Parámetros geomecánicos.
- Discontinuidades.
- Esfuerzos ya existentes en la roca.
- Tamaño y forma de la sección del túnel.
- Tipo y resistencia del sostenimiento temporal.
- Revestimiento permanente.
- Métodos y procedimientos de construcción.

Los esfuerzos se pueden evaluar empíricamente o por medio de análisis matemáticos y ensayos de laboratorio, donde se incluye el uso del método de elementos finitos, realizado por *software* en computadores. La precisión de los resultados estará sujeta a la precisión con que se hayan determinado los factores antes mencionados, pudiendo ser alguno(s) de estos variantes a través de toda la extensión del macizo rocoso.

Los levantamientos geológicos y estudios geotécnicos son también fundamentales durante el proyecto, diseño y construcción de túneles. La estratigrafía, petrología y tectónica son importantes, pero los detalles de las estructuras geológicas y las variaciones de litología son aún más necesarios. Los estudios de la mecánica de roca se apoyan en la geología básica para lograr los pronósticos del comportamiento geomecánico del macizo durante la excavación y su interacción con el sostenimiento temporal y permanente.

Durante la etapa de construcción tienen lugar ajustes progresivos de los esfuerzos cuando parte de la roca que rodea la excavación falla localmente o se mueve a lo largo de los planos de discontinuidad, aliviando la concentración de los esfuerzos. Se alcanza así un equilibrio final cuando los esfuerzos máximos, no mayores que la resistencia de la roca confinada, se distribuyen una vez más adentro de la masa circundante de roca.

### 2.4.3. Análisis Petrográfico

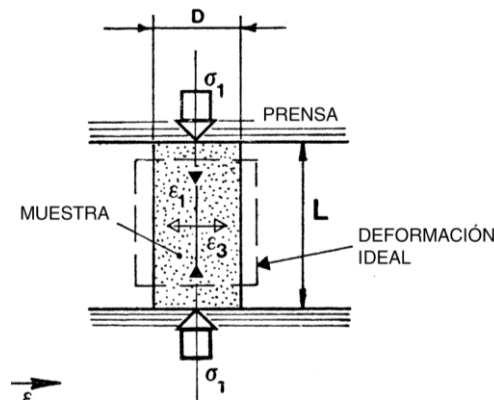
“Es la rama de la geología, específicamente de la petrología, relacionada con la descripción y clasificación de las rocas “Baamonde (2006)

### 2.4.4. 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 un túnel. Dentro de estos ensayos destacan los siguientes:

#### 2.4.4.1. Compresión Uniaxial

Castillejo (1993), “la resistencia a la compresión uniaxial está definida como la sollicitación  $\sigma_1=C_0$  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 sollicitación creciente de  $\sigma_1$ , tal como se muestra en la figura 2.4.2.

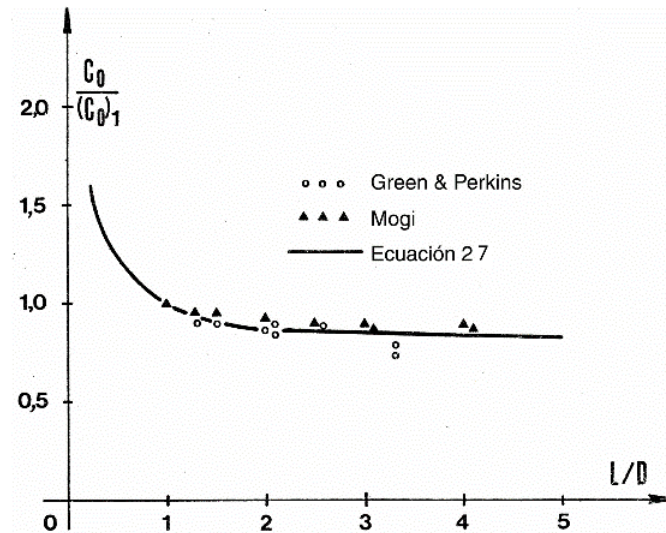


**Figura 2.4.2. Ensayo de compresión uniaxial Castillejo, (1993)**

Castillejo (1993), indica “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  $C_0$  disminuye al aumentar la relación  $L/D$ , según una ley del tipo:

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

Donde  $(C_0)_1$  representa la resistencia a la compresión de una muestra de roca cuyo  $L/D < 2$ . En la figura 2.4.3. 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  $C_0/(C_0)_1$  es despreciable, siendo esta relación la sugerida por muchos investigadores, y considerando la relación mínima de  $L/D=2$  como aceptable.



**Figura 2.4.3. Variación de la resistencia a la compresión uniaxial en función de la relación  $L/D$ . Datos de Green & Perkins (1968) & Mogi (1966).**

**El ensayo arroja como resultado la resistencia a la compresión no confinada de la roca.**

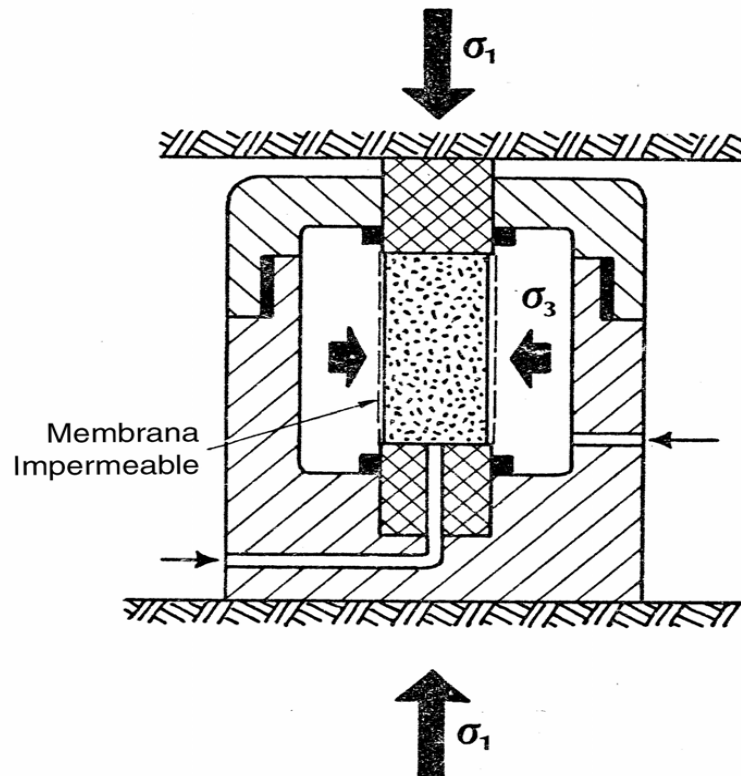
#### 2.4.4.2. Compresión triaxial

El ensayo de compresión triaxial, permite obtener la resistencia a la compresión confinada de la roca, y debe ejecutarse de la siguiente manera.

Castillejo (1993) "la muestra de roca es sometida a una sollicitación creciente  $\sigma_1$  de manera uniforme, mientras la tensión lateral  $\sigma_3$  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  $\sigma_1$ , la muestra es revestida por una membrana impermeable y ensayada en una celda como se muestra en la figura 2.4.4, donde la tensión lateral  $\sigma_3$  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  $\sigma_3$  se nota una disminución de la influencia de la fricción de entre la roca y las piezas de apoyo de la muestra. Según Castillejo, (1993) “para valores de  $L/D \geq 2.5$ , el efecto de la fricción es despreciable en el cálculo de resistencia y deformabilidad”

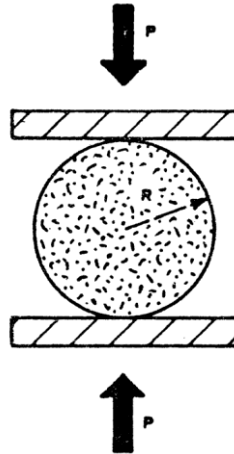


**Figura 2.4.4. Ensayo de compresión triaxial Castillejo, (1993).**

#### 2.4.4.3. Tracción indirecta o ensayo brasilero

Castillejo (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 2.4.5. Esquema de ensayo brasileño (Castillejo, 1993)**

Según la teoría clásica de elasticidad tenemos que las tensiones  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  y  $\tau_{xy}$  a lo largo del eje y del disco de la figura 2.4.5.:

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

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

$$\tau_{xy} = 0$$

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 2.4.6 con una línea continua. En el centro de la muestra para ( $x=0$ ,  $y=0$ ) se tiene para la tensión:

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

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

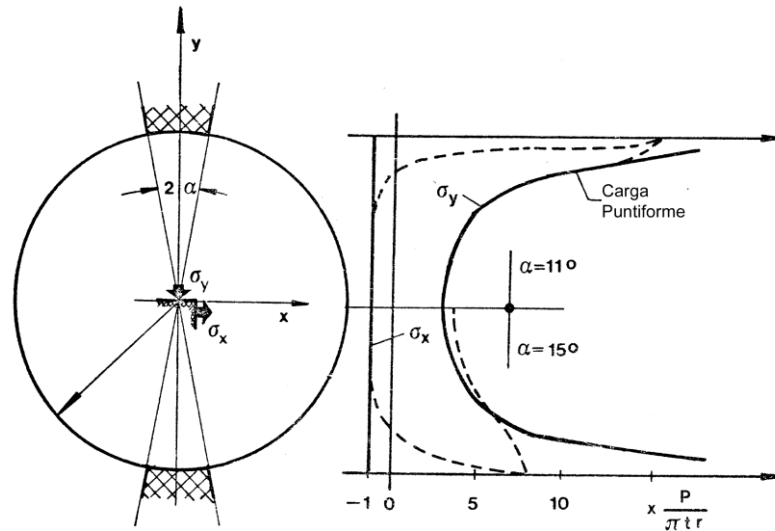
o también

$$\sigma_y = -3\sigma_x$$

Es decir que la tensión  $\sigma_y$  de compresión mínima y la tensión  $\sigma_x$  de tracción máxima, si se asume que la fractura de la muestra es debido al efecto de la  $\sigma_x$  y se calcula la resistencia a la tracción tendremos que:

$$(T_o)_1 = -\frac{Pc}{\pi \cdot t \cdot R}$$

Donde ahora  $Pc$  es la carga al momento de la fractura y  $(T_o)_1$  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 2.4.6.** Diagrama de las tensiones a lo largo del eje y para un disco sometido a compresión diametral concentrada y distribuida en un arco del círculo (Addonal & Hacket, 1964). Tomado de (Castillejo, 1993)

#### 2.4.5. Clasificación Deere & Patton

En la presente se muestra la clasificación dada por Deere y Patton a los suelos y rocas:

##### Zona I: Suelo residual (regolito)

- Horizonte 1A: Suelo superficial, raíces, zona de lavado y eluviación.
- Horizonte 1B: Enriquecido en arcillas y acumulaciones de Fe, Al y Si (puede estar cementado), ausencia de estructuras heredadas.
- Horizonte 1C (saprolito): Material tamaño limo a arena, menos de 10% de núcleos de roca. Estructuras heredadas de la roca madre.

##### Zona II: Roca meteorizada

- Horizonte 2A: Transición de suelo residual (saprolito) a roca parcialmente meteorizada. Núcleos de roca entre 10 y 90%, puede presentar meteorización esferoidal.

- Horizonte 2B: Roca parcialmente meteorizada. Roca blanda a dura. Alteración en algunas diaclasas, feldespatos y micas.

Zona III: Roca fresca: No hay signos de alteración en diaclasas, feldespatos o micas.

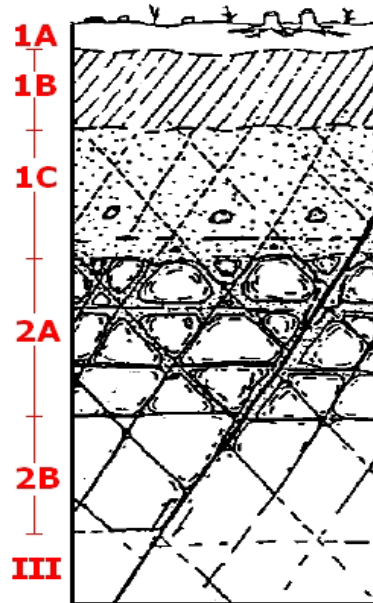


Figura 2.4.7. Clasificación (Deere & Patton, 1971)

#### 2.4.6. Clasificación de Barton

Esta clasificación se basa en un índice de calidad "Q" obtenido a partir de 6 parámetros que tienen en cuenta una serie de características del macizo rocoso. (Anon., s.f.).

El índice Q se define como:

$$Q = \left( \frac{RQD}{J_n} \right) \times \left( \frac{J_r}{J_a} \right) \times \left( \frac{J_w}{SRF} \right)$$

donde:

**Tabla 2.4.1. Parámetros de Barton**

Abreviatura	Parámetro
<b>RQD</b>	Rock Quality Designation
<b>Jn</b>	Índice de diaclasado, que tiene en cuenta la fracturación
<b>Jr</b>	Índice de rugosidad, que tiene en cuenta, además de la rugosidad, la presencia de relleno y la continuidad de las juntas
<b>Ja</b>	Índice de alteración de las juntas
<b>Jw</b>	Coefficiente reductor, que se tiene en cuenta al considerar la presencia de agua
<b>SRF</b>	Stress reduction factor, tiene en cuenta el estado tensional en el macizo rocoso

Considerando los intervalos de variación de los parámetros que definen el índice de calidad, Q, éste toma valores comprendidos entre 0,001 y 1000. Según estos valores, los macizos rocosos se clasifican en 9 categorías:

**Tabla 2.4.2. Clasificación de Barton.**

Valor de Q	Tipo de roca
0,001 - 0,01	Excepcionalmente Mala
0,01 - 0,1	Extremadamente Mala
0,1 - 1	Muy Mala
1 - 4	Mala
4 - 10	Media
10 - 40	Buena
40 - 100	Muy Buena
100 - 400	Extremadamente Buena
400 - 1000	Excepcionalmente Buena



### 2.4.7. Clasificación de Bieniawski (RMR)

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.
  - 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
  - Calidad de la roca
  - Espaciado de las juntas
  - Condición de las juntas
  - Apertura
  - 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.
  - Relleno.
  - Presencia de agua
  - Orientación de las discontinuidades.

### 2.4.8. Criterio de Hoek-Brown

Hoek y Brown (2002), introdujeron su criterio de rotura en un intento de proporcionar los datos de partida para el análisis necesario en el diseño de excavaciones subterráneas en roca competente. El criterio se dedujo a partir de los resultados de las investigaciones de Hoek de roturas frágiles de rocas intactas y de un modelo de estudio del comportamiento de macizos rocosos de Brown. El criterio partía de las propiedades de la roca intacta y entonces se introducían factores reductores de estas propiedades sobre la base de las características de un macizo rocoso diaclasado. Los autores, intentando relacionar el criterio empírico con las observaciones geológicas, por medio de uno de los sistemas de clasificación de los macizos rocosos, eligieron para este propósito el RMR (Rock Mass Rating) propuesto por Bieniawski. Debido a la ausencia de otras alternativas, el criterio fue pronto adoptado por la comunidad de la mecánica de rocas y su uso rápidamente extendido más allá de los límites originales utilizados en la deducción de las relaciones de reducción de la resistencia. Consecuentemente, llegó a ser necesario reexaminar estas relaciones e introducir nuevos elementos cada vez que dicho criterio era aplicado a un amplio rango de problemas prácticos. Fruto de estos avances fue la introducción de la idea de macizos rocosos “inalterados” y “alterados” por Hoek y Brown, y la introducción de un criterio modificado para obligar a la resistencia a tracción del macizo rocoso a tender a cero para macizos de calidad muy mala (Hoek, Wood y Shah). Una de las primeras dificultades que aparecen en muchos problemas geotécnicos, particularmente en el ámbito de la estabilidad de taludes, es que es más conveniente tratar el criterio original de Hoek-Brown en términos de esfuerzos normales y al corte más que en términos de esfuerzos principales, según la ecuación:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \times \left( mb \times \left( \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci} + s} \right)^a \right)$$

Dónde:

$\sigma_1$  y  $\sigma_3$  son los esfuerzos principales efectivos mayor y menor en el momento de rotura;  $\sigma_{ci}$  es la resistencia a compresión uniaxial del material intacto; **mb** es un valor reducido de la constante del material **mi** y está dado por:

$$mb = mi \times \exp \left[ \frac{(GSI - 100)}{(28 - 14D)} \right]$$

s y a son constantes del macizo rocoso dadas por las siguientes relaciones:

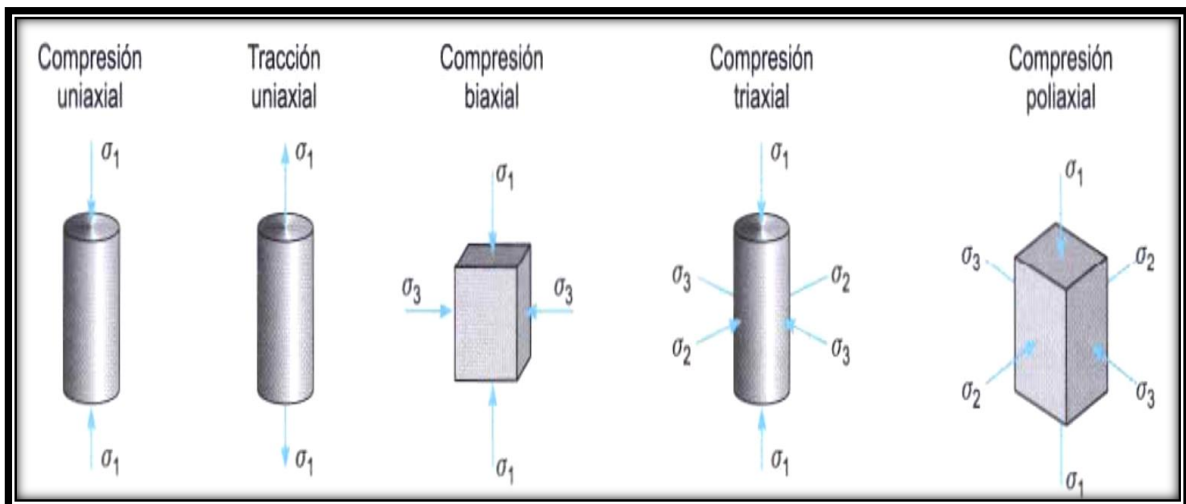
$$s = \exp \times \left[ \frac{(GSI - 100)}{(9 - 3D)} \right]$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left( e^{\left( \frac{-GSI}{15} \right)} + e^{\left( \frac{-20}{3} \right)} \right)$$

D es un factor que depende sobre todo del grado de alteración al que ha sido sometido el macizo rocoso por los efectos de las voladuras o por la relajación de esfuerzos. Varía desde 0 para macizos rocosos in situ inalterados hasta 1 para macizos rocosos muy alterados.

#### 2.4.9 Esfuerzos, Tensiones y Deformaciones en las Rocas

Las rocas pueden estar sometidas a diversos esfuerzos y estados de tensiones, en condiciones naturales, un núcleo de roca intacta puede estar sometido a los esfuerzos como los mostrados en la figura 2.4.8 donde  $\sigma_1$  es el esfuerzo principal mayor y  $\sigma_3$  es el esfuerzo principal menor ( $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ ). Adicionalmente, también se encuentran sometidas a esfuerzos tangenciales  $\tau$ , ocasionados por la tracción entre las partículas de rocas o en las discontinuidades. Debido a que estos esfuerzos a los que se ven sometidos las rocas le ocasionan ciertas deformaciones que influyen directamente sobre sus propiedades mecánicas, es importante conocer las relaciones entre los esfuerzos y las deformaciones para poder predecir la magnitud de éstas.



**Figura 2.4.8.** *Diferentes estados de tensiones aplicados a muestras de Laboratorio (González de Vallejo & Ferrer, 2002)*

Uno de los aspectos más importantes que se debe conocer de un material rocoso es su resistencia a los esfuerzos a los que se ve sometido y las leyes que rigen su rotura y deformación. González de Vallejo & Ferrer (2002).

#### 2.4.10 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.

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.

##### 2.4.10.1. 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) 
$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \times \left( mb \times \left( \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci} + s} \right)^a \right)$$

Los parámetros de la Generalizado de Hoek-Brown criterio ( $m_b$ ,  $s$ ,  $a$ ) puede obtenerse a partir de relaciones empíricas sobre la base de las observaciones de GSI (índice de fuerza geológica),  $\sigma_{ci}$  (resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta),  $m_i$  (parámetro  $m$  de roca intacta) y  $D$  (factor de perturbación masiva).

Para un conjunto dado de parámetros de entrada ( $\sigma_{ci}$ , GSI,  $m_i$  y  $D$ ), *RocData*<sup>®</sup> calcula los valores de  $m_b$ ,  $s$ ,  $a$ , y otros parámetros del macizo rocoso cuyos resultados son mostrados en la barra lateral.

## 3. MARCO METODOLÓGICO

---

### 3.1 Tipo De Investigación

La presente investigación es de tipo analítica porque según Hurtado de Barrera (2008) “tiene como resultado la emisión de un juicio con respecto al evento de estudio, con base en un criterio de análisis. La investigación analítica implica la reinterpretación de lo analizado en función de algunos criterios, dependiendo de los objetivos del análisis”. En este caso el evento de estudio representa el análisis de esfuerzos del macizo rocoso antes y después de la excavación, tomando como criterio las características geológicas, geotécnicas y geomecánicas del cuerpo rocoso.

### 3.2 Diseño de Investigación

Arias (1999) afirma el diseño de la investigación “es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado”. En este caso, se llevará a cabo una investigación con diseño experimental, que según el autor “consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variables dependientes)”. Donde las variables independientes serán los ensayos mecánicos mencionados en el punto 3.4 y las variables dependientes pasarán a ser la cuantificación de la resistencia a la compresión uniaxial y triaxial, resistencia a la tracción, resistencia al corte, fuerza de cohesión, fuerza de fricción y abrasividad de las muestras de roca intacta tomadas con las perforaciones. Estos valores con el apoyo de ciertas herramientas (véase la sección medios, instrumentos y técnicas) podrán generar modelos geológico, geotécnico y geomecánico del macizo rocoso donde se llevará a cabo la excavación.

### 3.3 Población y Muestra

La población está compuesta por cuatro (4) perforaciones realizadas a lo largo del tramo de estudio, las mismas están identificadas como BH-19, BH-21, BH-240 y BH-250, que tienen una profundidad de 120 m, 150 m, 130 m y 35 m respectivamente. Las muestras son núcleos de rocas localizados a la profundidad del macizo rocoso donde es realizada la excavación del túnel, que contará con 10 m de diámetro. Adicionalmente se contarán aquellos núcleos que se encuentren 10 m por encima de la bóveda y 5 m, por debajo de la solera de dicha excavación.

### 3.4 Medios, instrumentos y técnicas

Los medios serán:

- Ensayos mecánicos de laboratorio (Compresión Uniaxial y Triaxial, Tracción Indirecta, Corte Directo, CERCHAR)
- Ensayos físicos de laboratorio (densidad, absorción y porosidad)
- Petrografías

Los instrumentos serán:

- Equipos GCTS
- Microscopio Petrográfico
- Software Grapher 8®
- *Software RocData*®
- *Software Phase 2.0*®

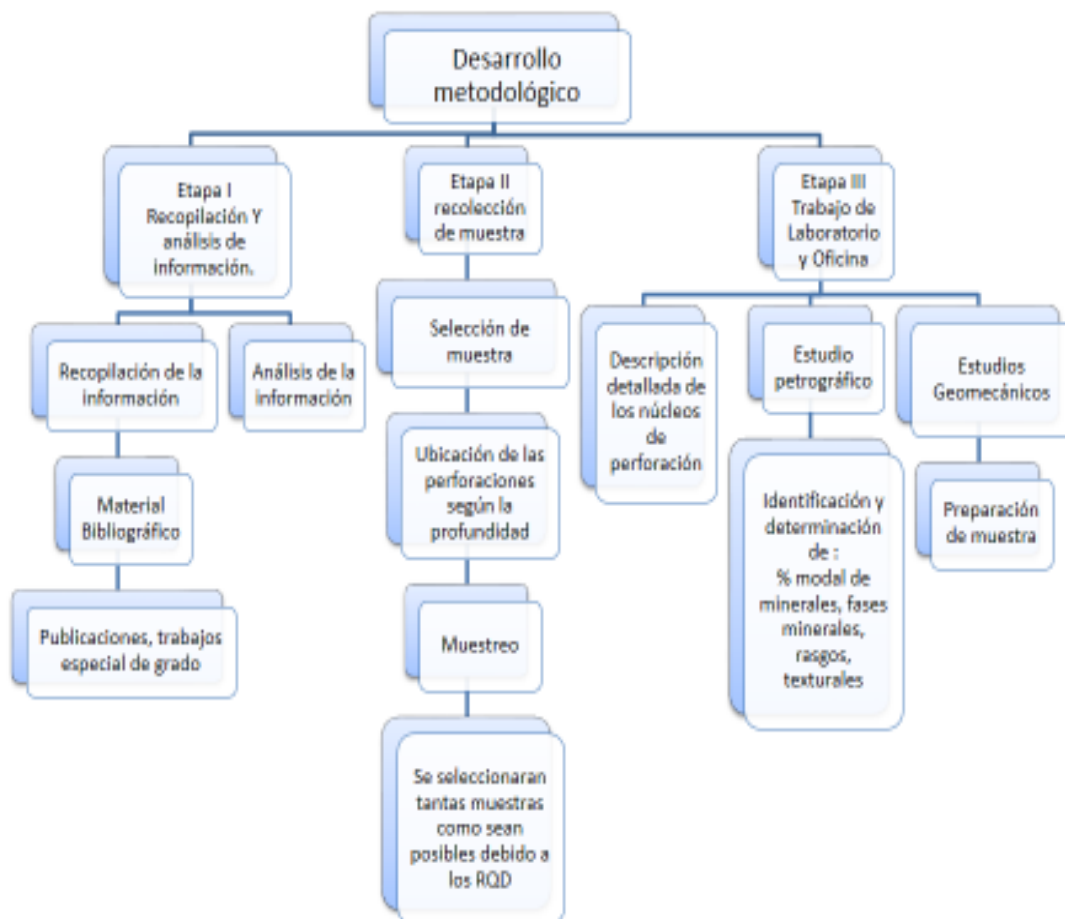
Las técnicas serán:

- Normas ASTM (D7531-08, D7012-10, D5607-08, D2664-95a)
- Normas ISRM

### 3.5. Metodología

Etapas del desarrollo metodológico:

Los siguientes gráficos representan la metodología utilizada de forma esquematizada en tres etapas, desde la recopilación y análisis de información hasta los estudios y modelos geomecánicos, donde se ira describiendo cada una de ellas.



**Grafico 3.5.1 Esquema metodológico general**



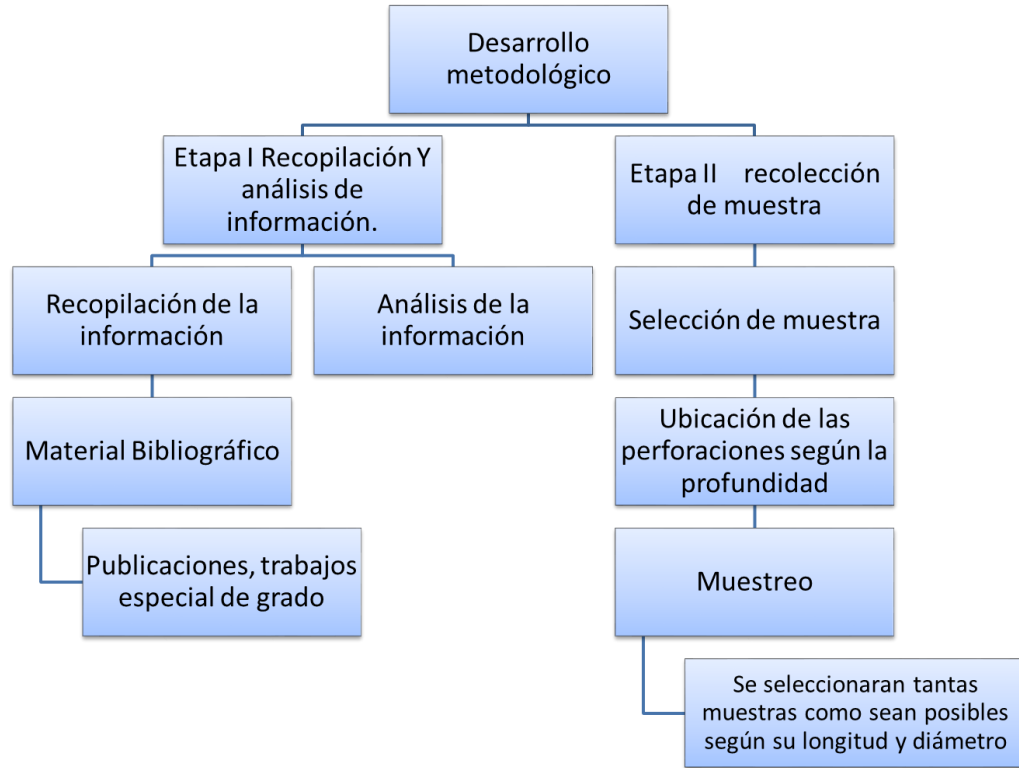
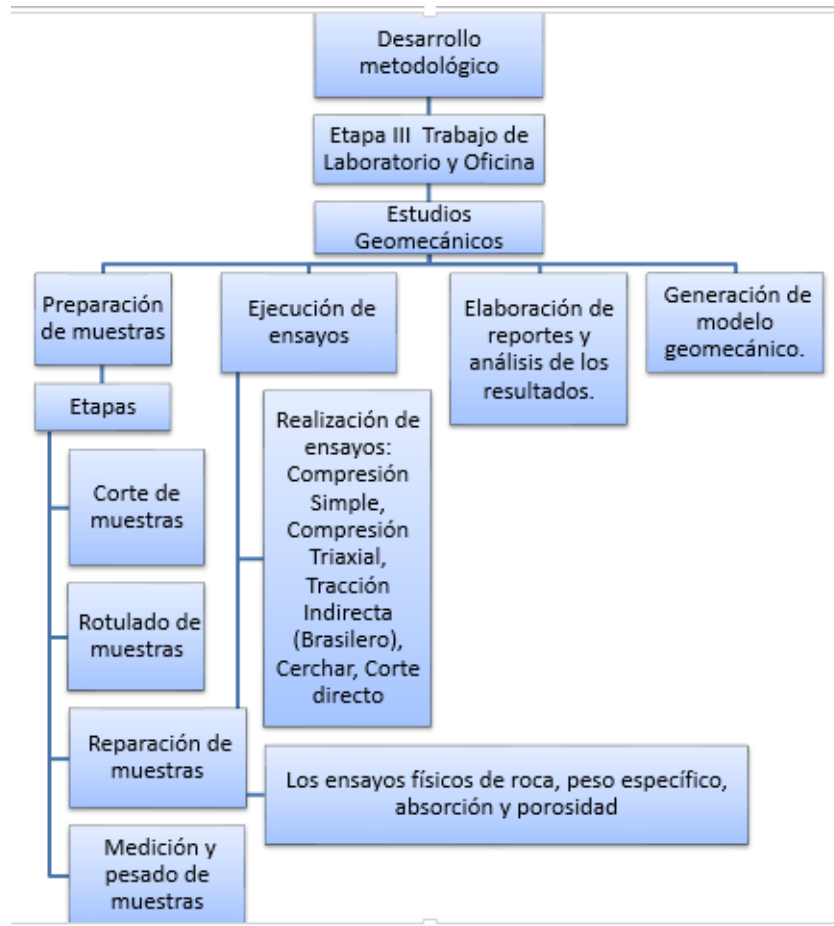


Grafico 3.5.2 Esquema Metodológico Etapa I Y II



Grafico 3.5.3 Esquema Metodológico Etapa III



**Grafico 3.5.4 Esquema Metodológico Etapa III**

### **3.5.1 Etapa I: Recopilación de información y Análisis de la información**

#### **3.5.1.1 Recopilación de la información**

Búsqueda de información geológica publicada en trabajos especiales de grado, congresos nacionales e internacionales, mapas topográficos del área de estudio, perfiles de las perforaciones estudiadas y publicaciones, haciendo énfasis en las que contengan datos de la Cordillera de la Costa específicamente Esquisto De Las Mercedes.

#### **3.5.1.2 Análisis de la información recopilada**

El material recopilado fue estudiado para comprender los aspectos geológicos del Esquisto Las Mercedes, para así realizar los estudios geomecánicos con parámetros adecuados.

### **3.5.2 Etapa II: Recolección de muestra**

La recolección de muestras contemplo tres (3) visitas a los almacenes de núcleos de perforación, en la primera visita se realizó el reconocimiento visual de los núcleos, las dos posteriores para su selección y traslado al Laboratorio de Mecánica de Rocas de la E.G.M.G, U.C.V. Prof. Miguel Castillejo.

#### **3.5.2.1 Escogencia de las muestras.**

Debido a que las perforaciones fueron extraídas por una subcontratista de Odebrecht, fue necesario buscar los núcleos de perforación en los depósitos de la misma. La escogencia de las muestras dependió de los siguientes parámetros:

Longitud de los núcleos.

Diámetro de los núcleos: NQ (47 mm) y HQ (62 mm).

Profundidad del núcleo de perforación.

Características mineralógicas.

### **3.5.3 Etapa III: Trabajo de laboratorio y oficina**

#### **3.5.3.1. Estudio descriptivo de los núcleos**

Identificación y descripción de aspectos cualitativos y cuantitativos, presentes en los núcleos de perforación, como lo son: Descripción litológica, ángulos de foliación, diaclasas, color, variación mineralógica.

#### **3.5.3.2. Estudio petrográfico:**

Se elaboró secciones finas a las cuatro perforaciones recolectadas y se procedió a su estudio petrográfico:

Donde se Identificó y describió rasgos texturales de los minerales que componen los núcleos.

Se determinó el porcentaje modal de los minerales mayoritarios, minoritarios y accesorios de los núcleos de perforación, a través de un conteo modal de 300 puntos en sección fina.

#### **3.5.3.3. Estudios Geomecánicos:**

Elaboración de muestras con distintos parámetros (preparación), para su posterior clasificación y estudio geomecánico que se basa en:

##### **Preparación de muestras**

Una vez tomadas las muestras se procedió a su respectiva preparación para ser ensayadas, esta etapa se dividió 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 hasta la indicada en las normas de los ensayos que así lo requieran. El corte es producido con un disco de corte.

##### **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 comenzaron a numerar a partir de la última muestra que haya entrado al Laboratorio de Mecánica de Rocas “Miguel Castillejo” de la E.G.M.G de la Facultad de Ingeniería, U.C.V.

### **Reparación de muestras**

Durante la etapa de corte algunos de los cilindros de roca se encontraban muy meteorizados y fragmentados en los extremos, por lo tanto algunos necesitaron reparaciones utilizando una mezcla de acero al frío (Epoxy) para rellenar cualquier grieta producida. Las muestras al ser reparadas tienen que durar mínimo un día para volver a manipularlas.

### **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 ensayos de compresión uniaxial, compresión triaxial y tracción indirecta con el fin de garantizar una distribución de esfuerzos regular (véase sección de ensayos mecánicos del capítulo II). Esta pulitura es realizada con una pulidora GCTS 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.

### **Medición y pesado de muestras**

Se midió la altura y diámetro de las muestras cuyos ensayos lo requerían, sin embargo se pesaron todas y cada una de estas. Todos estos datos se registraron en un cuaderno de anotaciones, ya que en la etapa de ensayo serán requeridas. Ya con este último paso realizado las muestras estarán listas para ser ensayadas.

### **Ejecución de ensayos**

Los ensayos mecánicos a realizar serán: compresión uniaxial, compresión triaxial, tracción indirecta, corte directo, CERCHAR siguiendo las normas ASTM o ISRM según sea el caso, usando equipos de marca GCTS. La metodología de estos ensayos es explicada a detalle en la sección de ensayos mecánicos del capítulo II.

Los ensayos físicos de roca, absorción y porosidad no se realizarán en el laboratorio “Miguel Castillejo” por no contar con los equipos necesarios para este fin, por lo tanto se enviarán algunas muestras al IMME, en donde se llevarán a cabo.

**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 serán leídos a través del software *Office Excel*®. Las gráficas pertinentes a cada tipo de ensayo se realizarán con el software *Grapher 8.0*®, mientras que los reportes serán construidos con *Office Word*®.

**Generación de modelo geomecánico.**

Con el *software RocData*® y basado en los resultados obtenidos fue realizado un modelo geomecánico del macizo rocoso en el tramo de estudio, luego a partir de esto y con todos los resultados ya establecidos se procedió a analizar los estados de esfuerzos antes y después de la excavación de los túneles con el uso del *software Phase 2.0*®, cuyo fundamento es el método de los elementos finitos.



## 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

---

### 4.1. Descripción litológica

A continuación se describen a través de los núcleos de perforación los distintos parámetros cualitativos (textura, color, variación mineralógica, ángulos de foliación), que poseen las perforaciones BH-19; BH-21; BH-240 Y BH250.

#### **BH-19**

**Color predominante:** gris Claro a gris.

**Textura:** foliada.

**Mineralogía:** cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.

**Observaciones:** Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de 16,91° y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.

**Clasificación mineralógica textural:** esquisto calcítico, cuarzo moscovítico, grafitoso, pirítico.

**Clasificación según grado de metamorfismo** Facies de los esquistos verdes, con metamorfismo de bajo grado, presión baja a moderada y temperatura de baja a media.

#### **BH-21**

**Color predominante:** gris Claro a gris oscuro.

**Textura:** foliada.

**Mineralogía:** cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.

**Observaciones:** Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de 12,43° y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita, estos son más oscuros que los esquistos de la perforación BH-19.

**Clasificación mineralógica textural:** Esquisto cuarzo calcítico, moscovítico, grafitoso.



**Clasificación según grado de metamorfismo:** Facies de los esquistos verdes, con metamorfismo de bajo grado, presión baja a moderada y temperatura de baja a media.

### **BH-240**

**Color predominante:** gris oscuro

**Textura:** foliada

**Mineralogía:** cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.

**Observaciones:** Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de 23,65° y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), abundante presencia de grafito, el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.

**Clasificación mineralógica textural:** esquisto cuarzo moscovítico, grafitoso, pirítico.

**Clasificación según grado de metamorfismo:** Facies de los esquistos verdes, con metamorfismo de bajo grado, presión baja a moderada y temperatura de baja a media.

### **BH-250**

**Color predominante:** marrón claro a gris claro

**Textura:** foliada

**Mineralogía:** cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita



**Observaciones:** Núcleos de muestras frescas claramente meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de 10,63° y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), con poca cantidad de grafito, el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.

**Clasificación mineralógica textural:** esquisto cuarzo moscovítico, grafitoso, pirítico

**Clasificación según grado de metamorfismo:** Facies de los esquistos verdes, con metamorfismo de bajo grado con bajo a moderada presión y moderada a alta temperatura.



## 4.2. Propiedades índices

Tabla 4.2.1. Resultados de las propiedades índices

 RIF: J-00363691-6		<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>Ensayo de Absorción, Porosidad, PU (Húmedo y Seco)</b>			 RIF: G-20000062-7	
		<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>				
<b>Código Proyecto:</b>		<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 1</b>	
		L. RODRIGUEZ	C. OLIVEROS	23/02/2014		
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>		<b>ISRM</b>	<b>Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption (1979)</b>			
		<b>ASTM</b>	<b>D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications</b>			
<b>DATOS GENERALES</b>						
<b>Proyecto</b>		<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>				
<b>Origen del Espécimen</b>		Suministrado por el cliente		<b>Formación Geológica</b>	Las Brisas	
<b>Clasificación</b>		Esquisto Grafítico		<b>Profundidad</b>	Ver Tabla	
Número de Muestra	Perforación	Profundidad (m)	Absorción (%)	Porosidad (%)	P.U. Húmedo $\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	P.U. Seco $\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> )
17-4	BH-21	165,51	0,62	1,68	2,75	2,73
14-3	BH-21	165,07	0,46	1,23	2,72	2,70
13-2	BH-21	164,72	0,60	1,59	2,68	2,66
9-6	BH-21	163,93	0,76	2,03	2,71	2,69
23-2	BH-19	94,35	0,51	1,38	2,74	2,72
27-2	BH-19	85,9	0,47	1,26	2,70	2,69
3-2	BH-19	102	0,69	1,69	2,45	2,44
24-4	BH-19	123,95	0,67	1,78	2,68	2,66
363	BH-250	13,00	1,12	2,85	2,56	2,54
364	BH-250	46,3	0,94	2,48	2,68	2,65
505-1	BH-250	16,46	0,91	2,36	2,61	2,59
502	BH-250	16,22	1,73	4,26	2,50	2,45
239	BH-240	185,64	0,13	0,36	2,69	2,68
233	BH-240	183,73	0,96	2,51	2,64	2,61
237-3	BH-240	185,34	0,96	2,59	2,74	2,71
246-2	BH-240	189,31	0,50	1,35	2,73	2,72

### 4.3 Estudio petrográfico


#### 4.3.1. Estudio petrográfico (BH-19)

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>

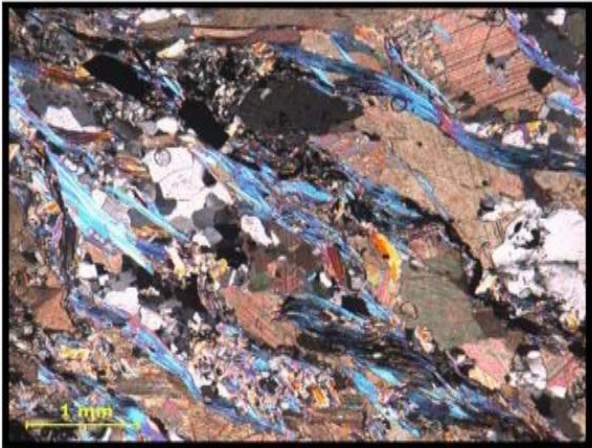

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFdf) de color gris, con bandas de 0,3 a 0,5 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,5 mm y 1 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 mm espesor. La textura es equigranular de grano medio.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por agregados elongados paralelos a la foliación, con espesores que varían en tamaño desde 0,5 mm a 1 mm, están bandas blancas también contienen micas blancas tipo moscovita que en algunos casos están interconectadas desarrollando microplanos de foliación internamente en las bandas blancas, produciendo una roca con mayor debilidad estructural que las muestras antes descritas.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 1 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante que en las muestras anteriores, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH19-Box17 (102-105) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Calcítico cuarzoso moscovítico grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Grafito	Accesorios (Pirita)	
53,0	23,3	12,8	2,6	5,8	2,6	

	<p>Banda compuesta por calcita, cuarzo y micro cristales de moscovita además de grafito, generando superficies discontinuas y en otros planos de foliación continuos.</p>
	<p>Superficie discontinua, al conseguirse con mineral calcítico.</p>
	<p>Plano de foliación continuo, compuesto por mineral grafito.</p>

Véase los demás en apéndice

<b>ODEBRECHT</b>	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>

 <p>Planos de foliación desarrollados por la alineación de los cristales moscovitas, espaciados de 0,5 mm a 1 mm, intercalados con bandas de calcita y cuarzo.</p> <p><b>Nicoles Cruzados.</b></p>	 <p>Porfidoblasto de oligoclasa alterando a calcita.</p> <p><b>Nicoles Cruzados.</b></p>
---	--

#### 4.3.1.1. Resultados del conteo modal

Tabla 4.3.1 Conteo modal de la perforación BH-19

Análisis Modal														
Roca /Mineral	Cuarzo Puntos	Cuarzo %	Calcita Puntos	Calcita %	Grafito Puntos	Grafito %	Moscovita Puntos	Moscovita %	Oligoclasa Puntos	Oligoclasa %	Pirita Puntos	Pirita %	Total puntos	Total %
BH19-Box02 10,5 - 12,0 m	69,0	21,4	147,0	45,5	15,0	4,6	91,0	28,2	0,0	0,0	1,0	0,3	323,0	100,0
BH19-Box07 31,5-33,0 m	107,0	31,2	185,0	53,9	11,0	3,2	25,0	7,3	0,0	0,0	15,0	4,4	343,0	100,0
BH19-Box17 102-105 m	73,0	23,3	166,0	53,0	18,0	5,8	40,0	12,8	8,0	2,6	8,0	2,6	313,0	100,0
BH19-Box18 111-114 m	95,0	29,4	107,0	33,1	54,0	16,7	62,0	19,2	0,0	0,0	5,0	1,5	323,0	100,0
BH19-Box18 114-117 m	69,0	26,8	70,0	27,2	58,0	22,6	58,0	22,6	0,0	0,0	2,0	0,8	257,0	100,0

4.3.2. Estudio petrográfico BH-21


<b>ODEBRECHT</b>	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
				<b>Página 1 de 2</b>
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Espécimen:</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFdf) de color gris, con bandas de 1mm a 3 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,2 mm y 0,1 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 3 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares, con espesores 2 mm, estas bandas blancas son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita no están entremezclados como en las muestras anteriores, por el contrario forman bandas continuas mono minerales bien diferenciadas unas de otras.</p> <p>La muestra es muy similar a la anterior (BH21-Box32) presentando una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante que en las muestras anteriores y que están en muchas zonas microplegados.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH21-Box32 (169-172) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso					
<b>Mineralogía (%)</b>						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
29,2	27,5	19,5	21,9	1,7	0,3 (Pirita)	

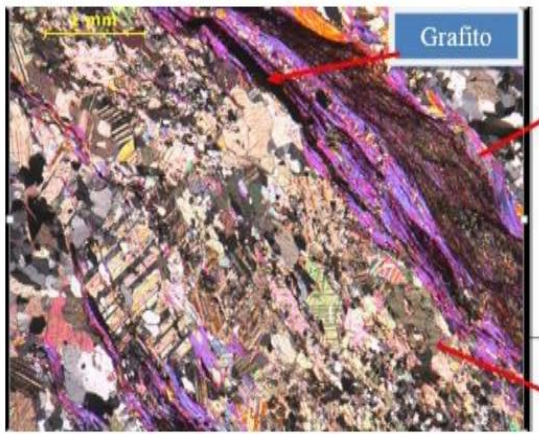
Bandas paralelas de cuarzo policristalino - moscovita - grafito - calcita, superficies de debilidad de la roca.

**Nicoles Cruzados**

Banda de moscovita

<b>ODEBRECHT</b>		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Especimen:</b>	



Bandas de moscovita y grafito desarrollando planos de foliación.  
 Nicolas Cruzados


Banda de calcita

#### 4.3.2.1. Resultados del conteo modal

Tabla 4.3.2. Conteo modal de la perforación BH-21


Análisis Modal														
Roca /Mineral	Cuarzo Puntos	Cuarzo %	Calcita Puntos	Calcita %	Grafito Puntos	Grafito %	Moscovita Puntos	Moscovita %	Oligoclasa Puntos	Oligoclasa %	Pirita Puntos	Pirita %	Total puntos	Total %
BH21-Box08 49,5 - 51,0 m	74,0	20,1	150,0	40,7	0,0	0,0	127,0	34,4	3,0	0,8	15,0	4,1	369,0	100,0
BH21-Box11 61,5-63,0 m	257,0	71,8	21,0	5,9	21,0	5,9	59,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	358,0	100,0
BH21-Box32 166-169 m	120,0	35,1	103,0	30,1	76,0	22,2	39,0	11,4	1,0	0,3	3,0	0,9	342,0	100,0
BH21-Box32 169-172 m	98,0	27,5	104,0	29,2	69,0	19,4	78,0	21,9	6,0	1,7	1,0	0,3	356,0	100,0
BH21-Box33 175-178 m	169,0	55,6	75,0	24,7	19,0	6,3	38,0	12,5	2,0	0,7	1,0	0,3	304,0	100,0

## 4.3.3 Estudio petrográfico BH-240

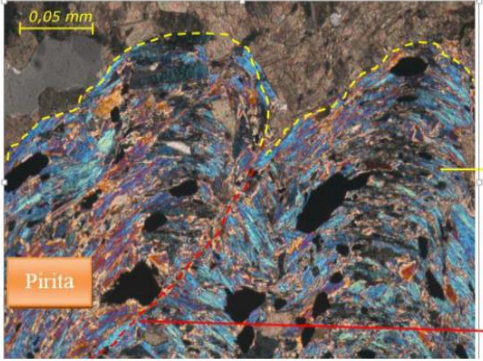
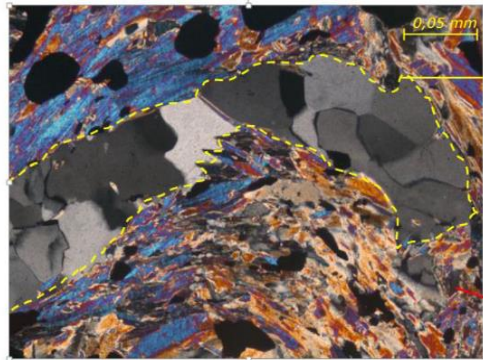
<b>ODEBRECHT</b>				
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFdf) de color gris, con bandas de 3 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 1 mm y 3 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 2 mm espesor. La textura es equigranular de grano medio.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares de calcita y en menor proporción cuarzo, con espesores 3 mm, están bandas blancas no son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita están entremezclados, formando bandas discontinuas de ambos minerales</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, siendo el grafito el responsable del desarrollo de plano de foliación de hasta 2 mm de espesor en la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante y de mayor espesor, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>	8					
<b>Perforación:</b>	BH240 – Box21 (156 - 159) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Cuarzoso calcítico micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
29,5	33,0	1,1	27,3	-	9,1 Pirita	



<b>ODEBRECHT</b>	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
	<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Página 2 de 2</b>
				<b>Espécimen:</b>

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Micropliegues de moscovita, grafito y pirita, cuyos ejes axiales están orientados casi perpendicularmente a la dirección del plano de foliación de la roca, evidenciando planos de crenulación.</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;"> <p>Plano de crenulación</p> </div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;"> <p>Plano de crenulación</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Micropliegues de moscovita, grafito y pirita.</p> </div>





## 4.3.3.1. Resultados del conteo modal

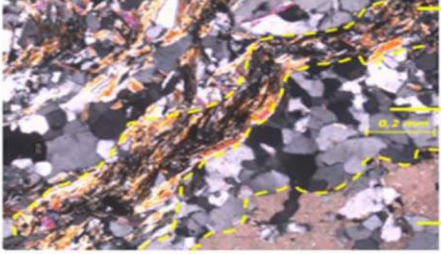
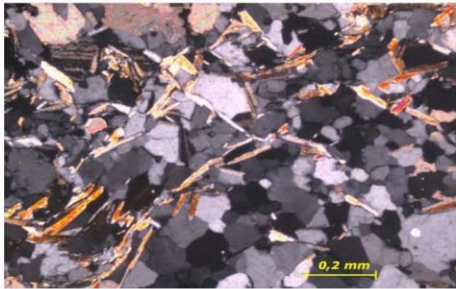
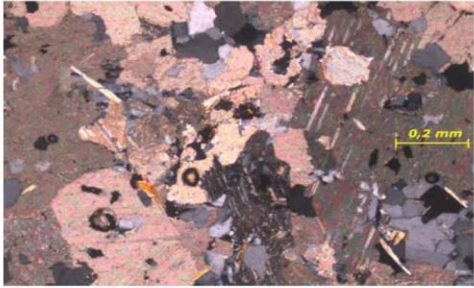
Tabla 4.3.3. Conteo modal de la perforación BH-240

Análisis Modal								
Roca /Mineral	Cuarzo %	Calcita %	Grafito %	Moscovita %	Oligoclasea %	Muscovita %	Pirita %	Total %
BH240-Box12 102-105 m	59,2	13,0	13,0	14,2	0,0	0,0	0,6	100,0
BH240-Box18 132-135 m	49,5	27,9	11,8	9,8	1,0	0,0	0,0	100,0
BH240-Box21 153-156 m	26,6	46,2	12,4	14,8	0,0	0,0	0,0	100,0
BH240-Box21 156-159 m	33,0	29,5	1,1	27,3	0,0	0,0	9,1	100,0
BH240-Box22 168-171 m	51,5	10,1	11,8	0,0	9,5	17,2	0,0	100,0
BH240-Box23 174-177 m	54,0	0,0	16,6	0,5	0,0	28,9	0,0	100,0
BH240-Box24 183-186 m	12,9	60,6	14,8	10,3	0,0	0,0	1,3	100,0
BH240-Box25 189-192 m	7,6	56,6	21,0	0,0	0,0	14,6	0,3	100,0

4.3.4. Estudio petrográfico BH-250

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 1</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>

DATOS GENERALES					ANÁLISIS	
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -				Roca Fresca, blanda y fracturada (RFdf) de color gris, intensamente microplegada donde no es posible identificar las diferentes bandas características del macizo rocoso. La roca está constituida por cristales de cuarzo, calcita, muscovita y grafito entremezclados, en algunas zonas es posible observar segmentos de bandas microplegadas de grafito y micas los cuales desarrollan planos de foliación discontinuos, representando estos la superficie de debilidad estructural de la roca.  La calcita es subhedral y su tamaño varía entre 0,3 – 2,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 1,0 mm.  El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,1 – 0,8 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,2 mm. El cuarzo está distribuido uniformemente en agregados policristalinos.  La muscovita varía su tamaño de 0,1 - 0,5 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 0,3 mm de longitud. La roca presenta algunos cristales de pirita.	
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH-250 Box 6 (40,0 – 41,5) m					
<b>Clasificación:</b>	<b>Esquisto Cuarzoso calcítico moscovítico grafitoso</b>					
<b>Mineralogía (%)</b>						
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Accesorios		
32,70	41,30	19,30	0,00	6,70		

	<p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de grafito y muscovita con microplegues, banda de textura lepidoblástica. Planos de foliación</p> <p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino.</p> <p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo policristalino.</p>
 <p>Banda compuesta por micro cristales de muscovita y cuarzo policristalino.</p>	 <p>Banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo policristalino.</p>

## 4.3.4.1. Resultados del conteo modal

Tabla 4.3.4. Conteo modal de la perforación BH-250

Análisis Modal												
Roca /Mineral	Cuarzo Puntos	Cuarzo %	Calcita Puntos	Calcita %	Grafito Puntos	Grafito %	Moscovita Puntos	Moscovita %	Pirita Puntos	Pirita %	Total puntos	Total %
BH-250 Box 6 40 - 41,5 m	124,0	41,3	98,0	32,7	20,0	6,7	58,0	19,3	0,0	0,0	300,0	100,0
BH-250 Box 7 44,5 - 46,0 m	80,0	26,7	134,0	44,7	16,0	5,3	70,0	23,3	0,0	0,0	300,0	100,0

Tabla 4.3.5 Promedio General de Conteo

Perforación / Prof. (m)	% Mineral					
	Cuarzo %	Calcita %	Grafito %	Muscovita %	Oligoclasa %	Pirita %
BH-19 / 10 – 117 m	21 - 31 %	27 - 54 %	3 - 22 %	7 - 28 %	0 - 2 %	0 - 4 %
BH-21 / 50 – 178 m	20 - 72 %	5 - 40 %	0 - 22 %	11 - 34 %	0 - 1,5 %	0 - 4 %
BH-240 / 100 - 190 m	7 - 60 %	0 - 60 %	1 - 21 %	0 - 27 %	0 - 9 %	0 - 9 %
BH-250 / 40 - 46 m	26 - 41 %	32 - 44 %	5 - 7 %	19 - 23 %	0%	0%

4.3.5. Resultado general de porcentaje modal de cuarzo

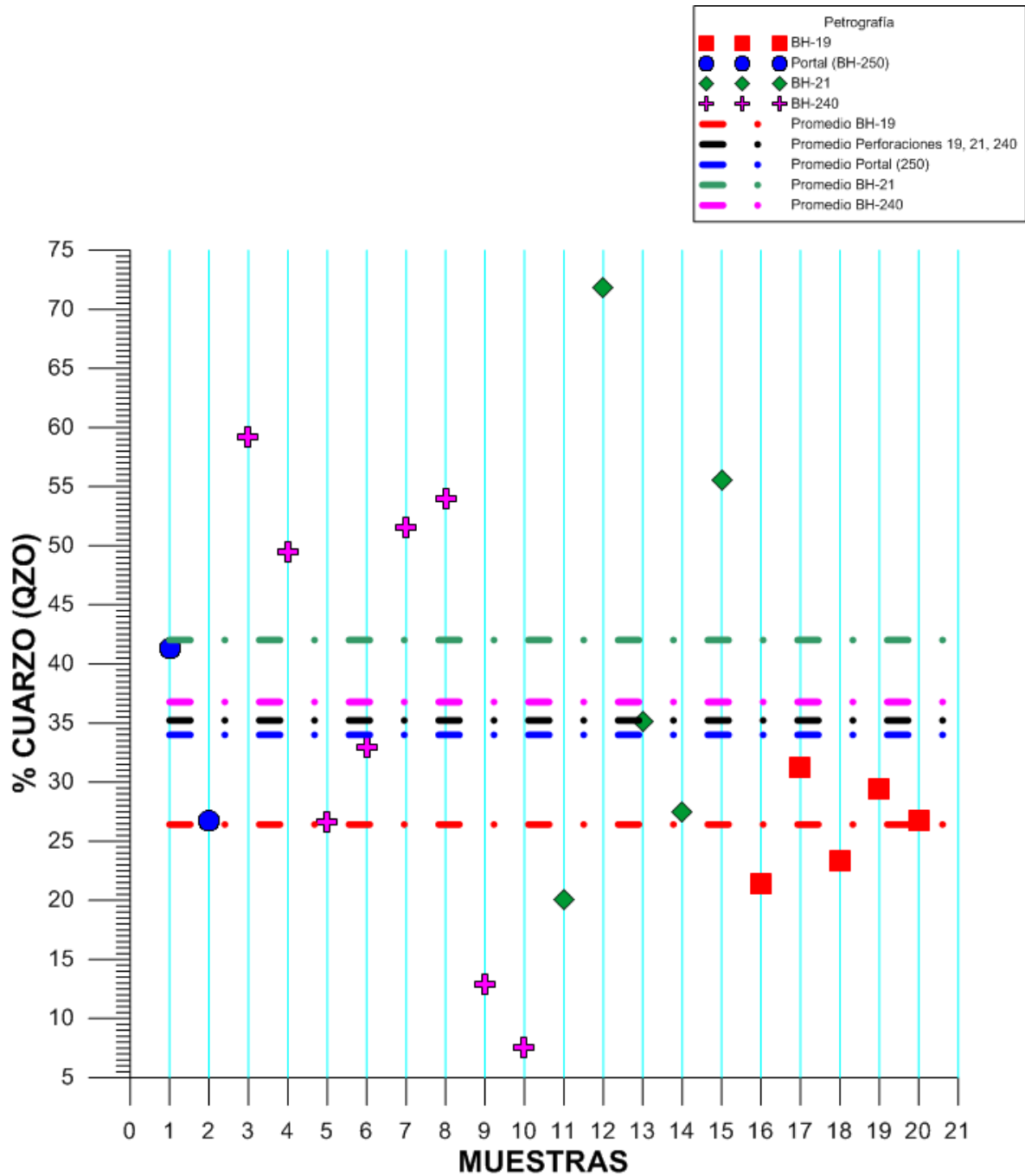


Grafico 4.3.1. Resultado General del porcentaje modal del mineral de cuarzo de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21.

El gráfico 4.3.1, presenta los porcentajes del mineral de cuarzo en las rocas perteneciente a las perforaciones, estos fueron determinados por el método de análisis modal, con conteo de mínimo 300 puntos por cada sección petrográfica, generando de esta manera resultados cuantitativos más cercanos a la realidad que la simple estimación visual de las proporciones mineralógicas.

Las perforaciones analizadas en este trabajo de investigación, mostraron las diferentes líneas de tendencia promedio del mineral de cuarzo, que arroja como resultado las diversas perforaciones del Metro Petare-Guarenas-Guatire.

La perforación BH-19 (profundidad 10-187m) señaladas con cuadrados y línea promedio de color rojo muestra un porcentaje de mineral de cuarzo que varía desde 21,4-31,2 a lo largo de toda su trayectoria siendo está muy homogénea y menos abrasiva con respecto a la BH-21 (Profundidad 49,5-178m) de color verde la cual tiene una tendencia heterogénea con valores que oscilan de 20,1 hasta 71,8 su promedio general de mineral de cuarzo es 42,4% lo cual indica una alta cantidad de mineral abrasivo.

En cuanto a la perforación BH-240 (profundidad 49,5-178 m) señalada por cruces y línea de promedio color morado muestra un porcentaje de mineral abrasivo promedio de 36 %, siendo esta perforación muy heterogénea y con valores de abrasividad bastantes distantes, es notable que en los últimos 9 m de perforación el valor de porcentaje de cuarzo disminuye drásticamente con respecto a los primeros metros.

Es importante apreciar que la BH-250 ubicada en el portal, señalada mediante esferas y línea de promedio color azul posee valores de abrasividad similares en su trayectoria lo cual indica una relativa homogeneidad, dicho promedio de abrasividad es 34% cual es parecido al obtenido de la BH-240

Finalmente las 4 perforaciones oscilan en un rango de valores de 26 – 43 % de mineral abrasivo y un promedio de 35 % lo que evidencia una alta abrasividad del macizo en toda su trayectoria, lo que tendrá efectos considerables sobre los elementos cortantes de la TBM al excavar el túnel.

## 4.4. Ensayos Geomecánicos

### 4.4.1. Ensayos de Tracción Indirecta



RIF: J-00363691-6

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)

#### SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)



RIF: G-20000062-7

Código Proyecto:

Cálculo:

Revisión:

Fecha:



Página 51 de 318

C. OLIVEROS

M. CASTILLEJO

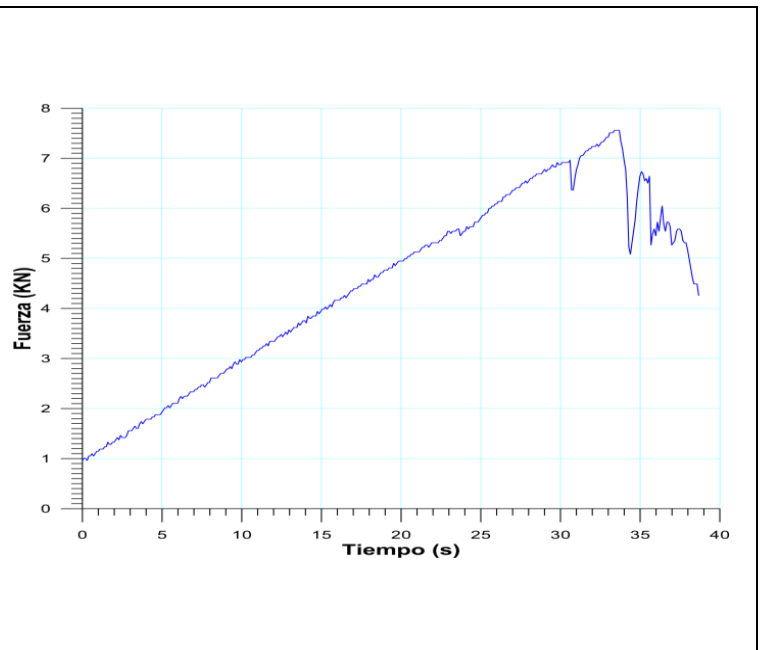
25-06-2014

Especimen: 001-2

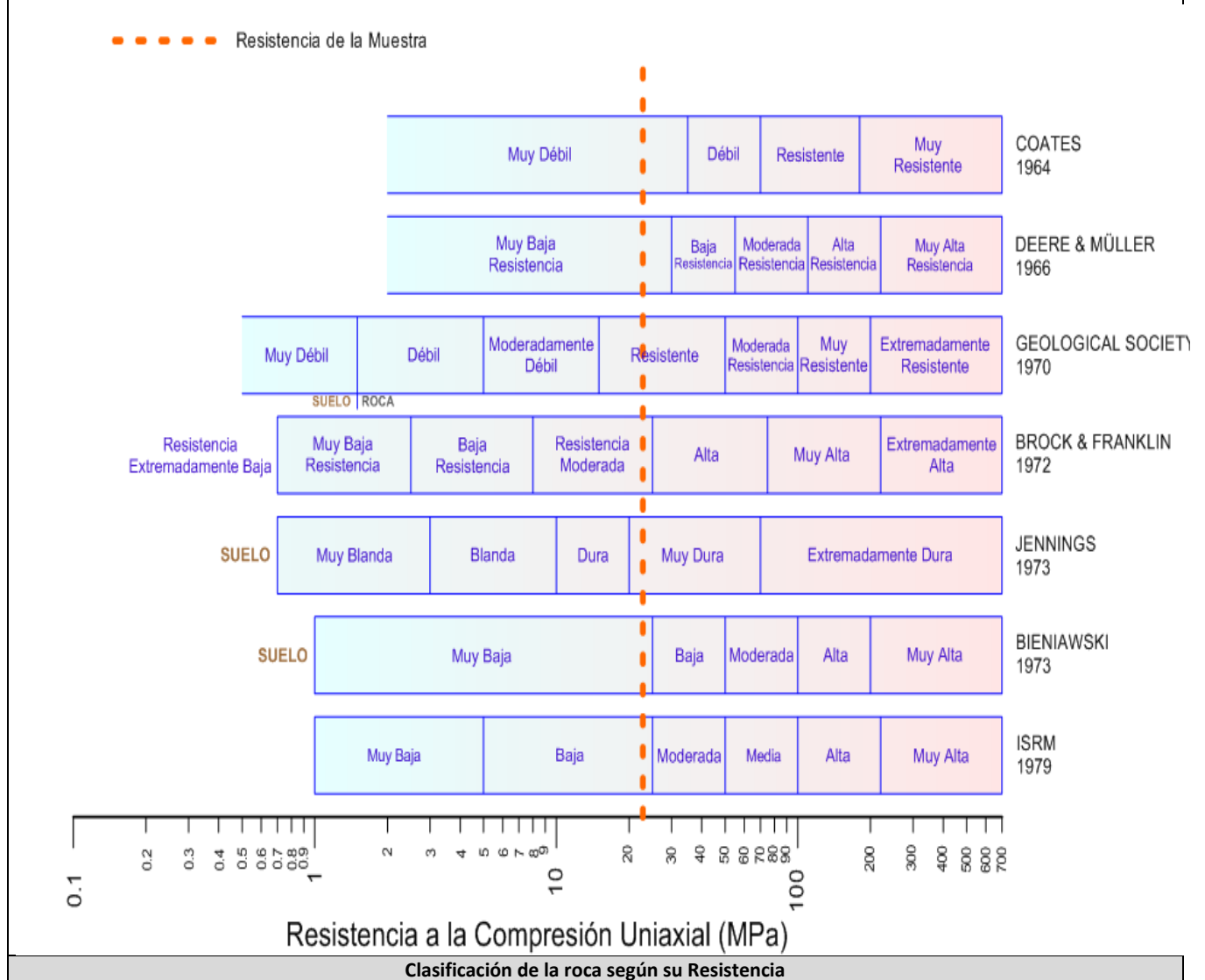
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
<b>DATOS GENERALES</b>		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Especimen:	001-2	
Perforación:	BH21-BOX 30 (160-163 m) 010 cm	
Profundidad:	160.10	M
Diámetro (D)	47.60	mm
Espesor	13.30	mm
Duración:	38.674	seg
		
		
		<b>INICIO</b>
		<b>FINAL</b>

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 KN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial – Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	Min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 Seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensibilidad	2 kN



Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo		Ninguna	
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
Carga Axial Pico	7.56	kN	
Resistencia a la Tracción	-7.60	MPa	
Resistencia a la Compresión	22.80	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)		Baja	



Véase el total de los reportes en el Apéndice

## 4.4.1.1. Resultados del Ensayo Brasileiro (tracción indirecta)

Tabla 4.4.1. Resultados del Ensayo Brasileiro.

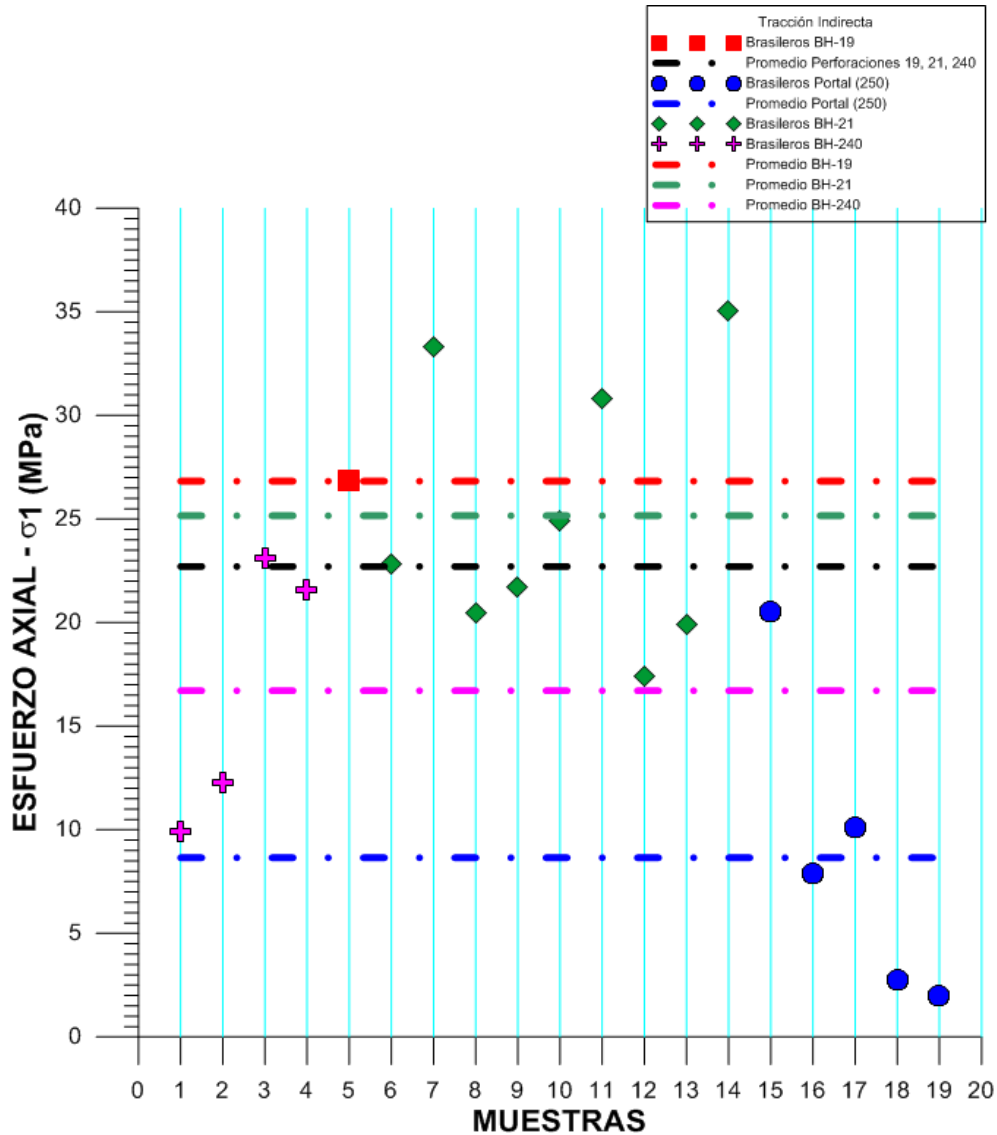
Perforación	Nº Muestra	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Compresión (MPa)
BH-240	218-1	-6.27	18.82
BH-240	232-1	-4.09	12.26
BH-240	232-2	-7.70	23.1
BH-240	243-3	-7.20	21.59
BH-19	20-3	-8.94	26.83
BH-21	1-2	-7.60	22.8
BH-21	7-3	-11.11	33.33
BH-21	7-4	-6.82	20.45
BH-21	8-5	-7.24	21.71
BH-21	8-6	-8.30	24.89
BH-21	8-7	-10.28	30.84
BH-21	9-3	-5.81	17.43
BH-21	9-4	-6.65	19.94
BH-21	9-5	-11.69	35.07
BH-250	501-2	-6.84	20.51
BH-250	503	-2.64	7.91
BH-250	504	-3.36	10.09
BH-250	510-1	-0.92	2.75
BH-250	510-2	-0.67	2.00

La tabla 4.4.1 muestra los resultados obtenidos de los ensayos de tracción indirecta de manera agrupada por perforación y número de muestra, presentados al inicio de este capítulo, donde se observan las distintas resistencias que poseen las muestras rocas al ser ensayada, el rango de valores obtenidos varía dependiendo de la perforación.

Tabla 4.4.1B. Resistencia Promedio de Ensayos Brasileiros

PERFORACION	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	DESV. ESTANDAR R.T (MPa)
<b>BH-19</b>	-8,94	26,83	-
<b>BH-21</b>	-8,38	25,16	2,12
<b>BH-240</b>	-6,32	18,94	1,60
<b>BH-250</b>	-2,88	8,65	2,48





**Grafico 4.4.1. Resultado General los Ensayos de Tracción Indirecta (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21.**


El gráfico 4.4.1, presenta los resultados ensayos Brasileños (Esfuerzo axial vs muestra) de todas las perforaciones analizadas en este trabajo de investigación, mostrando las diferentes líneas de promedio de esfuerzo axial que arroja como resultado las diversas perforaciones del Metro Petare-Guarenas-Guatire y por métodos indirectos nos permite determinar la tracción indirecta de la muestra.

La perforación BH-19 (profundidad 84-86m) ensayos señalados con rectángulos y línea de promedio de color rojo muestra una resistencia promedio de esfuerzo de 27 MPa y la BH-21


(Profundidad 160-166m) de color verde tiene un promedio similar, de 25 MPa, que indican alta resistencia a la tracción que está asociada a las cantidades de minerales resistente que la conforman (cuarzo), el bajo grado de meteorización y pocas discontinuidades a la profundidad que se encontraban las muestras, sin embargo la perforación BH-21 tienen menor esfuerzo axial a pesar de tener mayor profundidad debido a la dispersión de datos que presenta, que evidencia una variación mineral. La perforación BH-240 (Profundidad 174-188m) denotada por la línea de promedio color morado con esfuerzo axial de 17 MPa indica una resistencia intermedia y la perforación BH-250 de color azul, tiene como esfuerzo axial 8.65 MPa que refleja menor tracción debido a la poca profundidad a la que se encontraba las muestras en un intervalo de 16 a 39 m la cual en muestra de mano se observa una fuerte meteorización.

Cabe acotar que la roca en estudio es de tipo metamórfica con diversas y numerosa fases de plegamiento lo que incide directamente en la resistencia a la tracción y en el esfuerzo axial, donde la orientación de la foliación y mineralización juegan un papel importante en su estudio.

## 4.4.2. Ensayos Triaxial Estático

<b>ODEBRECHT</b> RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS		29/01/2014	Espécimen: 243

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS - RDS-500
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
Espécimen	243
PERFORACIÓN	BH240
Tipo de Roca	MEDIA
Profundidad	188,02 m
Altura	109,5 mm
Long med. Deform-	109,5 mm
Diámetro	47,5 mm
Área	17,721 cm <sup>2</sup>
Volumen	194,04 cm <sup>3</sup>
Peso	551 gr
Densidad	Ton/m <sup>3</sup>
L/D	-
$\sigma_3$ (calculado)	MPa





Condición inicial del espécimen

## DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO		Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO	
<b>ACTUADOR AXIAL</b>		<b>ACTUADOR AXIAL</b>	
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial
Tipo de Carga	Incremental Tipo de Carga	Tipo de Carga	Incremental Tipo de Carga
Valor Inicial de Carga	Relativo Carga de asiento	Valor Inicial de Carga	Relativo MPa
Velocidad	2 MPa/min	Velocidad	0.6 MPa/min
Valor Final de Carga	6 MPa	Valor Final de Carga	200 MPa
<b>PRESIÓN DE CELDA</b>		<b>PRESIÓN DE CELDA</b>	
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	Constante
Valor Inicial	Relativo MPa	Valor Inicial	Relativo MPa
Velocidad	2 MPa/min	Velocidad	- MPa/min
Valor Final	5 MPa	Valor Final	5 MPa
<b>PRESIÓN DE POROS</b>		<b>PRESIÓN DE POROS</b>	
Control de Entrada	No definida	Control de Entrada	No definida
Velocidad	- MPa / min	Velocidad	- MPa / min
Valor Inicial	- MPa	Valor Inicial	- MPa
Valor Final	- MPa	Valor Final	- MPa
<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>		<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>	
Máxima Deformación Axial	- %	Máxima Deformación Axial	5 %
Tiempo Máximo de Carga	10 min	Tiempo Máximo de Carga	60 min
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial $\geq$ 6 MPa	Variable de Control	AI-1: Axial Load
Pico reverso, cuando	-	Pico reverso, cuando	
Reversa	- kN Umbral - kN	Reversa	25 kN Umbral 0.80 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>		<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>	
Incremento de tiempo	1 segundo	Incremento de tiempo	1 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	0.80 MPa
TIPO	Drenado	TIPO	Drenado
<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>		<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>	
Deformaciones en cero		Continuación de la etapa anterior	

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 4</b>
	C. OLIVEROS		29/01/2014	<b>Espécimen: 243</b>

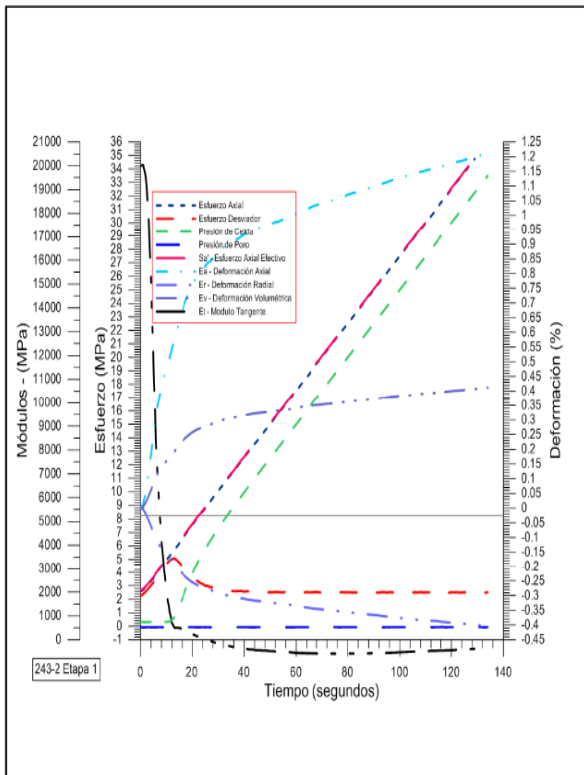
## RESULTADOS

<b>Origen de la Muestra:</b>	<b>Suministrado por el cliente</b>		<b>Perforación:</b> BH-240	<b>Profundidad:</b>	<b>m</b>
<b>Formación:</b> Grupo Caracas	<b>Esquistos de Las Mercedes</b>		<b>Tipo de roca</b>	<b>Esquisto Cuarzo Grafitoso</b>	<b>Color:</b> Gris Oscuro
<b>ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO</b>			<b>ETAPA 2 – Etapa de Carga</b>		
<b>Espécimen</b>			<b>Espécimen</b>		
Altura	109,5	mm	Altura	109,5	mm
Long medidor deformaciones	109,5	mm	Long medidor deformaciones	109,5	mm
Diámetro	47,5	mm	Diámetro	47,5	mm
Área	17,721	cm <sup>2</sup>	Área	17,721	cm <sup>2</sup>
Volumen	194,04	cm <sup>3</sup>	Volumen	194,04	cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite alcanzado		Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado	
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>5092</b>	<b>kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>137615</b>	<b>kPa</b>
t - Tiempo	12,2155	segundos	t - Tiempo	367,689	segundos
CP - Presión de Celda	486	kPa	CP - Presión de Celda	35538	kPa
Uw - Presión de Poros (agua)	-74	MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-67	MPa
Ea - Deformación Axial	0,55	%	Ea - Deformación Axial	2,64	%
Er - Deformación Radial	-0,183	%	Er - Deformación Radial	-0,88	%
Ev - Deformación Volumétrica	0,185	%	Ev - Deformación Volumétrica	0,919	%
Sa - Esfuerzo Axial	5578	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	173153	kPa
Sa' - Esfuerzos Efectivos	5652	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	173220	kPa
Sc' - Presión de Celda Efectiva	560	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	35605	kPa
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>2439</b>	<b>12,2155</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>107146</b>	<b>kPa</b>
Tiempo	141,919	segundos	Tiempo	368,236	segundos
CP - Presión de Celda	35492	kPa	CP - Presión de Celda	35985	kPa
Uw - Presión de Poros (agua)	-67	kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-67	kPa
Ea - Deformación Axial	1,231	%	Ea - Deformación Axial	3,257	%
Er - Deformación Radial	-0,41	%	Er - Deformación Radial	-1,086	%
Ev - Deformación Volumétrica	0,419	%	Ev - Deformación Volumétrica	1,145	%
Sa - Esfuerzo Axial	37931	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	143130	kPa
Sa' - Esfuerzos Efectivos	37998	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	143198	kPa
Sc' - Presión de Celda Efectiva	35559	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36052	kPa

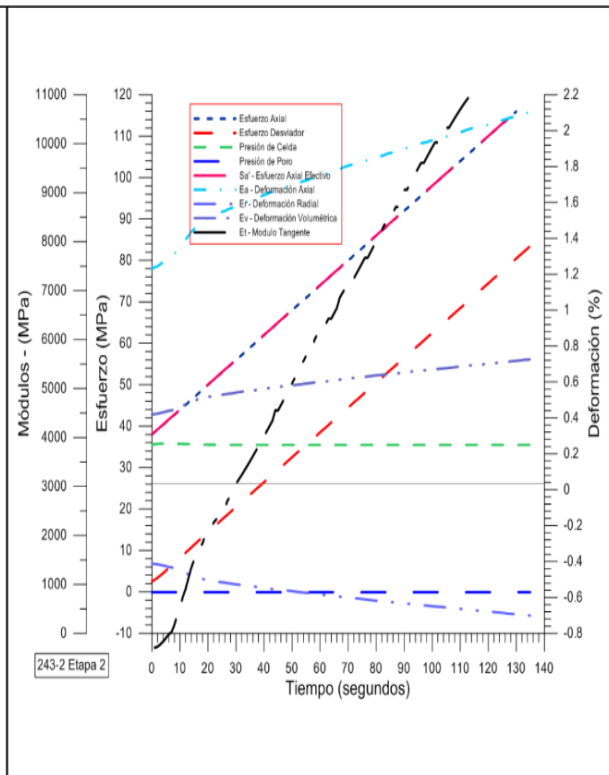
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO</b> <b>CARACAS - GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 3 de 4</b>
	C. OLIVEROS		29/01/2014	<b>Espécimen: 243</b>

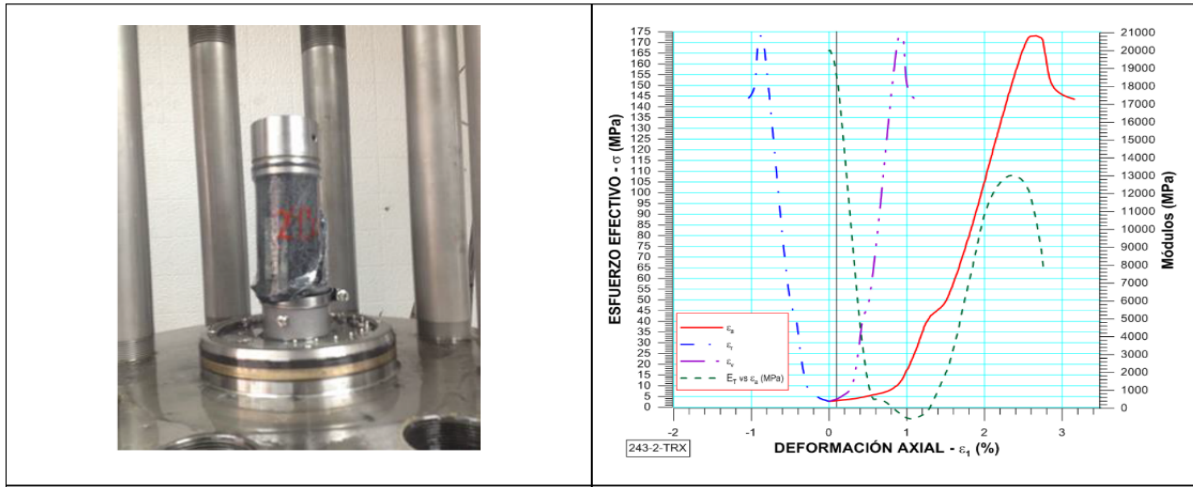


Desarrollo del ensayo Etapa 1

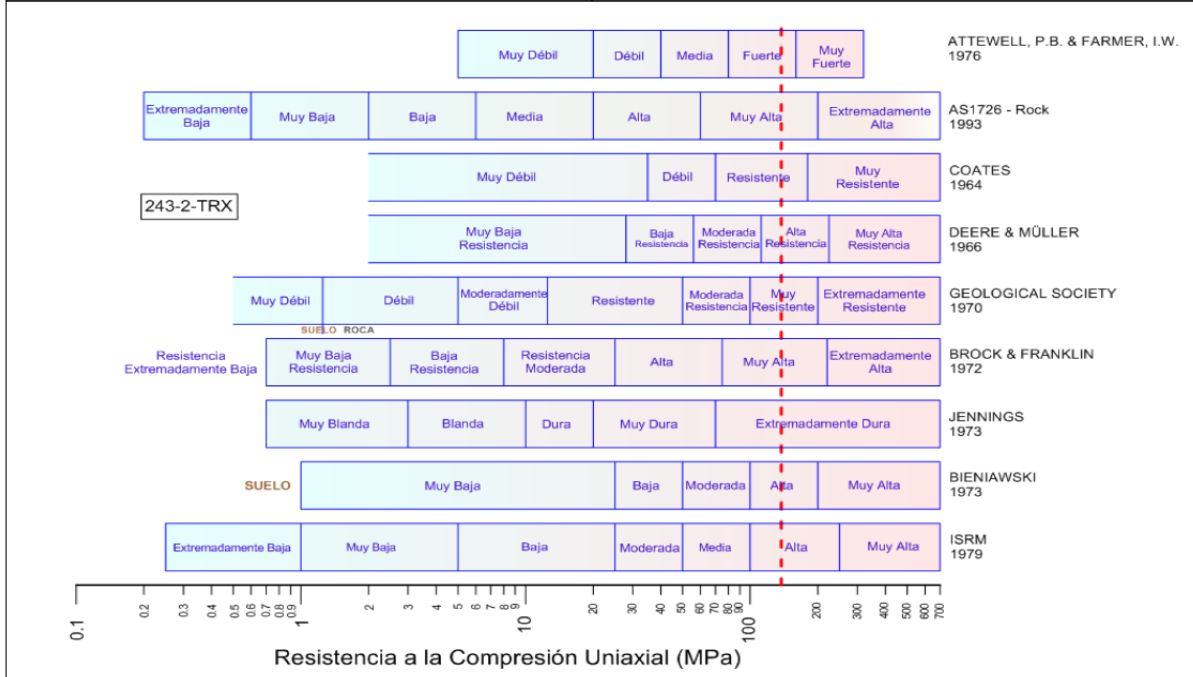


Desarrollo del ensayo Etapa 2

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENES – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS		29/01/2014	Espécimen: 243



Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo:	10699	MPa
<b>Condición final del Espécimen</b>	<b>Parámetros vs. Deformación Axial</b>	



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

## 4.4.2.1. Resultados del Ensayo compresión Triaxial

Tabla 4.4.2. Resultados del ensayo Triaxial.

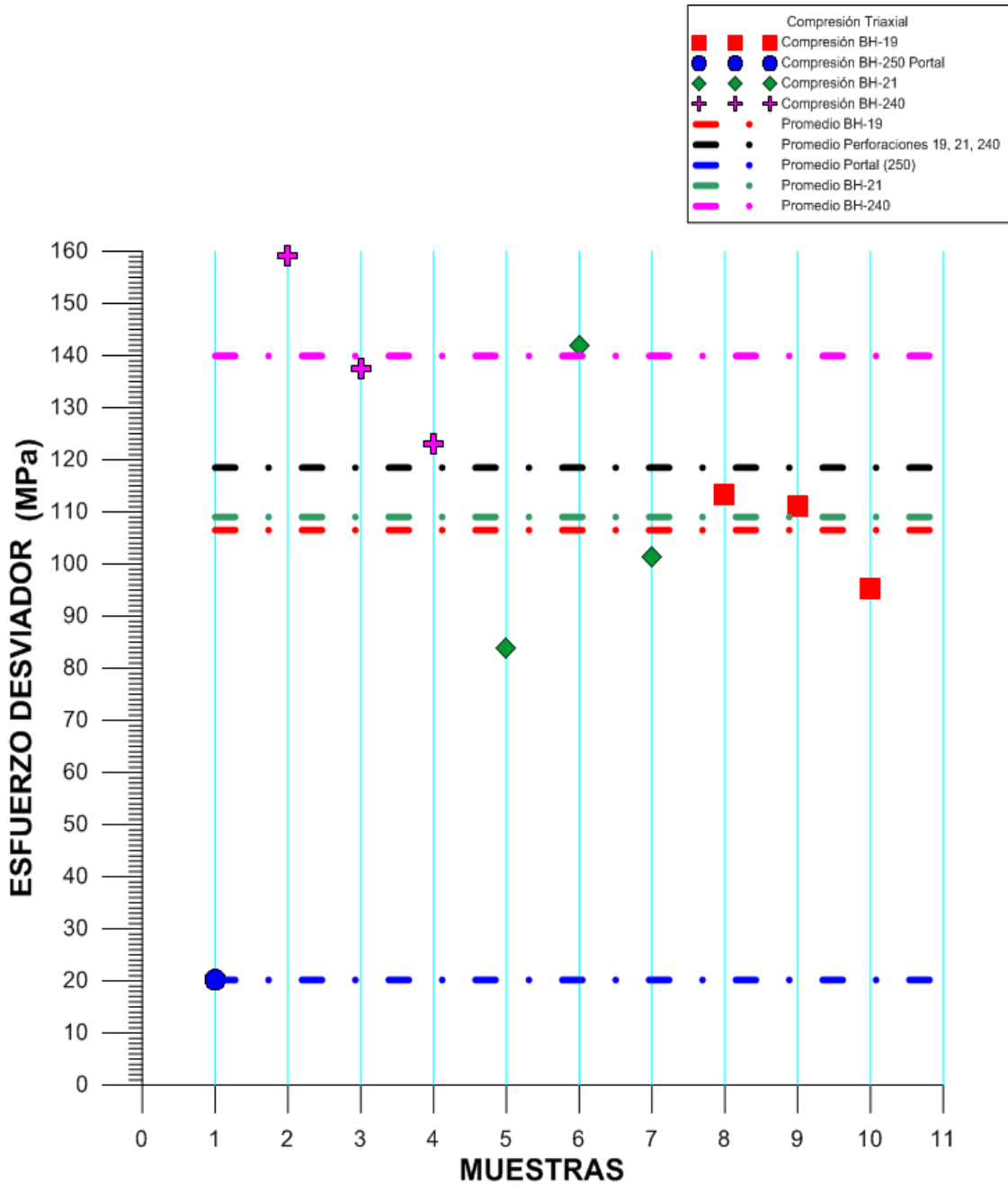
Perforación	Ensayo de Compresión Triaxial				
	# Muestras	Esfuerzo Desviador Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Sigma 3 (Mpa)	Sigma 1 (Mpa)
BH-250	509-1	20,19	3,504	6.293	26.46
BH-240	237-2	159.26	2,355	36.38	195.64
BH-240	243-2	137.52	2,64	35.63	173.15
BH-240	246-1	123.05	3,153	36.62	159.68
BH-21	14-2	89.86	1,697	31.5	121.42
BH-21	11-1	142.10	1,616	31.57	173.63
BH-21	10-2	101.48	2,72	31.70	133.18
BH-19	29-1	95.13	2,273	23.2	118.34
BH-19	24-2	111.06	1,36	23.04	134.1
BH-19	19-1	113.33	1,392	23.12	136.46

Tabla 4.4.2B. Resistencia Promedio de Ensayos Triaxial

Ensayo de Compresión Triaxial					
Perforación	Esfuerzo Desviador Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Sigma 3	Sigma 1	Dev. Estándar E.D.P
BH-250	20,19	3,504	6.293	26.46	-
BH-240	139,94	2,71	36.21	176,16	18,22
BH-21	111,15	2,00	31,59	142,74	27,42
BH-19	106,5	1,67	23.12	129,63	9,91

La tabla 4.4.2B Presenta un promedio de los valores de esfuerzo desviador y deformación axial pico, de cada perforación con sus respectiva desviación estándar





**Grafica 4.4.2. Resultado General los Ensayos de Triaxial (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21**

El grafico de los ensayos de Compresión Triaxial (muestra vs esfuerzo Desviador), denota las diferentes líneas de promedio del esfuerzo desviador que resulta de las diversas perforaciones del Metro Petare-Guarenas-Guatire en estudio.



La perforación de BH- 240 se encuentra a una profundidad entre 187-189m, la cual posterior a los ensayos arrojó como resultado de resistencia al esfuerzo desviador 141,79MPa lo que indica que se está en presencia de una roca muy resistente, catalogada en la clasificación ISMR Y BIENAWSKI como una roca de alta competencia, se presume que la roca posee estas características debido a su composición mineral, fases de deformación, poca afectación de agentes exógenos y gran profundidad.

Las perforaciones BH-19 y BH-21 se comportan de manera similar con una variación entre de ellas de 3 MPa de esfuerzo desviador, aunque estas perforaciones estén a distintas profundidades litológicamente son muy parecidas, la BH-21 por tener mayor profundidad posee mayor resistencia al esfuerzo desviador, con diferencias muy mínima referente a la BH-19, como se evidencia en la gráfica antes presentada.

La perforación BH-250 presenta una resistencia al esfuerzo desviador 20,6 MPa lo cual es muy bajo, esto se debe, a que esta perforación se encuentra en un nivel más somero, donde está expuesta a los agentes exógenos de forma más directa, presentándose fuertemente meteorizada y alterada.

La franja promedio del esfuerzo desviador se encuentra en 118,49 MPa, indicando que a pesar que la roca está compuesta por minerales fácilmente alterables, puede ser catalogada como de alta resistencia, pero siempre hay que tener en cuenta que es una roca metamórfica con planos de debilidad.

4.4.3. Ensayos de Compresión Uniaxial

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 003-1

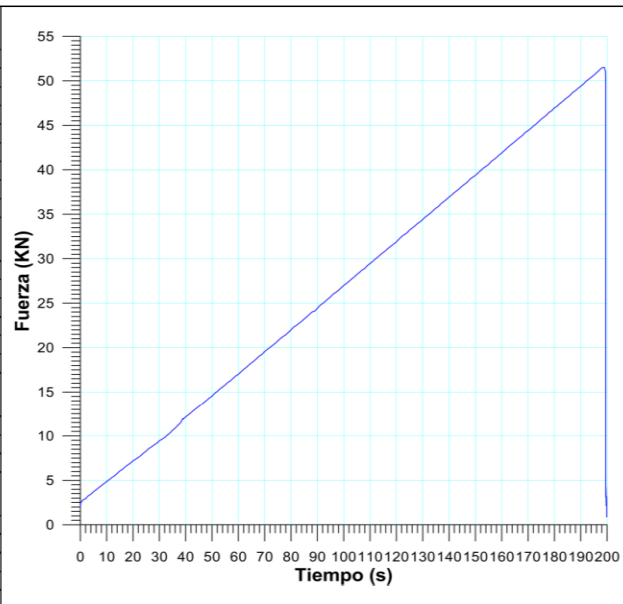
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures


DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	003-1
Perforación:	BH-19 –BOX 17 (102-105 m)0 cm
Profundidad:	102.00 m
Peso	467.80 gr
Altura (L)	96.40 mm
Diámetro (D)	47.70 mm
L/D	2.02 -
Área	17.87 cm <sup>2</sup>
Volumen	172.27 cm <sup>3</sup>
Densidad	2.72 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_2$ (calculado)	276.99 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	27.70 MPa
Duración:	199.853 seg seg
Coordenadas de la perforación	N E

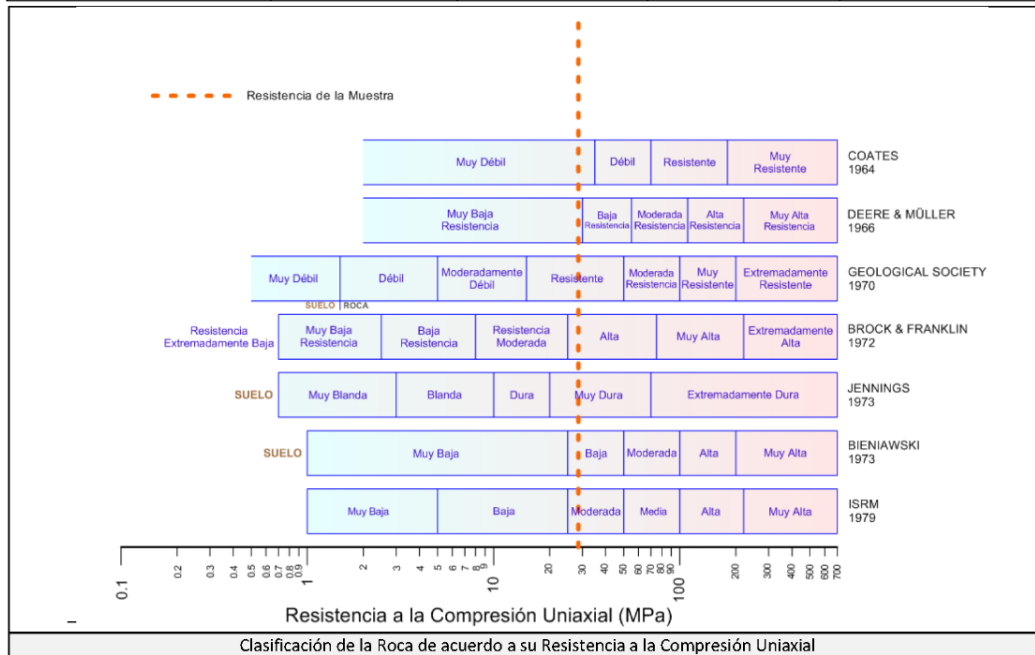


INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA	
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress
Tipo	Incremental
Esfuerzo de Asiento	1 MPa
Valor Inicial	Relativo
Velocidad de Carga:	30 MPa/min
Carga Máxima permitida	150 MPa
Presión de Celda	- MPa
Presión de poros	- MPa
Medición de las deformaciones	En el actuador
ETAPA FINAL	
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	$\leq$ 2.0 %
Tiempo Máximo del Ensayo	- min
Carga Máxima del Ensayo	- kN
Pico Reverso	Variable de Control AI-1: Axial Load
	Valor Reverso: 20 kN
	Umbral 2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:	
Incremento de Tiempo	0.3 seg
Level Crossing	Entrada de Control AI-1: Carga Axial
	Sensitividad 1 kN
OTRAS VARIABLES	
Tipo	Drenada
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar
Condición de la muestra	-
Medición de las deformaciones	Actuador Axial



 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 3 de 3</b>
	C. OLIVEROS		06/09/2013	<b>Espécimen: 003-1</b>



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

## 4.4.3.1 Resultados del Ensayo Compresión Uniaxial

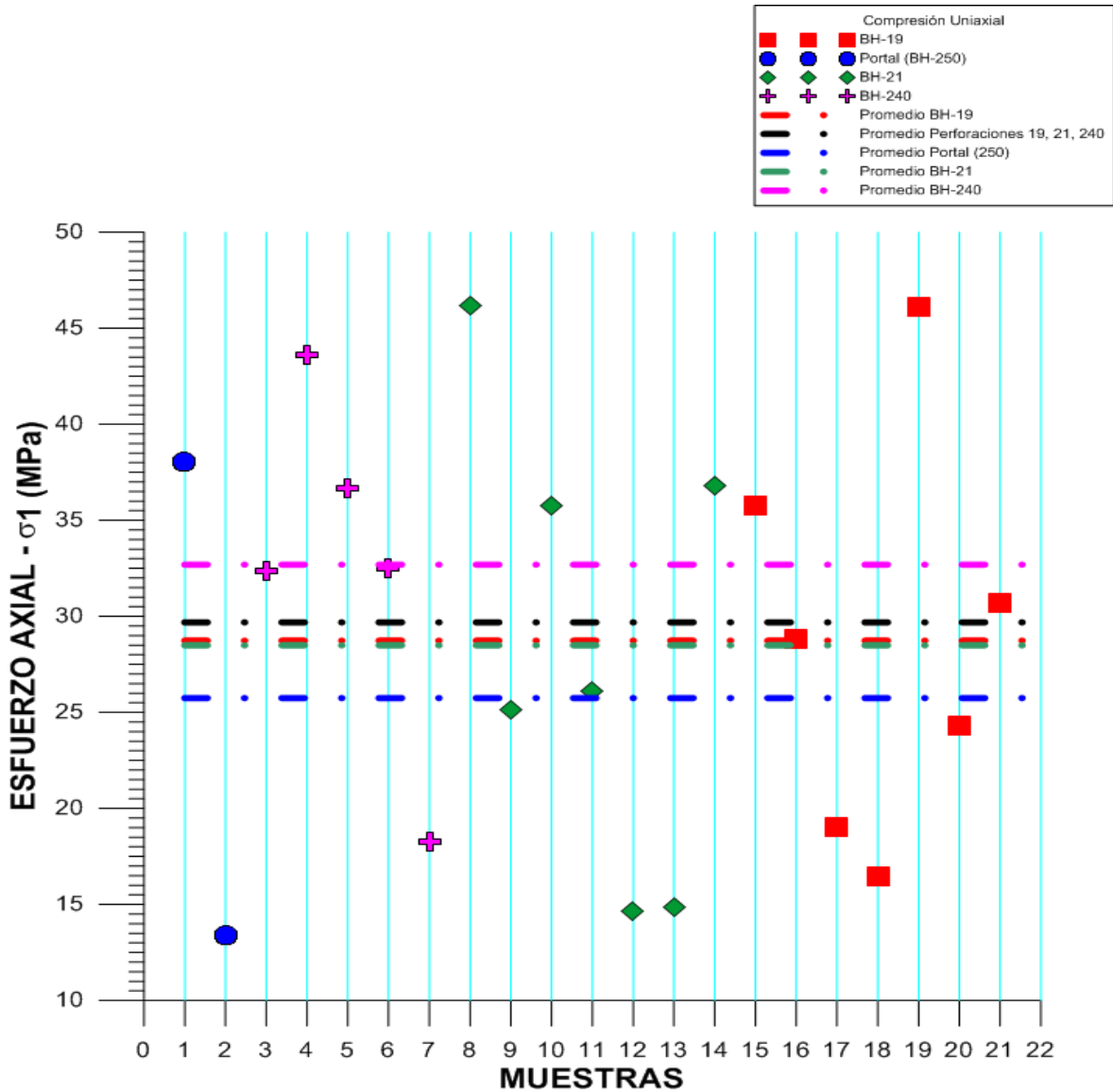
Tabla 4.4.3. Resultados del Ensayo de Compresión Uniaxial.

Ensayo de Compresión Uniaxial					
Perforación	N° de Muestra	Esfuerzo Axial Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Módulo de Elasticidad Tangente (50%) GPa	Módulo de Elasticidad Secante (50%) GPa
BH-250	501	38.06	0.80	5.75	4.18
BH-250	511	13.42	0.67	12.40	2.61
BH-240	214-1	32.36	0.44	13.83	6.85
BH-240	240-1	43.62	0.46	15.34	8.91
BH-240	240-2	36.69	0.45	16.24	8.75
BH-240	240-4	32.51	0.40	15.77	7,92
BH-240	246-2	18.28	0.36	16.05	5.16
BH-21	4-2b	46.15	1.27	3.10	2.38
BH-21	6-1	25.10	1.82	1.24	0.90
BH-21	8-2	35.74	1.36	1.68	1.61
BH-21	13-1	26.11	1.49	0.79	1.06
BH-21	14-1	14.67	1.56	0.30	0.69
BH-21	15-1	14.87	1.96	0.36	0.65
BH-21	32-1	36.8	1.63	1.89	1.41
BH-19	1-1	35.76	1.50	1.60	1.46
BH-19	3-1	28.82	0.44	2.86	1.66
BH-19	21-1	19.04	1.87	0.43	0.64
BH-19	22-1	16.46	1.73	0.45	0.67
BH-19	23-1	46.08	1.22	2.58	2.44
BH-19	24-3	24.29	1.50	0.93	1.07
BH-19	25	30.69	1.46	1.49	1.35

Tabla 4.4.3B. Resistencia Promedio de Ensayos Compresión Simple

Perforación	Esfuerzo Axial Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Módulo de Elasticidad Tangente (50%) GPa	Módulo de Elasticidad Secante (50%) GPa	Desv estándar E.A.P.
BH-250	25,74	0,73	9,07	3,39	17,42
BH-240	32,69	0,42	15,44	7,51	9,26
BH-21	28,49	1,58	1,33	1,24	11,74
BH-19	28,73	1,38	1,53	1,32	10,15

La tabla 4.4.3B Muestra los valores promedio y la desviación estándar de los resultados arrojados por los ensayos de compresión simple de forma resumida.



**Grafica 4.4.3. Resultado General los Ensayos de Compresión Uniaxial (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21**

El grafico 4.4.3. Compresión Uniaxial (muestra vs esfuerzo axial), denota las diferentes líneas de tendencia promedio del esfuerzo axial que resulta de las diversas perforaciones del Metro Petare-Guarenas-Guatire en estudio.

La Perforación BH-240 indica una mayor resistencia a la compresión con un esfuerzo axial promedio de 32,69 MPa, esta se encuentra a una profundidad que oscila entre 187-189 m, la dispersión de sus datos se asocia a sus discontinuidades, planos de debilidades, composición



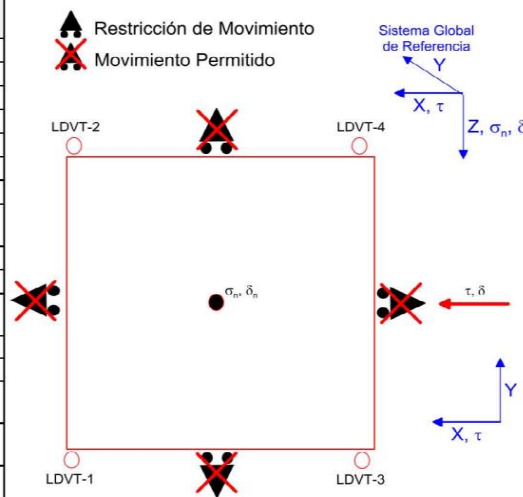
mineralógica, fases de plegamiento, y la intervención de agentes exógenos. Por su parte, las perforaciones BH-19 y BH-21 poseen un comportamiento similar ya que presentan un esfuerzo axial de 28,73 MPa y 28,49 MPa respectivamente, esto se puede asociar a que dichas perforaciones se encuentran más cercanas a Petare donde la litología previamente estudiada indica que se está en presencia de rocas más competentes y menos afectadas por la meteorización, obteniendo características mineralógicas parecidas a diferentes profundidades.

Por último la perforación BH-250 posee menor resistencia a la compresión y el promedio de esfuerzo axial es de 25,74 MPa, esta se encuentra ubicada en las cercanías de la ciudad Guarenas, a profundidades de 17,5-35 m siendo el portal por donde accederá la TBM, presentándose en ese sector los agentes exógenos con mayor grado de influencia incrementando la meteorización y alteración de la roca como se observan en los núcleos de perforación.

Cabe destacar que las líneas de promedio general se ubican entre un patrón de 25 a 33 MPa lo que indican que la variabilidad de esfuerzo axial no es tan marcada en el trayecto que cubrirá la TBM.



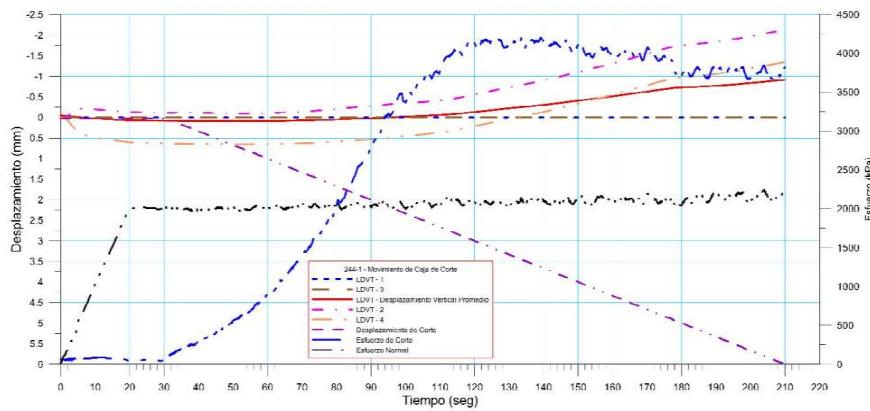
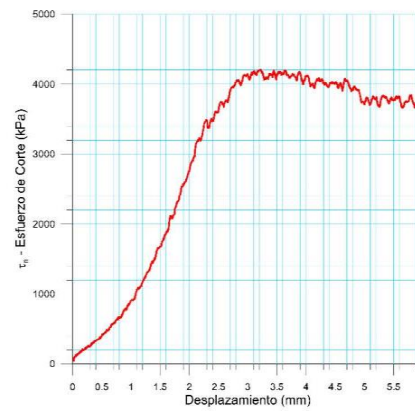
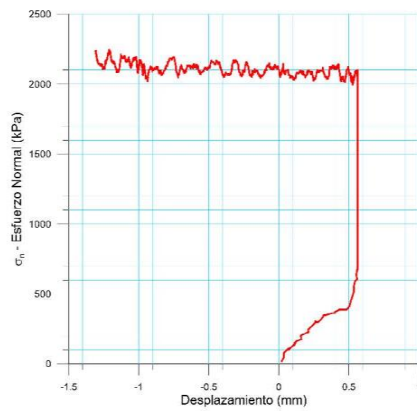
4.4.4. Ensayos de Corte Directo

 RIF: J-00363691-6		LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7		
		SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)					
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 6			
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244			
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining Shear Strength (1975)					
	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	Metro Petare-Guarenas-Guatire						
Espécimen	244						
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente						
Coordenadas de la muestra	-						
Perforación	BH 240- BOX 25 (189-190 m) 12cm						
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquisto Cuarzo-Grafitosos						
Formación Geológica	Esquisto De Las Mercedes						
Tipo de Roca	Media -						
Inclinación de la Discontinuidad	Circular					Referido al eje vertical de la caja	
Tipo de Espécimen	Cilíndrico					Altura	41 mm
						Diámetro	48 mm
						Angulo de inclinación con la vertical:	90°
Dirección de Esfuerzo de Corte	Circular	-					
Área Inicial	18,10	cm²					
Grados de libertad de la Caja de Corte	Todos		GRADOS DE LIBERTAD DEL ENSAYO				
PROGRAMA DE CARGA							
Etapa 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL $\sigma_n$			Etapa 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE $\tau_n$				
Actuador de Corte			Actuador de Corte				
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte		Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte			
Modo	Constante		Modo	Incremental			
Valor Constante	Relativo		Valor Inicial	0 mm			
Actuador Normal			Velocidad de Desplazamiento				
Retroalimentación	TI-2: $\sigma_n$ – Esfuerzo Normal		Valor Final	6 mm			
Modo	Incremental		Actuador Normal				
Valor Inicial	0 kPa		Retroalimentación	AI-1: Carga Normal			
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados		Modo	Constante			
Valor Final	kPa		Valor Constante	Relativo			
Adquisición de Datos			Adquisición de Datos				
Incrementos de Tiempo	0.5 segundo		Incrementos de Tiempo	0.2 segundo			
Nivel de Cruce	Seleccionado		Nivel de Cruce	Seleccionado			
Picos/valles	Seleccionado		Picos/valles	Seleccionado			
Entrada Maestra	AI-2: Desplazamiento del actuador normal		Entrada Maestra	AI-4: Desplazamiento de corte			
Sensitividad	0.05 mm		Sensitividad	0.05 mm			
Tiempo Máximo de Ejecución	0.5 minutos		Tiempo Máximo de Ejecución	5 minutos			
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección		Corrección del área para la Deformación por Corte	con corrección			

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244

Resultados

Punto 1	Velocidad de Carga – $\sigma_n$ 100 kPa/segundo		Valor Final – $\sigma_n$ 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	91.17	35.45	4224.86	3818.84	kPa
Tiempo	6.8497	30.0002	126.0920	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0220	0.0170	3.2020	5.9970	mm
Deformación Normal	0.0070	0.0810	-0.1872	-0.9153	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	8.43	1998.71	2109.52	2236.10	kPa



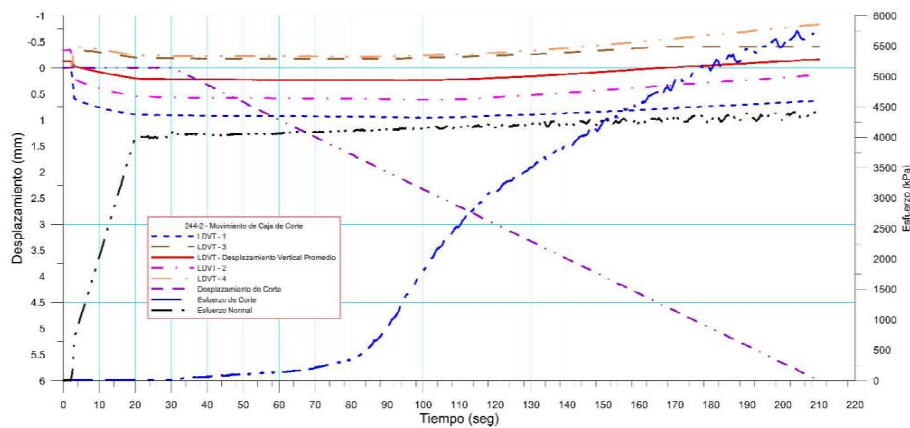
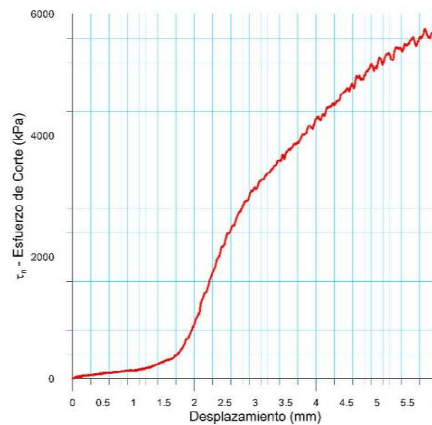
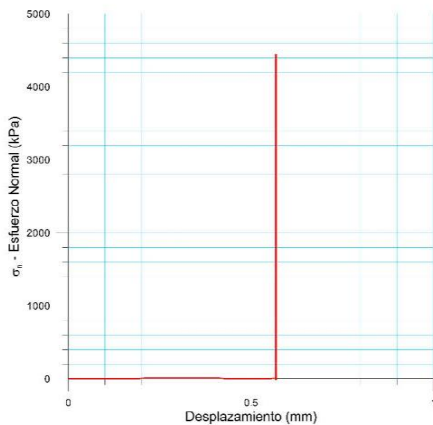
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244

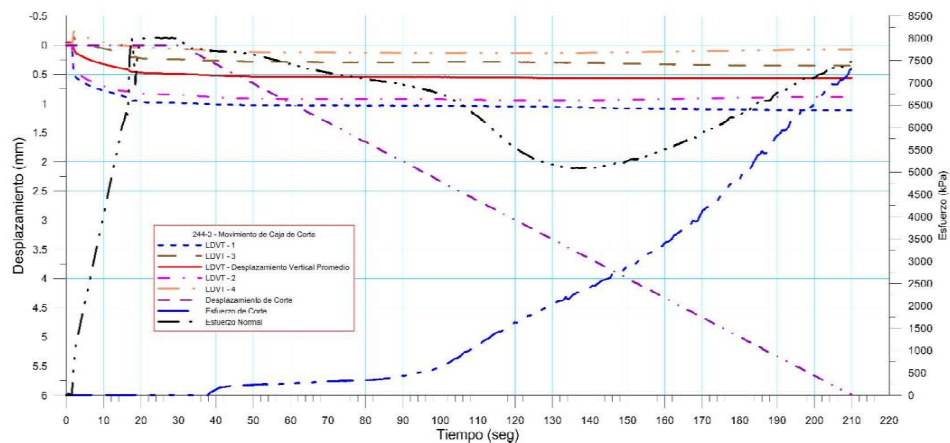
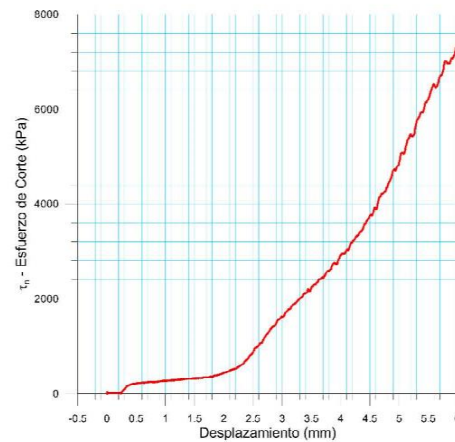
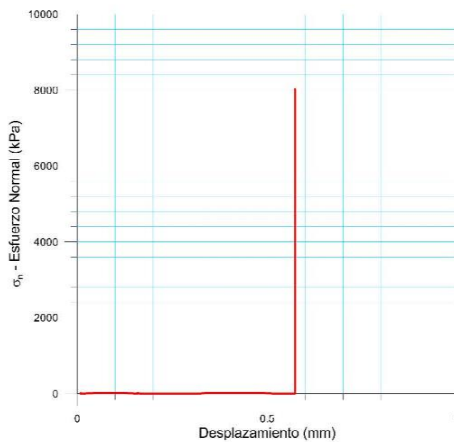
Punto 2	Velocidad de Carga – $\sigma_n$ 200 kPa/segundo	Valor Final – $\sigma_n$ 4000 kPa			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	10.13	-91.17	5830.36	5813.65	kPa
Tiempo	0.0015	30.0002	210.0010	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0020	-0.0030	5.9950	5.9940	mm
Deformación Normal	-0.1324	0.2129	-0.1685	-0.1690	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	8.43	4005.85	4435.29	4425.99	kPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244

Punto 3	Velocidad de Carga – $\sigma_n$ 400 kPa/segundo	Valor Final – $\sigma_n$ 8000 kPa			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	25.33	-1002.87	7311.27	7305.74	kPa
Tiempo	0.3840	30.0002	209.9930	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0030	0.0000	5.9940	5.9940	mm
Deformación Normal	-0.0467	0.4894	0.5614	0.5603	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	8.43	7995.02	7480.93	7480.93	kPa

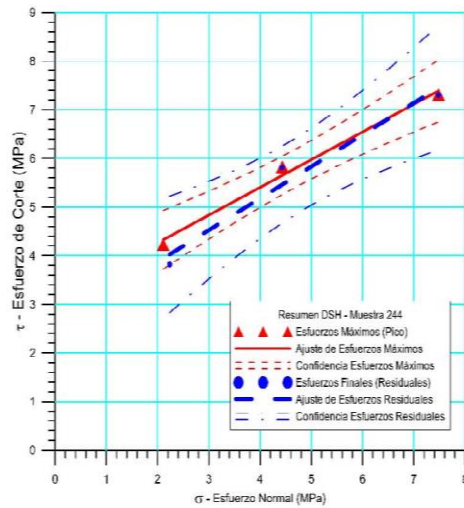


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>lgo Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 5 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Especimen: 244</b>

**Resumen de los Resultados**

Datos del Especimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)
<b>1</b>	2.10952	4.22486	2.23610	3.81884
<b>2</b>	4.43529	5.83036	4.42599	5.81365
<b>3</b>	7.48093	7.31127	7.48093	7.30574



Resultados de las curvas de ajuste		
VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$t = 0.57015 * s + 3.12$	$t = 0.65363 * s + 2.56$
Cohesión (c) (MPa)	3.12	2.56
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ), (grados)	29.69	33.17
Número de puntos	3	3
Promedio Esfuerzo Normal ( $\sigma_n$ )	4.6752	4.7143
Promedio Esfuerzo de Corte ( $\tau$ )	5.7888	5.6461
Suma de los residuos cuadrados	0.0480	0.1919
Regresión Suma de los residuos cuadrados	4.7176	5.9295
Coefficiente de Determinación ( $R^2$ )	0.9899	0.9687

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 6 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244
INICIAL				
				
244-L		244-U		
FINAL - CAJA INFERIOR		FINAL - CAJA SUPERIOR		

*Ciudad Universitaria de Caracas - Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 - Fax +58 (212) 605.3172 - RIF: G-20000062-7


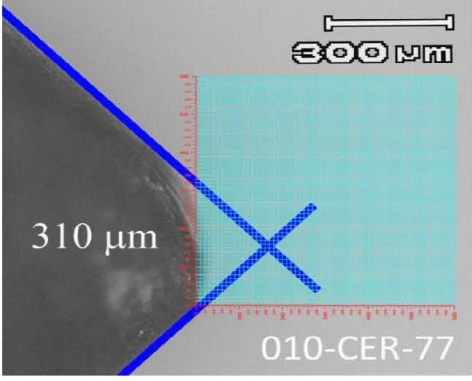
## 4.4.4.1 Resultados del Ensayo Corte directo

Tabla 4.4.4. Resultados Corte Directo

Ensayo de Corte Directo								
Perforación	Nº de Muestra	Etapas	$\sigma_n$	$\tau$	Sigma 3 MPa	Sigma 1 MPa	Cohesión MPa	Angulo de fricción
BH-240	222	1	2.22	5.13	-2.90	7.35	5.14	4.67°
		2	4.41	5.79	-1.37	10.20		
		3	8.74	5.75	2.98	14.50		
BH-240	244	1	2.10	4.22	-2.11	6.33	3.12	29.69°
		2	4.43	5.83	-1.39	10.26		
		3	7.48	7.31	0.16	14.79		
BH-250	506	1	2.16	1.19	0.96	3.66	0.86	9.97°
		2	2.14	1.28	0.86	3.42		
		3	4.28	1.61	2.66	5.75		
		4	8.54	2.21	6.33	10.7		

## 4.4.6 Ensayo de abrasividad método (Cerchar)

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 10

NORMAS UTILIZADAS	ISRM ASTM	ND D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	10	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-21-BOX-31 (163-166 m) 143 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	164.43 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
<b>DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR</b>		<b>Muestra después del ensayo</b>
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
$310 \mu\text{m} = \text{Valor CAI determinado } 3.10$		
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Punta de Acero después del ensayo

## CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Véase los demás reportes en el apéndice.



## 4.5. Comparación de índice de abrasividad de los métodos Schimazek y Cerchar

### 4.5.1. Método de Schimazek

Tabla 4.5.1. Resultados de abrasividad obtenidos por el método Schimazek

Perforaciones	Q (%)	d50%(mm)	$\sigma T(N/mm^2)$	F(N/mm)	F (kp/cm)	Rozabilidad
BH-19	26.42	0.40	8.94	0.94	0.96	Muy mala
BH-21	42.02	0.15	8.39	0.53	0.54	Regular
BH-240	36.78	0.18	6.31	0.41	0.42	Moderada
BH-250	34.00	0.20	2.88	0.20	0.20	Muy buena

Contenido de cuarzo equivalente (Q)
Diámetro medio de cuarzo (d50%)
Resistencia tracción ( $\sigma T$ )
Coefficiente de abrasividad (F)

Abrasividad F (kp/cm)	Clasificación
0.2-0.3	Muy buena
0.3-0.4	Buena
0.4-0.5	Moderada
0.5-0.6	Regular
0.6-0.8	Mala
0.8-1.0	Muy mala

## 4.5.2. Método Cerchar

Tabla 4.5.2. Resultados de abrasividad obtenidos por el método Cerchar

<b>Abrasividad Método CERCHAR</b>			
<b>Perforación</b>	<b># de Muestra</b>	<b>Índice de Abrasividad</b>	<b>Abrasividad</b>
BH-250	511	2.10	Alta
BH-250	508	4.50	Extremada
BH-250	507	2.90	Alta
BH-240	246-1	1.10	Media
BH-240	243-2	3.20	Alta
BH-240	237-2	2.40	Alta
BH-21	10	3.10	Alta
BH-21	11-1	2.60	Alta
BH-21	12	3.40	Alta
BH-19	19	3.00	Alta
BH-19	24	3.10	Alta
BH-19	29	3.40	Alta
<b>PROMEDIO</b>		<b>2.90</b>	<b>Alta</b>

Tabla 4.5.3. Criterio de abrasividad para el método Cerchar

<b>CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR</b>	
<b>ABRASIVIDAD</b>	<b>CAI</b>
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

### 4.5.3. Comparación entre los Métodos de Schimazek y Cerchar

Las perforaciones BH-19, BH-21, BH-240 poseen valores similares de abrasividad y rozabilidad en ambos métodos, debido a que sus características geológicas son similares y prácticamente no han sido expuestas a los agentes exógenos en el lineamiento del túnel, cabe destacar que la rozabilidad es inversamente proporcional a la abrasividad y esto se evidencia en ambos cuadros de resultados.

Sin embargo en la perforación BH-250 tiene una rozabilidad muy buena según el método Schimazek, es decir una baja abrasividad que no es correspondiente con la abrasividad arrojada por el método Cerchar.

La divergencia de ambos métodos está asociada a la meteorización ejercida por los agentes exógenos, causando una baja resistencia a la tracción de 2.6 MPa en promedio sobre la perforación BH-250, que al ser tan baja produce cambios notorios en este índice de rozabilidad.

Por lo tanto en rocas intactas como las perforaciones BH-19, BH21, Y BH240 se recomienda utilizar el método cerchar por su rapidez y efectividad pero en rocas altamente descompuestas es mejor ir a método de Schimazek evalúa más a detalle los parámetros geológicos y su composición

### 4.6. MODELO GEOMECANICO

Los siguientes gráficos presentan las distintas curvas de ajuste generadas con los parámetros geomecánicos, características geológicas y tipo de excavación a ejecutar en el macizo rocoso, obtenidos mediante los ensayos de tracción indirecta, compresión uniaxial y compresión triaxial.

El reajuste de los valores de cohesión, ángulo de fricción y tracción indirecta permitió generar la mejor envolvente de falla, obteniendo datos representativos y parte del perfil geomecánico del lineamiento Metro Caracas- Guarenas-Guatire

#### 4.6.1. Ajuste Geomecánico BH-19

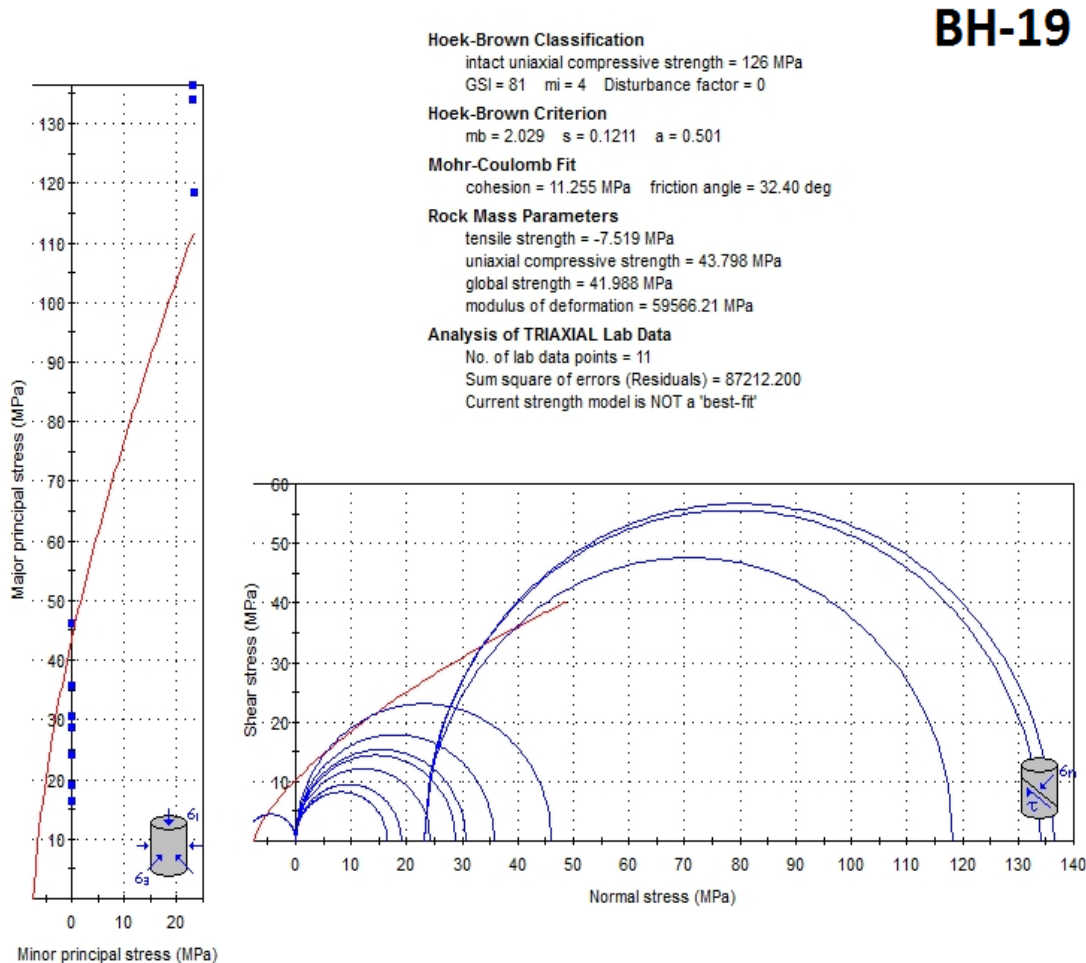


Figura 4.6.1. Ajuste Geomecánico BH-19

Tabla 4.6.1 Parámetros geomecánicos de la perforación BH-19

M. LABORATORIO	Parámetros		
	Perforación	Nomenclatura	BH-19
Profundidad (m)	P	(85.90-102.00)	
Porosidad n (%)	N	1.52	
Absorción A (%)	A	0.58	
P. Unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	ρh	2.64	
P. Unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	ρs	2.63	
MACIZO ROCOSO	Resistencia a la compresión (MPa)	σc	43.798
	Resistencia a la tracción (MPa)	σt	-7.519
	Cohesión (MPa)	C	11.255
	Angulo de fricción (deg)	Φ	32.40
	Abrasividad cerchar	-	Alta
	Resistencia I.S.M.R	-	Moderada
<b>Nombre</b>		Esquisto calcítico, cuarzo moscovítico, grafitoso	

4.6.2 Ajuste Geomecánico BH-21

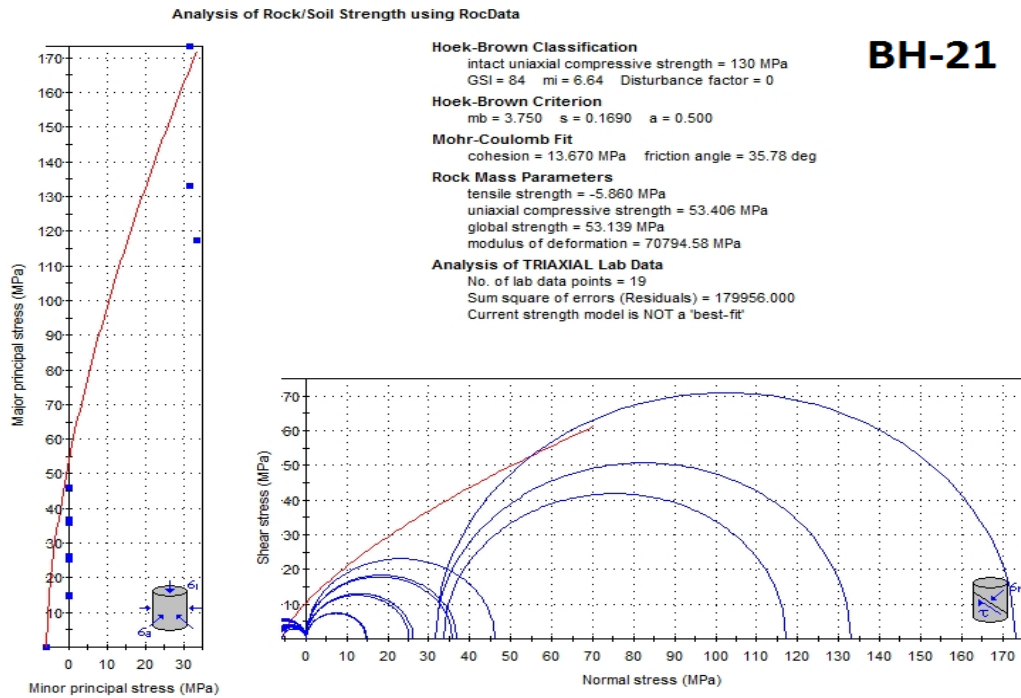


Figura 4.6.2. Ajuste Geomecánico BH-21

Tabla 4.6.2 Parámetros geomecánicos de la perforación BH-21

M. LABORATORIO	Parámetros		
	Perforación	Nomenclatura	BH-21
Profundidad (m)	P	(163.93-165.51)	
Porosidad (%)	N	1.63	
Absorción (%)	A	0.61	
P. Unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	ρh	2.71	
P. Unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	ρs	2.70	
MACIZO ROCOSO	Resistencia a la compresión (MPa)	σc	53.406
	Resistencia a la tracción (MPa)	σt	-5.86
	Cohesión (MPa)	C	13.670
	Angulo de fricción (deg)	Φ	35.78
	Abrasividad cerchar	-	Alta
	Resistencia I.S.M.R	-	Moderada
<b>Nombre</b>		Esquisto cuarzo, calcítico moscovítico, grafitoso	

4.6.3. Ajuste Geomecánico BH-240

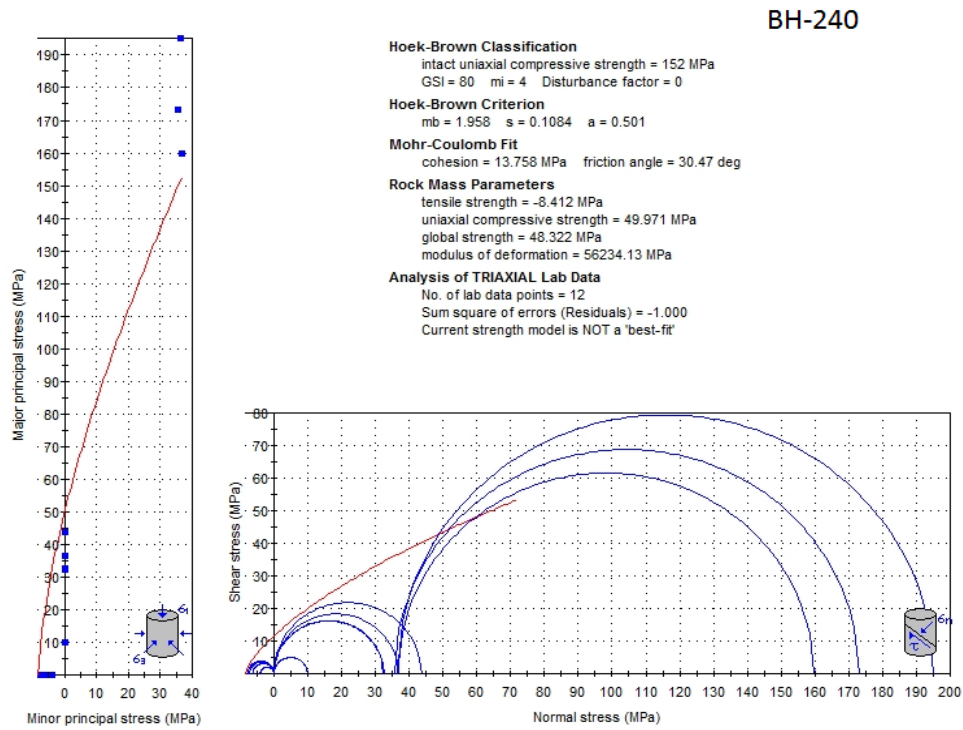


Figura 4.6.3. Ajuste Geomecánico BH-240

Tabla 4.6.3 Parámetros geomecánicos de la perforación BH-240

		Parámetros	
		Perforación	Nomenclatura
M. LABORATORIO		Perforación	BH-240
		Profundidad (m)	(185.34-189.31)
		Porosidad (%)	1.7
		Absorción (%)	0.64
		P. Unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	2.70
		P. Unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	2.68
MACIZO ROCOSO		Resistencia a la compresión (MPa)	49.971
		Resistencia a la Tracción (MPa)	-8.412
		Cohesión (MPa)	13.758
		Angulo de fricción (deg)	30.47
		Abrasividad cerchar	Alta
		Resistencia I.S.M.R	Moderada
<b>Nombre</b>		Esquisto cuarzo, calcítico grafitoso, moscovítico	

4.6.4. Ajuste Geomecánico BH-250

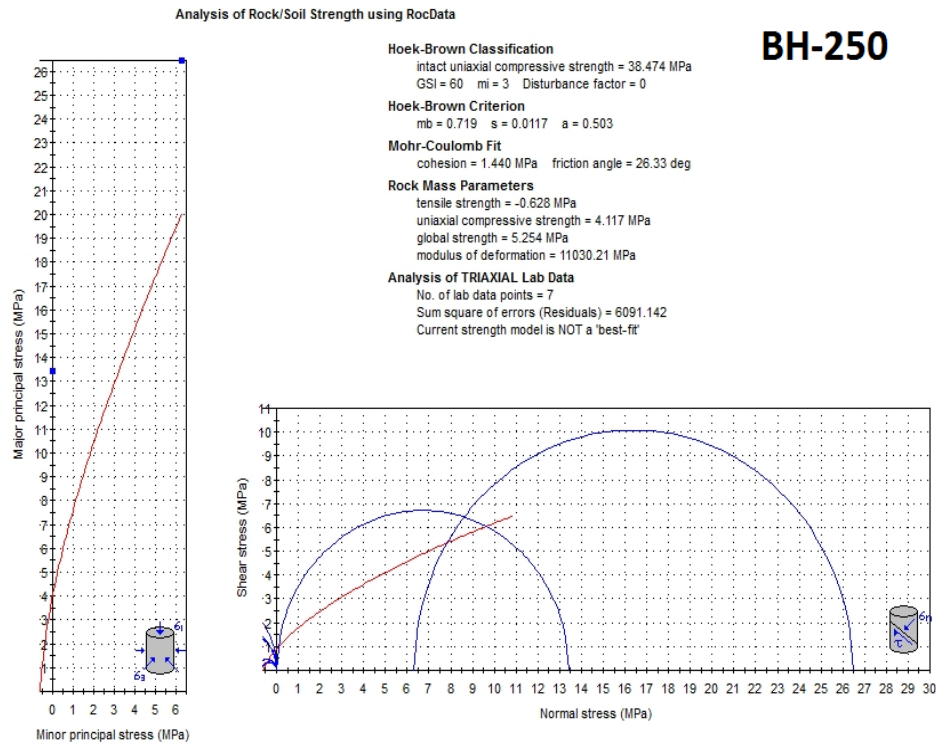


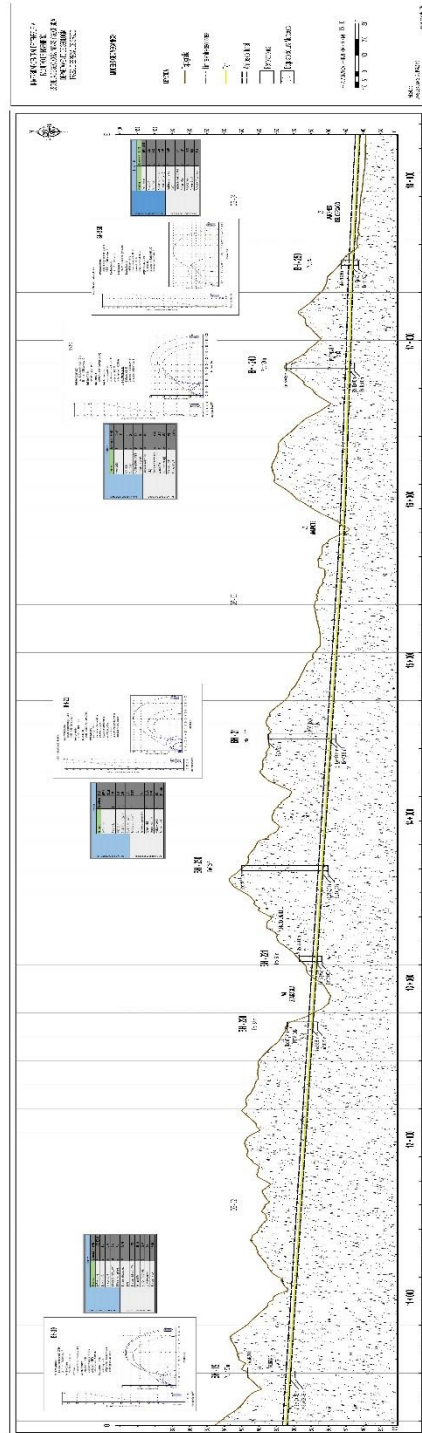
Figura 4.6.4. Ajuste Geomecánico BH-250

Tabla 4.6.4 Parámetros geomecánicos de la perforación BH-250

M. LABORATORIO	PARÁMETROS		
	Perforación	Nomenclatura	BH-250
	Profundidad (m)	P	(13.00-46.30)
	Porosidad (%)	N	2.56
	Absorción (%)	A	0.99
	P. Unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	Ph	2.59
	P. Unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	Ps	2.56
MACIZO ROCOSO	Resistencia a la compresión (MPa)	$\Sigma c$	4.117
	Resistencia a la tracción (MPa)	$\Sigma t$	-0.628
	Cohesión (MPa)	C	1.40
	Angulo de fricción (deg)	$\Phi$	26.33
	Resistencia I.S.M.R	-	Baja
	Abrasividad (M. Schimazek)	-	Baja
<b>Nombre</b>		Esquisto calcítico, cuarzo moscovítico, grafitoso	



4.6.5. Modelo Geomecánico General



Véase apéndice

## 4.7. MODELO DE ELEMENTOS FINITOS

A continuación se presentan la simulación de las etapas de excavación de los túneles gemelos del Metro Caracas- Guarenas- Guatire, dividida de la siguiente manera:

1. Etapa 1 Mallado y túneles gemelos sin excavar y excavado
2. Etapa 2 Mallado y Primer túnel sin excavar y excavado
3. Etapa 3 Mallado y Ambos túneles sin excavar y excavado

Donde se introdujeron los parámetros obtenidos de las distintas perforaciones (modulo secante, resistencia a la tracción, resistencia a la compresión, cohesión, ángulo de fricción, densidad, foliación aparente medida en núcleo, profundidad, tipo de roca, numero de litologías y las características de los túneles.

Las características de los túneles son las siguientes

- Diámetro 9 m
- Distancia entre ellos 9 m
- Distancia entre sus centros 18 m
- Carga litostática según su densidad y profundidad.
- Características geomecánicas y geológicas según su perforación

### BH-19

- N° de nodos en etapa n°1 (2146)
- N° de elementos etapa n°1 (3853)
- N° de nodos en etapa n°2 (1867)
- N° de elementos etapa n°2 (3297)
- N° de nodos en etapa n°3 (1573)
- N° de elementos etapa n°3 (2708)
- Tipo de elementos nodos triangulares

### BH-21

- N° de nodos en etapa n°1 (2407)
- N° de elementos etapa n°1 (4261)
- N° de nodos en etapa n°2 (2096)
- N° de elementos etapa n°2 (3668)

- N° de nodos en etapa n°3 (1756)
- N° de elementos etapa n°3 (3013)
- Tipo de elementos nodos triangulares

**BH-240**

- N° de nodos en etapa n°1 (2520)
- N° de elementos etapa n°1 (4411)
- N° de nodos en etapa n°2 (2221)
- N° de elementos etapa n°2 (3835)
- N° de nodos en etapa n°3 (1859)
- N° de elementos etapa n°3 (3132)
- Tipo de elementos nodos triangulares

**BH-250**

- N° de nodos en etapa n°1 (2216)
- N° de elementos etapa n°1 (3997)
- N° de nodos en etapa n°2 (1916)
- N° de elementos etapa n°2 (3407)
- N° de nodos en etapa n°3 (1592)
- N° de elementos etapa n°3 (2768)
- Tipo de elementos nodos triangulares

4.7.1. Análisis de elementos finitos BH-19 (Se modela con carga litostática)

Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)

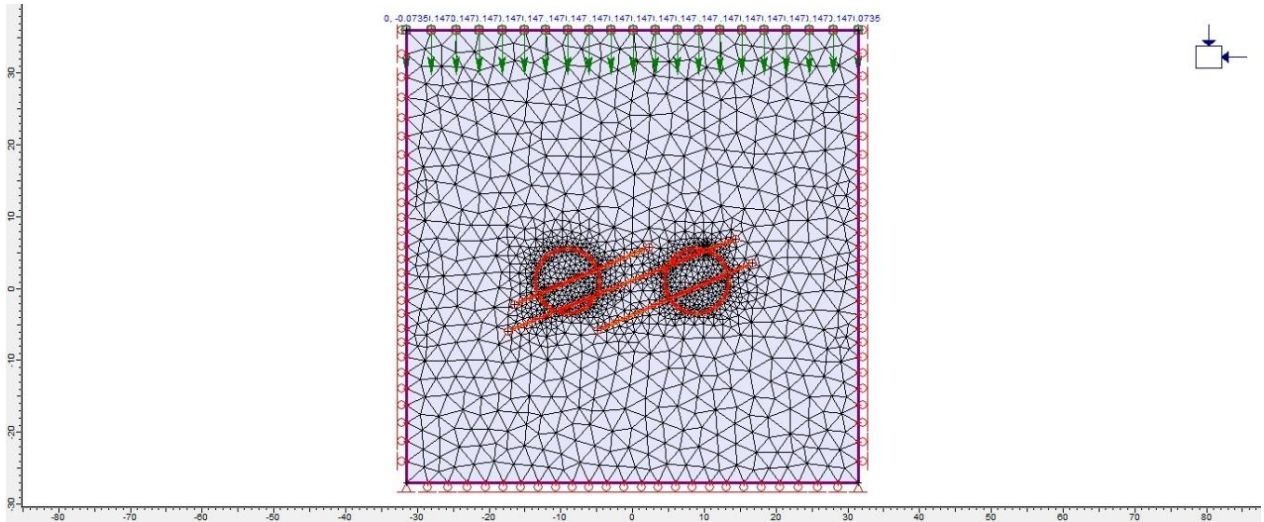


Figura 4.7.1. Etapa 1 BH-19 (S)

Etapa 1 Desplazamiento Vertical (Sin Excavar)

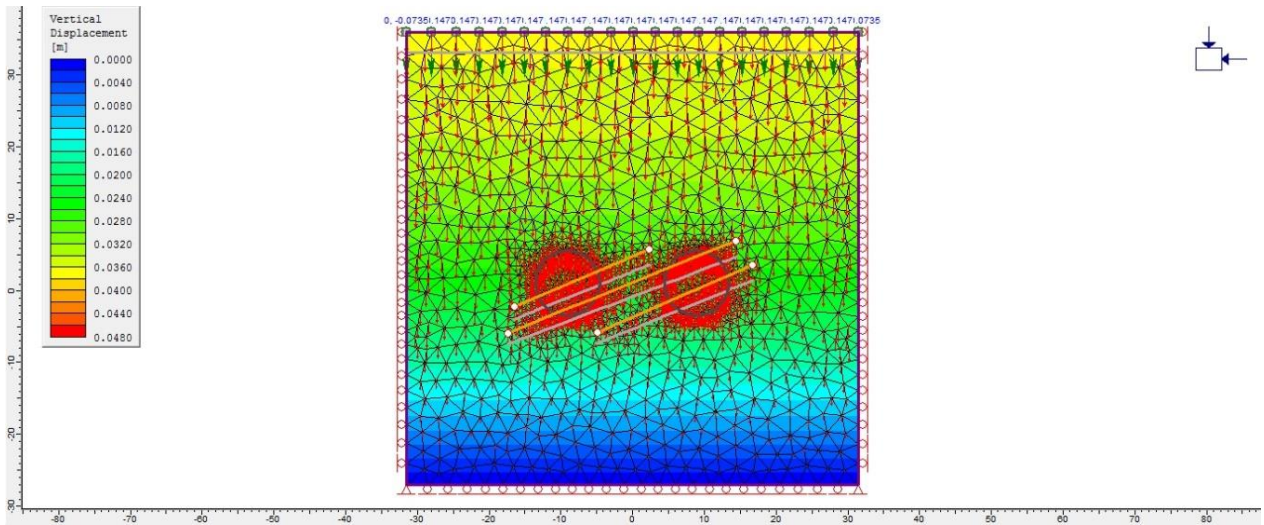


Figura 4.7.1. Etapa 1 BH-19 (E)

Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)

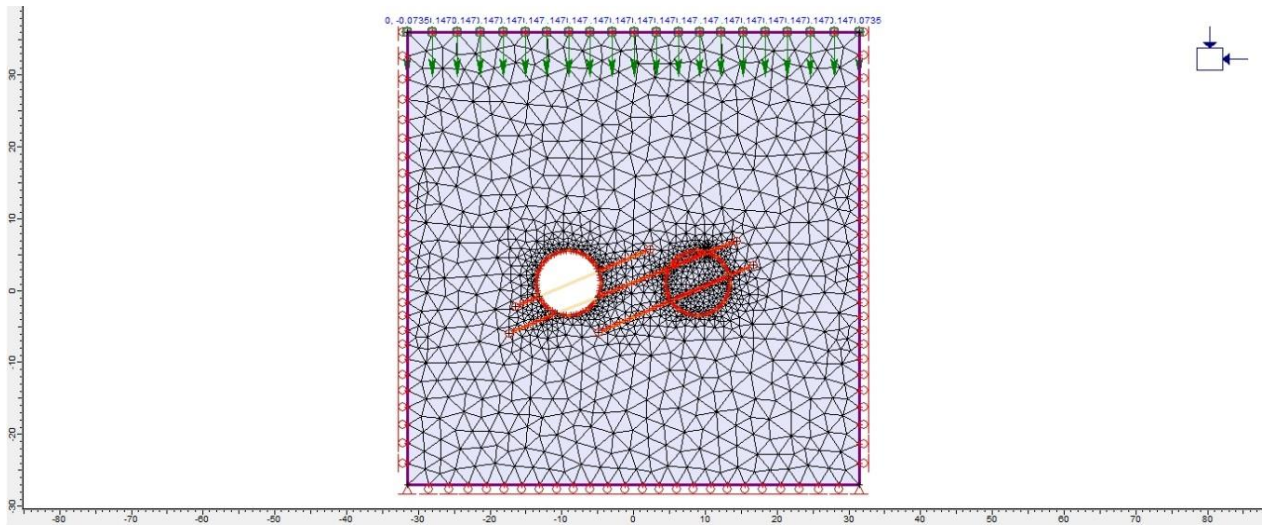


Figura 4.7.1. Etapa 2 BH-19 (S)

Etapa 2 Desplazamiento Vertical (Excavado)

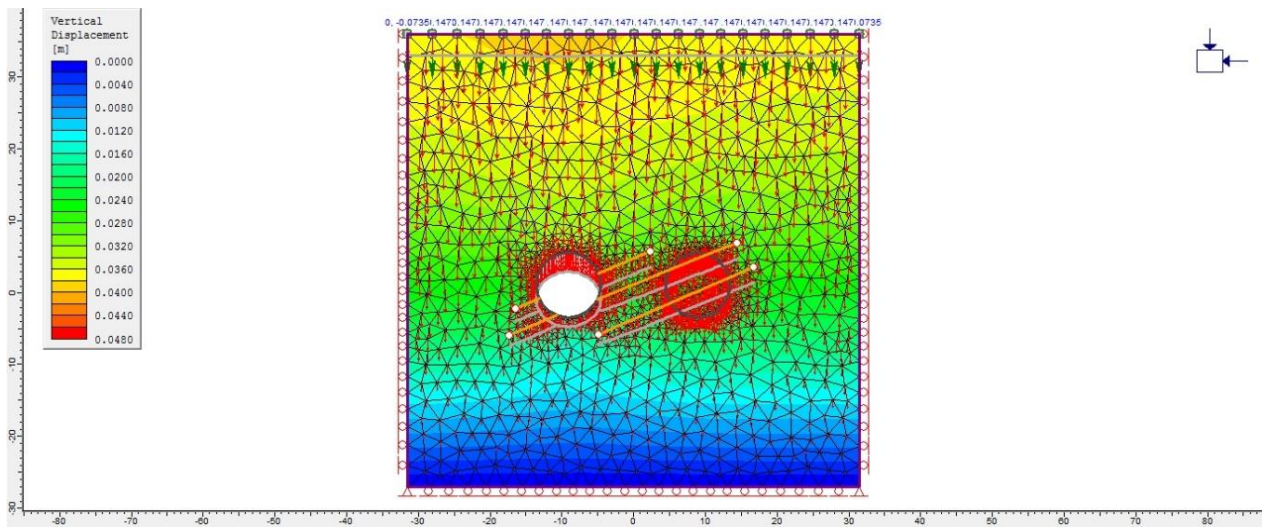


Figura 4.7.1. Etapa 2 BH-19 (E)

Etapa 3 Mallado y Ambos túneles (Excavados)

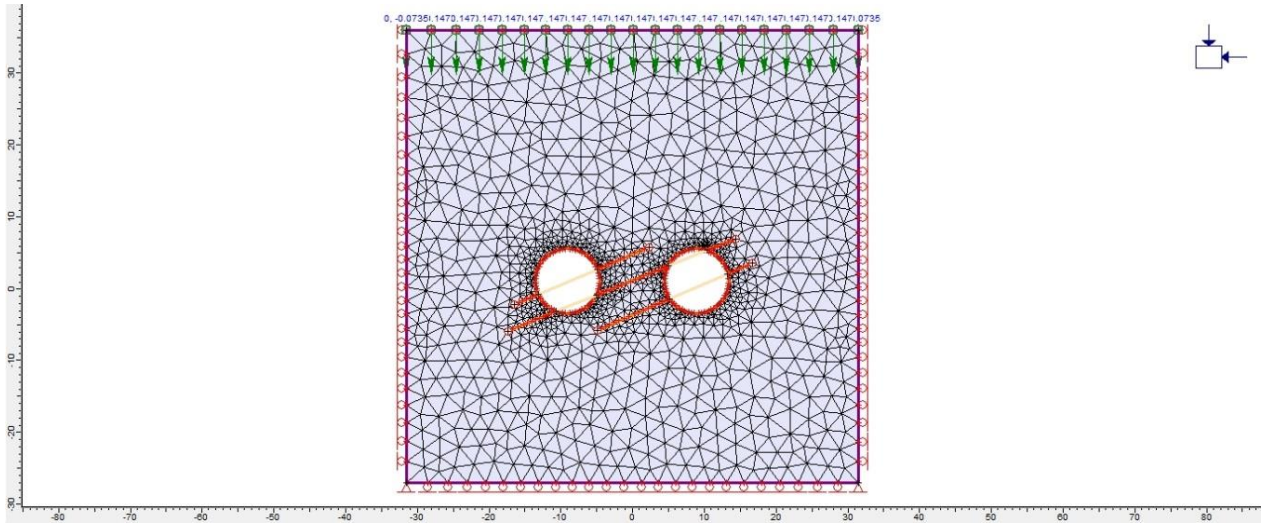


Figura 4.7.1. Etapa 3 BH-19 (S)

Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)

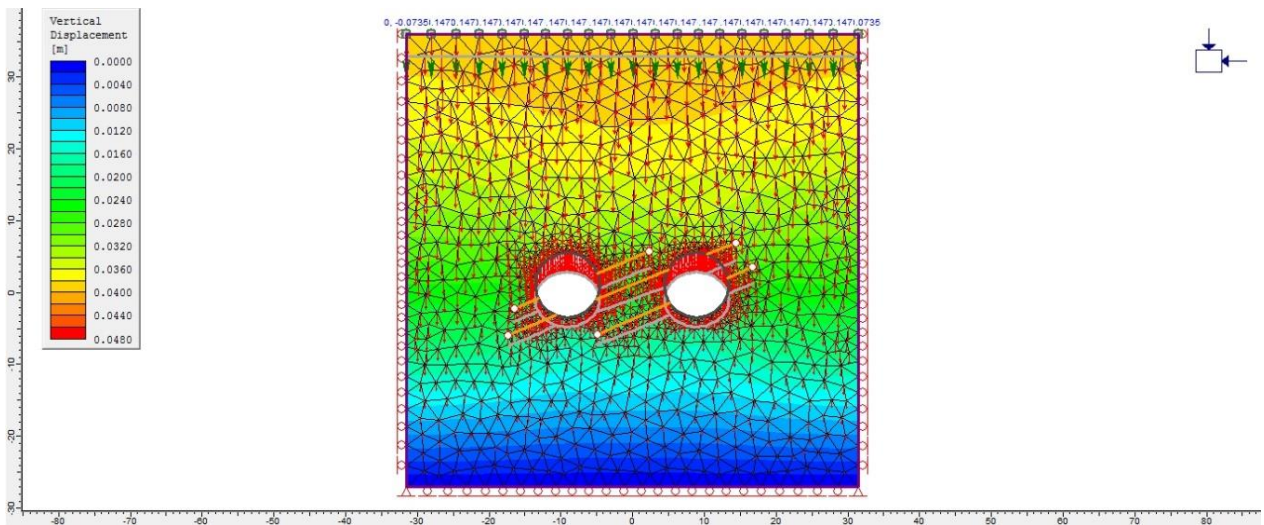


Figura 4.7.1. Etapa 3 BH-19 (E)

#### 4.7.2. Análisis General BH-19 (Se modela con carga litostática)

**Primera etapa:** Se observa el desplazamiento vertical producido por el macizo rocoso sin ninguna alteración, dicho desplazamiento se debe al esfuerzo litostático generado por la columna de roca que se encuentra encima del túnel proyectado. En estas condiciones según el estudio, la zona superior del túnel se desplazaría 28 mm, en el centro 24 mm y en la base 20 mm.

**Segunda etapa:** Se procedió a simular la excavación del primer túnel, se observa un desplazamiento vertical de 32mm en la zona superior del túnel, en los laterales 26 mm y en la base 16mm. Cabe destacar el otro túnel simulado no se ve afectado por la excavación del primero.

**Tercera etapa:** se procedió a excavar el segundo túnel simulando los 100 m de distancia entre TBM lo que arrojó como resultado un desplazamiento vertical del segundo túnel de 34 mm en la parte superior del túnel, 26 mm en la zona lateral y 16 mm en la base. Cabe destacar que los 9 m de separación entre ellos son suficientes para que estos no se afecten entre sí.

4.7.2. Análisis de elementos finitos BH-21(Se modela con carga litostática)

Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)

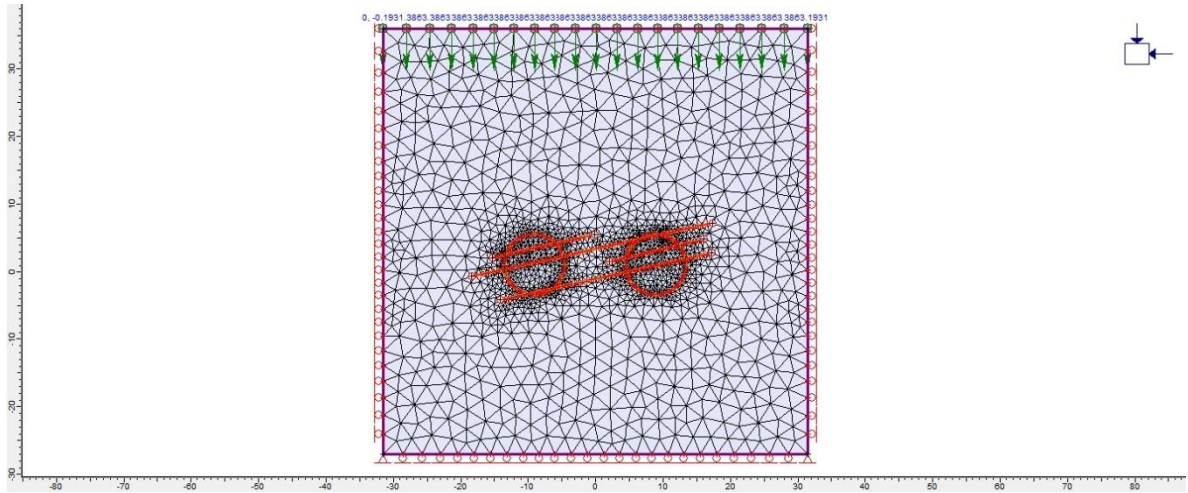


Figura 4.7.2. Etapa 1 BH-21 (S)

Etapa 1 Desplazamiento Vertical (Sin Excavar)

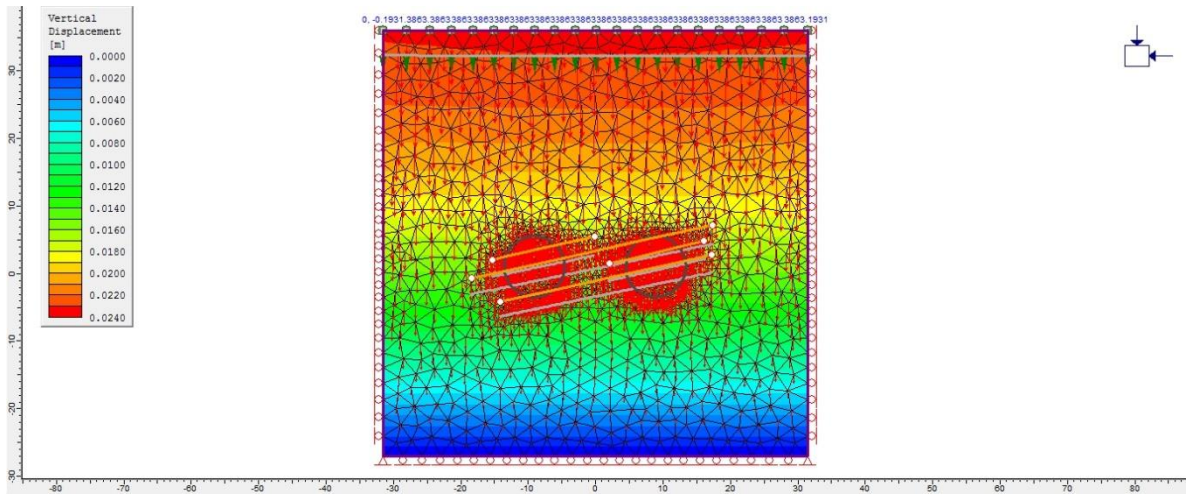


Figura 4.7.2. Etapa 1 BH-21 (E)



Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)

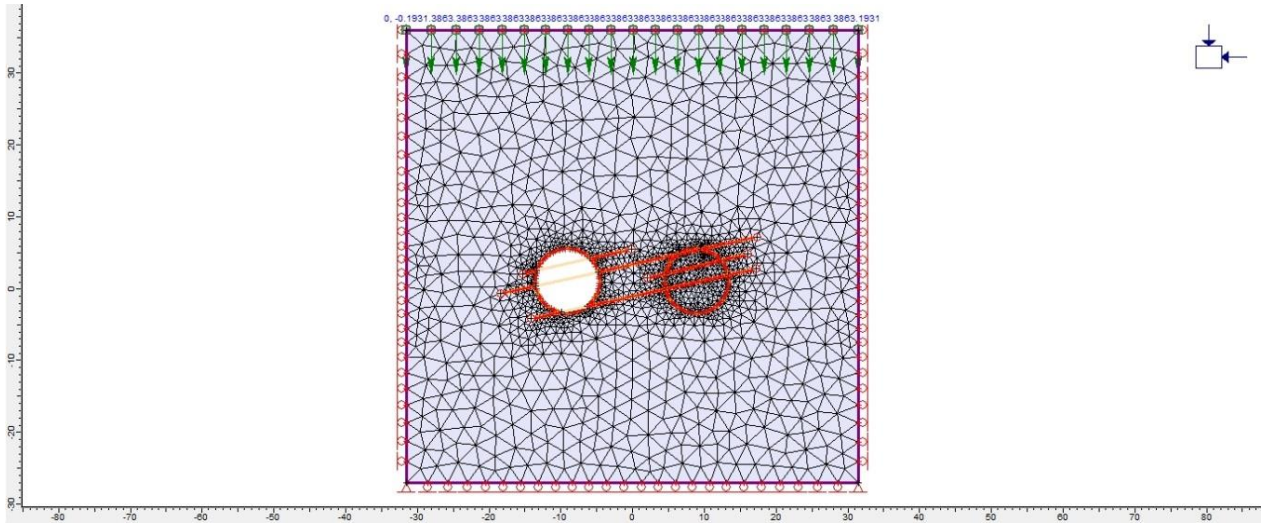


Figura 4.7.2. Etapa 2 BH-21 (S)

Etapa 2 Desplazamiento Vertical (Excavado)

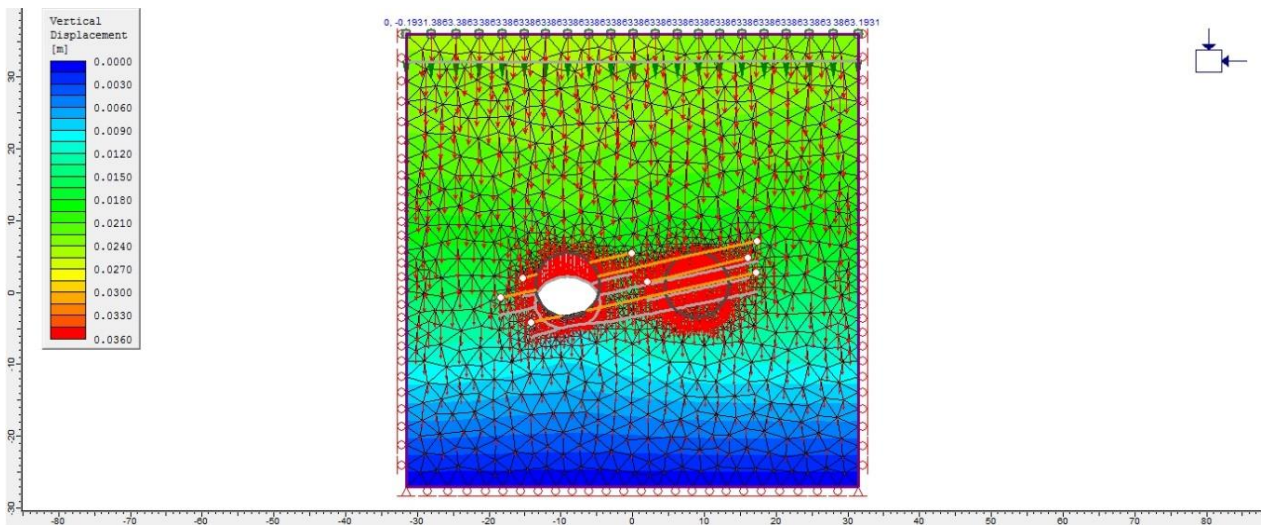


Figura 4.7.2. Etapa 2 BH-21 (E)

Etapa 3 Mallado y Ambos túneles (Excavados)

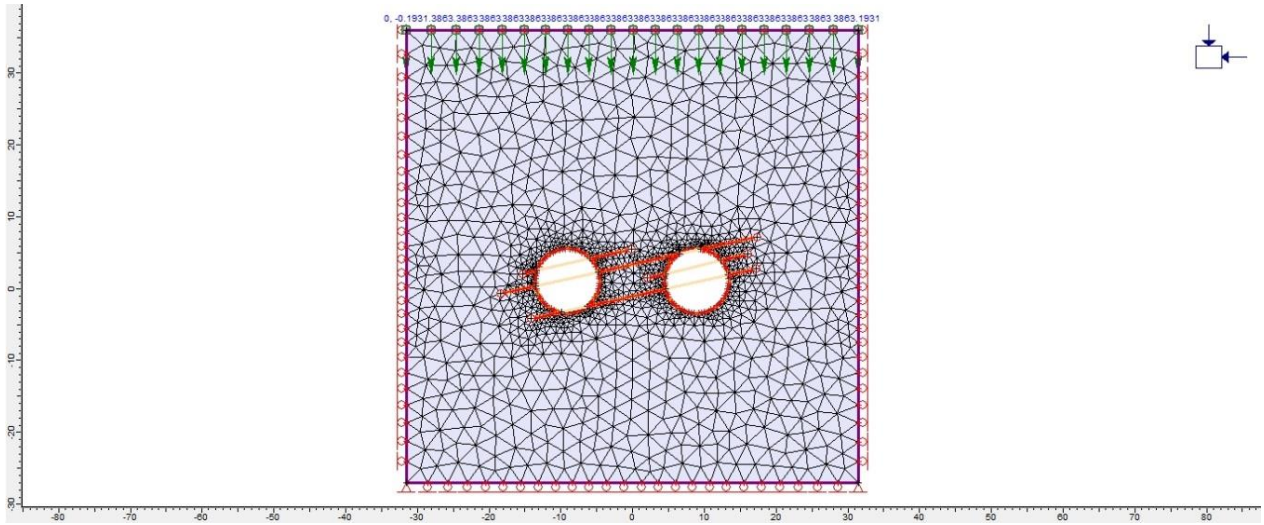


Figura 4.7.2. Etapa 3 BH-21 (S)

Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)

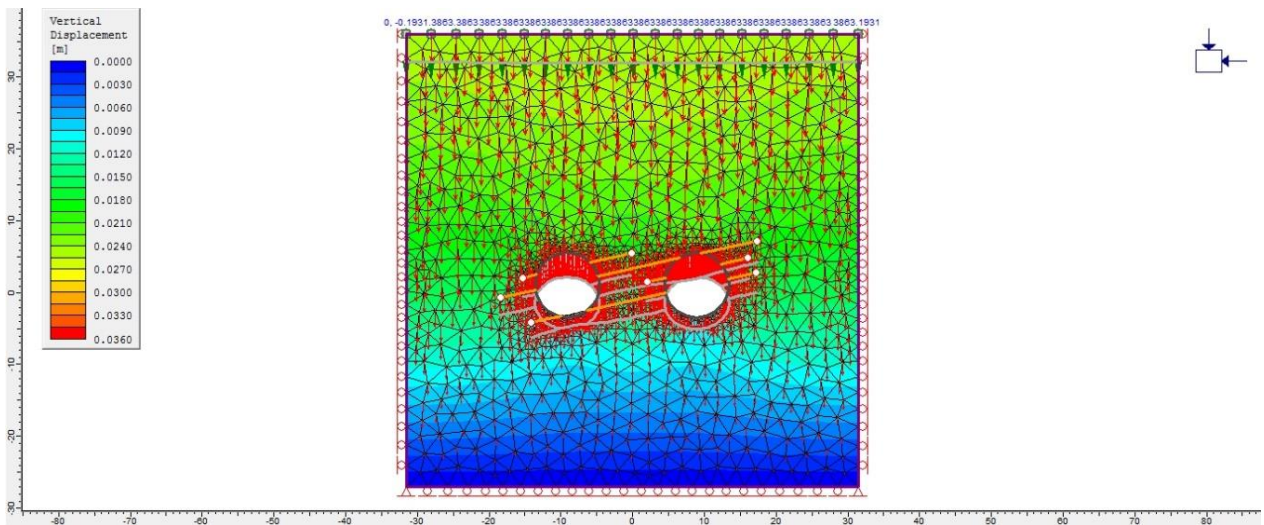


Figura 4.7.2. Etapa 3 BH-21 (E)

### 4.7.3. Análisis general BH-21 (Se modela con carga litostática)

**Primera etapa:** Se observa el desplazamiento vertical producido por el macizo rocoso sin ninguna alteración, dicho desplazamiento se debe al esfuerzo litostático generado por la columna de roca que se encuentra encima del túnel proyectado. En estas condiciones según el estudio, la zona superior del túnel se desplazaría 17 mm, en el centro 15 mm y en la base 13 mm.

**Segunda etapa:** Se procedió a simular la excavación del primer túnel, se observa un desplazamiento vertical de 21 mm en la zona superior del túnel, en los laterales 15 mm y en la base 10mm. Cabe destacar el otro túnel simulado no se ve afectado por la excavación del primero.

**Tercera etapa:** se procedió a excavar el segundo túnel simulando los 100 m de distancia entre TBM lo que arrojó como resultado un desplazamiento vertical del segundo túnel de 21 mm en la parte superior del túnel, 15 mm en la zona lateral y 10 mm en la base. Cabe destacar que los 9 m de separación entre ellos son suficientes para que estos no se afecten entre sí.

4.7.4. Análisis de elementos finitos BH-240 (Se modela con carga litostática)

Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)

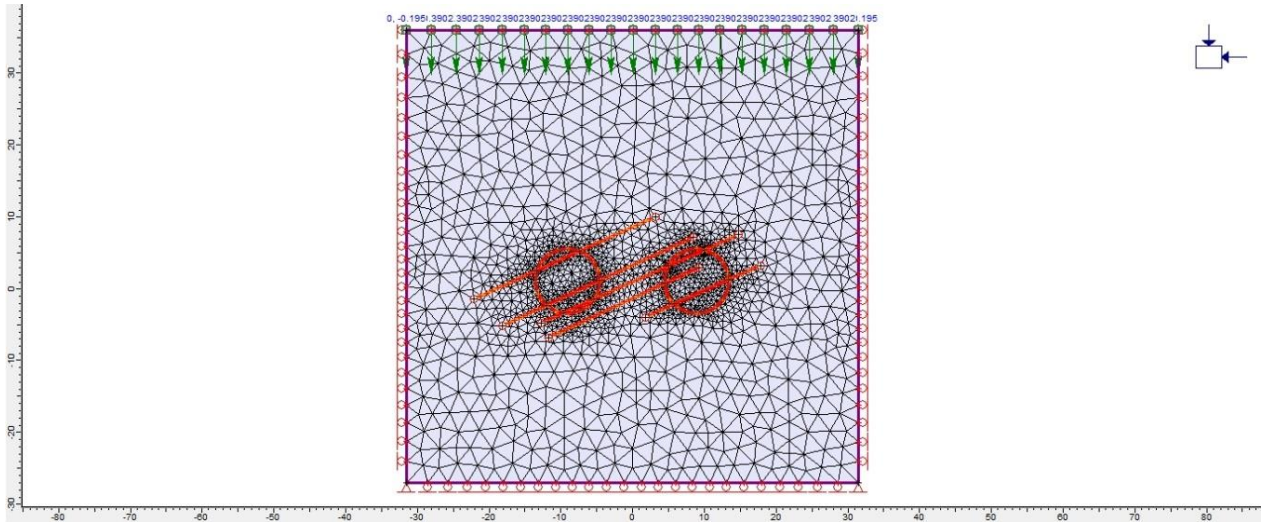


Figura 4.7.3. Etapa 1 BH-240 (S)

Etapa 1 Desplazamiento Vertical (Sin Excavar)

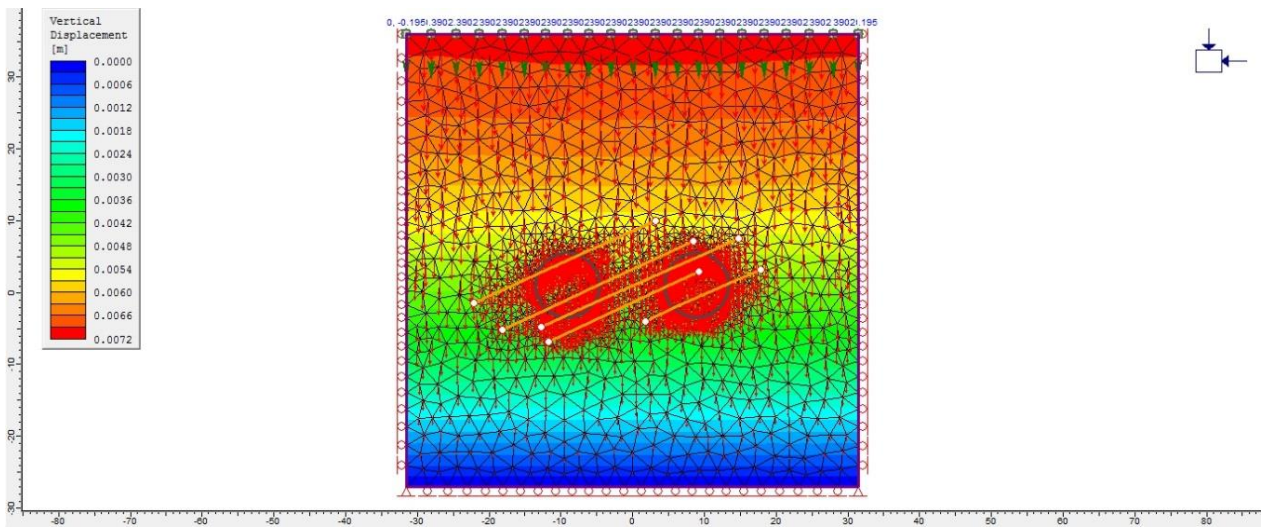


Figura 4.7.3. Etapa 1 BH-240 (E)

Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)

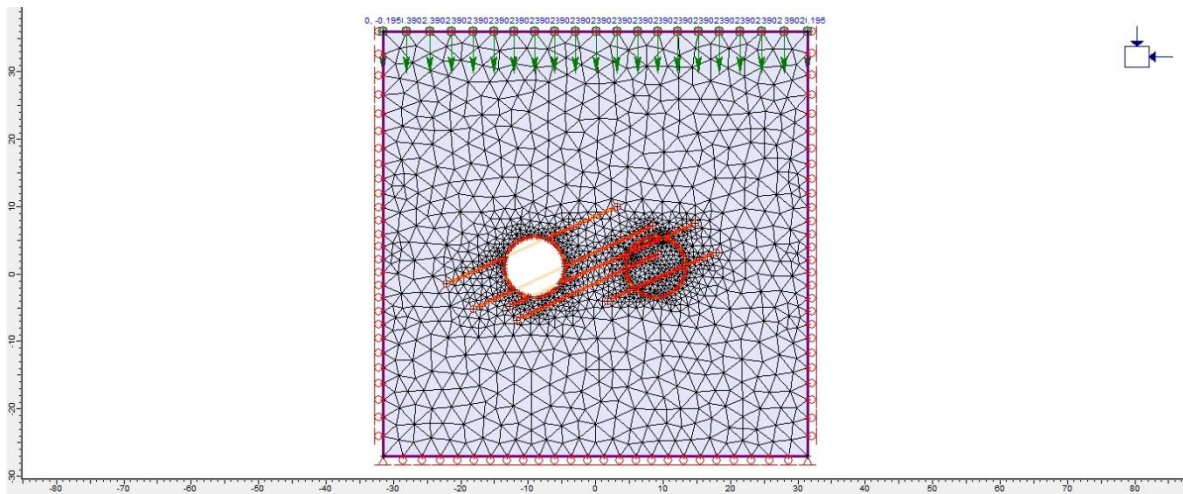


Figura 4.7.3. Etapa 2 BH-240 (S)

Etapa 2 Desplazamiento Vertical (Excavado)

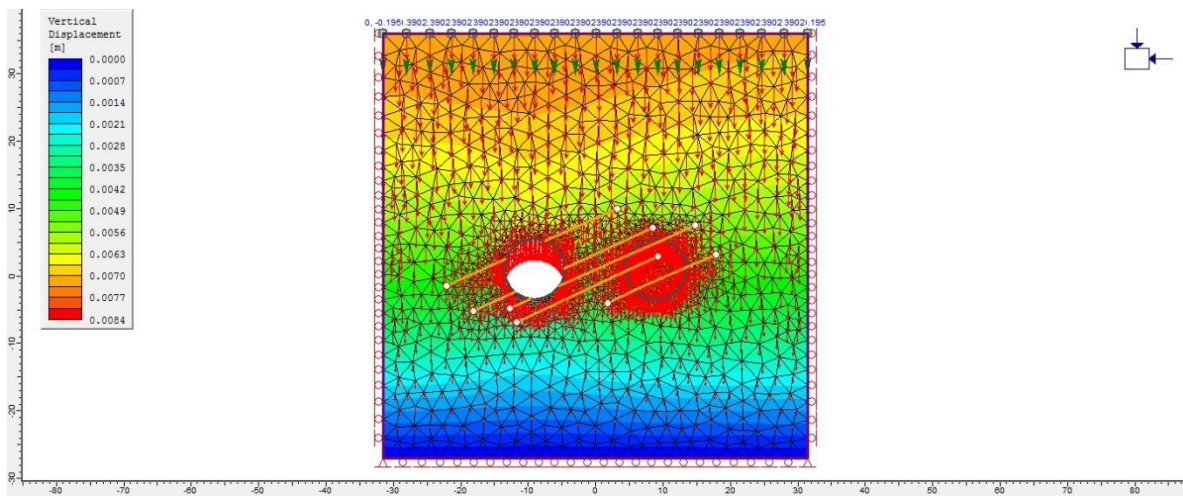


Figura 4.7.3. Etapa 2 BH-240 (E)

Etapa 3 Mallado y Ambos túneles (Excavados)

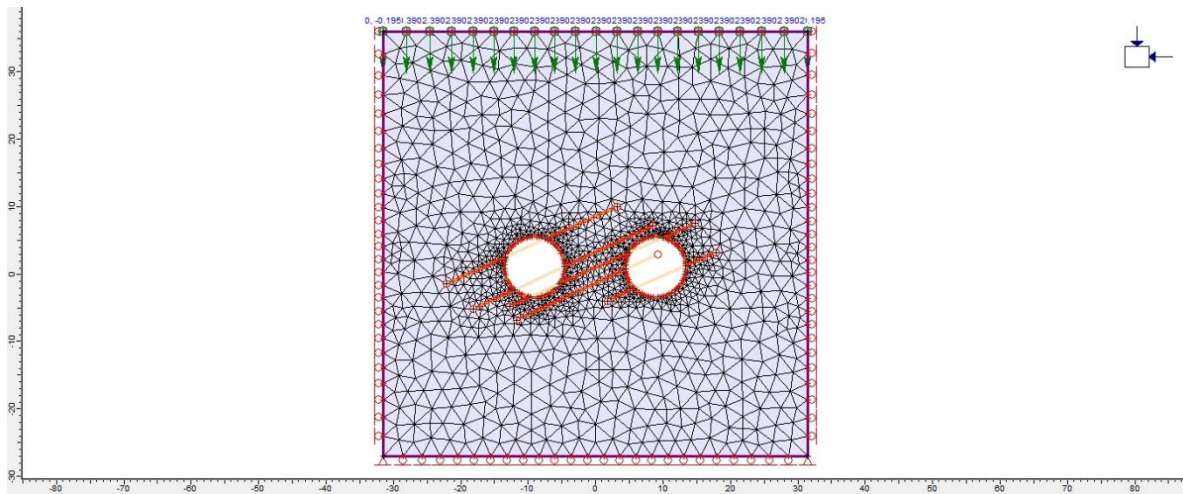


Figura 4.7.3. Etapa 3 BH-240 (S)

Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)

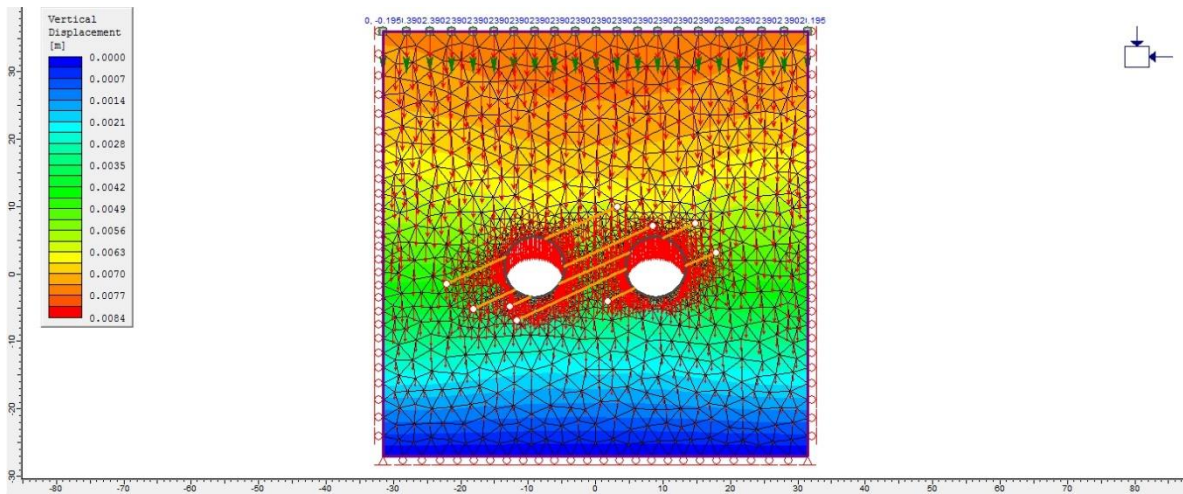


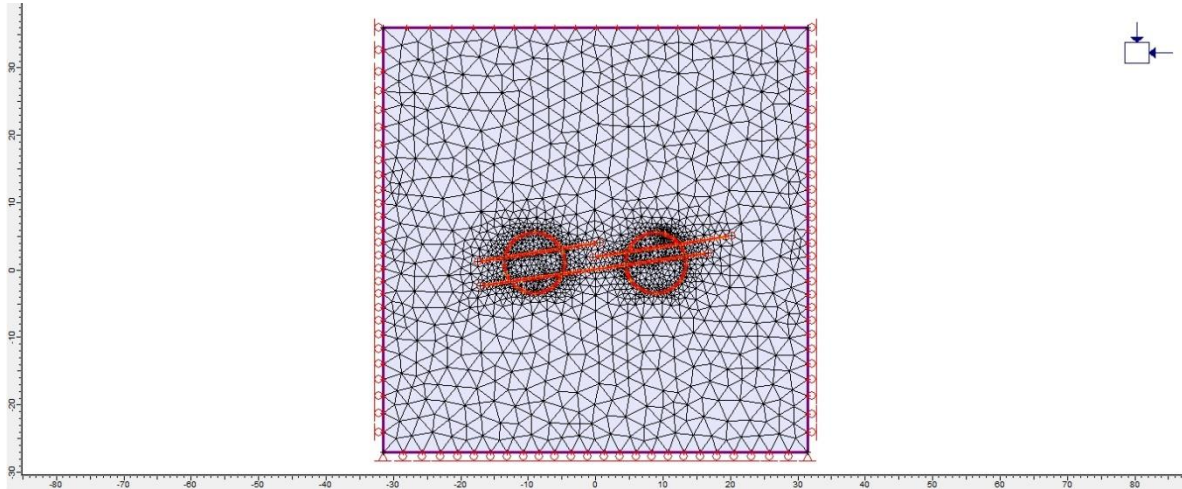
Figura 4.7.3. Etapa 3 BH-240 (E)

#### 4.7.4. Análisis general BH-240 (Se modela con carga litostática)

- **Primera etapa:** Se observa el desplazamiento vertical producido por el macizo rocoso sin ninguna alteración, dicho desplazamiento se debe al esfuerzo litostático generado por la columna de roca que se encuentra encima del túnel proyectado. En estas condiciones según el estudio, la zona superior del túnel se desplazaría 5 mm, en el centro 4.5 mm y en la base 3.9 mm.
- **Segunda etapa:** Se procedió a simular la excavación del primer túnel, se observa un desplazamiento vertical de 6.3mm en la zona superior del túnel, en los laterales 4.9 mm y en la base 3.2mm. Cabe destacar el otro túnel simulado no se ve afectado por la excavación del primero.
- **Tercera etapa:** se procedió a excavar el segundo túnel simulando los 100 m de distancia entre TBM lo que arrojó como resultado un desplazamiento vertical del segundo túnel de 6.3 mm en la parte superior del túnel, 4.9 mm en la zona lateral y 3.2 mm en la base. Cabe destacar que los 9 m de separación entre ellos son suficientes para que estos no se afecten entre sí.

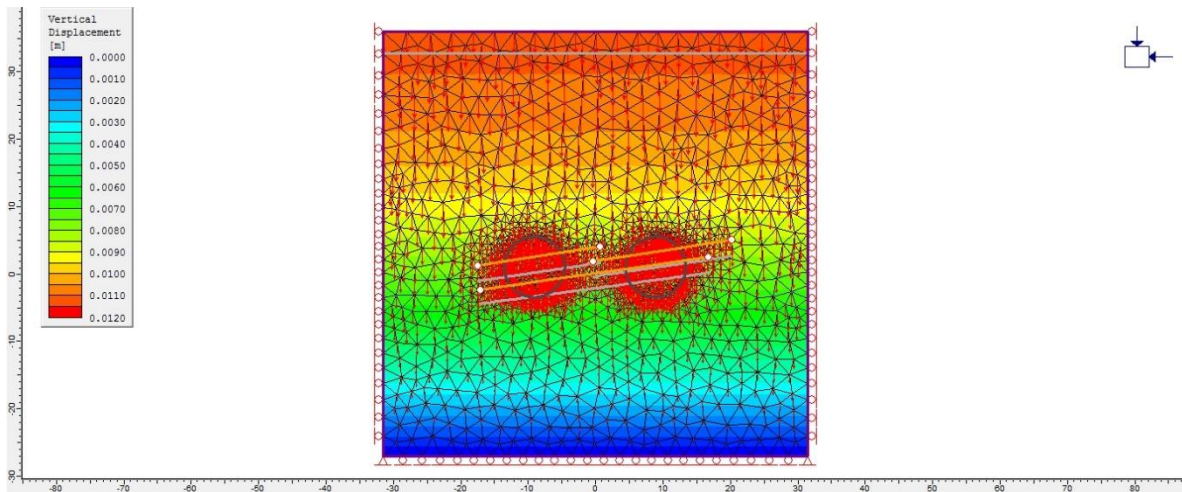
#### 4.7.4. Análisis de elementos finitos BH-250

Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)



**Figura 4.7.4. Etapa 1 BH-250 (S)**

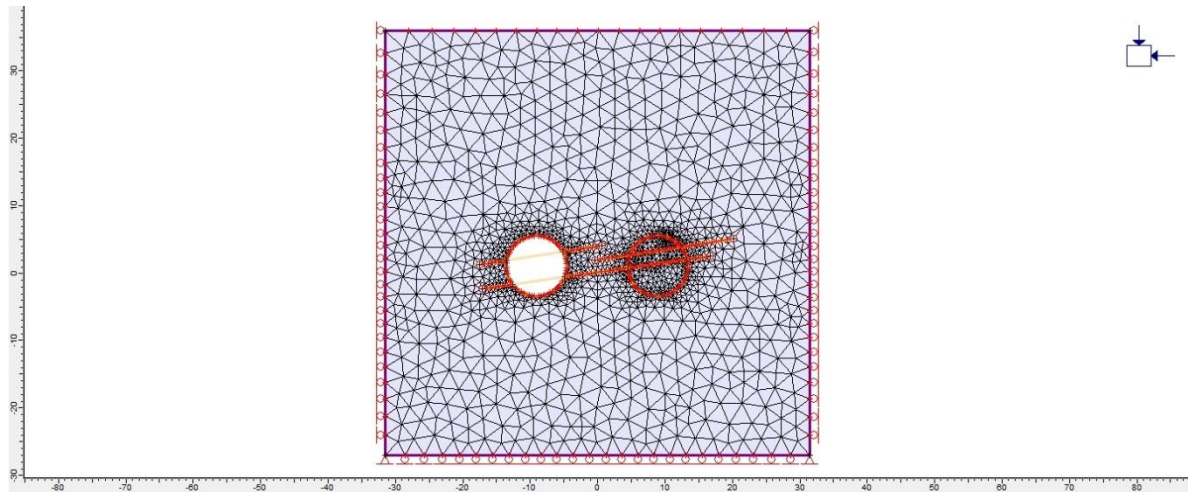
Etapa 1 Desplazamiento Vertical (Sin Excavar)



**Figura 4.7.4. Etapa 1 BH-250 (E)**

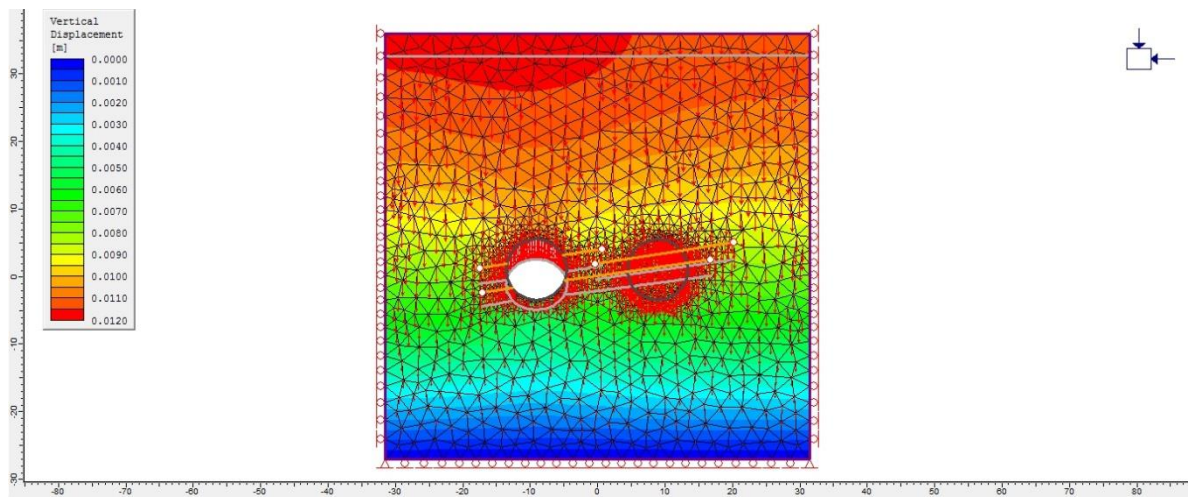
Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)





**Figura 4.7.4. Etapa 2 BH-250 (S)**

Etapa 2 Desplazamiento Vertical (Excavado)



**Figura 4.7.4. Etapa 2 BH-250 (E)**

Etapa 3 Mallado y Ambos túneles (Excavados)

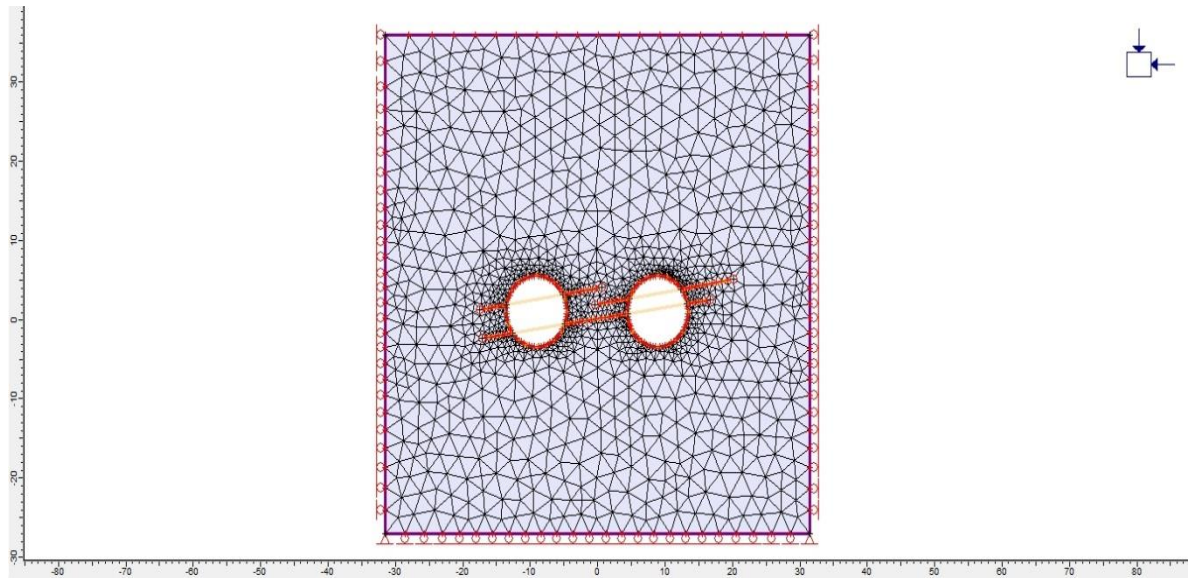


Figura 4.7.4. Etapa 3 BH-250 (S)

Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)

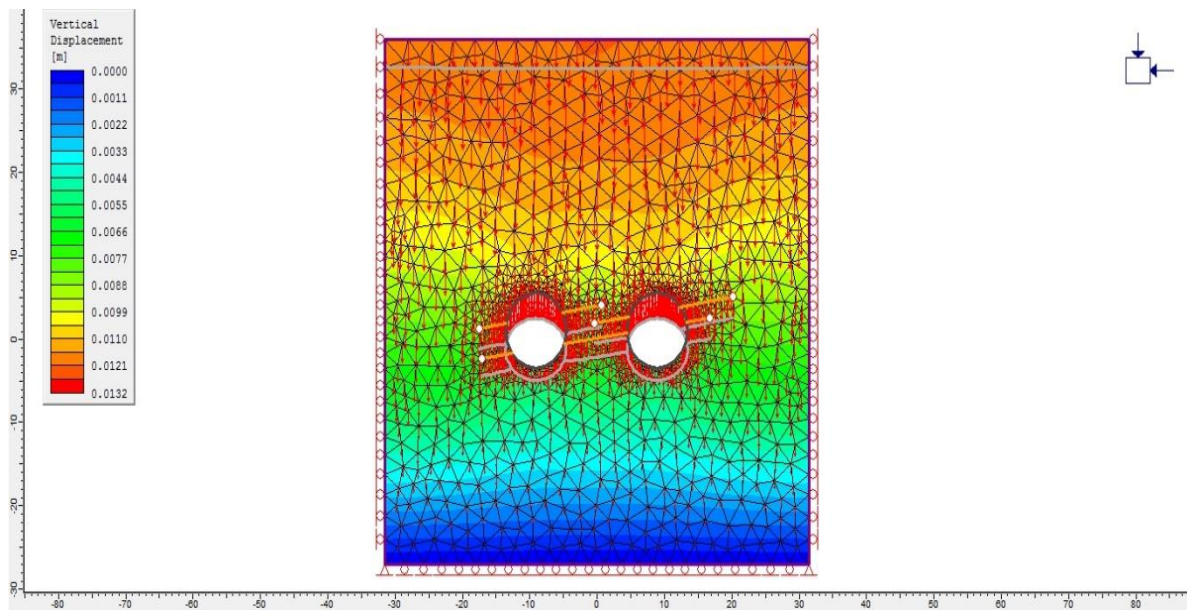


Figura 4.7.4. Etapa 3 BH-250 (E)

#### 4.7.5. Análisis general BH-250

- **Primera etapa:** Se observa el desplazamiento vertical producido por el macizo rocoso es bajo, debido principalmente a su bajo módulo de Young lo cual está relacionado a la calidad de la roca que se encuentra sobre el túnel. En estas condiciones según el estudio, la zona superior del túnel se desplazaría 8.5 mm, en el centro 7.5 mm y en la base 6.5 mm. Cabe destacar que no se modela con carga litostática debido a que la distancia del mallado al tope del túnel es la misma que la profundidad de la perforación.
- **Segunda etapa:** Se procedió a simular la excavación del primer túnel, se observa un desplazamiento vertical de 10 mm en la zona superior del túnel, en los laterales 7.5 mm y en la base 5 mm. Cabe destacar el otro túnel simulado no se ve afectado por la excavación del primero.
- **Tercera etapa:** se procedió a excavar el segundo túnel simulando los 100 m de distancia entre TBM lo que arrojó como resultado un desplazamiento vertical del segundo túnel de 10.5 mm en la parte superior del túnel, 7.7 mm en la zona lateral y 5.5 mm en la base. Cabe destacar que los 9 m de separación entre ellos son suficientes para que estos no se afecten entre sí.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### 5.1. CONCLUSIONES

1. Los resultados de los ensayos geomecánicos dependen de la calidad de la roca, criterio de selección y el seguimiento de las normas que los regulan.
2. La variación de los resultados obtenidos a nivel central de la montaña en las perforaciones BH-19, BH-21, BH-240 con respecto a la perforación cercana al portal BH-250, ha definido que las rocas del portal se encuentran más meteorizadas o alteradas, siendo esto verificado por la petrografías.
3. El ensayo Cerchar, es el indicado para el estudio del índice de abrasividad en rocas que estén a profundidades mayores a 30 m (BH-19; BH-21; BH-240), donde la meteorización no influya de manera considerable sobre la roca.
4. El método Schimazek, se debe aplicar a rocas que se encuentren expuestas a los agentes exógenos a una profundidad menor a 30 m (BH-250), ya que es representativo por su conteo modal de mineral de cuarzo y ensayo de tracción indirecta.
5. El Esquisto las Mercedes es altamente abrasivo en el tramo estudiado.
6. El ajuste de los datos obtenidos mediante los ensayos geomecánicos permitió obtener el criterio de resistencia y fracturamiento real del macizo rocoso, obteniendo valores de cohesión, ángulo de fricción, tracción y compresión representativos, este se modelo mediante el uso del programa Rocdata®.
7. El análisis de elementos finitos se realizó a través del programa Phase 2.0®, donde se determinó el estado de esfuerzo del macizo rocoso antes de la construcción de los túneles y después su ejecución en dos etapas sucesivas (lapso de tiempo), donde el desplazamiento vertical producido por los esfuerzos que ejerce el macizo rocoso sobre el túnel, varía desde 4 mm hasta 25 mm en la zona de mayor cobertura de 199m, es indispensable tener presente estos parámetros a la hora de construir los túneles gemelos. Estas deformaciones producidas son despreciables a nivel de la montaña, ya que no afectan a ninguna estructura existente de importancia (Parque Nacional).

8. Las perforaciones que se encuentran más cercanas al portal poseen un mayor módulo de elasticidad secante, las cuales tienden a tener menor deformación con un esfuerzo axial similar, a las que se encuentran más alejadas del portal, lo que implica que en modelo de elementos finitos van a tener un menor desplazamiento vertical.
9. El esquistos las Mercedes es una roca competente a profundidad, sin embargo los planos de foliación juegan un papel importante en su comportamiento, donde evidencia que a mayor profundidad, la roca se comporta más resistente a los esfuerzos y no posee ni meteorización, ni fracturas, lo que hace inferir una permeabilidad secundaria baja a alta profundidad. Cabe destacar que en toda su extensión presenta múltiples plegamientos.

## 5.2. RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar el ensayo Triaxial drenado para obtener la permeabilidad secundaria y así evitar una posible presión de agua que retrase el avance de la TBM durante su trayecto.
2. Durante la excavación del túnel es primordial tener el modelo geomecánico, para observar la variación de los parámetros del macizo rocoso durante el avance de la TBM y así evaluar posibles sitios de riesgos para la TBM y ajustar el modelo a los valores obtenidos durante el avance del TBM y prever el comportamiento en las etapas de construcción subsiguiente.
3. Se recomienda completar el modelo geomecánico y el análisis de elemento finito de todo el trayecto con las perforaciones restantes del Sistema de Transporte Masivo Metro Caracas Guarenas Guatire.
4. Realizar geología de superficie en todo el trayecto para determinar estructuras locales a lo largo del lineamiento.
5. Realizar distintos ensayos geomecánicos en los portales y fundaciones de los viaductos en el lineamiento.
6. Realizar un Perfil de meteorización del al roca.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

### 6.1 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Addinal, E. & Hackett, P., (1964). Tensile Failure In Rock-Like Materlals. *6th Symposium on Rock Mechanics*, pp. 515-538.

Aguerrevere, S. E. & Zuloaga, G., (1937). Observaciones geológicas de la parte central de la Cordillera de la Costa, Venezuela. *Bol. Geología y Minería, Tomo I*, pp. 8-24.

Aguerrevere, S. & Zuloaga, G., (1938). Nomenclatura de las formaciones de la parte central de la Cordillera de la Costa. *Bol, Geologia y Minería, Tomo I, Caracas*, pp. 281-284.

Álvarez & Rodríguez, (2008). *caracterización geomecánica para el proyecto del sistema subterráneo Metro de Caracas. Línea 5, tramo Zona Rental de la U.C.V-Bello Monte*. Caracas: s.n.

Anon., (1968). Uniaxial Compression Test At Straln Rates From  $10^{**4}/\text{Sec}$  On Three Geologic Materials. *10 th Symposium on Rock Mechanics*, pp. 34-35.

Arias , F., (1999). *El proyecto de investigación: Guía para su elaboración*. Caracas: Episteme.

Baamonde, J., (2006). *Petrología*. Caracas: Facultad de Ciencias , UCV. pp. 363

Boada, A., (2008). *Análisis de esfuerzos del comportamiento del macizo rocoso debido a la excavación de los túneles del ferrocarril San Juan- Los Flores, mediante el método de los elementos finitos, en el municipio Juan German Rosció del estado Guárico*, Caracas: s.n.

Castillejo, M., (1993a). *Análisis Comparativo de los métodos de estabilidad de taludes y su control. Parte 1*, Caracas: s.n.

Castillejo, M., (1993b). *Análisis Comparativo de los métodos de estabilidad de taludes y su control. Parte 2*, Caracas: s.n.

Castillejo, M., (1993c). *Análisis Comparativo de los métodos de estabilidad de taludes y su control. Parte 3*, Caracas: s.n.

Chacon, A. y. G. W., (2008). *Caracterización geomecánica y modelado 3D de los macizos rocosos correspondientes al desarrollo de las obras subterráneas del sistema Caracas-Guarenas-Guatire*, Caracas: s.n.

- Espinoza, D. A., (2005). *Análisis de subsidencia producida por la excavación de túneles de la línea 4 del metro de Caracas, aplicando el método de los elementos finitos*, Caracas: s.n.
- Farfan & Marconi, (2008). *Caracterización geomecánica para el proyecto del tunel del sistema subterráneo Metro de Caracas. Línea 5, tramo Bello Monte-Chuao (UNEFA)*. Caracas: s.n.
- González de Juana, C., Iturralde de A, J. & Pica, X., (1980). *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Caracas: Foninves, 2 tomos,1021p.
- González de Vallejo, L. & Ferrer, M., 2002. *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson, 744pp
- Hoek, E. & Brown, T., 1990. *Underground Excavations in Rock*. New Ed ed. s.l.:Spon Press, 527 pp
- Hurtado de Barrera, J., (2008). *Como formular objetivos de investigación*. Caracas: Quirón,
- M, C., (1989). Estudio geológico y geotécnico de la cuenca de la quebrada Mamera, Distrito Federal. *Mem. VII Congr. Geol. Venezolano, Barquisimeto*, pp. 1047-1069.
- Megaw, T. M. & Bartlett, J. V., (1988). *Tuneles: Planeación, diseño y construcción, 2 volúmenes* México: Limusa
- Mogi, K., (1966). *Some Precise Measurement Of Fracture Strength Of Rocks Under Uniform Compressive Stress, Rock Mechanics and Engineering Geology*. s.l.:s.n.
- Navarro, E., Ostos , M. & Yoris, F., (1988). Revisión y redefinición de unidades litoestratigráficas y síntesis de un modelo tectónico para la evolución de la parte norte - central de Venezuela durante el Jurásico Medio - Paleogeno. *Acta Científica Venezolana*, pp. 427-436.
- Ostos , M., (1990b). Evolución tectónica del margen sur-central del Caribe basado en datos geoquímicos. *Geos, Caracas*, pp. 1-294.
- Rocscience, 2013. *Rocscience software tools for rock and soil*. : <http://www.rocscience.com/products/4/feature/176>[Último acceso: 9 mayo 2013].
- Seiders, V. M., (1965). Geología de Miranda Central, Venezuela.. *Bol. Geología y Minería . Caracas*, pp. 298-461.
- Talukdar , S. & Loureiro., D., (1982). Geología de una zona ubicada en el segmento norcentral de la Cordillera de la Costa, Venezuela: metamorfismo y deformación. Evolución del margen septentrional de Suramérica en el marco de la tectónica de placas. *Geos, Caracas*, pp. 15-76.

Ulusay, R. & Hudson, J., (2007). *The complete isrm suggested methods for rock characterization, testing and monitoring*. Ankara: s.n.

Urbani,, . F., Silva, . J. & Sánchez., . R., (1989b). Reconocimiento geológico de la región de La Sabana - Cabo Codera - Capaya, D. F. y Miranda. *Mem. VII Congr. Geol. Venezolano, Barquisimeto,,* pp. 223-244.

Urbani, F., (1988a). Algunos complejos de rocas metaígneas en la Cordillera de la Costa. *Revista de la Facultad de Ingeniería 3:(2), UCV, Caracas*, pp. 22-31.

Urbani, F., (2000). Revisión de las Unidades de Rocas Ígneas y Metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela. *GEOS*, Volumen 33, pp. 42-43.

Wehrmann, M., (1972). Geología de la región de Caracas. Colonia Tovar. *Bol. Geología y Minería. Caracas*, pp. 2093-2121.



# 7. APENDICES

## 7.1 Reportes Petrográficos

BH-19



<b>ODEBRECHT</b>		<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	
DATOS GENERALES			ANÁLISIS		
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -		<p>Roca meteorizada, blanda y fracturada (RMBf) de color gris, con bandas de 0,5 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,01 mm y 0,5 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,2 mm espesor. Tanto las micas como el grafito presentan tamaños de cristales similares al cuarzo dando como resultado una textura equigranular muy fina.</p> <p>El cuarzo presenta agregados policristalinos que varían en tamaño desde 0,5 mm a 4 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación, así como también en forma de matriz con cristales desde 0,01 mm a 0,4 mm</p> <p>La calcita está presente tanto en bandas paralelas a las bandas de cuarzo como en vetas perpendiculares a la foliación de la roca, en ambos casos los cristales van de 3 mm a 0,1 mm, siendo los más abundante de 0,5 mm; algunas vetas de calcita contienen pequeñas cavernas (2mm de espesor y hasta 4 cm de longitud) producto de procesos de disolución y re precipitación de la calcita.</p> <p>Estas microcavernas representan fracturas discontinuas que en su mayoría están orientadas perpendicularmente al plano de foliación, las cuales al interconectarse generan una superficie de debilidad estructural al macizo rocoso.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 0,5 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta dos superficies de debilidad estructural: una paralela a la foliación, la cual fue deformada (formación de micropliegues) y otra perpendicular a la foliación, siendo esta última la que controla el comportamiento mecánico de la roca, es decir la superficie de mayor inestabilidad es la paralela a las bandas de grafito y micas.</p>		
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
<b>Espécimen:</b>					
<b>Perforación:</b>	BH19-Box02 (10,5 - 12,0) m				
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso				
Mineralogía (%)					
Calcita	Cuarzo	Micas	Grafito	Accesorios (pirita)	
45,5	21,4	28,2	4,6	0,3	

<p><b>Nicoles Cruzados: Bandas intercalas de micas - grafito y cuarzo.</b></p>	<p>Banda compuesta por micro cristales de moscovita, banda de textura lepidoblástica</p> <p>Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino metamórfico muy fracturado, banda de textura nematoblástica.</p>
--	---

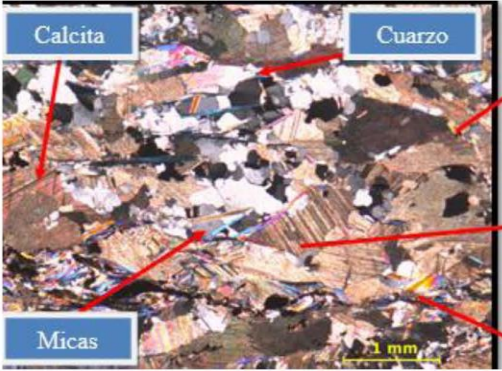
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*



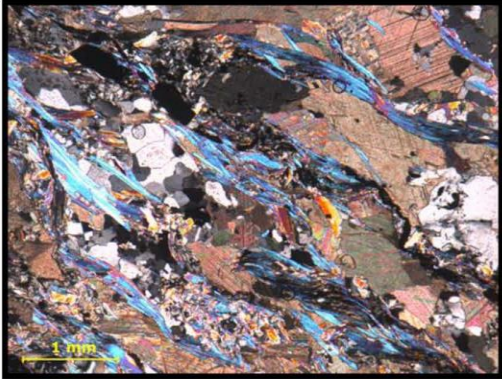
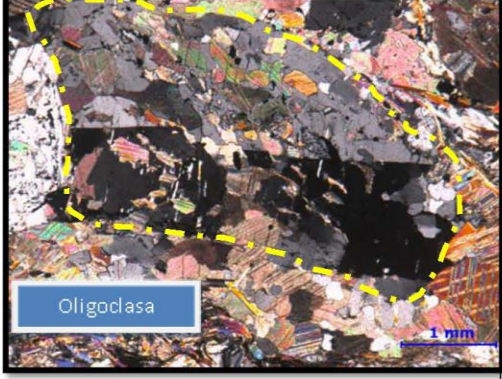
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>									
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>									
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>						
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>						
										
<p><b>Nicoles Cruzados:</b> Bandas de cuarzo intercaladas con bandas de cuarzo y micas.</p>										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;">Banda de Calcita</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;">Plano de foliación, Grafito y micas</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;">Banda de Cuarzo</td> </tr> </table>						Banda de Calcita		Plano de foliación, Grafito y micas		Banda de Cuarzo
	Banda de Calcita									
	Plano de foliación, Grafito y micas									
	Banda de Cuarzo									

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>



DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,3 a 0,5 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,5 mm y 1 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 mm espesor. La textura es equigranular de grano medio.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por agregados elongados paralelos a la foliación, con espesores que varían en tamaño desde 0,5 mm a 1 mm, están bandas blancas también contienen micas blancas tipo moscovita que en algunos casos están interconectadas desarrollando microplanos de foliación internamente en las bandas blancas, produciendo una roca con mayor debilidad estructural que las muestras antes descritas.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 1 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante que en las muestras anteriores, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH19-Box17 (102-105) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Calcítico cuarzoso moscovítico grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Grafito	Accesorios (Pirita)	
53,0	23,3	12,8	2,6	5,8	2,6	

	<p>Banda compuesta por calcita, cuarzo y micro cristales de moscovita además de grafito, generando superficies discontinuas y en otros planos de foliación continuos.</p>
	<p>Superficie discontinua.</p>
	<p>Plano de foliación continuo.</p>

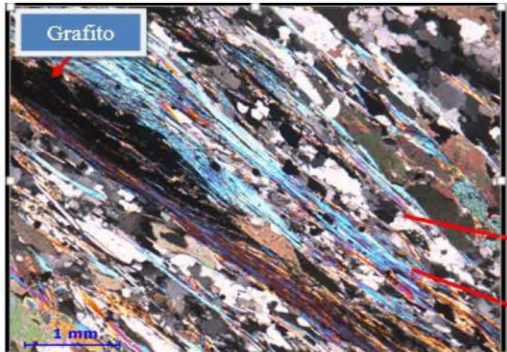
	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>
				
<p>Planos de foliación desarrollados por la alineación de los cristales moscovitas, espaciados de 0,5 mm a 1 mm, intercalados con bandas de calcita y cuarzo.</p> <p style="text-align: center;"><b>Nicoles Cruzados.</b></p>		<p>Porfidoblasto de oligoclasa alterando a calcita.</p> <p style="text-align: center;"><b>Nicoles Cruzados.</b></p>		

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFb) de color gris, con blandas de 0,2 a 0,4 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,2 mm y 0,01 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 0,4 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares, con espesores 0,2 mm, están bandas blancas son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita no están entremezclados como en las muestras anteriores, por el contrario forman bandas continuas mono minerales bien diferenciadas unas de otras.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,3 mm a 3 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante y de mayor espesor y presencia de microplegamiento que en algunos casos desarrollan crenulación (clivaje de roca paralelos a los planos axiales de los micro pliegues) que en las muestras anteriores, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH19-Box18 (111-114) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Grafito	Accesorios (Pirita)	
31,1	29,4	19,2	0,0	16,7	1,5	



Bandas paralelas de cuarzo - Moscovita - grafito - calcita, superficies de debilidad de la roca.


**Nicoles Cruzados**

---

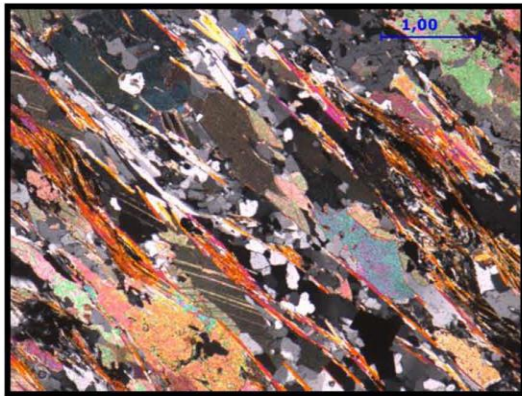
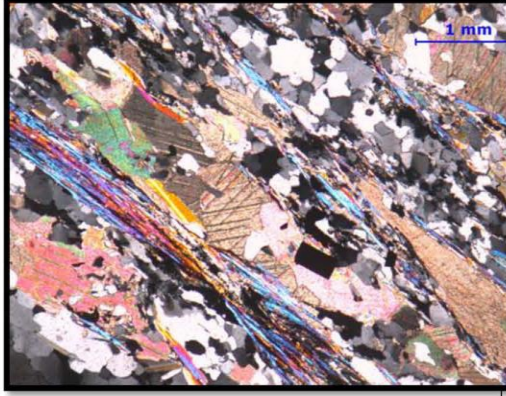
Banda de cuarzo policristalino

---

Banda de moscovita

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>



	
<p>Bandas paralelas de cuarzo - micas – grafito – calcita, superficies de debilidad de la roca.</p> <p><b>Nicoles Cruzados.</b></p>	<p>Bandas paralelas de cuarzo - micas – grafito – calcita, superficies de debilidad de la roca.</p> <p><b>Nicoles Cruzados.</b></p>

---

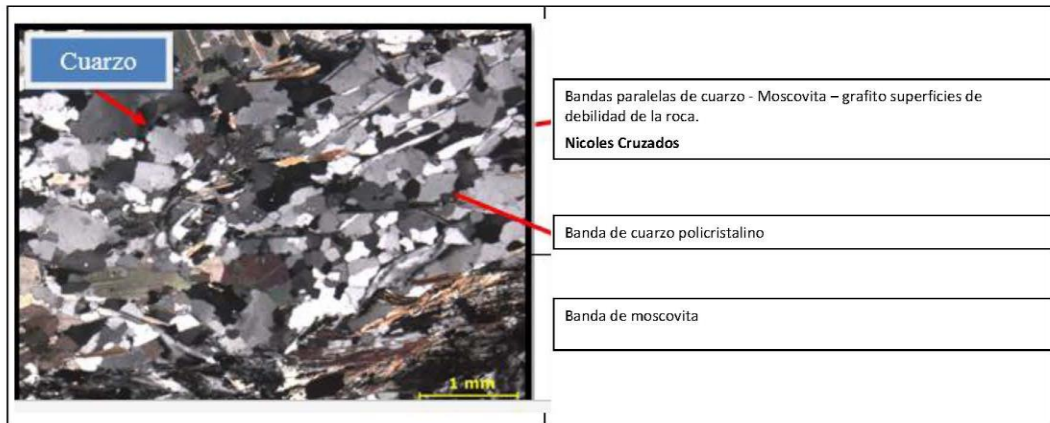
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

---



	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFb) de color gris, con blandas de 0,2 a 0,4 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,2 mm y 0,01 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 0,4 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares, con espesores 0,2 mm, están bandas blancas son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita no están entremezclados como en las muestras anteriores, por el contrario forman bandas continuas mono minerales bien diferenciadas unas de otras.</p> <p>El cuarzo también está presente en vetas de hasta 1,5 cm de ancho, paralelas al plano de foliación. Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,3 mm a 3 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante y de mayor espesor, además presencia de microplegamiento que en algunos casos desarrollan crenulación (clivaje de roca paralelos a los planos axiales de los micro pliegues) que en las muestras anteriores, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH19-Box18 (114-117) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Calcítico cuarzo micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Grafito	Accesorios (Pirita)	
27,2	26,8	22,6	0,0	22,6	0,8	

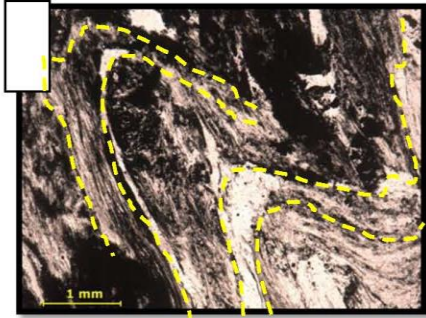
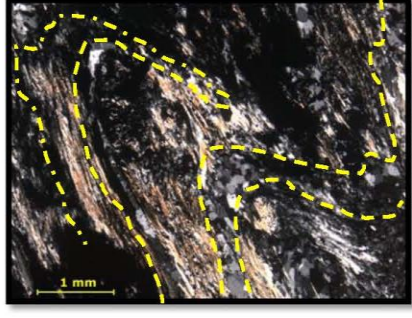


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>

 <p style="text-align: center;">Bandas paralelas de cuarzo - micas – grafito – calcita, superficies de debilidad de la roca.</p> <p style="text-align: center;"><b>Nicoles Cruzados.</b></p>	 <p style="text-align: center;">Bandas paralelas de cuarzo - micas – grafito – calcita, superficies de debilidad de la roca.</p> <p style="text-align: center;"><b>Nicoles Cruzados.</b></p>
---	--



---

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*



Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

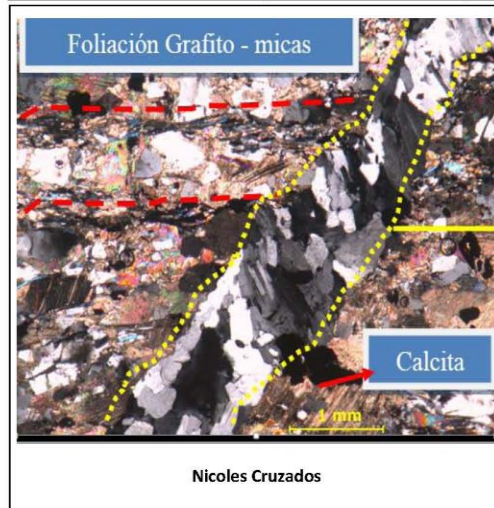
---



		<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	
DATOS GENERALES			ANÁLISIS		
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -		<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de 1 a 2 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,03 mm y 1 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,2 mm espesor. La textura es equigranular de grano medio.</p> <p>El cuarzo y la calcita están entremezclados en las bandas blancas de la roca en forma de agregados policristalinos que varían en tamaño desde 0,5 mm a 2 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación.</p> <p>El cuarzo desarrolla microvetas perpendiculares a la foliación en forma de agregados policristalinos, representando la tercera superficie de debilidad de la roca.</p> <p>La calcita está presente tanto en bandas junto al cuarzo como en vetas perpendiculares a la foliación de la roca, en ambos casos los cristales van de 3 mm a 5 mm, siendo los más abundante de 1 mm; en la muestra de mano está desarrollada una superficie de drusa con cristales de calcita prismática que representa la pared de una caverna (2 cm de espesor mínimo y hasta 10 cm de longitud) producto de procesos de disolución y re precipitación de la calcita.</p> <p>Estas cavernas representan fracturas discontinuas paralelas al plano de foliación, las cuales al interconectarse pueden generar superficies de debilidad estructural al macizo rocoso.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita, con tamaños desde 0,1 mm a 0,5 mm (al igual que la muestra anterior), que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta tres superficies de debilidad estructural; dos paralela a la foliación, representadas por la alineación de los minerales laminares (foliación) y por las cavernas, la otra superficie de debilidad son las microvetas de cuarzo perpendiculares a la foliación.</p> <p>La superficie de mayor inestabilidad es la paralela las bandas de grafito y micas.</p>		
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
<b>Espécimen:</b>					
<b>Perforación:</b>	Muestra BH19-Box07 (31,5-33,0) m				
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso				
Mineralogía (%)					
Calcita	Cuarzo	Micas	Grafito	Accesorios (pirita)	
53,9	31,2	7,3	3,2	4,4	




	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>



Microveta de cuarzo policristalino perpendicular al plano de foliación, representando la tercera superficie de debilidad de la roca.

BH-21

<b>ODEBRECHT</b>		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	


DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,3 a 1 mm cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,1 mm y 0,3 mm, las cuales están intercaladas con bandas microplegadas de micas y grafito de 0,1 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por agregados elongados paralelos a la foliación, con espesores que varían en tamaño desde 0,5 mm a 1 mm,</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 1 mm, que desarrollan el plano de foliación y zonas microplegadas en la roca, representando las superficies principales de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante que en las muestras anteriores y que están en muchas zonas microplegados.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH21-Box32 (166-169) m					
<b>Clasificación :</b>	Esquisto Cuarzoso calcítico micáceo grafitoso					
<b>Mineralogía (%)</b>						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
30,1	35,1	22,2	11,4	0,3	0,9 - Pirita	

	<p>Banda de cuarzo</p> <p>Plano de foliación compuesto por moscovita y grafito con desarrollo de micropliegues.</p>
---	---

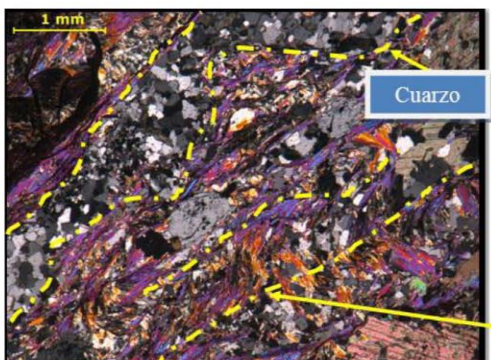
<b>ODEBRECHT</b>		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	

	<p>Planos de foliación desarrollados por la alineación de los cristales moscovitas y grafito microplegados rodeando cristales de cuarzo monocristalino como policristalino.</p> <p>Nicoles Cruzados</p>
---	---

<b>ODEBRECHT</b>		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	


DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 1mm a 3 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,2 mm y 0,1 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 3 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares, con espesores 2 mm, están bandas blancas son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita no están entremezclados como en las muestras anteriores, por el contrario forman bandas continuas mono minerales bien diferenciadas unas de otras.</p> <p>La muestra es muy similar a la anterior (BH21-Box32) presentando una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante que en las muestras anteriores y que están en muchas zonas microplegados.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH21-Box32 (169-172) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso					
<b>Mineralogía (%)</b>						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
29,2	27,5	19,5	21,9	1,7	0,3 (Pirita)	



Bandas paralelas de cuarzo policristalino - Moscovita – grafito – calcita, superficies de debilidad de la roca.

**Nicoles Cruzados**

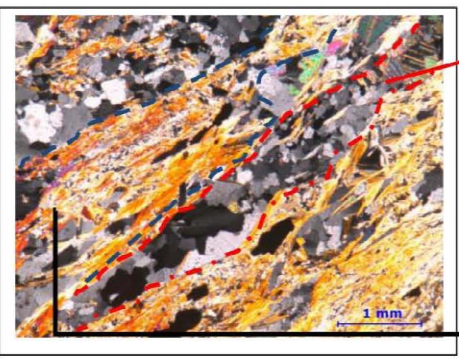
Banda de moscovita

		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			 
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Bandas de moscovita y grafito desarrollando planos de foliación.</p> <p>Nicoles Cruzados</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Banda de calcita</p> </div>
---	--


		<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 1</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	
DATOS GENERALES			ANÁLISIS		
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -		Roca meteorizada, blanda y fracturada (RMbf) de color blanco, con blandas de 0,5 mm a 1,5 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,5 mm y 2,0 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas, moscovitas de 2,0 mm espesor. La textura equigranular de grano medio a grueso.  El cuarzo presenta agregados policristalino que varían en tamaño desde 1,0 mm a 5,0 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación, así como también en forma de matriz con cristales desde 0,2 mm.  La calcita está presente en bandas paralelas a las bandas de cuarzo y micas, con cristales que van de 3 mm a 0,5 mm, siendo los más abundante de 1 mm;  Paralelas a las bandas de cuarzo están las bandas de minerales laminares tipo micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,5 mm a 1,0 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.		
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
<b>Espécimen:</b>					
<b>Perforación:</b>	BH-21 (49.50 -51.00 m)				
<b>Clasificación:</b>	ESQUISTO CALCÍFICO CUARZOSO MICÁCEO GRAFITOSO				
Mineralogía (%)					
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
40.7	20.1	34.4	0.8	Pirita - 4.1	



Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino metamórfico muy fracturado, banda de textura nematoblástica.

**Nicolas Cruzados:** Bandas intercaladas de micas, grafito y cuarzo.


Banda compuesta por micro cristales de moscovita, banda de textura lepidoblástica



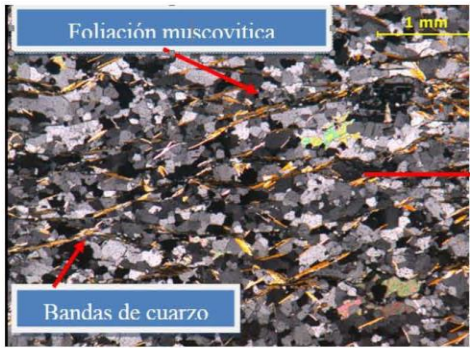
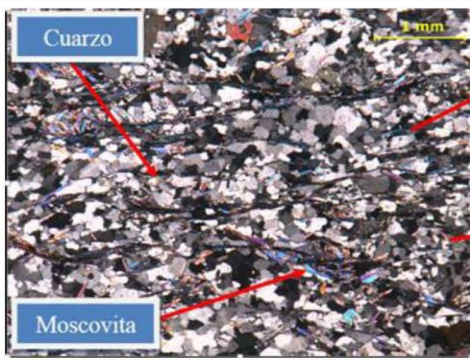
Banda de calcita

Banda de micas

**Nicolas Cruzados:** Bandas intercalas de micas - calcita.


<b>ODEBRECHT</b>		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 1</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	

DATOS GENERALES					ANÁLISIS	
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -				<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,5 mm a 1 mm con cristales granulares de cuarzo policristalino con tamaño menores a 0,5 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,2 mm espesor. La textura es equigranular de grano fino.</p> <p>El cuarzo está dispuesto en las bandas blancas de la roca en forma de agregados policristalinos que varían en tamaño desde 0,2 mm a 1 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación.</p> <p>La calcita está presente dentro de las bandas de cuarzo y los cristales son menores a 0,5 mm.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo están las bandas discontinuas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 0,2 mm, que desarrollan el plano de foliación discontinuos en la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p>	
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH-21 (61,5-63,0) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Cuarzoso micáceo calcítico grafitoso					
<b>Mineralogía (%)</b>						
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Accesorios		
5,9	71,8	16,5	5,9	-		

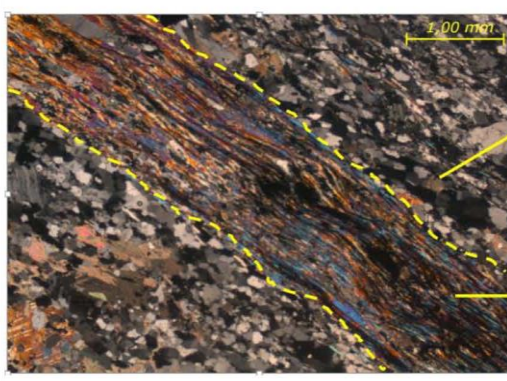
	<p>Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino.</p> <p>Nicoles Cruzados</p>
	<p>Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino.</p> <p>Nicoles Cruzados</p> <p>Banda compuesta por micro cristales de moscovita desarrollando plano discontinuos de foliación.</p>



BH-240

<b>ODEBRECHT</b>		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de 1 a 2 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,1 mm y 0,5 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,5 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita están entremezclados en las bandas blancas de la roca en forma de agregados policristalinos que varían en tamaño desde 0,1 mm a 1 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación.</p> <p>La calcita está presente en bandas junto al cuarzo, paralelas al plano de foliación de la roca, los cristales van de 0,2 mm a 1 mm, siendo los más abundantes de 0,5 mm.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo micas y grafito, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 1 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH240-Box12 (102,0 – 105,0) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Cuarzoso micáceo calcítico grafitoso					
<b>Mineralogía (%)</b>						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
13,0	59,2	13,0	14,2	-	0,6 Pirita	



Banda de 1,5 mm de micro cristales de cuarzo anhedrales de 0,2 mm de diámetro.

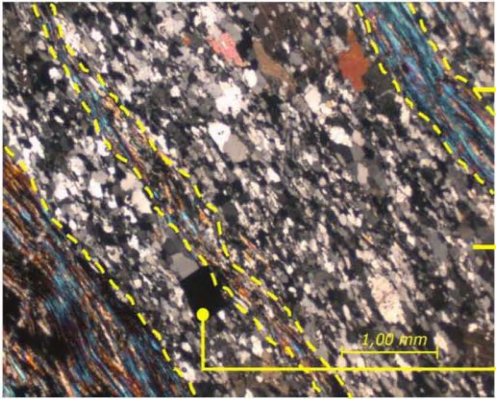
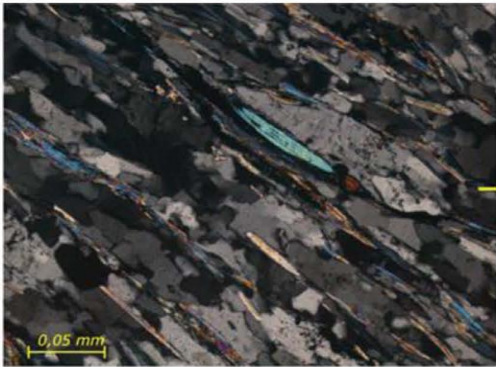
**Nicoles cruzados**




Banda de 1 mm de espesor compuesta por micro cristales de moscovita y grafito.

Nicoles Cruzados: Bandas intercalas de micas - grafito

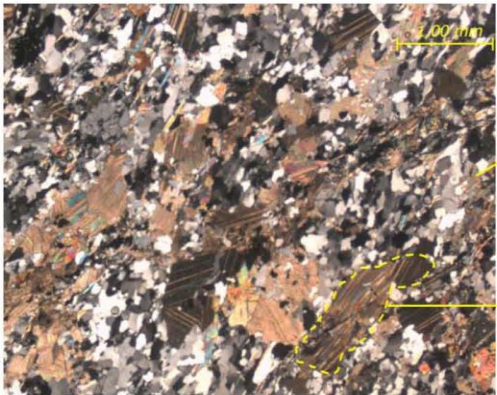
<b>ODEBRECHT</b>		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	

	<p>Banda de moscovita de 0,5 mm de espesor, responsable del plano de foliación de la roca.</p> <p><b>Nicoles Cruzados</b></p> <p>Banda de 3,0 mm de micro cristales de cuarzo anhedrales de 0,2 mm de diámetro.</p> <p>Cristal de pirita</p>
	<p>Banda de 5 mm de micro cristales de cuarzo anhedrales intercalados con cristales de moscovita no conectados entre sí, de 0,2 mm de elongación. Generación de un plano de foliación discontinuo dentro de la banda de cuarzo.</p>

	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			 
	<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>


DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de 1 a 2 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,1 mm y 0,5 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,5 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita están entremezclados en las bandas blancas de la roca en forma de agregados policristalinos que varían en tamaño desde 0,1 mm a 1 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación.</p> <p>La calcita está presente en bandas junto al cuarzo, paralelas al plano de foliación de la roca, los cristales van de 0,2 mm a 1 mm, siendo el más abundante de 0,5 mm.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo micas y grafito, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 1 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH240-Box18 (132 - 135) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Cuarzoso calcítico grafitoso micáceo					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
27,9	49,5	11,8	9,8	1,0	-	

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Banda compuesta por micro cristales de calcita entremezclados con cristales cuarzo micro cristalinos sin orientación preferencial y sin desarrollo de planos de foliación.</p> <p><b>Nicoles cruzados</b></p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Cristal de calcita</p> </div>
---	---

		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			 
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	




  

	<p>Banda compuesta por micro cristales de cuarzo y calcita.</p> <p>Banda de cuarzo con micro cristales de moscovita y grafito, plano de foliación de la roca.</p> <p>Banda compuesta por micro cristales de calcita entremezclaos con cristales cuarzo micro cristalinos.</p>
	<p>Blasto de oligoclasa con el típico macado polisintético tipo albita, orientado perpendicular al plano de foliación</p> <p>Banda compuesta por micro cristales de calcita entremezclaos con cristales cuarzo micro cristalinos</p>

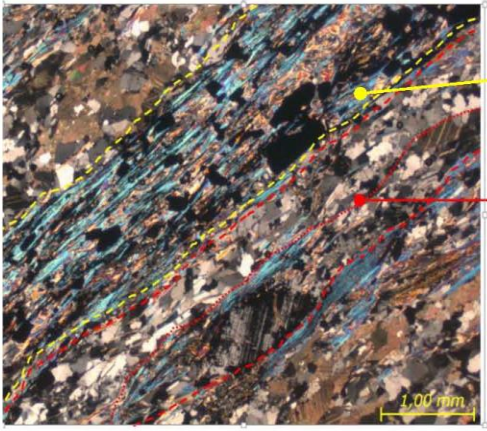
<b>ODEBRECHT</b>		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	


DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 1 a 3 mm con cristales granulares de calcita de tamaño entre 0,5 mm y 4 mm, las cuales presentan cristales de moscovita y cuarzo intercalados con los cristales de calcita sin desarrollo de planos de foliación continuos, esto es debido a que los minerales laminares no están interconectados unos con otros. La textura es equigranular de grano muy medio.</p> <p>La calcita representa el 60 % de la roca en forma de bandas blancas, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares de tamaño medio.</p> <p>El cuarzo está presente en menor porcentaje que en las muestras anteriores y no desarrolla bandas, estando entremezclado con los cristales de calcita.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural poco desarrollada, representada por los planos de foliación discontinuos desarrollados por los minerales laminares como grafito y micas.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH240 – Box21 (153-156-) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso					
<b>Mineralogía (%)</b>						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
46,2	26,6	12,4	14,8	-	-	

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Bandas de calcita con cristales de moscovita y grafito dispuestos paralelamente al plano de foliación de la roca, el cual es discontinuo en esta zona</p> </div>
---	--

		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			 
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	


  

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Banda moscovita, grafito y pirita, orientados desarrollando el plano de foliación discontinuo</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Banda de cuarzo micro cristalino entremezclado con cristales de moscovita .</p> <p>Nicoles cruzados</p> </div>
---	--

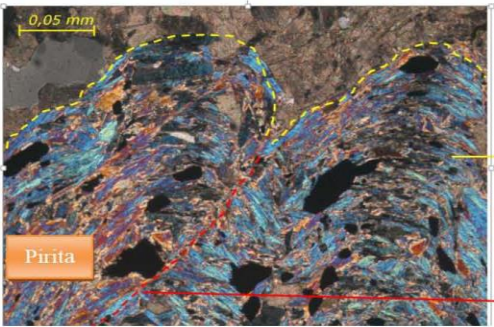
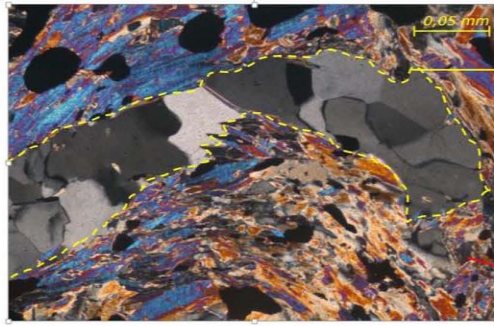
<b>ODEBRECHT</b>		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de 3 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 1 mm y 3 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 2 mm espesor. La textura es equigranular de grano medio.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares de calcita y en menor proporción cuarzo, con espesores 3 mm, están bandas blancas no son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita están entremezclados, formando bandas discontinuas de ambos minerales</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, siendo el grafito el responsable del desarrollo de plano de foliación de hasta 2 mm de espesor en la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante y de mayor espesor, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH240 – Box21 (156 - 159) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Cuarzoso calcítico micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
29,5	33,0	1,1	27,3	-	9,1 Pirita	



<b>ODEBRECHT</b>		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	

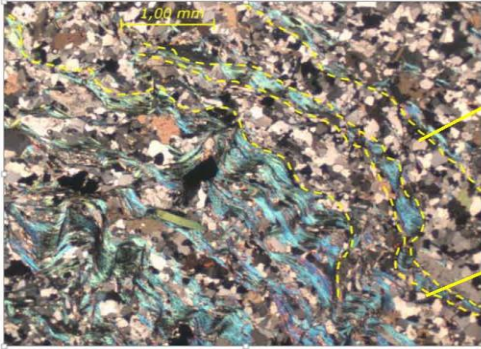
  

	<p>Micropliegues de moscovita, grafito y pirita, cuyos ejes axiales están orientados casi perpendicularmente a la dirección del plano de foliación de la roca, evidenciando planos de crenulación.</p> <p style="text-align: center;">Plano de crenulación</p>
	<p style="text-align: center;">Plano de crenulación</p> <p>Micropliegues de moscovita, grafito y pirita.</p>



	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
	<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,3 - 1,0 mm de espesor de cristales granulares de cuarzo y calcita equigranulares, estas bandas están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 - 0,5 mm espesor.</p> <p>La calcita es anhedral y su tamaño varía entre 0,2 – 1,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,4 mm. La calcita está distribuida uniformemente dentro de la banda de cuarzo (no existen bandas de calcita en la roca).</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,05- 0,2 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,5 mm. El cuarzo forma bandas paralelas al plano de foliación.</p> <p>La muscovita varía su tamaño de 0,2 - 1,5 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 1,0 mm de longitud. La muscovita está en las bandas junto con el grafito desarrollando el plano de foliación discontinuo, el cual representa la principal estructura de debilidad de la roca, en algunos casos existen micropliegues de estos planos de foliación y el desarrollo de crenulación (clivaje de roca). La roca presenta algunos cristales de oligoclasa subhedral de 0,5-1,0 mm de diámetro.</p> <p>La muestra presenta dos superficies de debilidad estructural bien marcada y están representadas por los planos de foliación y otra por los planos de crenulación orientados ortogonalmente a los planos de foliación.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>	9					
<b>Perforación:</b>	BH240 – Box22 (168-171) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Cuarzoso micáceo grafitoso calcítico					
<b>Mineralogía (%)</b>						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
10,1	51,5	11,8	17,2	9,5	-	

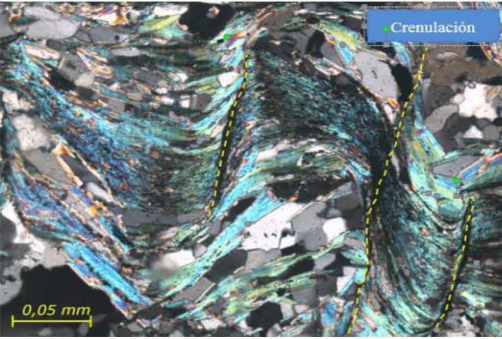



Banda compuesta por cuarzo microcristalinos sin orientación preferencial y sin desarrollo de planos de foliación.

Banda compuesta por cuarzo microcristalinos sin orientación preferencial y sin desarrollo de planos de foliación.

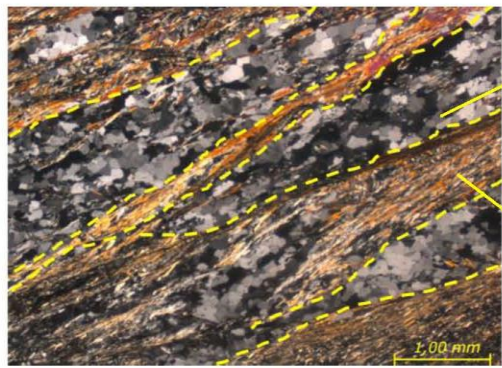
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			 
	<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Página 2 de 2</b>
				<b>Espécimen:</b>

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Banda de cuarzo policristalino y calcita</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Bandas de moscovita – grafito - pirita</div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Micro pliegue de micas moscovita y cuarzo policristalino, en el plano de foliación y clivaje de la roca (crenulación)</div>



<b>ODEBRECHT</b>		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	

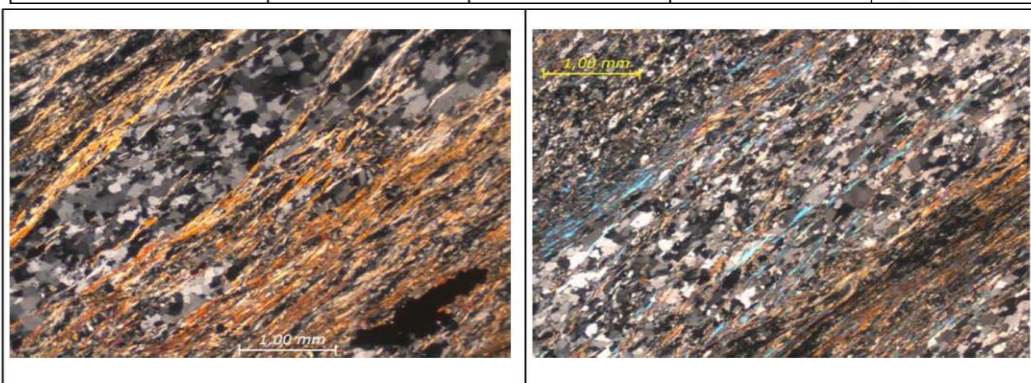
DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,5 - 2,0 mm de espesor de cristales granulares de cuarzo equigranulares, intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,2 - 1,0 mm espesor.</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,1- 0,4 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,4 mm. El cuarzo está distribuido en bandas blancas homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y las micas no están entremezclados y forman bandas continuas mono minerales bien diferenciadas unas de otras.</p> <p>La muscovita varía su tamaño de 0,1 - 0,5 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 0,3 mm de longitud. La muscovita está en las bandas junto con el grafito desarrollando el plano de foliación continuo, el cual representa la principal estructura de debilidad de la roca</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más continuos y paralelos entre ellos.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>	13					
<b>Perforación:</b>	BH240 – Box23 (174-177) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Cuarzoso micáceo grafitoso					
<b>Mineralogía (%)</b>						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
-	54,0	16,6	29,4	-	-	





Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino metamórfico, banda de textura nematoblástica.

Banda compuesta por micro cristales de moscovita y grafito, banda de textura lepidoblástica

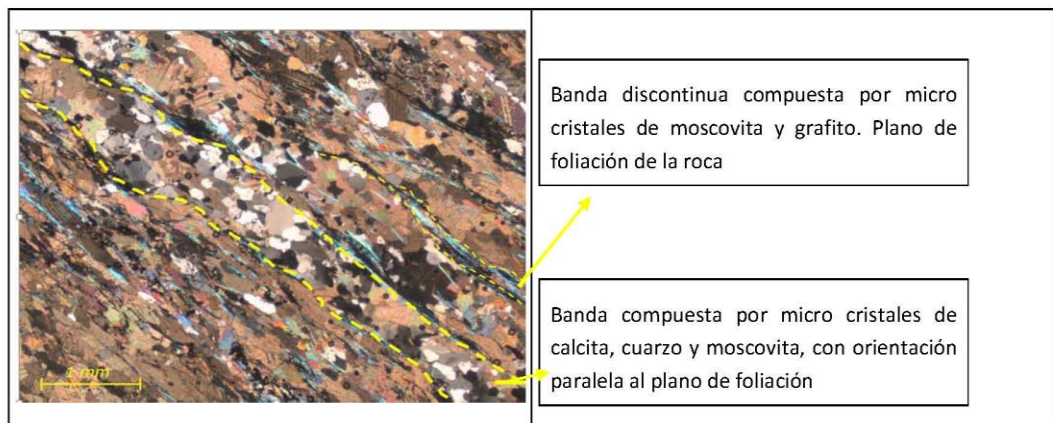
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
	<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Página 2 de 2</b>
				<b>Espécimen:</b>






Bandas compuestas por micro cristales de cuarzo policristalino metamórfico intercaladas con bandas de micro cristales de moscovita y grafito, con orientación paralela al plano de foliación.

		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	

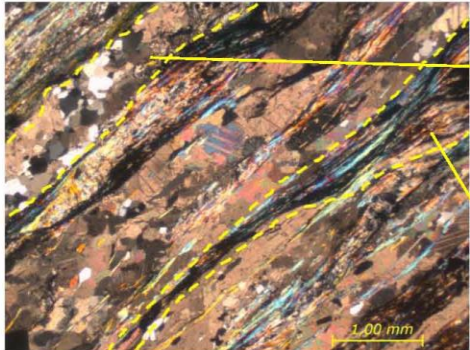
DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,5 - 2,0 mm de espesor de cristales granulares de cuarzo y calcita equigranulares, estas bandas están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 - 0,2 mm espesor.</p> <p>La calcita es anhedral y su tamaño varía entre 0,2 – 2,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 1,0 mm.</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,1- 1,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,3 mm. El cuarzo está distribuido uniformemente dentro de la banda de calcita (no existen bandas de cuarzo en la roca)</p> <p>La muscovita varía su tamaño de 0,1 - 1,0 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 0,5 mm de longitud. La muscovita está en las bandas junto con el grafito desarrollando el plano de foliación discontinuo, el cual representa la principal estructura de debilidad de la roca.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural, la cual está desarrollada paralela las bandas de grafito y micas, es decir el plano de foliación</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH240 – Box24 (183-186) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Calcítico cuarzoso grafitoso micáceo					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
60,6	12,9	14,8	10,3	-	1,3 Pirita	






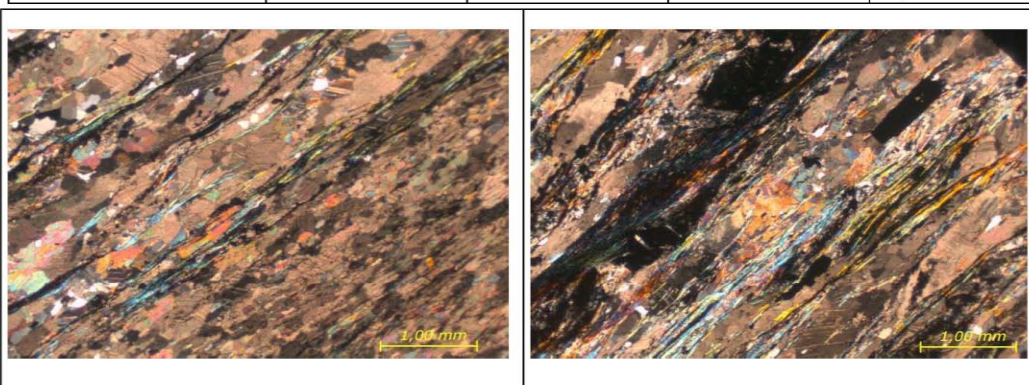
		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	
					
Banda compuesta por micro cristales de calcita, cuarzo y moscovita, con orientación paralela al plano de foliación		Banda compuesta por micro cristales de calcita, moscovita y grafito, con orientación paralela al plano de foliación.			

		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			 
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de 0,2 - 0,5 mm de espesor, compuesta por cristales granulares de calcita y poco cuarzo, estas bandas están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 - 0,5 mm espesor.</p> <p>La calcita es anhedral y su tamaño varía entre 0,2 – 2,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,4 mm.</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,1- 0,5 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,5 mm. El cuarzo está distribuido uniformemente dentro de la banda de calcita (no existen bandas de cuarzo en la roca)</p> <p>La muscovita varía su tamaño de 0,1 - 0,3 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 0,3 mm de longitud. La muscovita está en las bandas junto con el grafito desarrollando el plano de foliación continuo, el cual representa la principal estructura de debilidad de la roca.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural, la cual está desarrollada paralela las bandas de grafito y micas, es decir el plano de foliación.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
<b>Espécimen:</b>						
<b>Perforación:</b>	BH240 – Box25 (189-192) m					
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Calcítico grafitoso micáceo cuarzoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
56,6	7,6	21,0	14,6	-	0,3 Pirita	

	<p>Banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo, con orientación paralela al plano de foliación.</p> <p>Banda continua compuesta por micro cristales de moscovita y grafito. Plano de foliación de la roca.</p>
---	--



	METRO PETARE - GUARENAS			 
	<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Página 2 de 2</b>
				<b>Espécimen:</b>

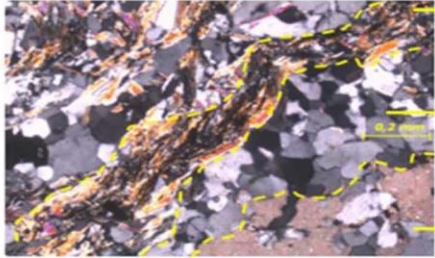
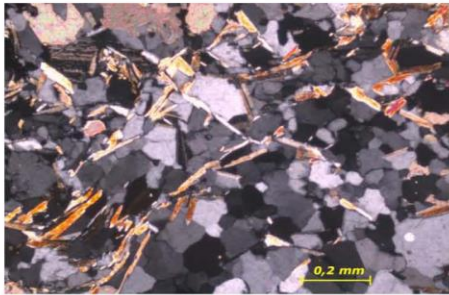
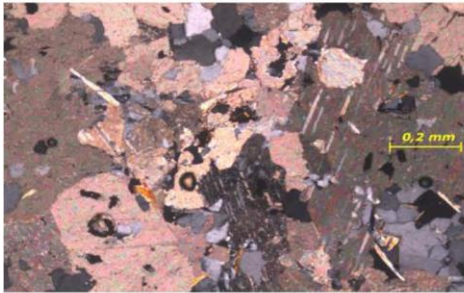


Blandas de 0,2 - 0,5 mm de espesor, compuesta por cristales granulares de calcita y poco cuarzo, estas bandas están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 - 0,5 mm de espesor.



BH-250

		<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
		<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 1</b>	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>	
DATOS GENERALES			ANÁLISIS		
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -		<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, intensamente microplegada donde no es posible identificar las diferentes bandas características del macizo rocoso. La roca está constituida por cristales de cuarzo, calcita, muscovita y grafito entremezclados, en algunas zonas es posible observar segmentos de bandas microplegadas de grafito y micas los cuales desarrollan planos de foliación discontinuos, representando estos la superficie de debilidad estructural de la roca.</p> <p>La calcita es subhedral y su tamaño varía entre 0,3 – 2,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 1,0 mm.</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,1 – 0,8 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,2 mm. El cuarzo está distribuido uniformemente en agregados policristalinos.</p> <p>La muscovita varía su tamaño de 0,1 - 0,5 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 0,3 mm de longitud. La roca presenta algunos cristales de pirita.</p>		
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
<b>Espécimen:</b>					
<b>Perforación:</b>	BH-250 Box 6 (40,0 – 41,5) m				
<b>Clasificación:</b>	Esquisto Cuarzoso calcítico muscovítico grafitoso				
Mineralogía (%)					
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
32,70	41,30	19,30	0,00	6,70	



	<p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de grafito y muscovita con micropliegues, banda de textura lepidoblástica. Planos de foliación</p> <p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino.</p> <p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo policristalino.</p>
 <p>Banda compuesta por micro cristales de muscovita y cuarzo policristalino.</p>	 <p>Banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo policristalino.</p>

---

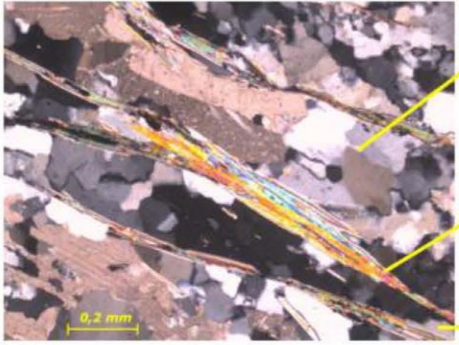
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

---

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>



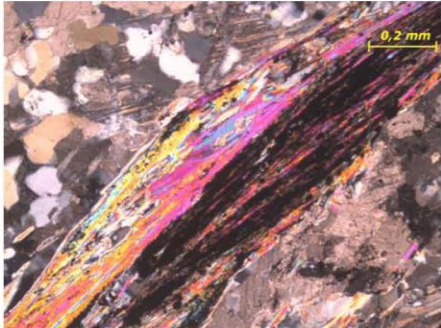
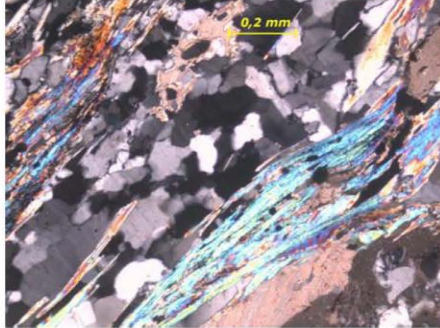
DATOS GENERALES					ANÁLISIS
<b>Equipo:</b>	Microscopio Petrográfico - Leica -				<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de cuarzo de 0,2 - 0,5 mm de espesor intercaladas con bandas continuas de grafito y mica de hasta 0,1 - 0,5 mm de espesor. Además de bandas compuesta por calcita y cuarzo entre 0,5 - 1,5 mm de espesor.</p> <p>La calcita es anhedral y varía su tamaño desde 0,2 - 1,5 mm de espesor, siendo 0,8 mm el tamaño más abundante.</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía entre 0,1 - 0,5 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,4 mm y está tanto en bandas continuas como en las bandas de calcita.</p> <p>La muscovita presenta cristales entre 0,1 - 1,0 mm, con la mayoría de los diámetros de ellos cristales cercanos a 0,5 mm y está microplegada e intensamente entremezclada con cristales de grafito representando el plano de foliación.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural, la cual está desarrollada paralela las bandas de grafito y micas.</p>
<b>Método de Análisis:</b>	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
<b>Proyecto:</b>	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
<b>Espécimen:</b>					
<b>Perforación:</b>	BH-250 Box 7 (44,5 - 46,0) m				
<b>Clasificación:</b>	<b>Esquisto Calcítico cuarzoso moscovítico grafitoso</b>				
<b>Mineralogía (%)</b>					
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
44,70	26,70	23,30	0,00	5,3	



**Banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo policristalino**

**Banda compuesta por micro cristales de grafito y muscovita con microplegues, banda de textura lepidoblástica. Planos de foliación**

**Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino, banda de textura nematoblástica.**

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>			
	<b>METRO PETARE - GUARENAS</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	<b>Espécimen:</b>
				
<p>Bandas compuesta por cristales de moscovita y grafito, desarrollando el plano de foliación.</p>		<p>Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino.</p>		

---

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

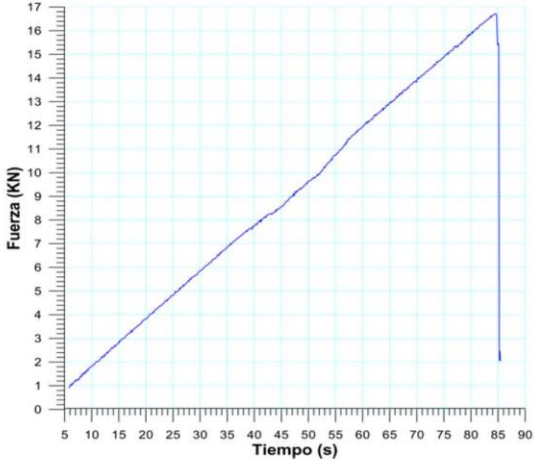
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

---

## 7.2 Reportes de Tracción Indirecta

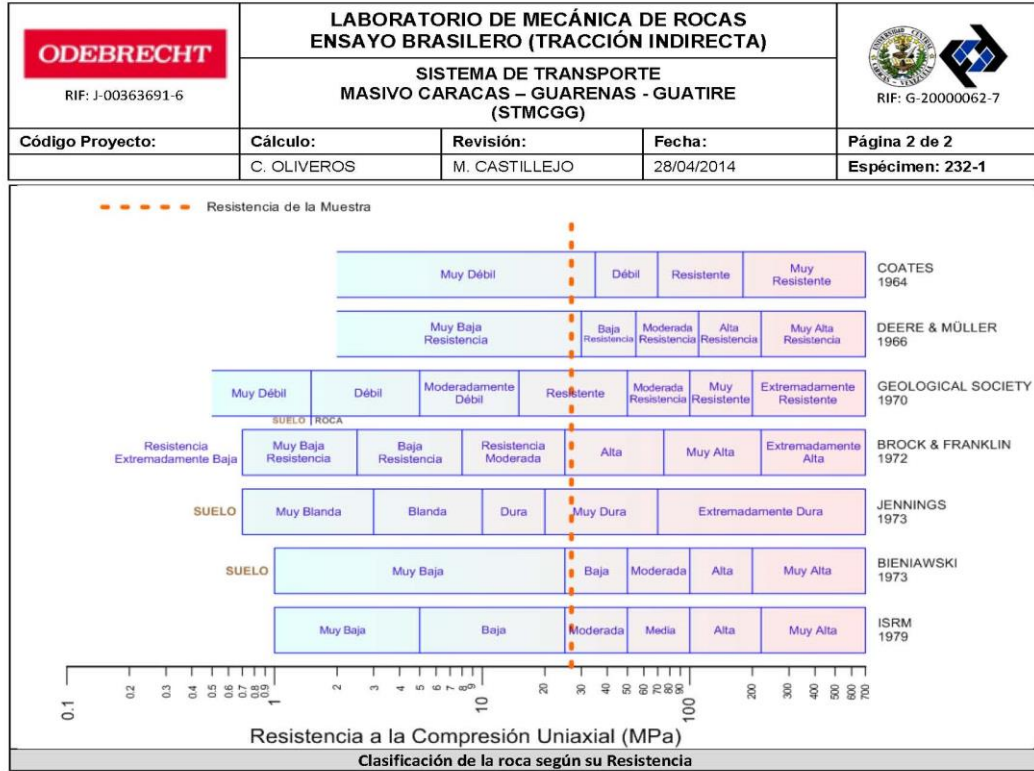
BH-19

<b>ODEBRECHT</b> RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 232-1
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE			
Espécimen:	020-3			
Perforación:	BH19-BOX 14 (84-87 m) 86 cm			
Profundidad:	84.86	m		
Diámetro (D)	47.50	mm		
Espesor	25.00	mm		
Duración:	85.4306	seg		
				
		INICIO	FINAL	

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 kN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	
RESULTADOS DEL ENSAYO		OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	16.72	kN
Resistencia a la Tracción	-8.94	MPa
Resistencia a la Compresión	26.83	MPa
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja	

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

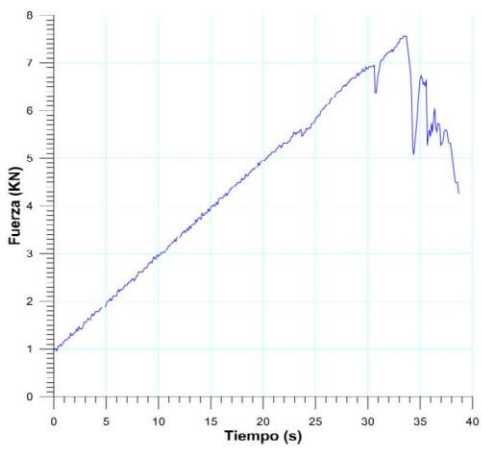


## BH-21

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS          ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE          MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE          (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 001-2
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE			
Espécimen:	001-2			
Perforación:	BH21-BOX 30 (160-163 m) 010 cm			
Profundidad:	160.10	m		
Diámetro (D)	47.60	mm		
Espesor	13.30	mm		
Duración:	38.674	seg		
				
		INICIO	FINAL	

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	-	MPa
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12	kN/seg
Carga Máxima permitida	80	KN
ETAPA FINAL		
Deformación Axial – Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN

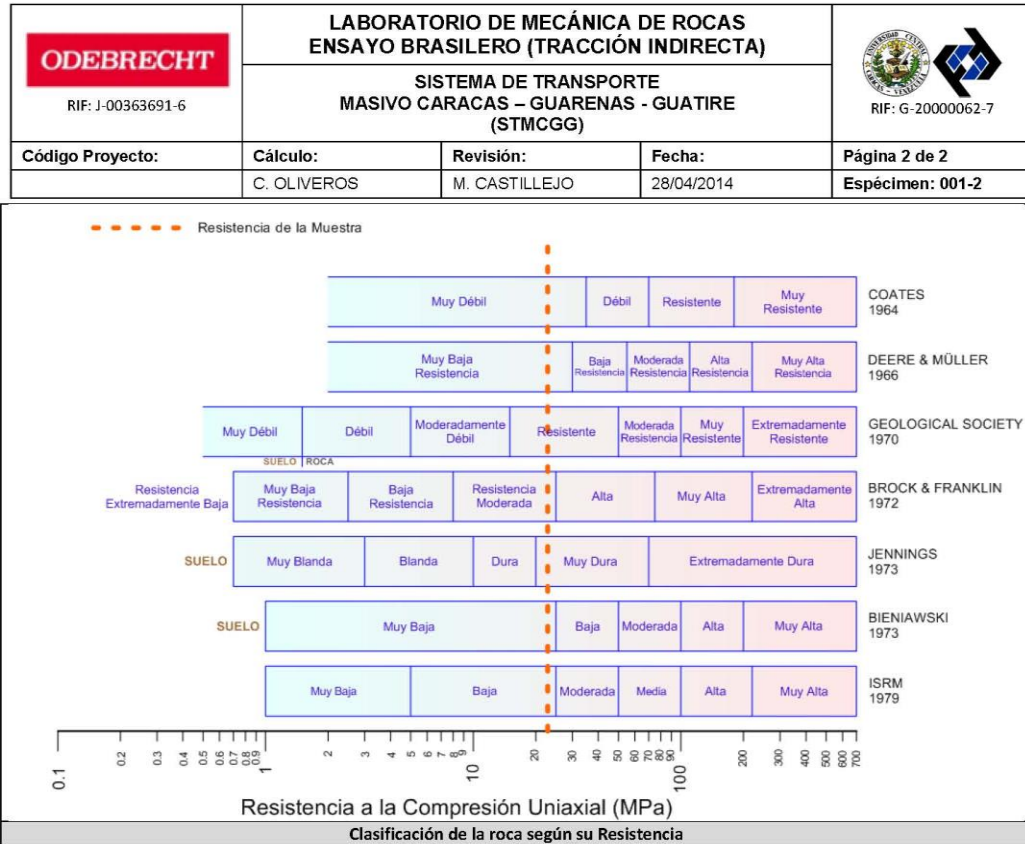
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	



RESULTADOS DEL ENSAYO		OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	7.56	kN
Resistencia a la Tracción	-7.60	MPa
Resistencia a la Compresión	22.80	MPa
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja	

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

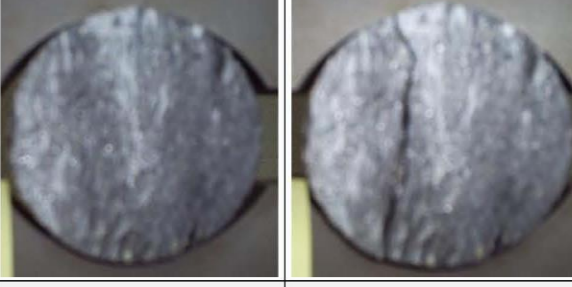


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

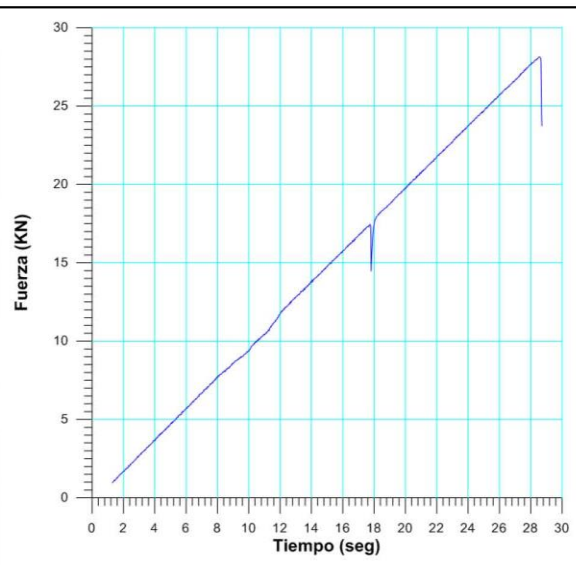
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	<b>Espécimen: 2-2</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications

<b>DATOS GENERALES</b>		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	2-2	
Perforación:	BH21-BOX 30 (160-163 m) 10 cm	
Profundidad:	160.10 m	
Diámetro (D)	47.40 mm	
Espesor	30.50 mm	
Duración:	137.20 seg	

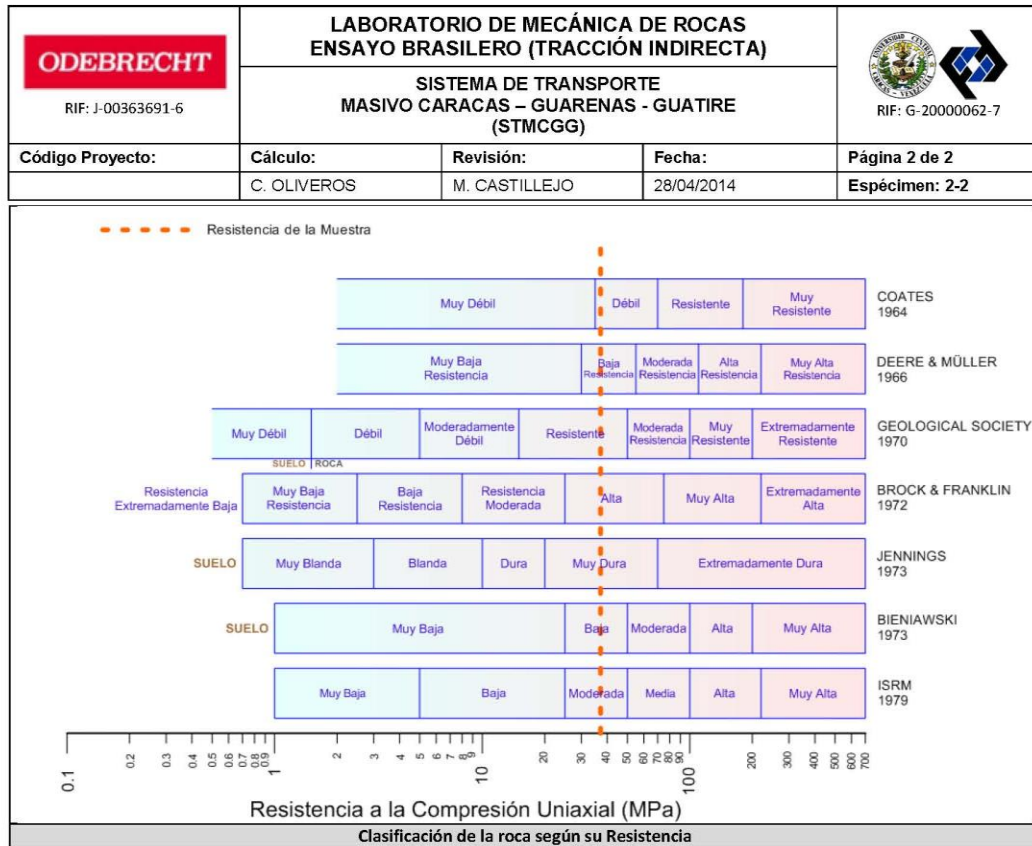
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 KN	
<b>ETAPA FINAL</b>		
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN



<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	

<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
Carga Axial Pico	28.13	kN	
Resistencia a la Tracción	-12.37	MPa	
Resistencia a la Compresión	37.12	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Media		





*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

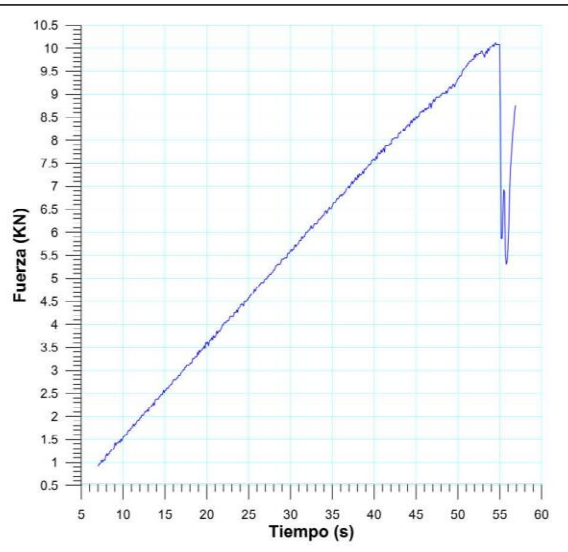
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	<b>Espécimen: 007-4</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
<b>DATOS GENERALES</b>		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	007-4	
Perforación:	BH21-BOX 30 (160-163 m) 231 cm	
Profundidad:	162.31	162.31
Diámetro (D)	47.50	47.50
Espesor	19.90	19.90
Duración:	56.8757	56.8757

  
**INICIO**

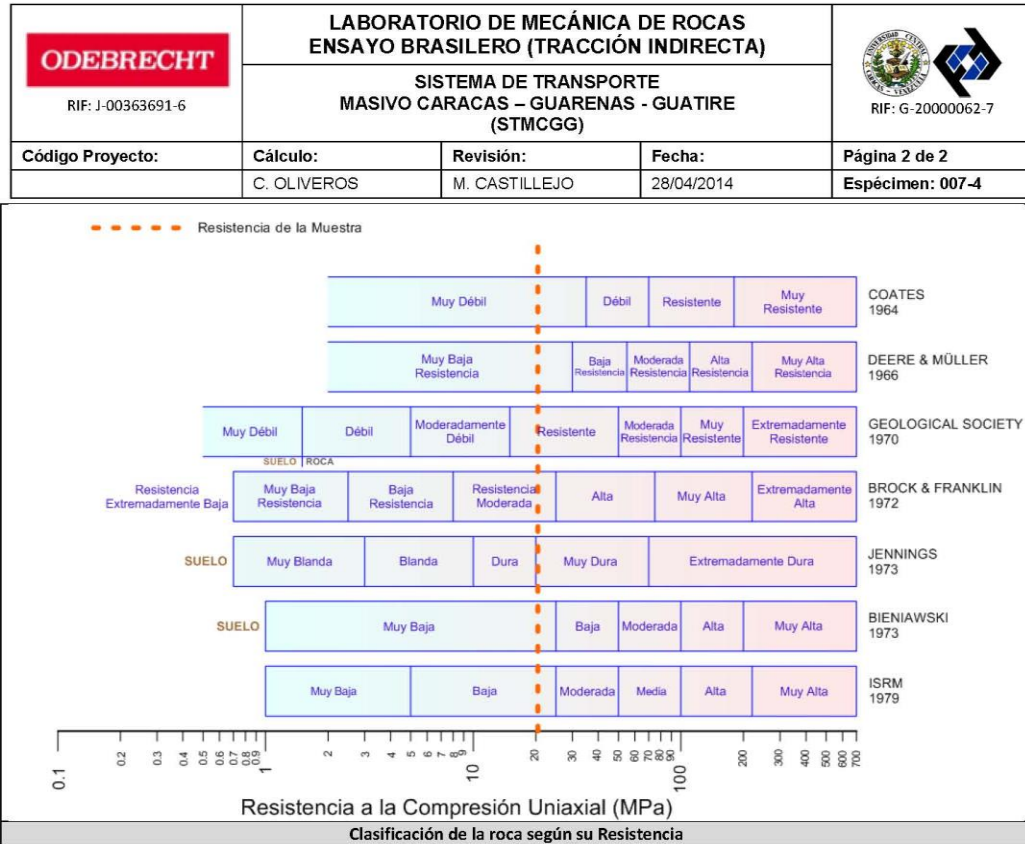
  
**FINAL**

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12	kN/seg
Carga Máxima permitida	80	KN
<b>ETAPA FINAL</b>		
Deformación Axial – Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN



<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	

<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
Carga Axial Pico	10.12	KN	
Resistencia a la Tracción	-6.82	MPa	
Resistencia a la Compresión	20.45	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

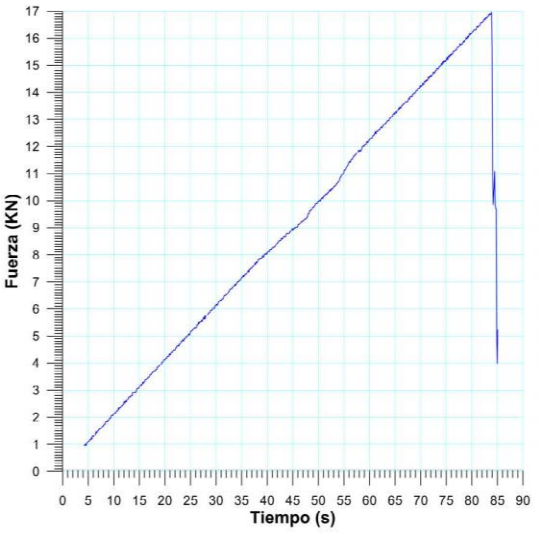


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

<b>ODEBRECHT</b> RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	<b>Espécimen: 007-3</b>

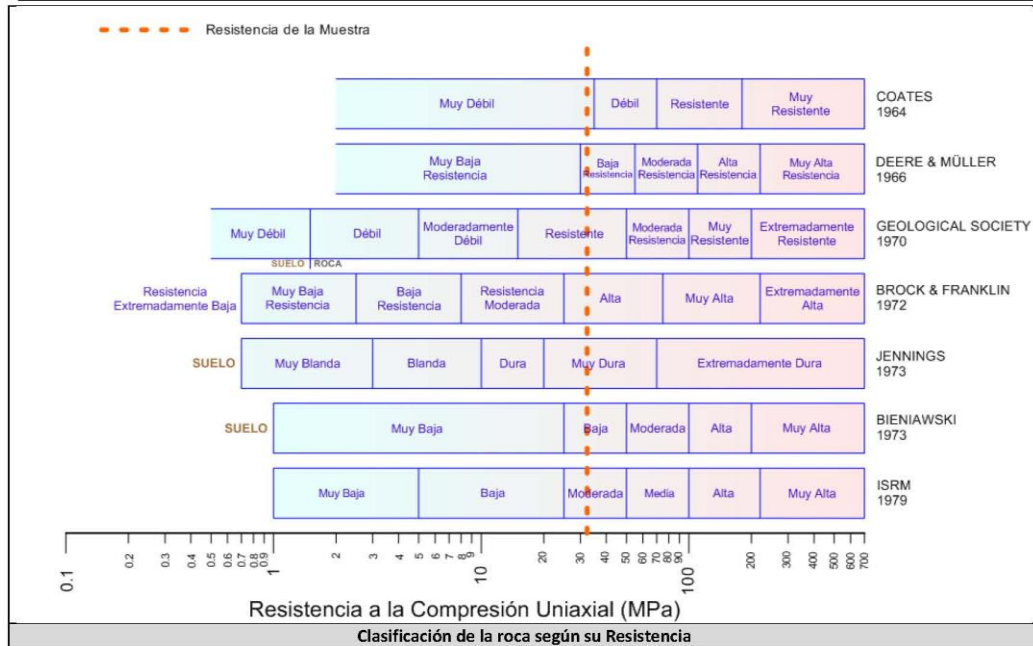
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
<b>DATOS GENERALES</b>		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	007-3	
Perforación:	BH21-BOX 30 (160-163 m) 231 cm	
Profundidad:	162.31	m
Diámetro (D)	47.70	mm
Espesor	21	mm
Duración:	85.0686	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12	kN/seg
Carga Máxima permitida	80	KN
<b>ETAPA FINAL</b>		
Deformación Axial – Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	
		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
Carga Axial Pico	16.95	KN
Resistencia a la Tracción	-10.77	MPa
Resistencia a la Compresión	32.32	MPa
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Moderada	

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

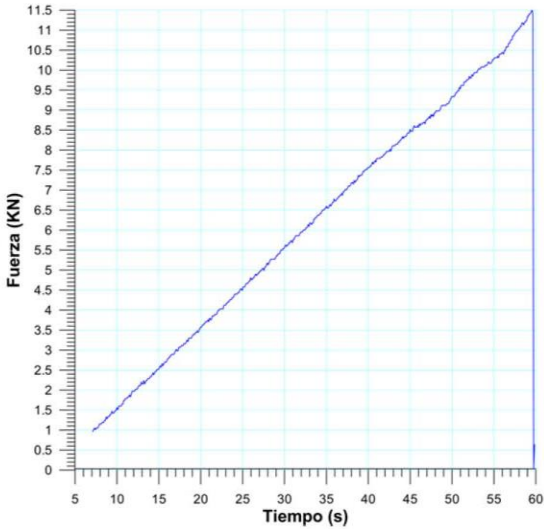
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	<b>Espécimen: 007-3</b>



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

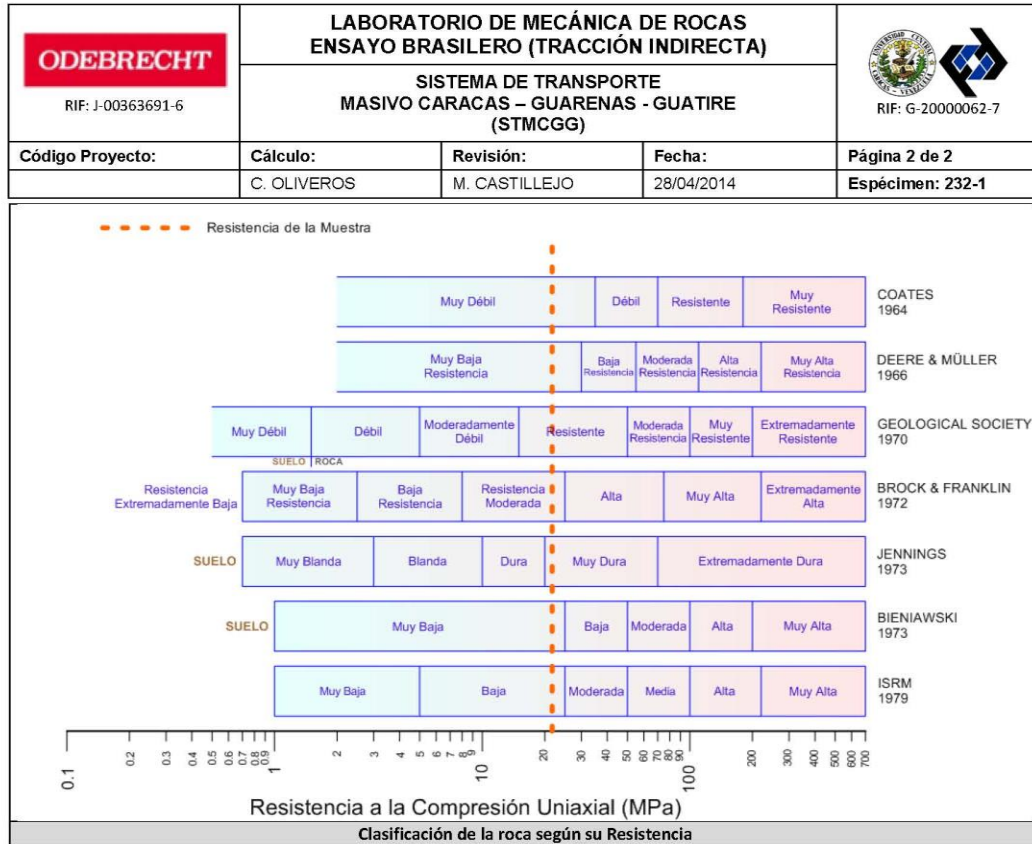
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 232-1
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE			
Espécimen:	008-5			
Perforación:	BH21-BOX 31 (163-166 m) 21 cm			
Profundidad:	163.21	m		
Diámetro (D)	47.50	mm		
Espesor	21.30	mm		
Duración:	60.1415	seg		
			INICIO	FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	- MPa		
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	12	kN/seg	
Carga Máxima permitida	80	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%	
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min	
Carga Máxima del Ensayo	-	kN	
ADQUISICIÓN DE DATOS:			
Incremento de Tiempo	0,1 seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial	
	Sensitividad	2 kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna		
RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	11,5	kN	
Resistencia a la Tracción	-7,24	MPa	
Resistencia a la Compresión	21,71	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

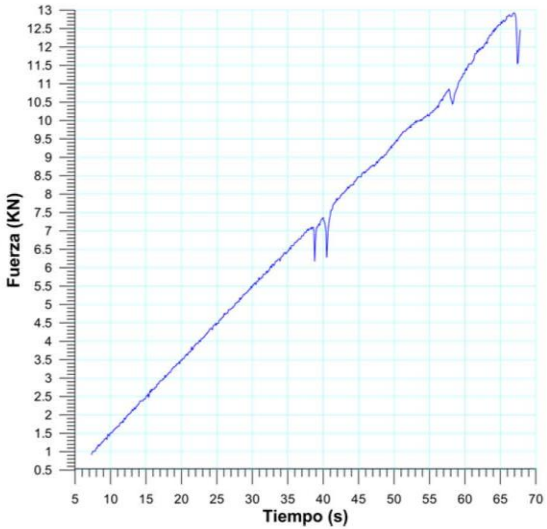
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

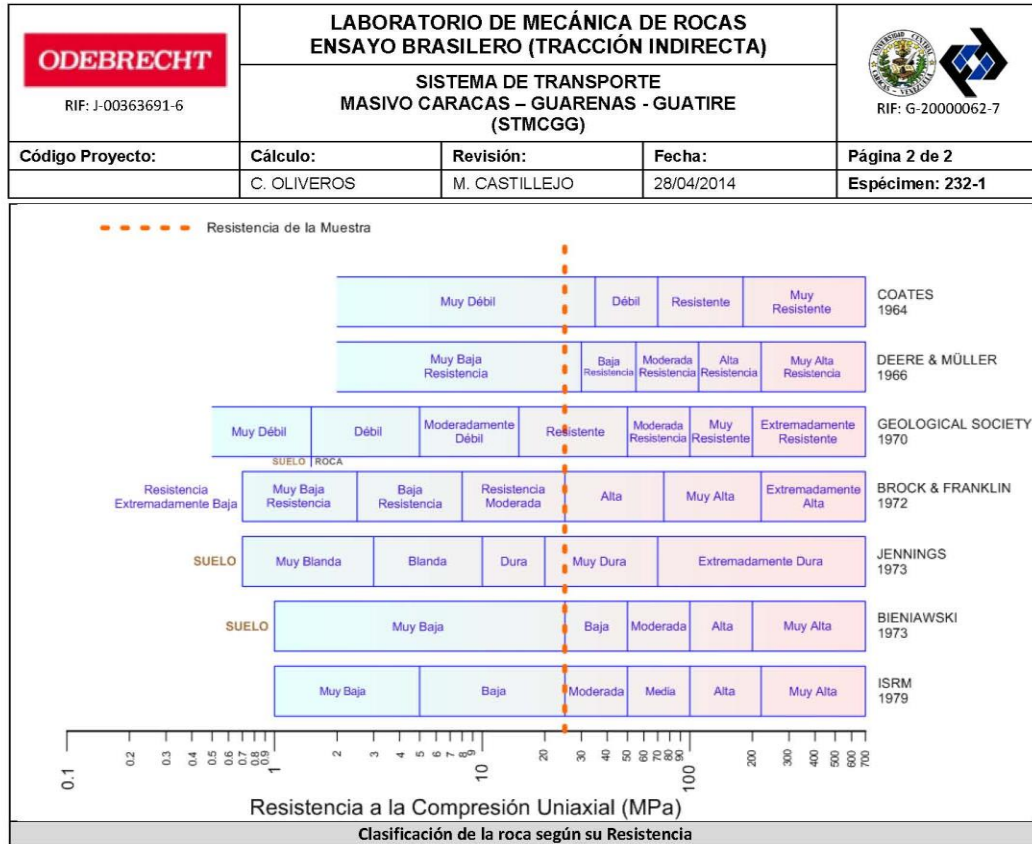
<b>ODEBRECHT</b> RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	<b>Espécimen: 232-1</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE			
<b>Espécimen:</b>	008-6			
<b>Perforación:</b>	BH21-BOX 31 (163-166 m) 21 cm			
<b>Profundidad:</b>	163.21	m		
<b>Diámetro (D)</b>	47.50	mm		
<b>Espesor</b>	20.80	mm		
<b>Duración:</b>	67.8043	seg		
			<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>					
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load				
<b>Tipo</b>	Incremental				
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	- MPa				
<b>Valor Inicial</b>	Relativo				
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/seg			
<b>Carga Máxima permitida</b>	80	KN			
<b>ETAPA FINAL</b>					
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.3%			
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min			
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	-	kN			
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>					
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1 seg				
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	Carga Axial			
	<b>Sensitividad</b>	2 kN			
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	ninguna				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Carga Axial Pico</b>	12.92	kN			
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-8.33	MPa			
<b>Resistencia a la Compresión</b>	24.98	MPa			
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja				

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



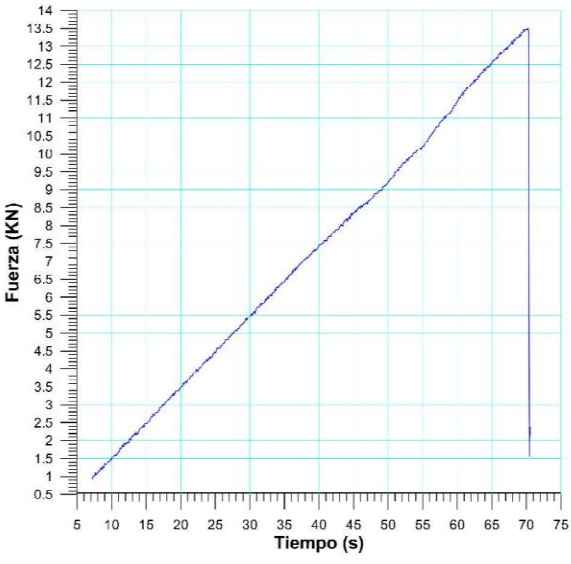


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

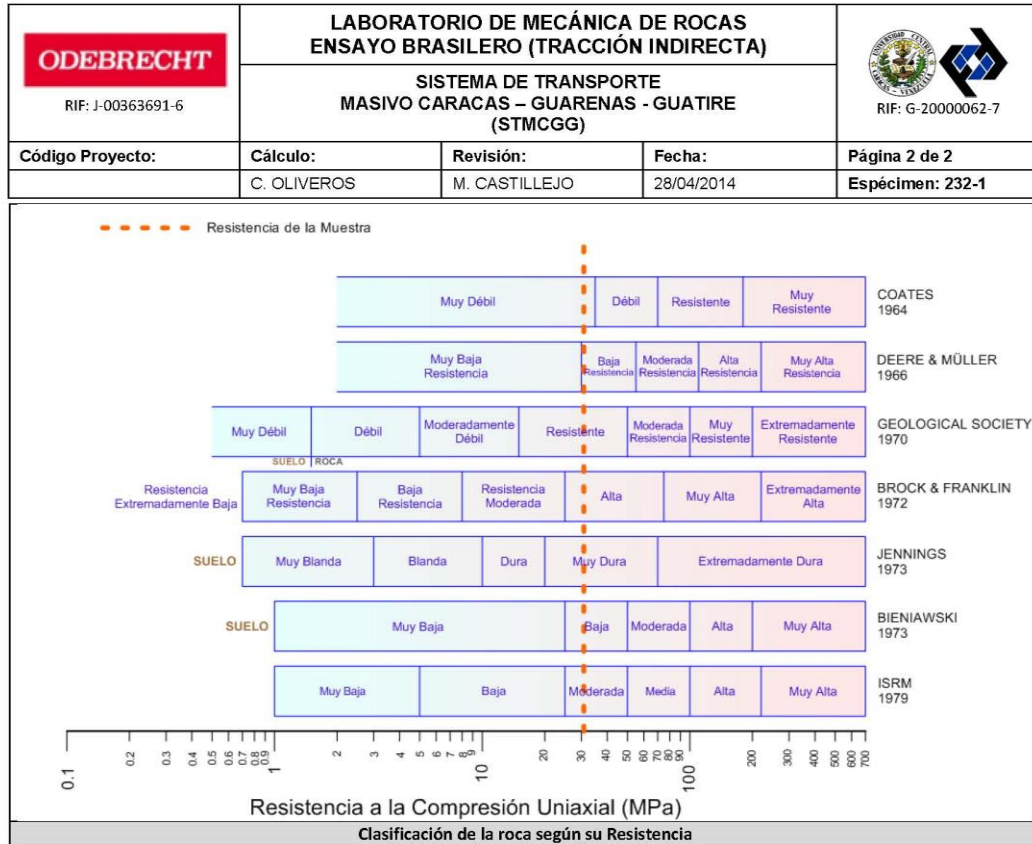
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	<b>Espécimen: 232-1</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
<b>DATOS GENERALES</b>		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	008-7	
Perforación:	BH21-BOX 31 (163-166 m) 021 cm	
Profundidad:	163,21	m
Diámetro (D)	47	mm
Espesor	17,8	mm
Duración:	80,9	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	- MPa		
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	12	kN/seg	
Carga Máxima permitida	80	kN	
<b>ETAPA FINAL</b>			
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%	
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min	
Carga Máxima del Ensayo	-	kN	
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>			
Incremento de Tiempo	0,1 seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial	
	Sensitividad	2 kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
Carga Axial Pico	13,51	kN	
Resistencia a la Tracción	-10,28	MPa	
Resistencia a la Compresión	30,84	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Moderada		

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*



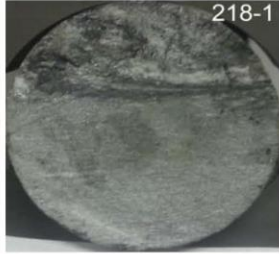
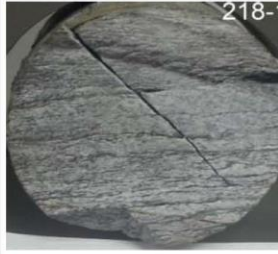
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



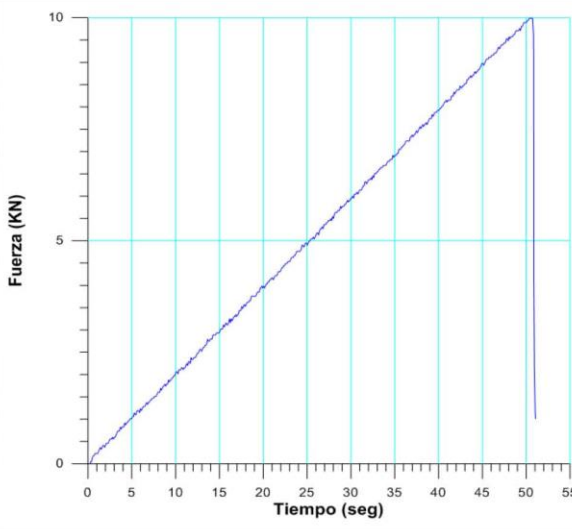
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-240

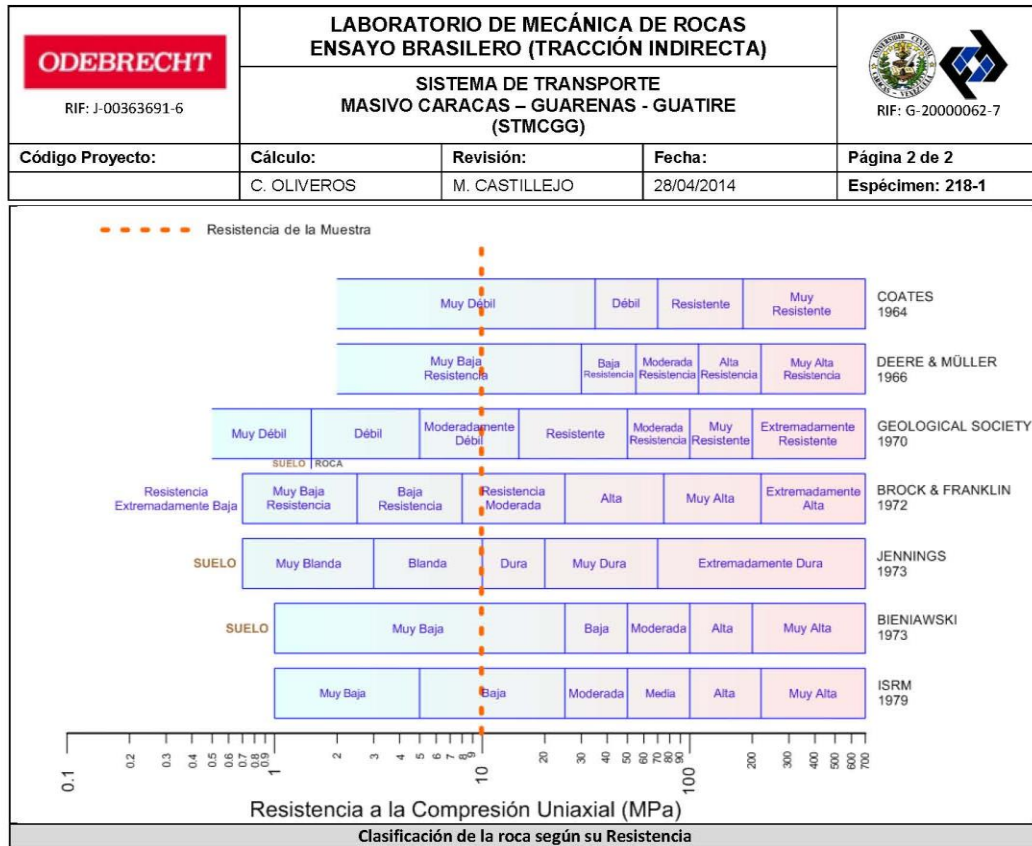
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 218-1
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE			
Espécimen:	218-1			
Perforación:	BH 240- BOX 23 (174-177m) 201 cm			
Profundidad:	176.01	m		
Diámetro (D)	48.1	mm		
Espesor	40	mm		
Duración:	89.25	seg		
				
		INICIO		FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12	kN/seg
Carga Máxima permitida	80	KN
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN



ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	

RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES		
Carga Axial Pico	9.98	kN			
Resistencia a la Tracción	-3.30	MPa			
Resistencia a la Compresión	9.91	MPa			
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja				



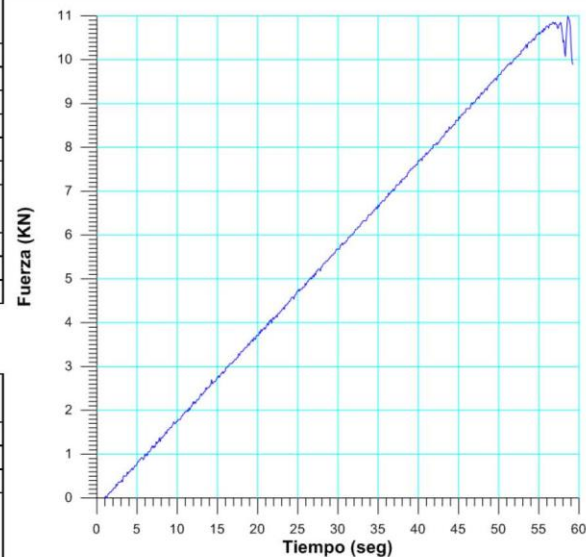
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

<b>ODEBRECHT</b> RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	14/09/2013	Espécimen: 232-1

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
<b>DATOS GENERALES</b>		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	232-1	
Perforación:	BH 240- BOX 24 ( 180-183 m) 365 cm	
Profundidad:	183.65	m
Diámetro (D)	48.50	mm
Espesor	35.30	mm
Duración:	59.20	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12	kN/seg
Carga Máxima permitida	80	KN
<b>ETAPA FINAL</b>		
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN

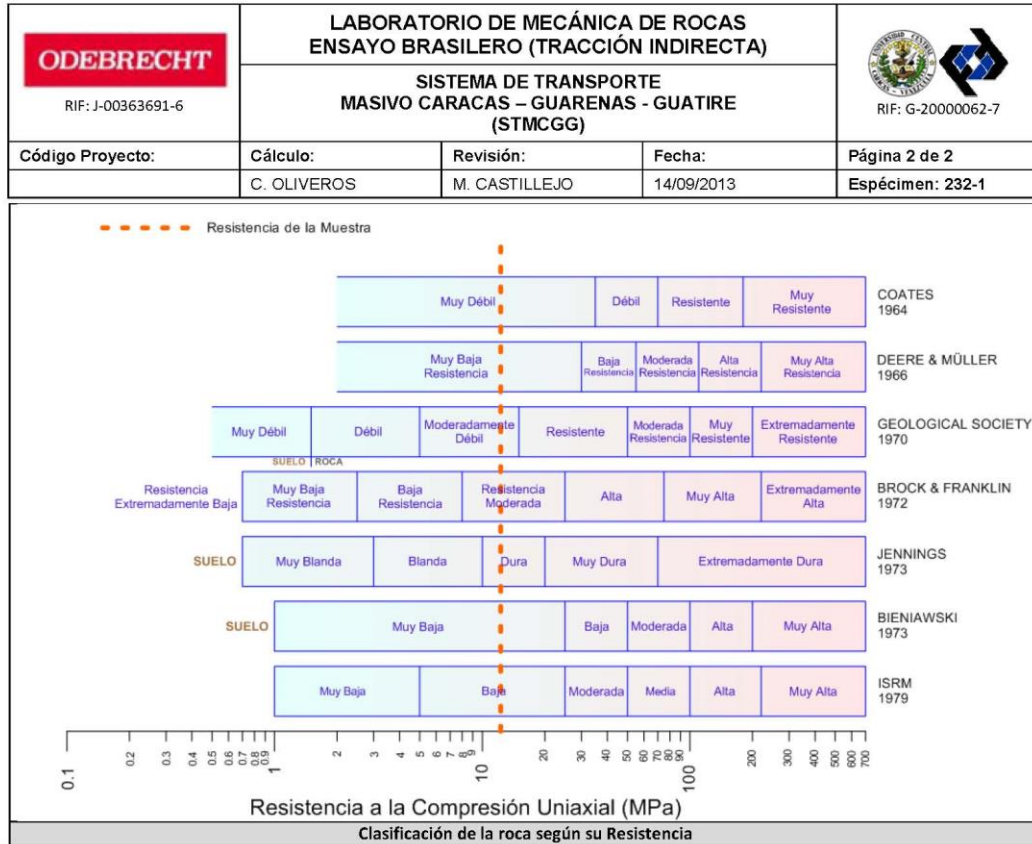


<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	

<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
Carga Axial Pico	10,99	kN	
Resistencia a la Tracción	-4,04	MPa	
Resistencia a la Compresión	12,26	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

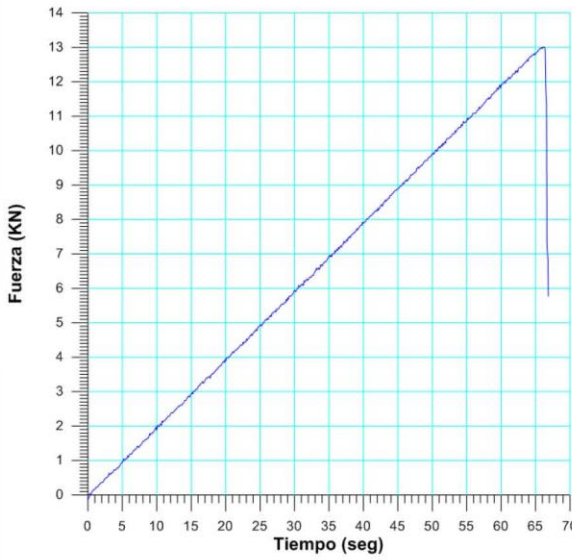


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

<b>ODEBRECHT</b> RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	14/09/2013	Espécimen: 232-2

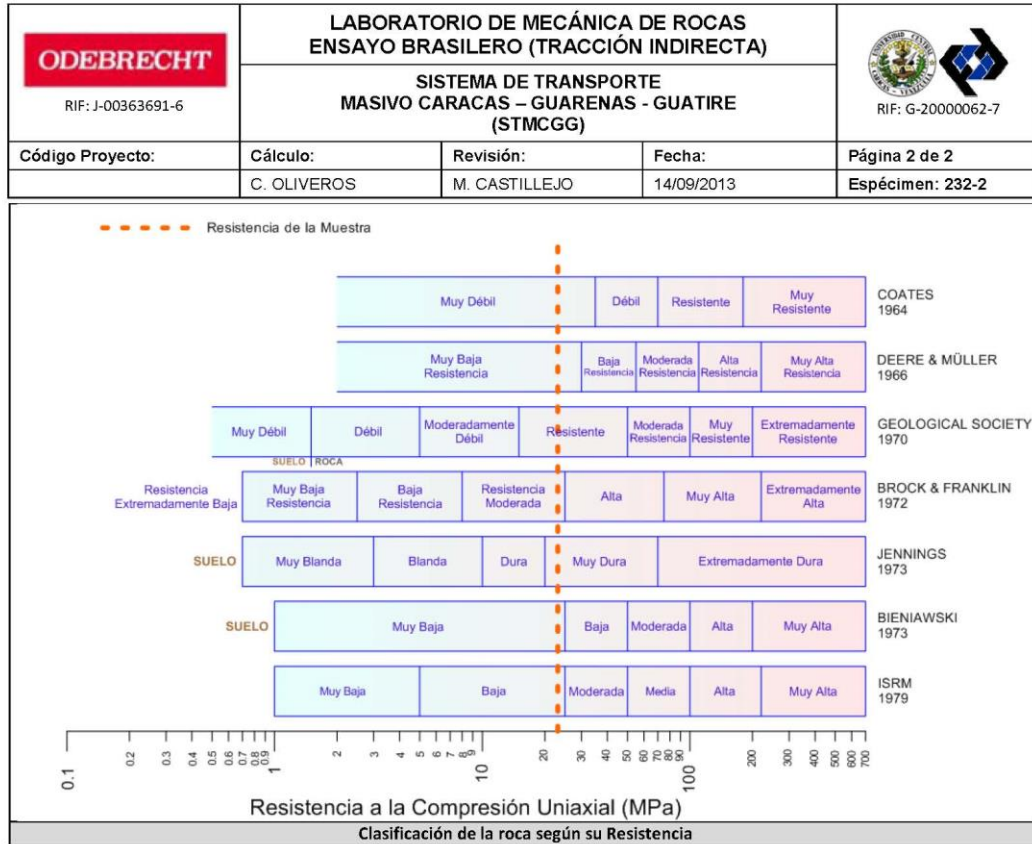
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
<b>DATOS GENERALES</b>		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	232-2	
Perforación:	BH 240- BOX 24 (180-183 m) 365 cm	
Profundidad:	183.65	m
Diámetro (D)	48.70	mm
Espesor	22.20	mm
Duración:	66.83	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	- MPa		
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	12	kN/seg	
Carga Máxima permitida	80	KN	
<b>ETAPA FINAL</b>			
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%	
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min	
Carga Máxima del Ensayo	-	kN	
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>			
Incremento de Tiempo	0.1 seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial	
	Sensitividad	2 kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
Carga Axial Pico	13.09	KN	
Resistencia a la Tracción	-7.70	MPa	
Resistencia a la Compresión	23.10	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7





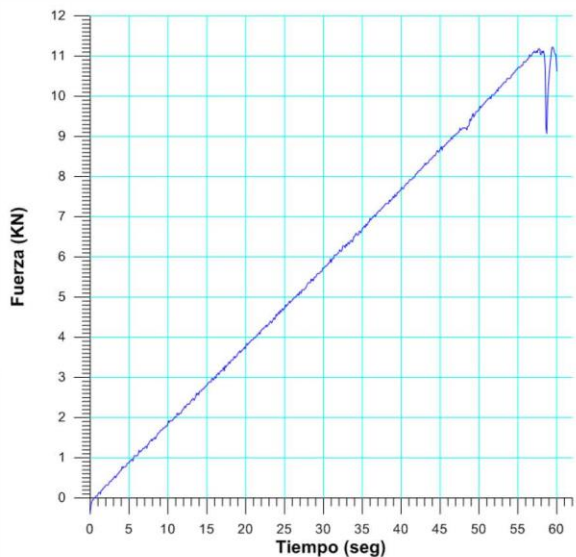
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

<b>ODEBRECHT</b> RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	14/09/2013	Espécimen: 243-3

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
<b>DATOS GENERALES</b>		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	243-3	
Perforación:	BH 240- BOX 25 (186-189 m) 202 cm	
Profundidad:	188.02	m
Diámetro (D)	48.20	mm
Espesor	20.60	mm
Duración:	60.0042	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/min	
Carga Máxima permitida	80 KN	
<b>ETAPA FINAL</b>		
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN

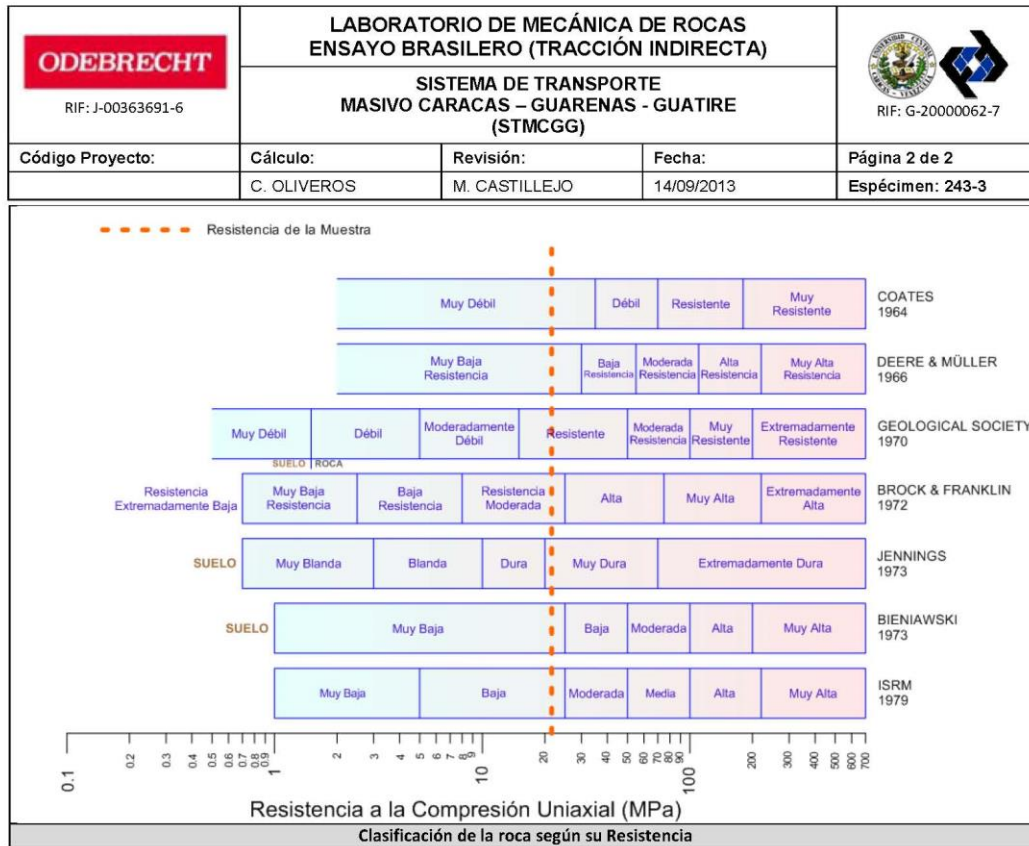


<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	

<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
Carga Axial Pico	11,22	kN	
Resistencia a la Tracción	-7,20	MPa	
Resistencia a la Compresión	21,59	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*


Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



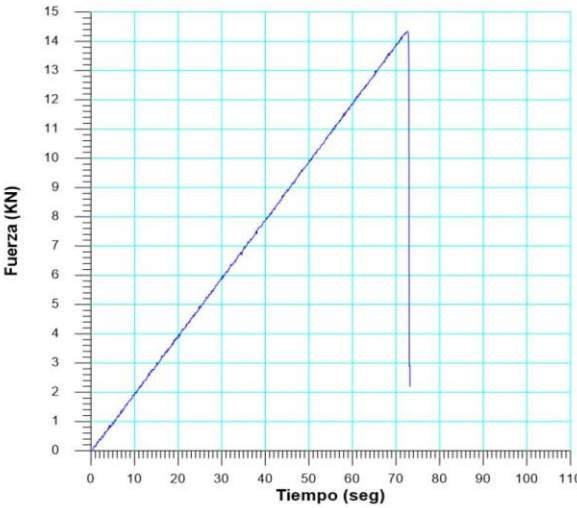
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

## BH-250

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS          ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE          MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE          (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 501-2

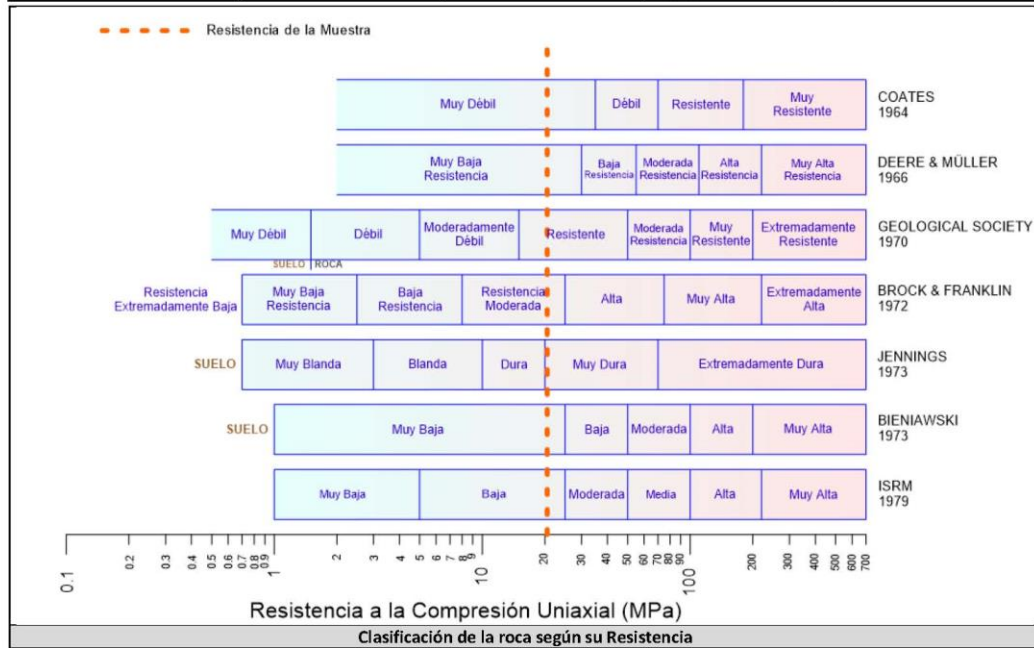
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
DATOS GENERALES		
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89	
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire	
Espécimen:	501-2	
Perforación:	BH 250- BOX 3 ( 14,5-6 m) 15 cm	
Profundidad:	14,65	m
Diámetro (D)	63,07	mm
Espesor	21,17	mm
Duración:	103,19	seg
		
		
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>INICIO</span> <span>FINAL</span> </div>

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	1	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	12	kN/seg	
Carga Máxima permitida	80	kN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - Ea	>=	1%	
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min	
Carga Máxima del Ensayo	50	kN	
ADQUISICIÓN DE DATOS:			
Incremento de Tiempo	0.1 seg		
LevelCrossing	Entrada de Control	Carga Axial	
	Sensitividad	2 kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo			
RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	14,34	KN	
Resistencia a la Tracción	-6,84	MPa	
Resistencia a la Compresión	20,51	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad



Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 501-2

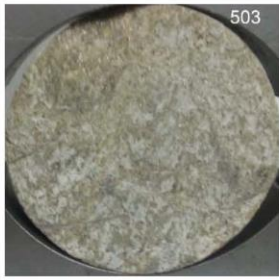



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

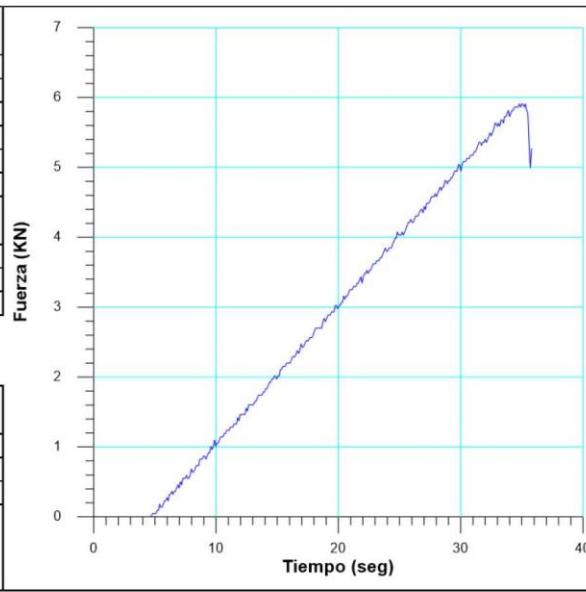
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 503

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications

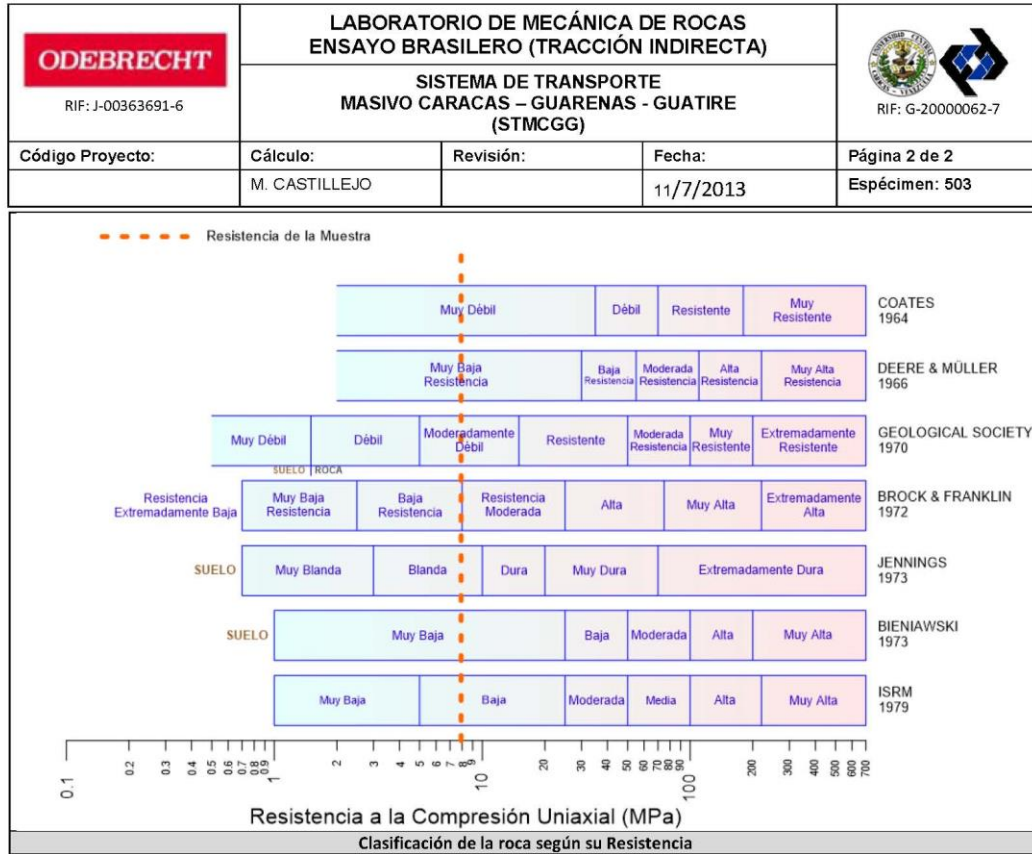
DATOS GENERALES			 INICIO	 FINAL
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire			
Espécimen:	503			
Perforación:	BH 250- BOX 3 ( 16-17,5 m) 32 cm			
Profundidad:	16,32	m		
Diámetro (D)	62,90	mm		
Espesor	22,70	mm		
Duración:	67,31	seg		

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 kN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1%
Tiempo Máximo del Ensayo	2 min	
Carga Máxima del Ensayo	50 kN	





ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
LevelCrossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-	

RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	5,91	kN	
Resistencia a la Tracción	-2,64	MPa	
Resistencia a la Compresión	7,91	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		
			Carga aplicada paralela a la foliación



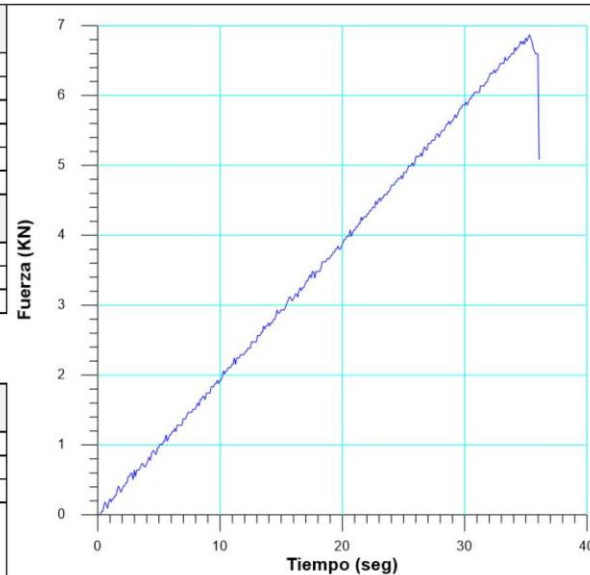
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 504

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
DATOS GENERALES		
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89	
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire	
Espécimen:	504	
Perforación:	BH 250- BOX 3 ( 16-17,5 m) 36 cm	
Profundidad:	16,36	m
Diámetro (D)	62,87	mm
Espesor	20,53	mm
Duración:	66,93	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 kN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1%
Tiempo Máximo del Ensayo	2 min	
Carga Máxima del Ensayo	50 kN	




ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
LevelCrossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-	

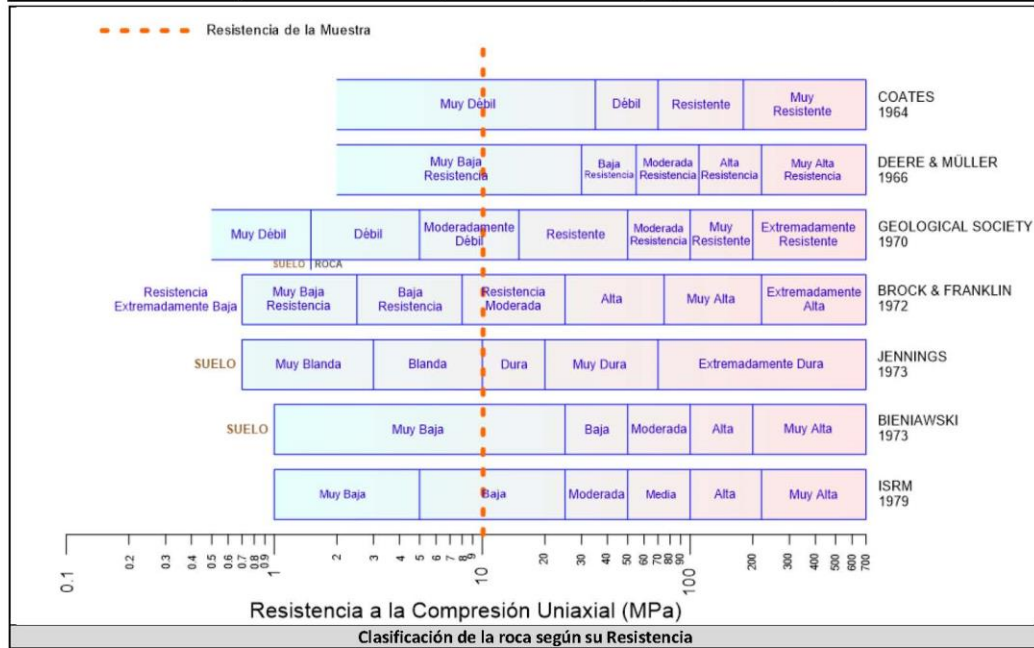
RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	6,82	kN	
Resistencia a la Tracción	-3,36	MPa	
Resistencia a la Compresión	10,09	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		
			Carga aplicada paralela a la foliación

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7





 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 504





Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

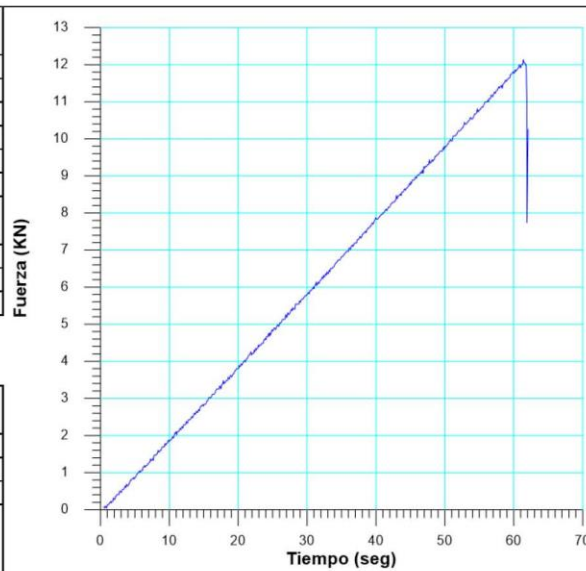
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 505-2

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications

DATOS GENERALES			 <p style="text-align: center;">505-2</p> <p style="text-align: center;">INICIO</p>	 <p style="text-align: center;">505-2</p> <p style="text-align: center;">FINAL</p>
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire			
Espécimen:	505-2			
Perforación:	BH 250- BOX 3 ( 16-17,5 m) 46 cm			
Profundidad:	16,46	m		
Diámetro (D)	63,10	mm		
Espesor	33,23	mm		
Duración:	92,94	seg		

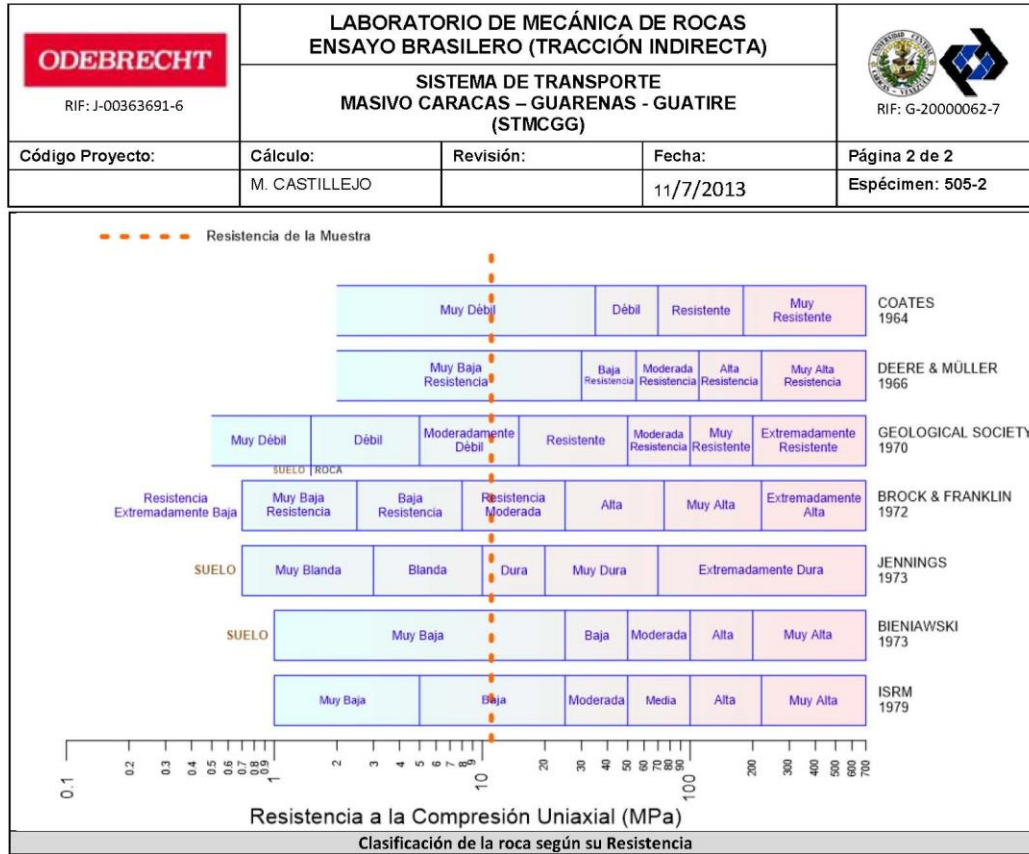
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 kN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1%
Tiempo Máximo del Ensayo	2 min	
Carga Máxima del Ensayo	50 kN	



ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
LevelCrossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-	


RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	12,14	kN	
Resistencia a la Tracción	-3,69	MPa	
Resistencia a la Compresión	11,06	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



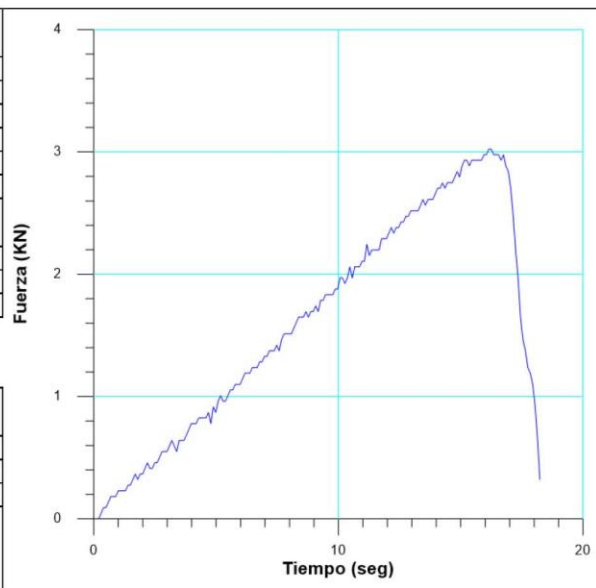
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 510-1

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire			
Espécimen:	510-1			
Perforación:	BH 250- BOX 6 ( 38,5-41,5 m) 112 cm			
Profundidad:	39,62	m		
Diámetro (D)	63,13	mm		
Espesor	25,23	mm		
Duración:	48,23	seg		
			INICIO	FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA	
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load
Tipo	Incremental
Esfuerzo de Asiento	1 MPa
Valor Inicial	Relativo
Velocidad de Carga:	12 kN/seg
Carga Máxima permitida	80 kN
ETAPA FINAL	
Deformación Axial - Ea	>= 1%
Tiempo Máximo del Ensayo	2 min
Carga Máxima del Ensayo	50 kN

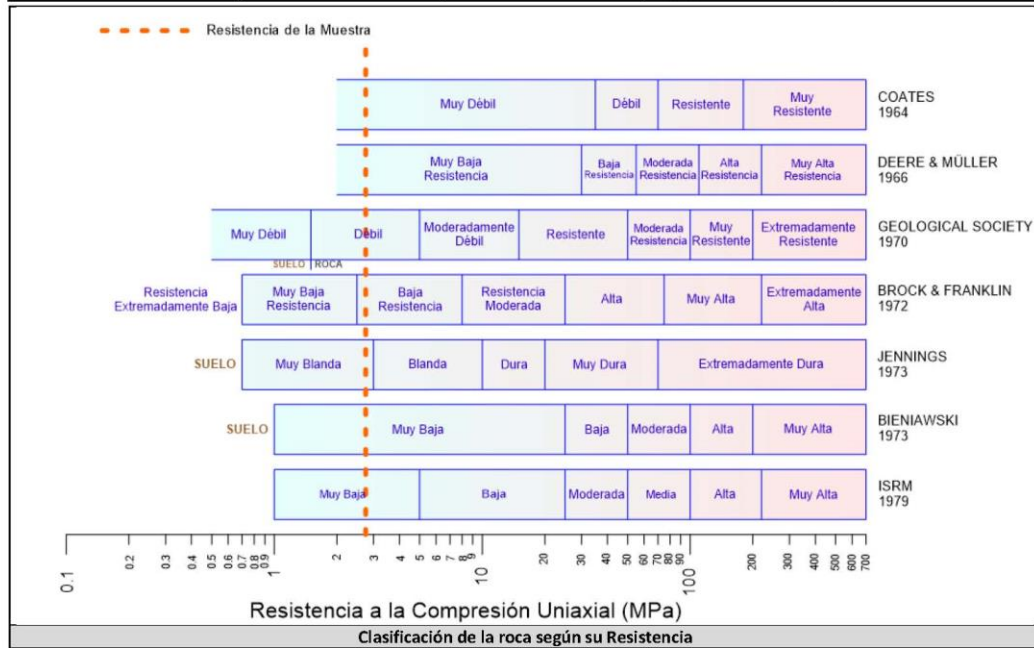


ADQUISICIÓN DE DATOS:	
Incremento de Tiempo	0.1 seg
LevelCrossing	Entrada de Control
	Carga Axial
	Sensitividad
	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-

RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	3,02	kN	
Resistencia a la Tracción	-0,92	MPa	
Resistencia a la Compresión	2,75	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		
			Carga aplicada paralela a la foliación.



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 510-1

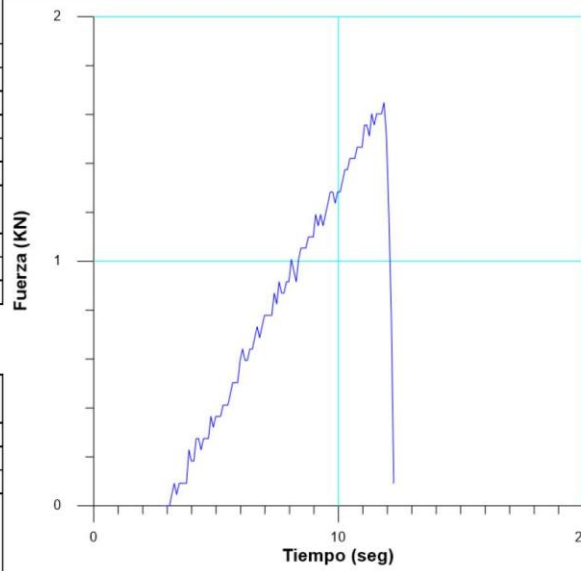


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7




 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 510-2

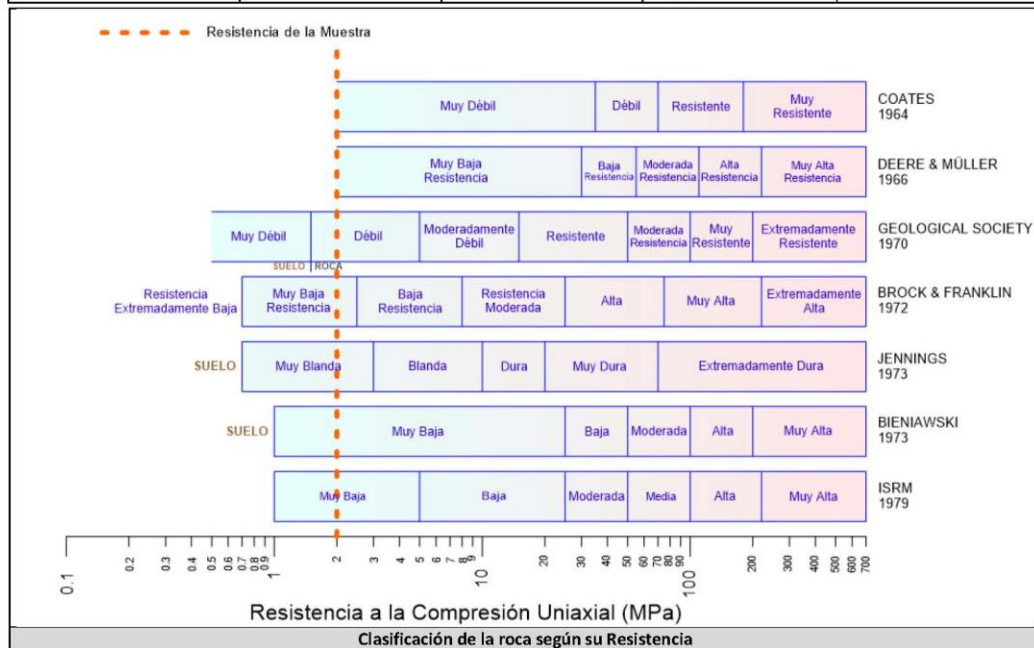
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
DATOS GENERALES		
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89	
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire	
Espécimen:	510-2	
Perforación:	BH 250- BOX 6 ( 38,5-41,5 m) 112 cm	
Profundidad:	39,62	m
Diámetro (D)	63,07	mm
Espesor	24,27	mm
Duración:	45,52	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 kN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1%
Tiempo Máximo del Ensayo	2 min	
Carga Máxima del Ensayo	50 kN	
		
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
LevelCrossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-	
RESULTADOS DEL ENSAYO		
Carga Axial Pico	1,60	kN
Resistencia a la Tracción	-0,67	MPa
Resistencia a la Compresión	2,00	MPa
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja	
OBSERVACIONES		
Carga aplicada paralela a la foliación.		

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 510-2





*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*


Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

## 7.3 Reportes de Compresión Triaxial

BH-19

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 19-1

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS - RDS-500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
Espécimen:	19-1
PERFORACIÓN:	BH19-BOX 19 (123-125 m) Ø33 cm
Tipo de Roca:	Media
Profundidad:	123,33 m
Altura:	120 mm
Long med. Deform-:	120 mm
Diámetro:	46,83 mm
Área:	17,224 cm <sup>2</sup>
Volumen:	206,69 cm <sup>3</sup>
Peso:	584,100 gr
Densidad:	Ton/m <sup>3</sup>
L/D:	-
σ <sub>3</sub> (calculado):	MPa



Condición inicial del espécimen

## DISEÑO DEL ENSAYO



Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
<b>ACTUADOR AXIAL</b>				<b>ACTUADOR AXIAL</b>			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0,6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
<b>PRESIÓN DE CELDA</b>				<b>PRESIÓN DE CELDA</b>			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
<b>PRESIÓN DE POROS</b>				<b>PRESIÓN DE POROS</b>			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
<b>FINALIZACIÓN DE LA ETAPA</b>				<b>FINALIZACIÓN DE LA ETAPA</b>			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial >= 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN	Umbral	0.80 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>				<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 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	0.80	MPa	
TIPO	Drenado			TIPO	Drenado		
<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>				<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax: +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7





 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 4</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 19-1</b>

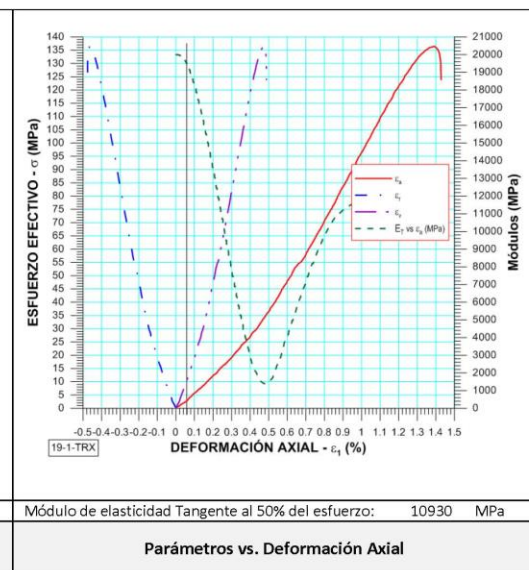
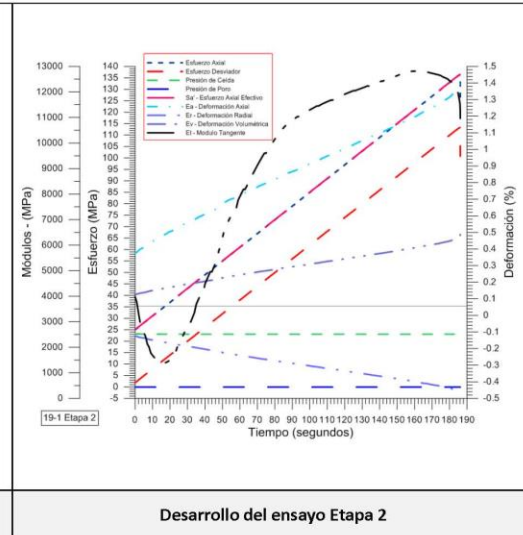
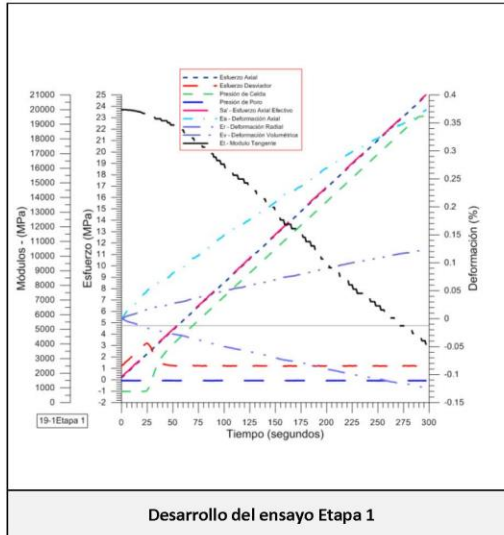
## RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-19	Profundidad:	m	
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca	Esquisto Cuarzo Grafítico	Color:	Gris Oscuro
<b>ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO</b>			<b>ETAPA 2 – Etapa de Carga</b>		
<b>Espécimen</b>			<b>Espécimen</b>		
Altura	120 mm	Altura	120 mm		
Long medidor deformaciones	120 mm	Long medidor deformaciones	120 mm		
Diámetro	46,83 mm	Diámetro	46,83 mm		
Área	17,224 cm <sup>2</sup>	Área	17,224 cm <sup>2</sup>		
Volumen	206,69 cm <sup>3</sup>	Volumen	206,69 cm <sup>3</sup>		
<b>Finalización de la Etapa debido</b>	Tiempo límite alcanzado	<b>Finalización de la Etapa debido</b>	Pico Reverso Activado		
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>3241 kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>113344 kPa</b>		
t - Tiempo	24,8816 segundos	t - Tiempo	483,224 segundos		
CP - Presión de Celda	-939 kPa	CP - Presión de Celda	23050 kPa		
Uw - Presión de Poros (agua)	-74 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-74 MPa		
Ea - Deformación Axial	0,05 %	Ea - Deformación Axial	1,392 %		
Er - Deformación Radial	-0,017 %	Er - Deformación Radial	-0,464 %		
Ev - Deformación Volumétrica	0,017 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,475 %		
Sa - Esfuerzo Axial	2302 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	136394 kPa		
Sa' - Esfuerzos Efectivos	2376 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	136468 kPa		
Sc' - Presión de Celda Efectiva	-865 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	23124 kPa		
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	1883 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	76213 kPa		
Tiempo	297,323 segundos	Tiempo	483,482 segundos		
CP - Presión de Celda	23103 kPa	CP - Presión de Celda	23221 kPa		
Uw - Presión de Poros (agua)	-81 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-74 kPa		
Ea - Deformación Axial	0,376 %	Ea - Deformación Axial	1,529 %		
Er - Deformación Radial	-0,125 %	Er - Deformación Radial	-0,51 %		
Ev - Deformación Volumétrica	0,126 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,523 %		
Sa - Esfuerzo Axial	24986 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	99435 kPa		
Sa' - Esfuerzos Efectivos	25066 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	99509 kPa		
Sc' - Presión de Celda Efectiva	23184 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	23295 kPa		




*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

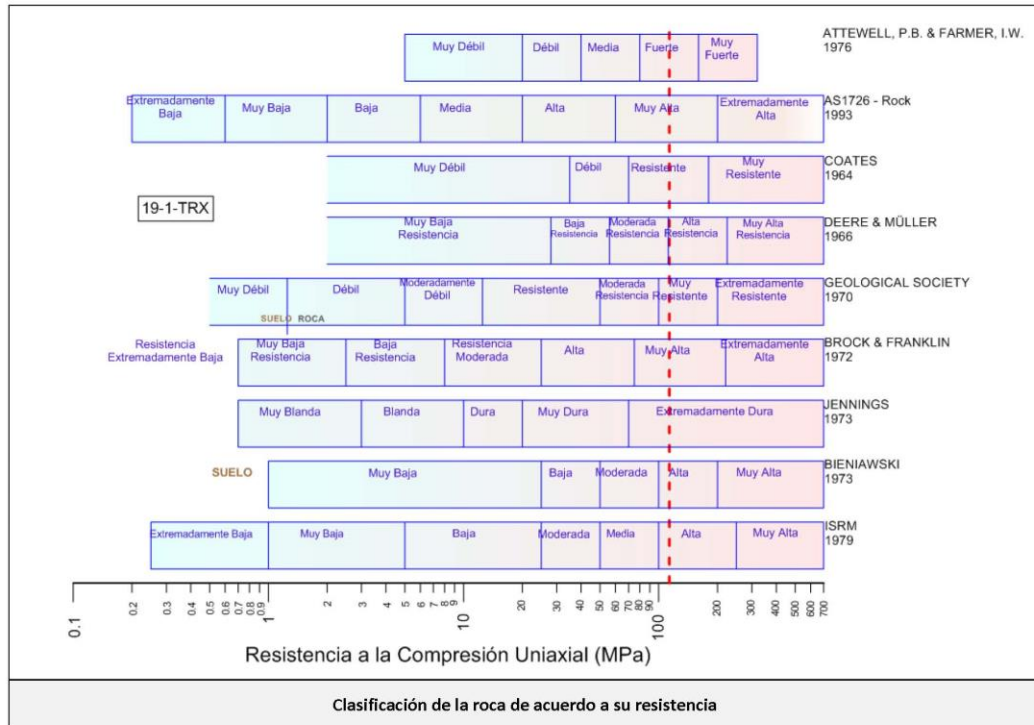
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO</b> <b>CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 3 de 4</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 19-1</b>



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 19-1






---

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

---

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

---

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 4</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 24-2</b>

DATOS GENERALES	
<b>Equipo:</b>	GCTS - RDS-500
<b>Software</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
<b>Proyecto</b>	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
<b>Espécimen</b>	24-2
<b>PERFORACIÓN</b>	BH19-BOX 19 (123-125 m) 095 cm
<b>Tipo de Roca</b>	MEDIA
<b>Profundidad</b>	123,95 m
<b>Altura</b>	126,57 mm
<b>Long med. Deform-</b>	126,57 mm
<b>Diámetro</b>	46,9 mm
<b>Área</b>	17,276 cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	218,659 cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	126,57 gr
<b>Densidad</b>	Ton/m <sup>3</sup>
<b>L/D</b>	-
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	MPa



**Condición inicial del espécimen**

## DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO		Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO	
<b>ACTUADOR AXIAL</b>		<b>ACTUADOR AXIAL</b>	
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial
Tipo de Carga	Incremental Tipo de Carga	Tipo de Carga	Incremental Tipo de Carga
Valor Inicial de Carga	Relativo Carga de asiento	Valor Inicial de Carga	Relativo MPa
Velocidad	2 MPa/min	Velocidad	0.6 MPa/min
Valor Final de Carga	6 MPa	Valor Final de Carga	200 MPa
<b>PRESIÓN DE CELDA</b>		<b>PRESIÓN DE CELDA</b>	
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	Constante
Valor Inicial	Relativo MPa	Valor Inicial	Relativo MPa
Velocidad	2 MPa/min	Velocidad	- MPa/min
Valor Final	5 MPa	Valor Final	5 MPa
<b>PRESIÓN DE POROS</b>		<b>PRESIÓN DE POROS</b>	
Control de Entrada	No definida	Control de Entrada	No definida
Velocidad	- MPa / min	Velocidad	- MPa / min
Valor Inicial	- MPa	Valor Inicial	- MPa
Valor Final	- MPa	Valor Final	- MPa
<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>		<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>	
Máxima Deformación Axial	- %	Máxima Deformación Axial	5 %
Tiempo Máximo de Carga	10 min	Tiempo Máximo de Carga	60 min
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial >= 6 MPa	Variable de Control	AI-1: Axial Load
Pico reverso, cuando	-	Pico reverso, cuando	-
Reversa - kN	Umbral - kN	Reversa	25 kN Umbral 0.80 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>		<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>	
Incremento de tiempo	1 segundo	Incremento de tiempo	1 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	0.80 MPa
<b>TIPO</b>	Drenado	<b>TIPO</b>	Drenado
<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>		<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>	
Deformaciones en cero		Continuación de la etapa anterior	

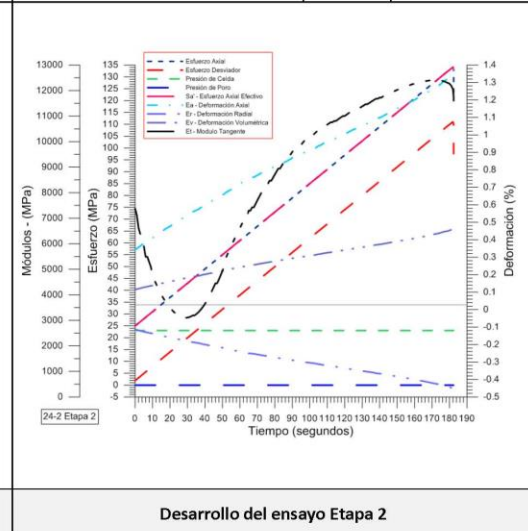
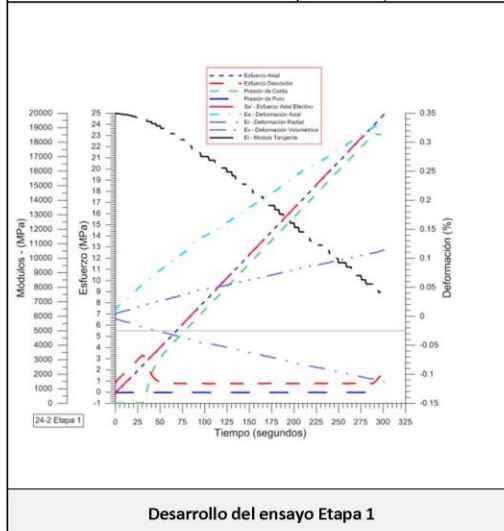
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 4</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 24-2</b>

**RESULTADOS**


Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-19	Profundidad:	m	
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca: Esquisto Cuarzo Grafítico	Color:	Gris Oscuro	
<b>ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO</b>			<b>ETAPA 2 – Etapa de Carga</b>		
<b>Espécimen</b>			<b>Espécimen</b>		
Altura	123,95 mm	Altura	123,95 mm		
Long medidor deformaciones	126,57 mm	Long medidor deformaciones	126,57 mm		
Diámetro	126,57 mm	Diámetro	126,57 mm		
Área	46,9 cm <sup>2</sup>	Área	46,9 cm <sup>2</sup>		
Volumen	17,276 cm <sup>3</sup>	Volumen	17,276 cm <sup>3</sup>		
<b>Finalización de la Etapa debido</b>	<b>Tiempo límite alcanzado</b>	<b>Finalización de la Etapa debido</b>	<b>Pico Reverso Activado</b>		
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>3329 kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>111128 kPa</b>		
t - Tiempo	30,3813 segundos	t - Tiempo	483,977 segundos		
CP - Presión de Celda	-913 kPa	CP - Presión de Celda	23018 kPa		
Uw - Presión de Poros (agua)	-34 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-20 MPa		
Ea - Deformación Axial	0,055 %	Ea - Deformación Axial	1,36 %		
Er - Deformación Radial	-0,018 %	Er - Deformación Radial	-0,453 %		
Ev - Deformación Volumétrica	0,018 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,464 %		
Sa - Esfuerzo Axial	2416 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	134146 kPa		
Sa' - Esfuerzos Efectivos	2450 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	134166 kPa		
Sc - Presión de Celda Efectiva	-879 kPa	Sc - Presión de Celda Efectiva	23038 kPa		
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>1929 kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>71255 kPa</b>		
Tiempo	301,854 segundos	Tiempo	484,208 segundos		
CP - Presión de Celda	23044 kPa	CP - Presión de Celda	23188 kPa		
Uw - Presión de Poros (agua)	-27 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-20 kPa		
Ea - Deformación Axial	0,342 %	Ea - Deformación Axial	1,468 %		
Er - Deformación Radial	-0,114 %	Er - Deformación Radial	-0,489 %		
Ev - Deformación Volumétrica	0,115 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,501 %		
Sa - Esfuerzo Axial	24973 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	94443 kPa		
Sa' - Esfuerzos Efectivos	25000 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	94463 kPa		
Sc - Presión de Celda Efectiva	23071 kPa	Sc - Presión de Celda Efectiva	23209 kPa		

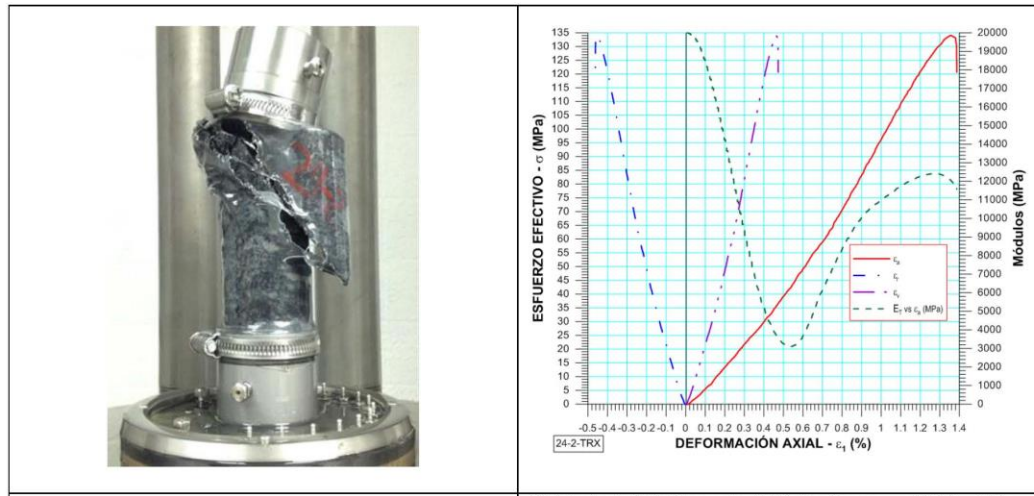


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

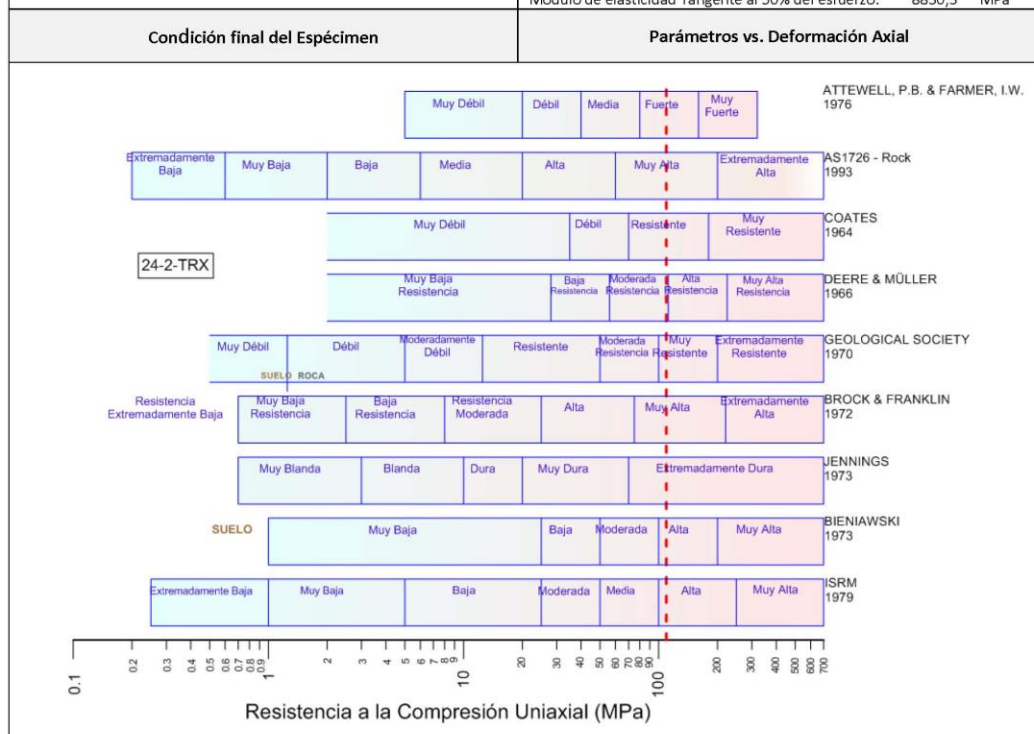
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 24-2



Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 8830,3 MPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 4</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 29-1</b>


DATOS GENERALES		Foto
<b>Equipo:</b>	GCTS - RDS-500	
<b>Software</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
<b>Proyecto</b>	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)	
<b>Espécimen</b>	29-1	
<b>PERFORACIÓN</b>	BH19-BOX 18 (120-123 m) 033 cm	
<b>Tipo de Roca</b>	MEDIA	
<b>Profundidad</b>	120,3 m	
<b>Altura</b>	118,93 mm	
<b>Long med. Deform-</b>	118,93 mm	
<b>Diámetro</b>	46,83 mm	
<b>Área</b>	17,224 cm <sup>2</sup>	
<b>Volumen</b>	204,847 cm <sup>3</sup>	
<b>Peso</b>	575,000 gr	
<b>Densidad</b>	Ton/m <sup>3</sup>	
<b>L/D</b>	-	
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	MPa	Condición inicial del espécimen

## DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
<b>ACTUADOR AXIAL</b>				<b>ACTUADOR AXIAL</b>			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0.6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
<b>PRESIÓN DE CELDA</b>				<b>PRESIÓN DE CELDA</b>			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
<b>PRESIÓN DE POROS</b>				<b>PRESIÓN DE POROS</b>			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>				<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial >= 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN	Umbral	0.80 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>				<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 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	0.80	MPa	
<b>TIPO</b>	Drenado			<b>TIPO</b>	Drenado		
<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>				<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

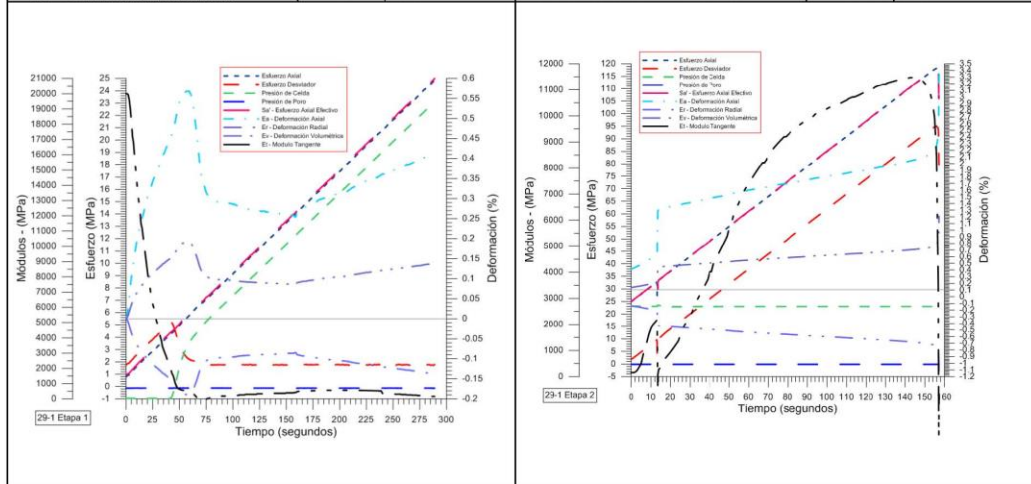
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO                  CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 4</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 29-1</b>

**RESULTADOS**

<b>Origen de la Muestra:</b>	<b>Suministrado por el cliente</b>	<b>Perforación:</b> BH-19	<b>Profundidad:</b>	<b>m</b>
<b>Formación:</b> Grupo Caracas	<b>Esquistos de Las Mercedes</b>	<b>Tipo de roca:</b> Esquisto Cuarzo Grafítico	<b>Color:</b>	<b>Gris Oscuro</b>
<b>ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO</b>		<b>ETAPA 2 – Etapa de Carga</b>		
<b>Espécimen</b>		<b>Espécimen</b>		
Altura	118,93 mm	Altura	118,93 mm	
Long medidor deformaciones	118,93 mm	Long medidor deformaciones	118,93 mm	
Diámetro	46,83 mm	Diámetro	46,83 mm	
Área	17,224 cm <sup>2</sup>	Área	17,224 cm <sup>2</sup>	
Volumen	204,847 cm <sup>3</sup>	Volumen	204,847 cm <sup>3</sup>	
<b>Finalización de la Etapa debido</b>	<b>Tiempo límite alcanzado</b>	<b>Finalización de la Etapa debido</b>	<b>Pico Reverso Activado</b>	
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>kPa</b>	
t - Tiempo	41,9651 segundos	t - Tiempo	445,814 segundos	
CP - Presión de Celda	-933 kPa	CP - Presión de Celda	23090 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-128 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-128 MPa	
Ea - Deformación Axial	0,454 %	Ea - Deformación Axial	2,273 %	
Er - Deformación Radial	-0,151 %	Er - Deformación Radial	-0,758 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,152 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,786 %	
Sa - Esfuerzo Axial	4333 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	118302 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	4460 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	118430 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	-805 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	23218 kPa	
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>kPa</b>	
Tiempo	289,731 segundos	Tiempo	446,969 segundos	
CP - Presión de Celda	23103 kPa	CP - Presión de Celda	24436 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-128 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-134 kPa	
Ea - Deformación Axial	0,412 %	Ea - Deformación Axial	3,698 %	
Er - Deformación Radial	-0,137 %	Er - Deformación Radial	-1,233 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,138 %	Ev - Deformación Volumétrica	1,309 %	
Sa - Esfuerzo Axial	24932 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	102661 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	25060 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	102795 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	23231 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	24571 kPa	




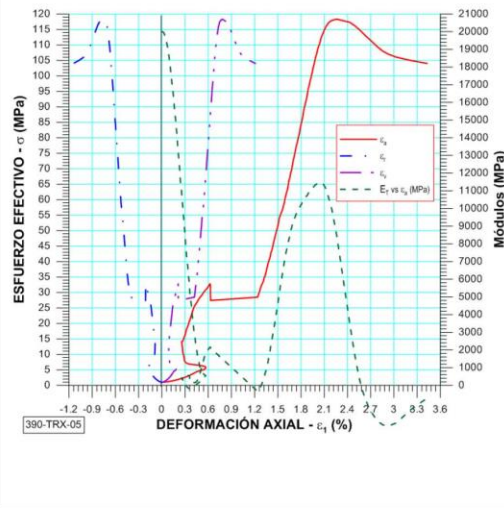
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*


Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

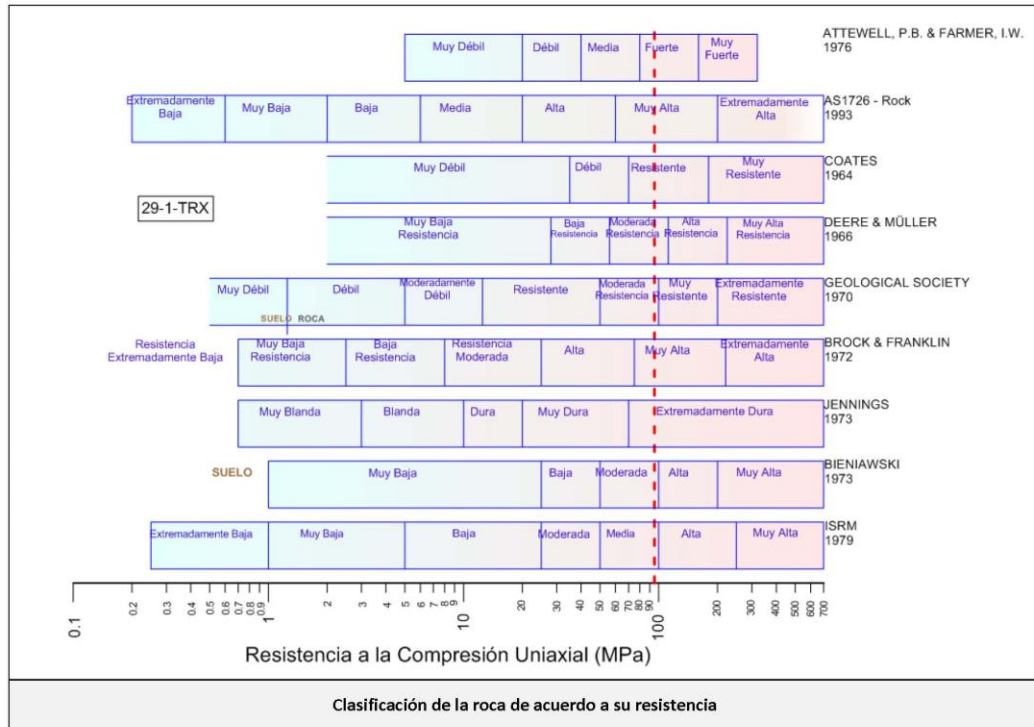


 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 29-1

Desarrollo del ensayo Etapa 1	Desarrollo del ensayo Etapa 2
-------------------------------	-------------------------------

	
Condición final del Espécimen	Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 9046 MPa Parámetros vs. Deformación Axial

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 29-1



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-21

<b>ODEBRECHT</b> RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 4</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 10-1</b>

DATOS GENERALES	
<b>Equipo:</b>	GCTS - RDS-500
<b>Software</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
<b>Proyecto</b>	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
<b>Espécimen</b>	10-1
<b>PERFORACIÓN</b>	BH21-BOX 31 (163-166 m) 143 cm
<b>Tipo de Roca</b>	MEDIA
<b>Profundidad</b>	164,43 m
<b>Altura</b>	119,1 mm
<b>Long med. Deform-</b>	119,1 mm
<b>Diámetro</b>	46,93 mm
<b>Área</b>	17,298 cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	206,017 cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	573,800 gr
<b>Densidad</b>	Ton/m <sup>3</sup>
<b>L/D</b>	-
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	MPa





Condición inicial del espécimen

## DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO		Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO	
<b>ACTUADOR AXIAL</b>		<b>ACTUADOR AXIAL</b>	
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
Velocidad	2 MPa/min	Velocidad	0.6 MPa/min
Valor Final de Carga	6 MPa	Valor Final de Carga	200 MPa
<b>PRESIÓN DE CELDA</b>		<b>PRESIÓN DE CELDA</b>	
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	Constante
Valor Inicial	Relativo	Valor Inicial	Relativo
Velocidad	2 MPa/min	Velocidad	- MPa/min
Valor Final	5 MPa	Valor Final	5 MPa
<b>PRESIÓN DE POROS</b>		<b>PRESIÓN DE POROS</b>	
Control de Entrada	No definida	Control de Entrada	No definida
Velocidad	- MPa / min	Velocidad	- MPa / min
Valor Inicial	- MPa	Valor Inicial	- MPa
Valor Final	- MPa	Valor Final	- MPa
<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>		<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>	
Máxima Deformación Axial	- %	Máxima Deformación Axial	5 %
Tiempo Máximo de Carga	10 min	Tiempo Máximo de Carga	60 min
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial $\geq$ 6 MPa	Variable de Control	AI-1: Axial Load
Pico reverso, cuando	-	Pico reverso, cuando	-
Reversa - kN	Umbral - kN	Reversa	25 kN
		Umbral	0.80 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>		<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>	
Incremento de tiempo	1 segundo	Incremento de tiempo	1 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	0.80 MPa
<b>TIPO</b>	Drenado	<b>TIPO</b>	Drenado
<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>		<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>	
Deformaciones en cero		Continuación de la etapa anterior	

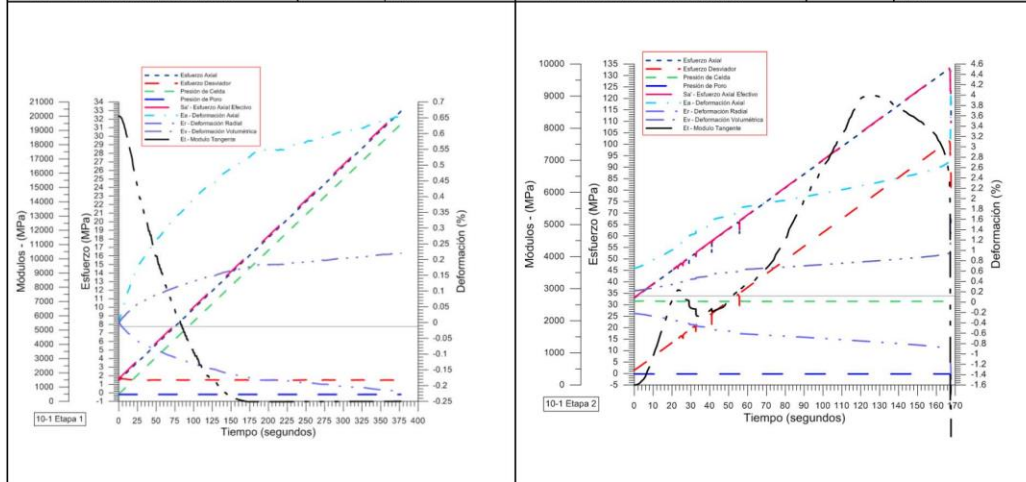
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 4</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 10-1</b>

**RESULTADOS**



Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-21	Profundidad:	m	
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca Esquistos Cuarzo Grafitoso	Color:	Grís Oscuro	
<b>ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO</b>			<b>ETAPA 2 – Etapa de Carga</b>		
<b>Espécimen</b>			<b>Espécimen</b>		
Altura	119,1 mm	Altura	119,1 mm		
Long medidor deformaciones	119,1 mm	Long medidor deformaciones	119,1 mm		
Diámetro	46,93 mm	Diámetro	46,93 mm		
Área	17,298 cm <sup>2</sup>	Área	17,298 cm <sup>2</sup>		
Volumen	206,017 cm <sup>3</sup>	Volumen	206,017 cm <sup>3</sup>		
<b>Finalización de la Etapa debido</b>	<b>Tiempo límite alcanzado</b>	<b>Finalización de la Etapa debido</b>	<b>Pico Reverso Activado</b>		
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>1712 kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>101488 kPa</b>		
<b>t - Tiempo</b>	<b>190,012 segundos</b>	<b>t - Tiempo</b>	<b>544,533 segundos</b>		
<b>CP - Presión de Celda</b>	<b>15838 kPa</b>	<b>CP - Presión de Celda</b>	<b>31505 kPa</b>		
<b>Uw - Presión de Poros (agua)</b>	<b>-188 MPa</b>	<b>Uw - Presión de Poros (agua)</b>	<b>-195 MPa</b>		
<b>Ea - Deformación Axial</b>	<b>0,549 %</b>	<b>Ea - Deformación Axial</b>	<b>2,72 %</b>		
<b>Er - Deformación Radial</b>	<b>-0,183 %</b>	<b>Er - Deformación Radial</b>	<b>-0,907 %</b>		
<b>Ev - Deformación Volumétrica</b>	<b>0,185 %</b>	<b>Ev - Deformación Volumétrica</b>	<b>0,948 %</b>		
<b>Sa - Esfuerzo Axial</b>	<b>17550 kPa</b>	<b>Sa - Esfuerzo Axial</b>	<b>132993 kPa</b>		
<b>Sa' - Esfuerzos Efectivos</b>	<b>17738 kPa</b>	<b>Sa' - Esfuerzos Efectivos</b>	<b>133188 kPa</b>		
<b>Sc' - Presión de Celda Efectiva</b>	<b>16026 kPa</b>	<b>Sc' - Presión de Celda Efectiva</b>	<b>31700 kPa</b>		
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>1510 kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>75215 kPa</b>		
<b>Tiempo</b>	<b>377,576 segundos</b>	<b>Tiempo</b>	<b>545,399 segundos</b>		
<b>CP - Presión de Celda</b>	<b>31465 kPa</b>	<b>CP - Presión de Celda</b>	<b>32884 kPa</b>		
<b>Uw - Presión de Poros (agua)</b>	<b>-195 kPa</b>	<b>Uw - Presión de Poros (agua)</b>	<b>-195 kPa</b>		
<b>Ea - Deformación Axial</b>	<b>0,655 %</b>	<b>Ea - Deformación Axial</b>	<b>4,511 %</b>		
<b>Er - Deformación Radial</b>	<b>-0,218 %</b>	<b>Er - Deformación Radial</b>	<b>-1,504 %</b>		
<b>Ev - Deformación Volumétrica</b>	<b>0,221 %</b>	<b>Ev - Deformación Volumétrica</b>	<b>1,618 %</b>		
<b>Sa - Esfuerzo Axial</b>	<b>32975 kPa</b>	<b>Sa - Esfuerzo Axial</b>	<b>108099 kPa</b>		
<b>Sa' - Esfuerzos Efectivos</b>	<b>33170 kPa</b>	<b>Sa' - Esfuerzos Efectivos</b>	<b>108294 kPa</b>		
<b>Sc' - Presión de Celda Efectiva</b>	<b>31660 kPa</b>	<b>Sc' - Presión de Celda Efectiva</b>	<b>33079 kPa</b>		




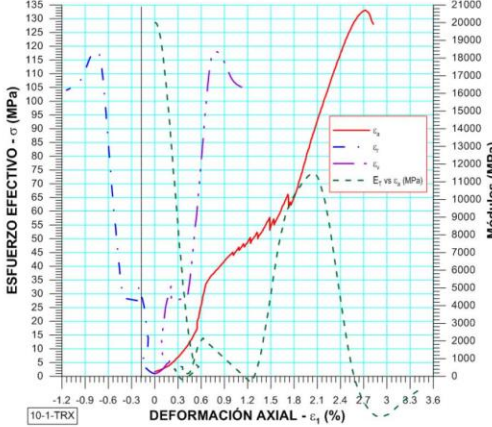
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas



Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

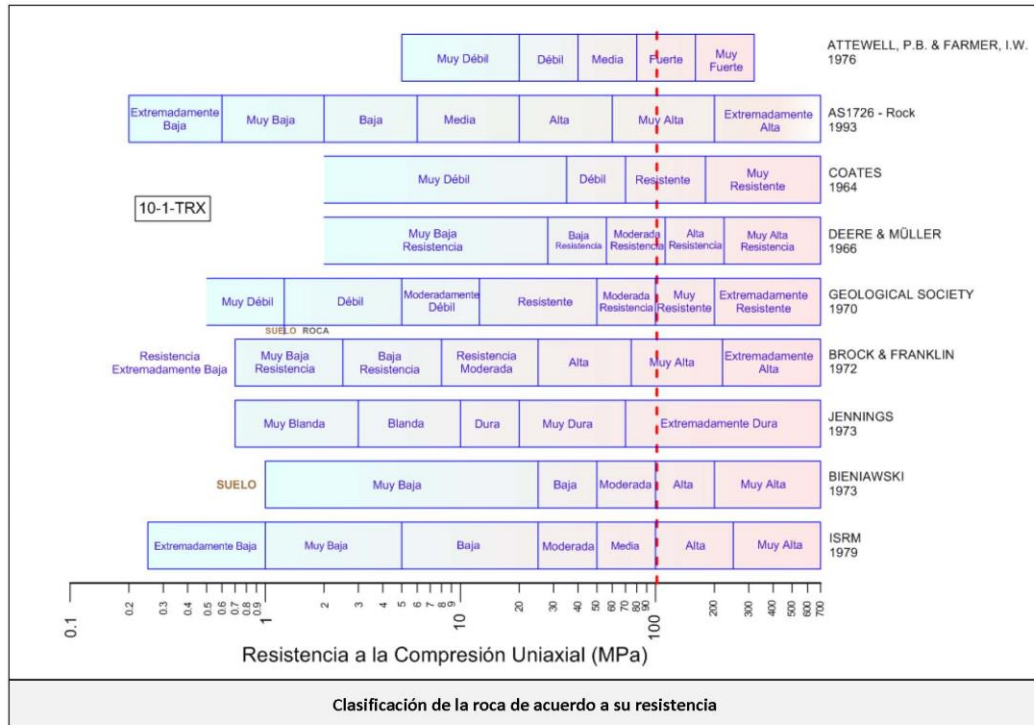
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 10-1

Desarrollo del ensayo Etapa 1	Desarrollo del ensayo Etapa 2
-------------------------------	-------------------------------

	 <p>ESFUERZO EFECTIVO - <math>\sigma</math> (MPa)</p> <p>DEFORMACIÓN AXIAL - <math>\epsilon_1</math> (%)</p> <p>Modulos (MPa)</p> <p>Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 4845,2 MPa</p>
Condición final del Espécimen	Parámetros vs. Deformación Axial

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 10-1






---

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

---

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

---

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 4</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 11-1</b>


DATOS GENERALES		
<b>Equipo:</b>	GCTS - RDS-500	
<b>Software</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
<b>Proyecto</b>	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)	
<b>Espécimen</b>	11-1	
<b>PERFORACIÓN</b>	BH21-BOX 31 (163-166 m) 128 cm	
<b>Tipo de Roca</b>	MEDIA	
<b>Profundidad</b>	164,28	m
<b>Altura</b>	123	mm
<b>Long med. Deform-</b>	123	mm
<b>Diámetro</b>	46,8	mm
<b>Área</b>	17,202	cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	211,586	cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	592,800	gr
<b>Densidad</b>		Ton/m <sup>3</sup>
<b>L/D</b>		-
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>		MPa
<b>Condición inicial del espécimen</b>		

## DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
<b>ACTUADOR AXIAL</b>				<b>ACTUADOR AXIAL</b>			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0.6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
<b>PRESIÓN DE CELDA</b>				<b>PRESIÓN DE CELDA</b>			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
<b>PRESIÓN DE POROS</b>				<b>PRESIÓN DE POROS</b>			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>				<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial >= 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN	Umbral	0.80 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>				<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 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	0.80	MPa	
<b>TIPO</b>	Drenado			<b>TIPO</b>	Drenado		
<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>				<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

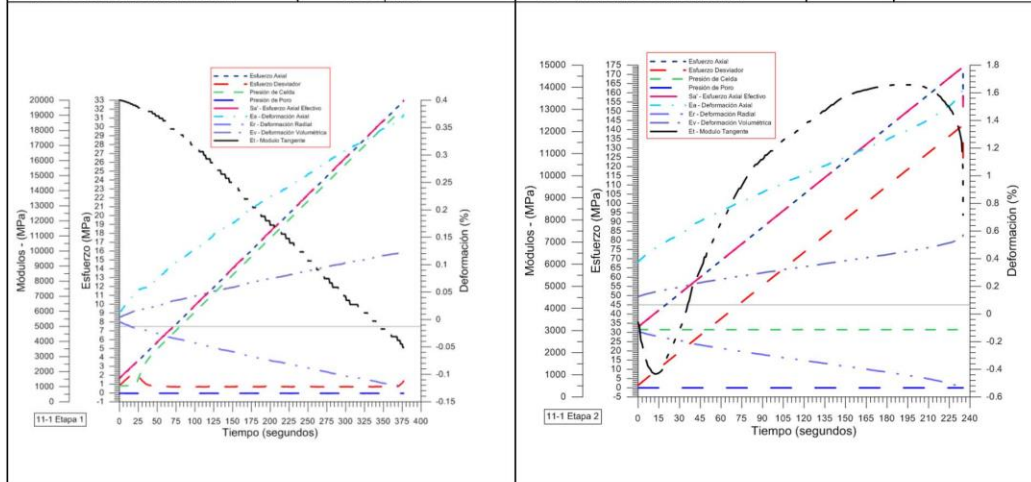
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 4</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 11-1</b>

**RESULTADOS**

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-21	Profundidad:	m
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca: Esquisto Cuarzo Grafítico	Color:	Gris Oscuro
<b>ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO</b>		<b>ETAPA 2 – Etapa de Carga</b>		
<b>Espécimen</b>		<b>Espécimen</b>		
Altura	164,28 mm	Altura	164,28 mm	
Long medidor deformaciones	123 mm	Long medidor deformaciones	123 mm	
Diámetro	123 mm	Diámetro	123 mm	
Área	46,8 cm <sup>2</sup>	Área	46,8 cm <sup>2</sup>	
Volumen	17,202 cm <sup>3</sup>	Volumen	17,202 cm <sup>3</sup>	
<b>Finalización de la Etapa debido</b>	Tiempo límite alcanzado	<b>Finalización de la Etapa debido</b>	Pico Reverso Activado	
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>2494 kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>142106 kPa</b>	
<b>t - Tiempo</b>	20,7544 segundos	<b>t - Tiempo</b>	612,341 segundos	
<b>CP - Presión de Celda</b>	847 kPa	<b>CP - Presión de Celda</b>	31524 kPa	
<b>Uw - Presión de Poros (agua)</b>	-47 MPa	<b>Uw - Presión de Poros (agua)</b>	-54 MPa	
<b>Ea - Deformación Axial</b>	0,047 %	<b>Ea - Deformación Axial</b>	1,616 %	
<b>Er - Deformación Radial</b>	-0,016 %	<b>Er - Deformación Radial</b>	-0,539 %	
<b>Ev - Deformación Volumétrica</b>	0,016 %	<b>Ev - Deformación Volumétrica</b>	0,553 %	
<b>Sa - Esfuerzo Axial</b>	3341 kPa	<b>Sa - Esfuerzo Axial</b>	173631 kPa	
<b>Sa' - Esfuerzos Efectivos</b>	3388 kPa	<b>Sa' - Esfuerzos Efectivos</b>	173685 kPa	
<b>Sc' - Presión de Celda Efectiva</b>	894 kPa	<b>Sc' - Presión de Celda Efectiva</b>	31578 kPa	
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	1320 kPa	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	93637 kPa	
Tiempo	377,743 segundos	Tiempo	612,72 segundos	
<b>CP - Presión de Celda</b>	31597 kPa	<b>CP - Presión de Celda</b>	31636 kPa	
<b>Uw - Presión de Poros (agua)</b>	-54 kPa	<b>Uw - Presión de Poros (agua)</b>	-54 kPa	
<b>Ea - Deformación Axial</b>	0,377 %	<b>Ea - Deformación Axial</b>	1,715 %	
<b>Er - Deformación Radial</b>	-0,126 %	<b>Er - Deformación Radial</b>	-0,572 %	
<b>Ev - Deformación Volumétrica</b>	0,126 %	<b>Ev - Deformación Volumétrica</b>	0,588 %	
<b>Sa - Esfuerzo Axial</b>	32917 kPa	<b>Sa - Esfuerzo Axial</b>	125273 kPa	
<b>Sa' - Esfuerzos Efectivos</b>	32971 kPa	<b>Sa' - Esfuerzos Efectivos</b>	125326 kPa	
<b>Sc' - Presión de Celda Efectiva</b>	31650 kPa	<b>Sc' - Presión de Celda Efectiva</b>	31690 kPa	




*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*


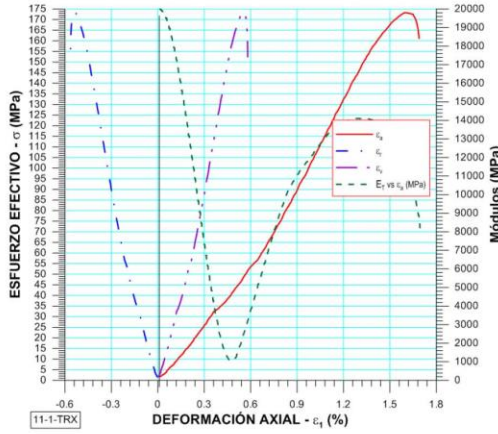
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 11-1

Desarrollo del ensayo Etapa 1	Desarrollo del ensayo Etapa 2
-------------------------------	-------------------------------

	
Condición final del Espécimen	Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 12034 MPa
	Parámetros vs. Deformación Axial



---

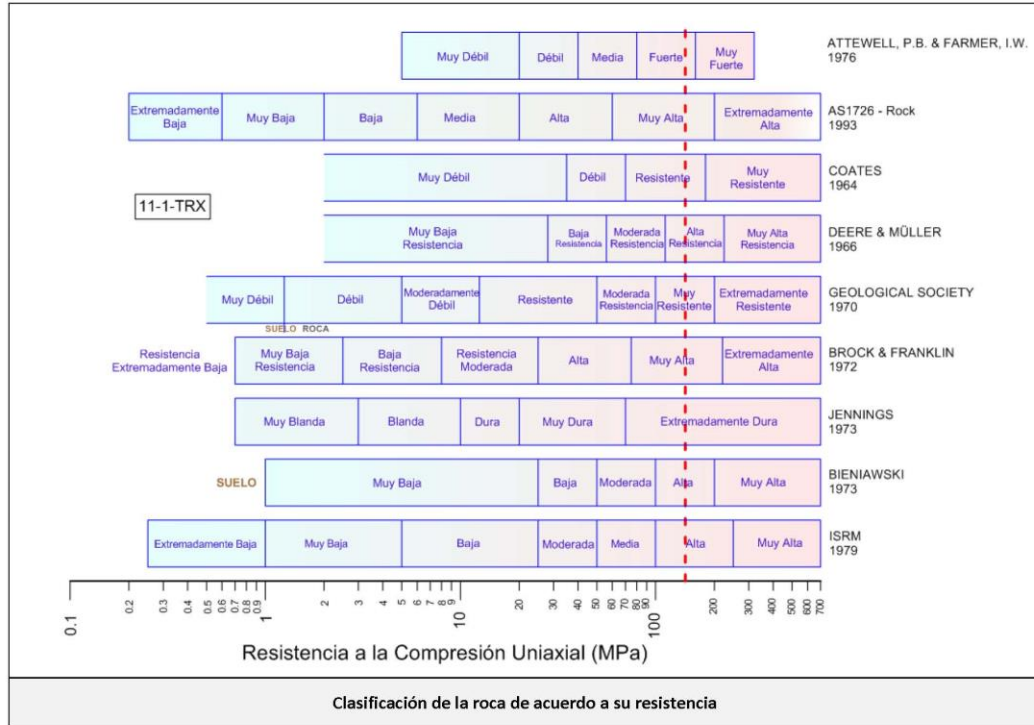
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

---

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

---

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 11-1






---

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

---

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

---

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		29/01/2014	Especímen: 14-2



DATOS GENERALES		Foto
Equipo:	GCTS - RDS-500	
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)	
Especímen	14-2	
PERFORACIÓN	BH21	
Tipo de Roca	MEDIA	
Profundidad	165.07 m	
Altura	119,2 mm	
Long med. Deform-	119,2 mm	
Diámetro	46,6 mm	
Área	17,055 cm <sup>2</sup>	
Volumen	203,3 cm <sup>3</sup>	
Peso	gr	
Densidad	Ton/m <sup>3</sup>	
L/D	-	
$\sigma_3$ (calculado)	MPa	Condición inicial del espécimen

## DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
<b>ACTUADOR AXIAL</b>				<b>ACTUADOR AXIAL</b>			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0.6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
<b>PRESIÓN DE CELDA</b>				<b>PRESIÓN DE CELDA</b>			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
<b>PRESIÓN DE POROS</b>				<b>PRESIÓN DE POROS</b>			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>				<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial $\geq$ 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN	Umbral	0.80 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>				<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 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	0.80	MPa	
<b>TIPO</b>	Drenado			<b>TIPO</b>	Drenado		
<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>				<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

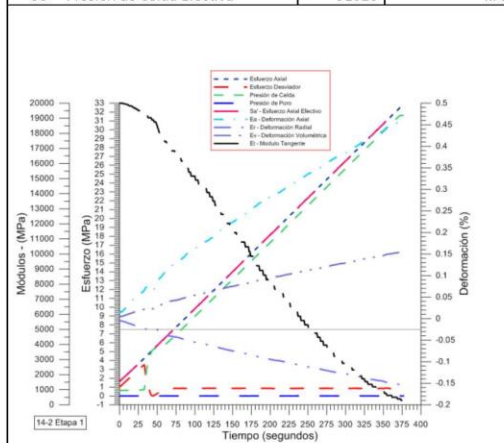
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

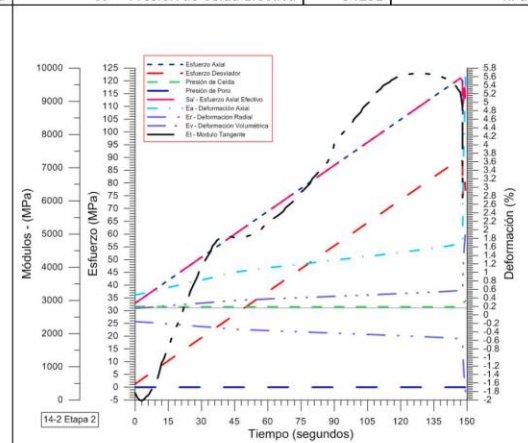
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		29/01/2014	Espécimen: 14-2

RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-21	Profundidad:	m
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca: Esquisto Cuarzo Grafitoso	Color:	Gris Oscuro
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO		ETAPA 2 – Etapa de Carga		
Especimen		Especimen		
Altura	119,2 mm	Altura	119,2 mm	
Long medidor deformaciones	119,2 mm	Long medidor deformaciones	119,2 mm	
Diámetro	46,6 mm	Diámetro	46,6 mm	
Área	17,055 cm <sup>2</sup>	Área	17,055 cm <sup>2</sup>	
Volumen	203,3 cm <sup>3</sup>	Volumen	203,3 cm <sup>3</sup>	
Finalización de la Etapa debido	Tiempo límite alcanzado	Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado	
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	3551 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	89919 kPa	
t - Tiempo	33,2069 segundos	t - Tiempo	524,897 segundos	
CP - Presión de Celda	775 kPa	CP - Presión de Celda	31511 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	0 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	7 MPa	
Ea - Deformación Axial	0,066 %	Ea - Deformación Axial	1,697 %	
Er - Deformación Radial	-0,022 %	Er - Deformación Radial	-0,566 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,022 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,582 %	
Sa - Esfuerzo Axial	4326 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	121430 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	4326 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	121423 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	775 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	31504 kPa	
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	1304 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	75825 kPa	
Tiempo	377,213 segundos	Tiempo	526,52 segundos	
CP - Presión de Celda	31616 kPa	CP - Presión de Celda	34237 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	0 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	7 kPa	
Ea - Deformación Axial	0,467 %	Ea - Deformación Axial	6,078 %	
Er - Deformación Radial	-0,156 %	Er - Deformación Radial	-2,026 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,157 %	Ev - Deformación Volumétrica	2,234 %	
Sa - Esfuerzo Axial	32921 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	110062 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	32921 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	110055 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	31616 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	34231 kPa	



Desarrollo del ensayo Etapa 1





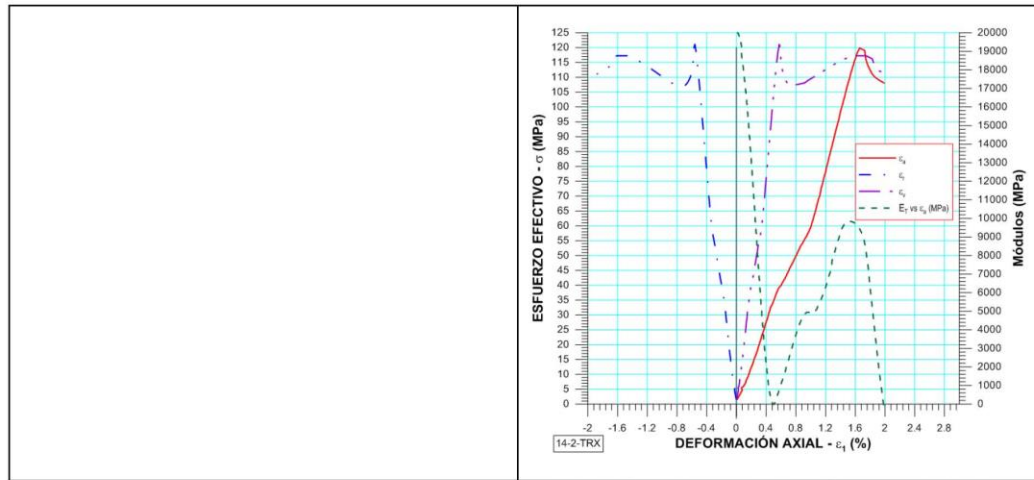
Desarrollo del ensayo Etapa 2

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

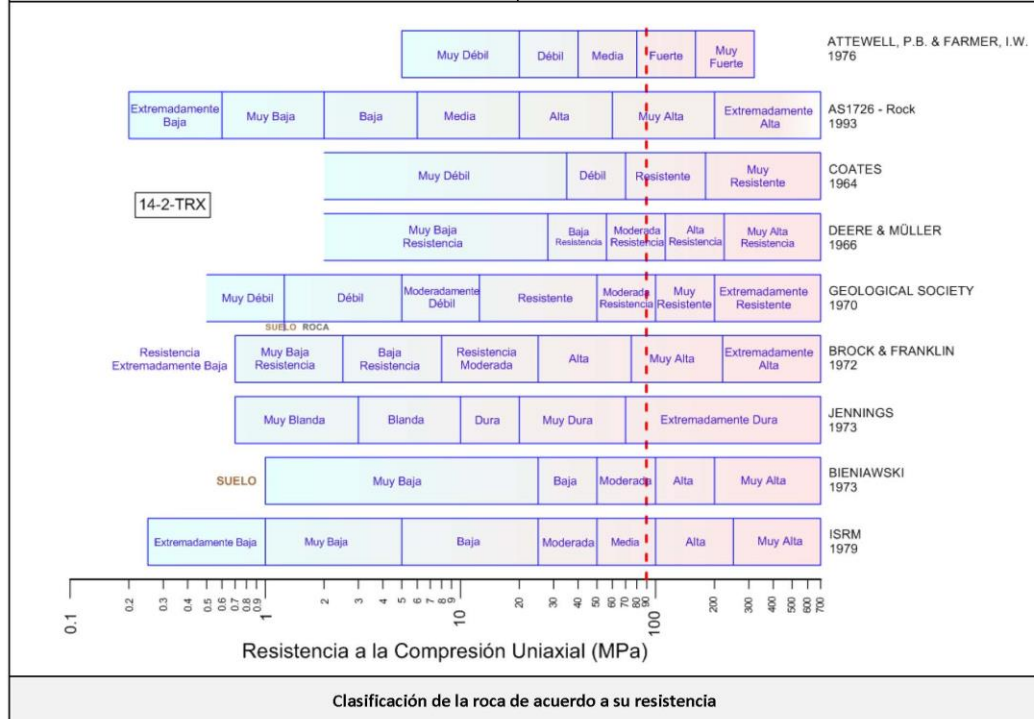
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 3
	M. CASTILLEJO		29/01/2014	Espécimen: 14-2



Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 5297 MPa



Condición final del Espécimen	Parámetros vs. Deformación Axial
-------------------------------	----------------------------------



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-240

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especimen: 237

## DATOS GENERALES

Equipo:	GCTS - RDS-500	
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)	
Especimen	237	
PERFORACIÓN	BH 240- BOX 25 ( 183-186 m) 234 cm	
Tipo de Roca	MEDIA	
Profundidad	185,34	m
Altura	116,9	mm
Long med. Deform-	116,9	mm
Diámetro	47,2	mm
Área	17,497	cm <sup>2</sup>
Volumen	204,545	cm <sup>3</sup>
Peso	551	gr
Densidad		Ton/m <sup>3</sup>
L/D		-
σ3 (calculado)		MPa






Condición inicial del espécimen

## DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO		
<b>ACTUADOR AXIAL</b>			<b>ACTUADOR AXIAL</b>		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	2	MPa/min	Velocidad	0.6	MPa/min
Valor Final de Carga	6	MPa	Valor Final de Carga	200	MPa
<b>PRESIÓN DE CELDA</b>			<b>PRESIÓN DE CELDA</b>		
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Constante	
Valor Inicial	Relativo	MPa	Valor Inicial	Relativo	MPa
Velocidad	2	MPa/min	Velocidad	-	MPa/min
Valor Final	5	MPa	Valor Final	5	MPa
<b>PRESIÓN DE POROS</b>			<b>PRESIÓN DE POROS</b>		
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad	-	MPa / min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa	Valor Final	-	MPa
<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>			<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>		
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	5	%
Tiempo Máximo de Carga	10	min	Tiempo Máximo de Carga	60	min
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial >= 6 MPa		Variable de Control	AI-1: Axial Load	
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando	-	
Reversa	-	kN	Reversa	25	kN
Umbral	-	kN	Umbral	0.80	kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>			<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>		
Incremento de tiempo	1 segundo		Incremento de tiempo	1 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	0.80	MPa
<b>TIPO</b>	Drenado		<b>TIPO</b>	Drenado	
<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>			<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>		
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior		

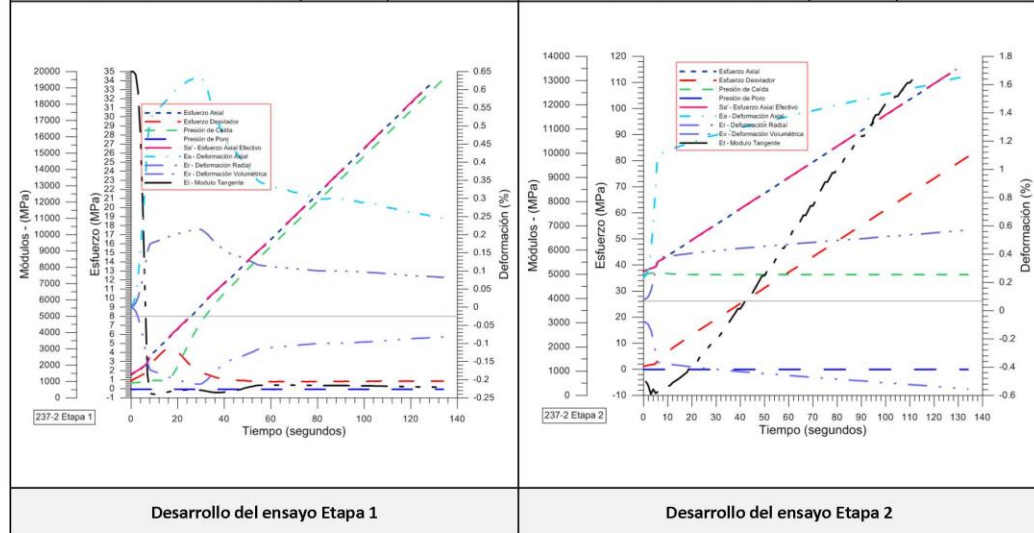
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*



Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería, Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

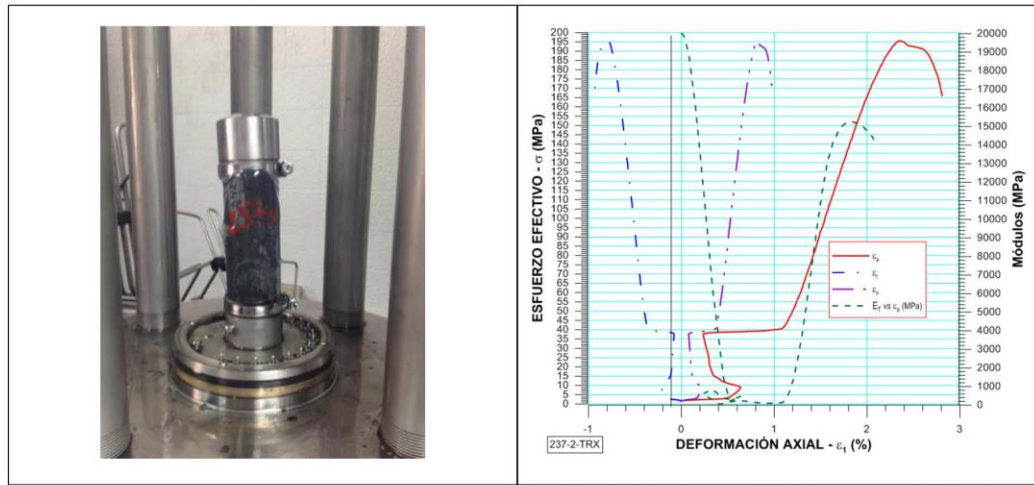
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO                  CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 237</b>

**RESULTADOS**

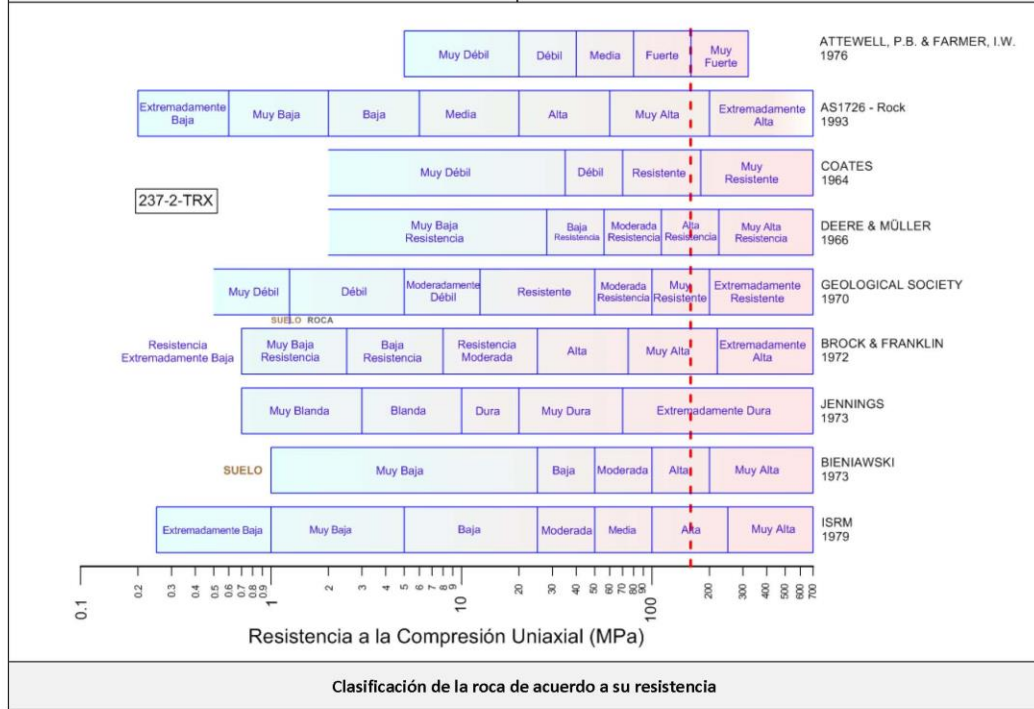
<b>Origen de la Muestra:</b>	<b>Suministrado por el cliente</b>	<b>Perforación:</b> BH-240	<b>Profundidad:</b>	<b>m</b>
<b>Formación:</b> Grupo Caracas	<b>Esquistos de Las Mercedes</b>	<b>Tipo de roca:</b> Esquisto Cuarzo Grafitoso	<b>Color:</b>	<b>Gris Oscuro</b>
<b>ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO</b>		<b>ETAPA 2 – Etapa de Carga</b>		
<b>Espécimen</b>		<b>Espécimen</b>		
Altura	116,9 mm	Altura	116,9 mm	
Long. medidor deformaciones	116,9 mm	Long. medidor deformaciones	116,9 mm	
Diámetro	47,2 mm	Diámetro	47,2 mm	
Área	17,497 cm <sup>2</sup>	Área	17,497 cm <sup>2</sup>	
Volumen	204,545 cm <sup>3</sup>	Volumen	204,545 cm <sup>3</sup>	
<b>Finalización de la Etapa debido</b>	<b>Tiempo límite alcanzado</b>	<b>Finalización de la Etapa debido</b>	<b>Pico Reverso Activado</b>	
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>4624 kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>159408 kPa</b>	
t - Tiempo	16,9174 segundos	t - Tiempo	408,357 segundos	
CP - Presión de Celda	1235 kPa	CP - Presión de Celda	36333 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-67 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-54 MPa	
Ea - Deformación Axial	0,584 %	Ea - Deformación Axial	2,355 %	
Er - Deformación Radial	-0,195 %	Er - Deformación Radial	-0,785 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,196 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,816 %	
Sa - Esfuerzo Axial	5859 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	195741 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	5926 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	195794 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	1302 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36387 kPa	
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	1067 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	121761 kPa	
Tiempo	144,088 segundos	Tiempo	409,68 segundos	
CP - Presión de Celda	36399 kPa	CP - Presión de Celda	36937 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-61 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-61 kPa	
Ea - Deformación Axial	0,235 %	Ea - Deformación Axial	2,851 %	
Er - Deformación Radial	-0,078 %	Er - Deformación Radial	-0,95 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,079 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,996 %	
Sa - Esfuerzo Axial	37466 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	158699 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	37526 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	158759 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	36459 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36998 kPa	



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 237





Condición final del Especimen	Parámetros vs. Deformación Axial
-------------------------------	----------------------------------




Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS          ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO          CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especímen: 243

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS - RDS-500
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
Especímen	243
PERFORACIÓN	BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 202 cm
Tipo de Roca	MEDIA
Profundidad	188,02 m
Altura	109,5 mm
Long med. Deform-	109,5 mm
Diámetro	47,5 mm
Área	17,721 cm <sup>2</sup>
Volumen	194,04 cm <sup>3</sup>
Peso	551 gr
Densidad	Ton/m <sup>3</sup>
L/D	-
$\sigma_3$ (calculado)	MPa






Condición inicial del espécimen

## DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
<b>ACTUADOR AXIAL</b>				<b>ACTUADOR AXIAL</b>			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0.6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
<b>PRESIÓN DE CELDA</b>				<b>PRESIÓN DE CELDA</b>			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
<b>PRESIÓN DE POROS</b>				<b>PRESIÓN DE POROS</b>			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>				<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial $\geq$ 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN	Umbral	0.80 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>				<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 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	0.80	MPa	
<b>TIPO</b>	Drenado			<b>TIPO</b>	Drenado		
<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>				<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especimen: 243

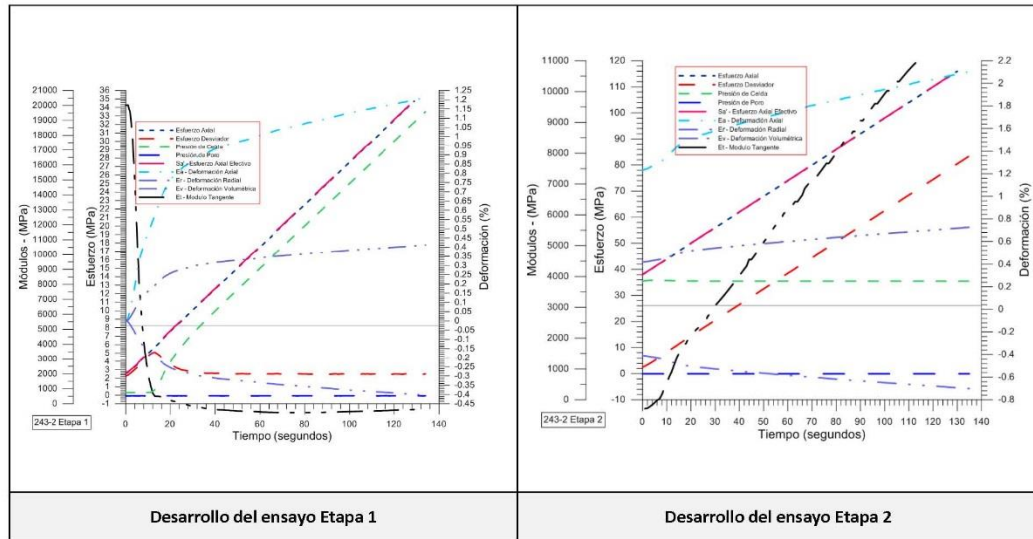
## RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente		Perforación: BH-240	Profundidad:	m	
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes		Tipo de roca	Esquisto Cuarzo Grafítico	Color:	Gris Oscuro
<b>ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO</b>			<b>ETAPA 2 – Etapa de Carga</b>			
<b>Especimen</b>			<b>Especimen</b>			
Altura	109,5	mm	Altura	109,5	mm	
Long medidor deformaciones	109,5	mm	Long medidor deformaciones	109,5	mm	
Diámetro	47,5	mm	Diámetro	47,5	mm	
Área	17,721	cm <sup>2</sup>	Área	17,721	cm <sup>2</sup>	
Volumen	194,04	cm <sup>3</sup>	Volumen	194,04	cm <sup>3</sup>	
Finalización de la Etapa debido	Tiempo límite alcanzado		Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado		
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>5092</b>	<b>kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>137615</b>	<b>kPa</b>	
t - Tiempo	12,2155	segundos	t - Tiempo	367,689	segundos	
CP - Presión de Celda	486	kPa	CP - Presión de Celda	35538	kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-74	MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-67	MPa	
Ea - Deformación Axial	0,55	%	Ea - Deformación Axial	2,64	%	
Er - Deformación Radial	-0,183	%	Er - Deformación Radial	-0,88	%	
Ev - Deformación Volumétrica	0,185	%	Ev - Deformación Volumétrica	0,919	%	
Sa - Esfuerzo Axial	5578	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	173153	kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	5652	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	173220	kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	560	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	35605	kPa	
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>2439</b>	<b>12,2155</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>107146</b>	<b>kPa</b>	
Tiempo	141,919	segundos	Tiempo	368,236	segundos	
CP - Presión de Celda	35492	kPa	CP - Presión de Celda	35985	kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-67	kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-67	kPa	
Ea - Deformación Axial	1,231	%	Ea - Deformación Axial	3,257	%	
Er - Deformación Radial	-0,41	%	Er - Deformación Radial	-1,086	%	
Ev - Deformación Volumétrica	0,419	%	Ev - Deformación Volumétrica	1,145	%	
Sa - Esfuerzo Axial	37931	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	143130	kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	37998	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	143198	kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	35559	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36052	kPa	

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*



Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

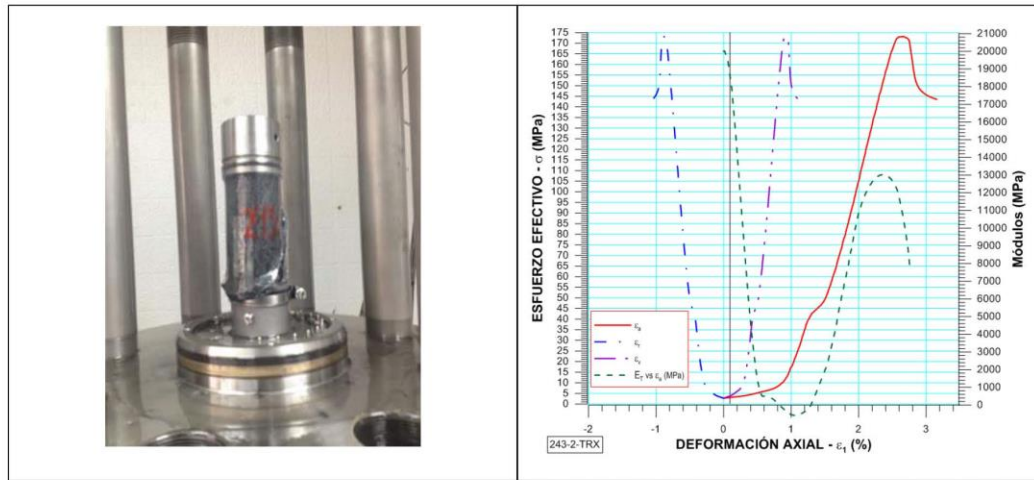
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO</b> <b>CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 3 de 4</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 243</b>



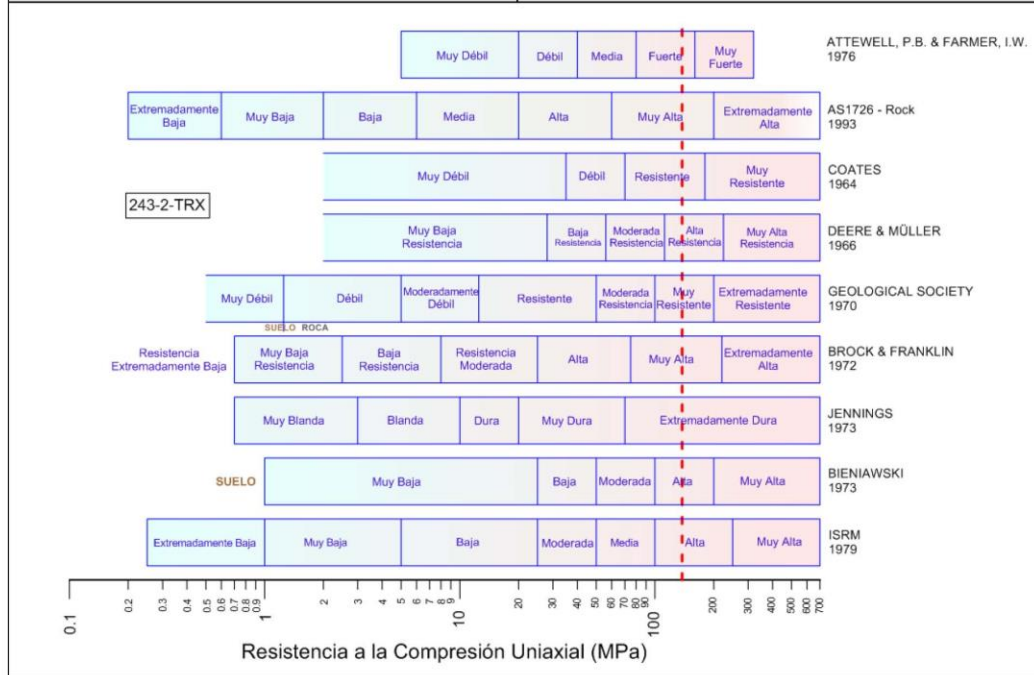
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 243




Condición final del Espécimen	Parámetros vs. Deformación Axial
-------------------------------	----------------------------------



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especimen: 246-1

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS - RDS-500
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
Especimen	246-1
PERFORACIÓN	BH 240- BOX 25 ( 189-190 m) 31 cm
Tipo de Roca	MEDIA
Profundidad	189,31 m
Altura	118,77 mm
Long med. Deform-	118,77 mm
Diámetro	47,5 mm
Área	17,721 cm <sup>2</sup>
Volumen	210,467 cm <sup>3</sup>
Peso	604,4 gr
Densidad	Ton/m <sup>3</sup>
L/D	-
$\sigma_3$ (calculado)	MPa






Condición inicial del espécimen

## DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
<b>ACTUADOR AXIAL</b>				<b>ACTUADOR AXIAL</b>			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0.6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
<b>PRESIÓN DE CELDA</b>				<b>PRESIÓN DE CELDA</b>			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
<b>PRESIÓN DE POROS</b>				<b>PRESIÓN DE POROS</b>			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>				<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial $\geq$ 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN	Umbral	0.80 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>				<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 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	0.80	MPa	
TIPO	Drenado			TIPO	Drenado		
<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>				<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

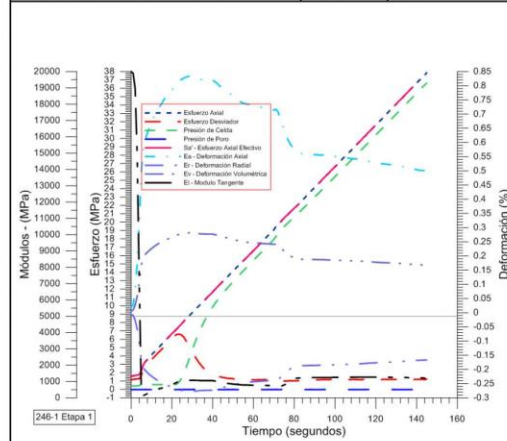
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

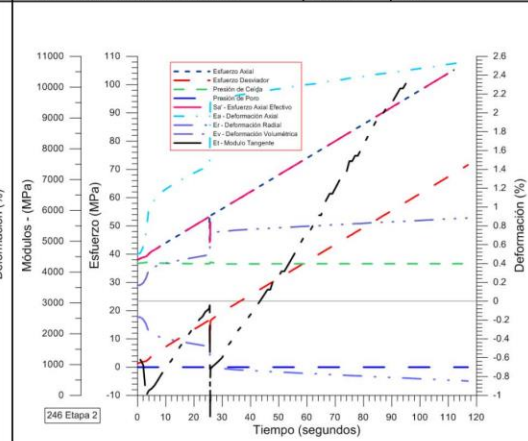
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO</b> <b>CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especimen: 246-1

**RESULTADOS**

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-240	Profundidad:	m
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca: Esquisto Cuarzo Grafitoso	Color:	Gris Oscuro
<b>ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO</b>		<b>ETAPA 2 – Etapa de Carga</b>		
<b>Especimen</b>		<b>Especimen</b>		
Altura	118,77 mm	Altura	118,77 mm	
Long. medidor deformaciones	118,77 mm	Long. medidor deformaciones	118,77 mm	
Diámetro	47,5 mm	Diámetro	47,5 mm	
Área	17,721 cm <sup>2</sup>	Área	17,721 cm <sup>2</sup>	
Volumen	210,467 cm <sup>3</sup>	Volumen	210,467 cm <sup>3</sup>	
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite alcanzado	Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado	
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>6684 kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>123459 kPa</b>	
t - Tiempo	23,371 segundos	t - Tiempo	349,245 segundos	
CP - Presión de Celda	841 kPa	CP - Presión de Celda	36635 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-13 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-20 MPa	
Ea - Deformación Axial	0,816 %	Ea - Deformación Axial	3,153 %	
Er - Deformación Radial	-0,272 %	Er - Deformación Radial	-1,051 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,276 %	Ev - Deformación Volumétrica	1,107 %	
Sa - Esfuerzo Axial	7525 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	160094 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	7539 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	160114 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	854 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36655 kPa	
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	1299 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	106410 kPa	
Tiempo	145,475 segundos	Tiempo	349,572 segundos	
CP - Presión de Celda	36688 kPa	CP - Presión de Celda	36957 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-13 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-13 kPa	
Ea - Deformación Axial	0,501 %	Ea - Deformación Axial	3,565 %	
Er - Deformación Radial	-0,167 %	Er - Deformación Radial	-1,188 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,169 %	Ev - Deformación Volumétrica	1,259 %	
Sa - Esfuerzo Axial	37986 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	143367 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	38000 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	143380 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	36701 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36970 kPa	



Desarrollo del ensayo Etapa 1




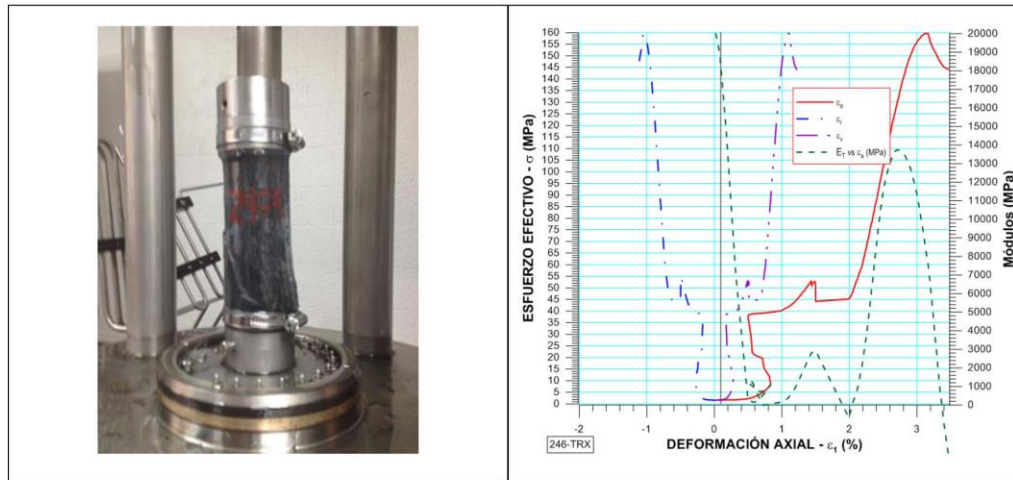
Desarrollo del ensayo Etapa 2

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

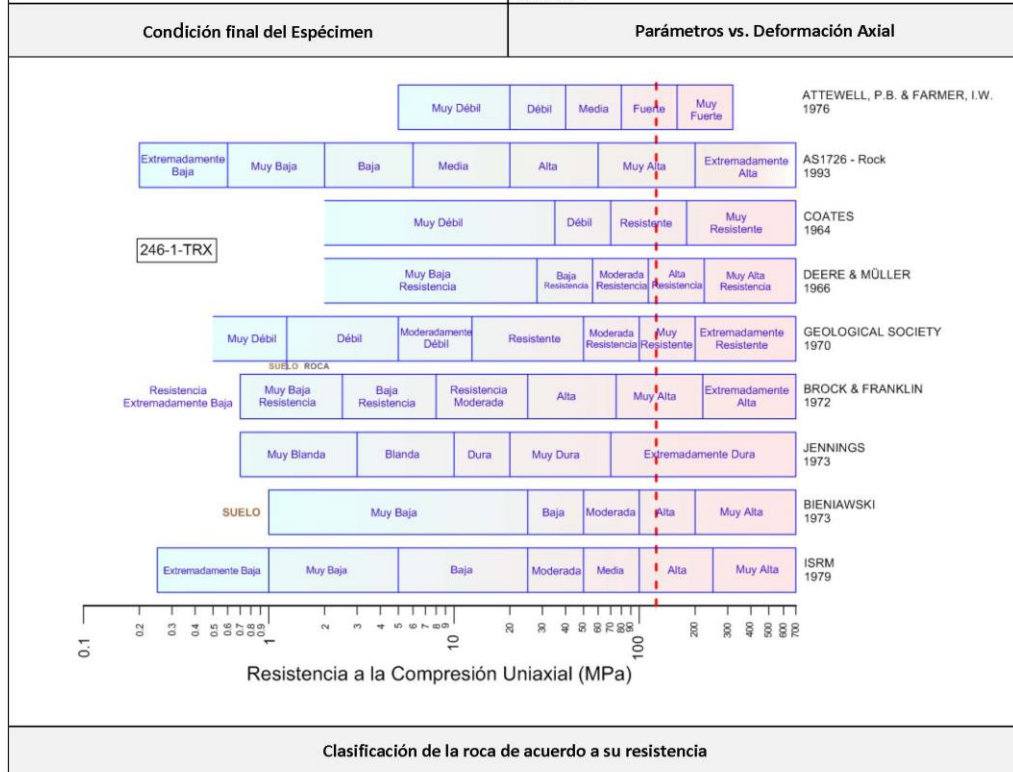
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO</b> <b>CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especimen: 246-1




Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 10718 MPa



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-250

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 5
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 509

DATOS GENERALES		
Equipo:	GCTS - RDS-500	
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)	
Espécimen	509	
PERFORACIÓN	BH 250- BOX 6 ( 38,5-41,5 m) 92 cm	
Tipo de Roca	MEDIA	
Profundidad	39,42 m	
Altura	124,03 mm	
Long med. Deform-	124,03 mm	
Diámetro	62,33 mm	
Área	30,513 cm <sup>2</sup>	
Volumen	378,452 cm <sup>3</sup>	
Peso	983,80 gr	
Densidad	Ton/m <sup>3</sup>	
L/D	-	
$\sigma_3$ (calculado)	MPa	
		Condición inicial del espécimen


## DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
<b>ACTUADOR AXIAL</b>				<b>ACTUADOR AXIAL</b>			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0,6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
<b>PRESIÓN DE CELDA</b>				<b>PRESIÓN DE CELDA</b>			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
<b>PRESIÓN DE POROS</b>				<b>PRESIÓN DE POROS</b>			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>				<b>FINALIZACION DE LA ETAPA</b>			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial $\geq$ 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa - kN	Umbral	-	kN	Reversa	25	kN	Umbral
Umbral	-	kN		Umbral	0,80	kN	
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>				<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 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	0.80	MPa	
TIPO	Drenado			TIPO	Drenado		
<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>				<b>MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA</b>			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax –58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 5
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especimen: 509

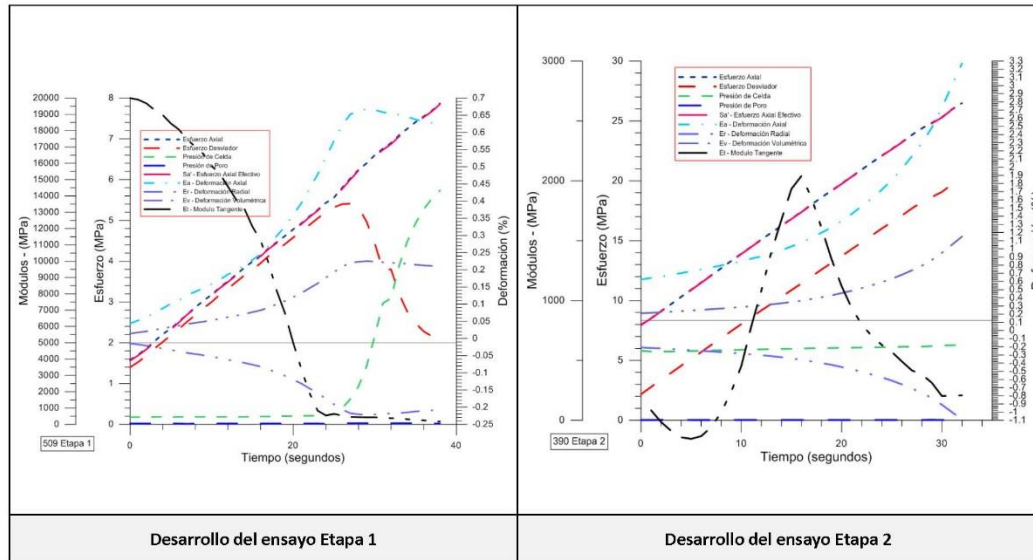
## RESULTADOS




Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-250	Profundidad:	m	
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca	Esquisto Cuarzo Grafítico	Color:	Gris Oscuro
<b>ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO</b>			<b>ETAPA 2 – Etapa de Carga</b>		
<b>Especimen</b>			<b>Especimen</b>		
Altura	124,03	mm	Altura	124,03	mm
Long medidor deformaciones	124,03	mm	Long medidor deformaciones	124,03	mm
Diámetro	62,33	mm	Diámetro	62,33	mm
Área	30,513	cm <sup>2</sup>	Área	30,513	cm <sup>2</sup>
Volumen	378,452	cm <sup>3</sup>	Volumen	378,452	cm <sup>3</sup>
<b>Finalización de la Etapa debido</b>	Tiempo límite alcanzado		<b>Finalización de la Etapa debido</b>	Pico Reverso Activado	
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>5452</b>	<b>kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)</b>	<b>20632</b>	<b>kPa</b>
t - Tiempo	26,5975	segundos	t - Tiempo	71,4312	segundos
CP - Presión de Celda	526	kPa	CP - Presión de Celda	6313	kPa
Uw - Presión de Poros (agua)	27	MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	20	MPa
Ea - Deformación Axial	0,646	%	Ea - Deformación Axial	3,504	%
Er - Deformación Radial	-0,215	%	Er - Deformación Radial	-1,168	%
Ev - Deformación Volumétrica	0,218	%	Ev - Deformación Volumétrica	1,237	%
Sa - Esfuerzo Axial	5978	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	26945	kPa
Sa' - Esfuerzos Efectivos	5951	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	26925	kPa
Sc' - Presión de Celda Efectiva	499	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	6293	kPa
<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>2132</b>	<b>kPa</b>	<b>Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)</b>	<b>20632</b>	<b>kPa</b>
Tiempo	38,666	segundos	Tiempo	71,4312	segundos
CP - Presión de Celda	5853	kPa	CP - Presión de Celda	6313	kPa
Uw - Presión de Poros (agua)	20	kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	20	kPa
Ea - Deformación Axial	0,625	%	Ea - Deformación Axial	3,505	%
Er - Deformación Radial	-0,208	%	Er - Deformación Radial	-1,168	%
Ev - Deformación Volumétrica	0,211	%	Ev - Deformación Volumétrica	1,237	%
Sa - Esfuerzo Axial	7985	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	26945	kPa
Sa' - Esfuerzos Efectivos	7965	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	26925	kPa
Sc' - Presión de Celda Efectiva	5833	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	6293	kPa

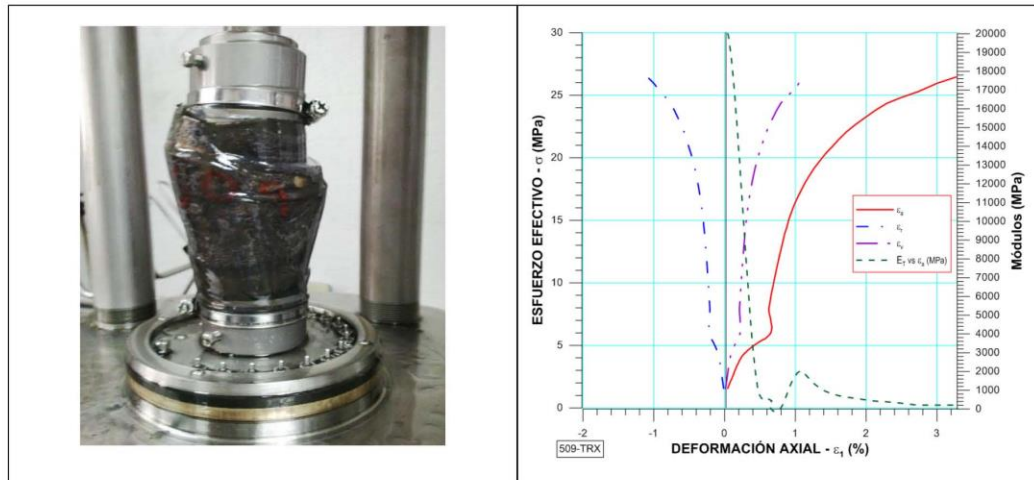
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO                  CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 3 de 5</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 509</b>

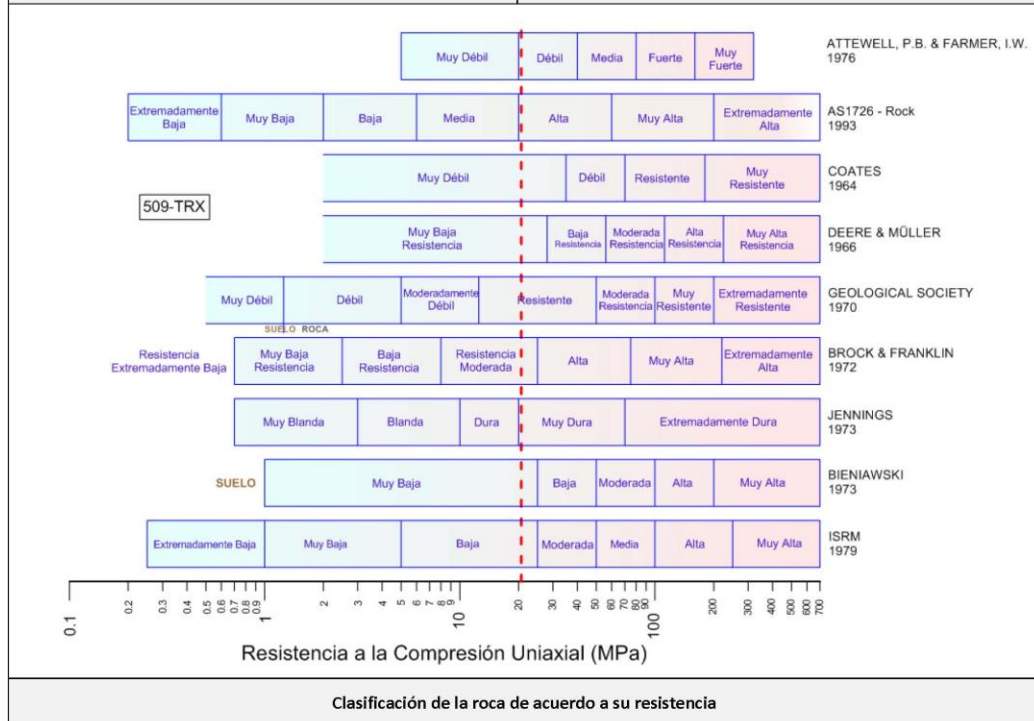


 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO</b> <b>CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 5
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	<b>Espécimen: 509</b>



Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 1932,7 MPa

<b>Condición final del Especimen</b>	<b>Parámetros vs. Deformación Axial</b>
--------------------------------------	---



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

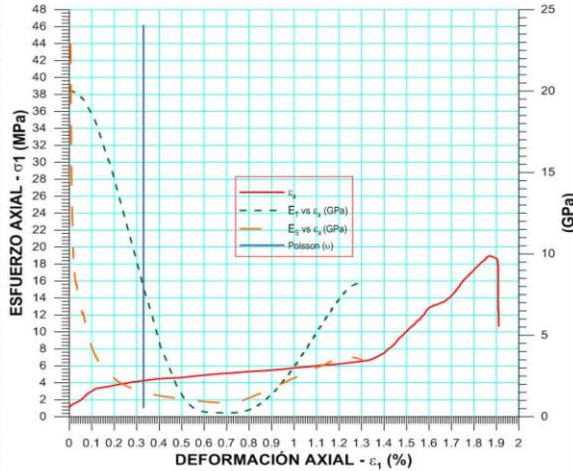
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

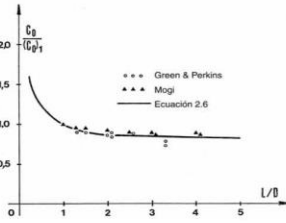
### 7.4 Reportes de Compresiones Simple

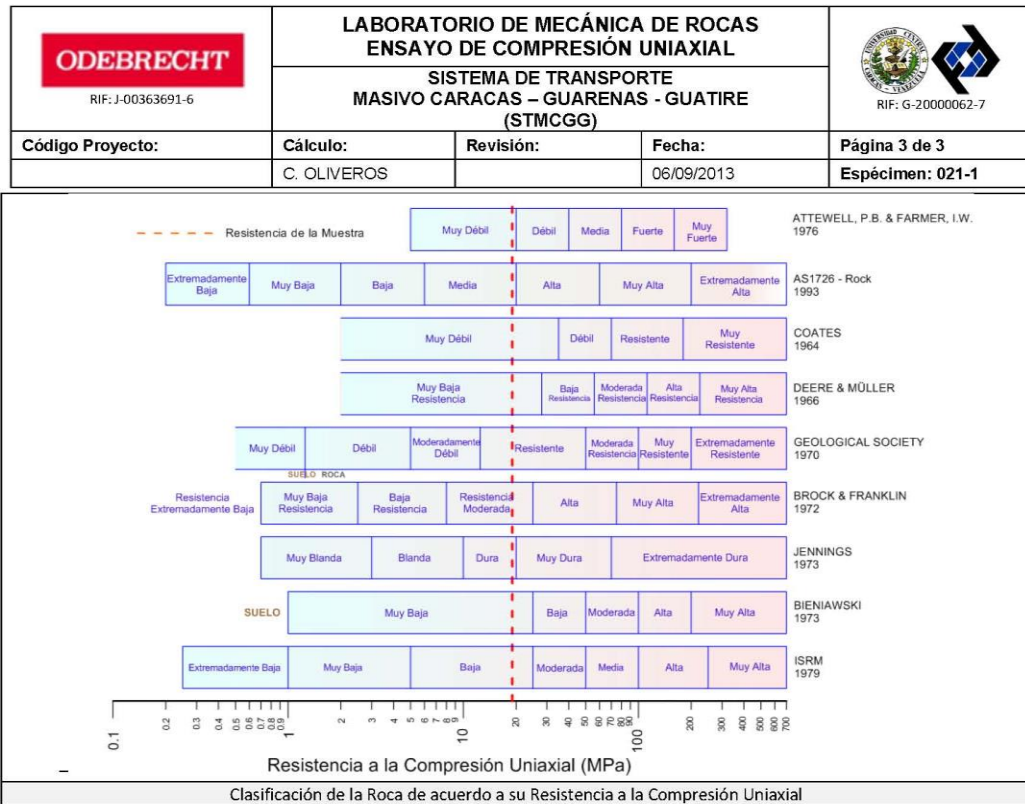
BH-19

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 021-1

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	71.13 mm
Diámetro:	47.70 mm
Relación L/D: (menor de 2)	1.49 -
Área:	17.87 cm <sup>2</sup>
Volumen:	127.11 cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico	19.04 MPa
Esfuerzo Axial Pico <i>corregido por L/D &lt; 2</i>	17.65 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	1.8707 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	- %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	- %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_r$	0 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	- %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	- %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	- %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$	
Módulo de Elasticidad Tangente	0,4378200 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	0,6481746 GPa
Módulo de Poisson	0.33 -
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada



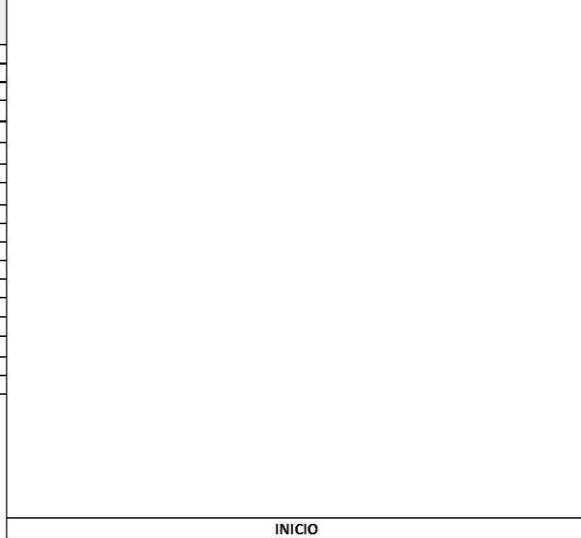
OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

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



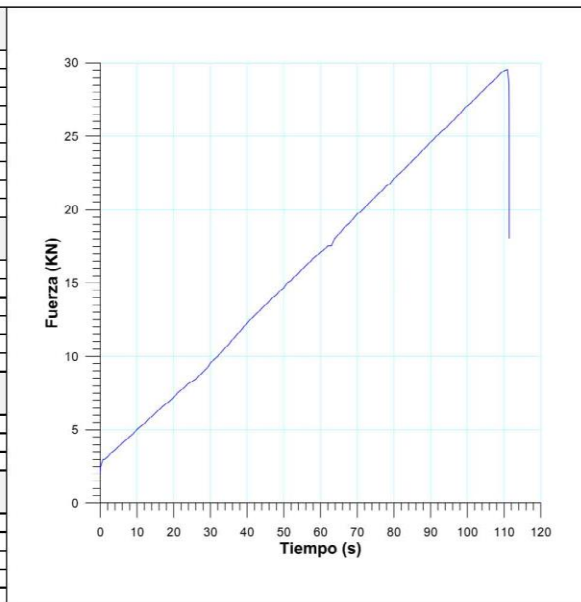
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	<b>Espécimen: 022-1</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	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:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	022-1
Perforación:	BH-19 –BOX 14 (84-87m) 26 cm
Profundidad:	84.26 m
Peso	432.00 gr
Altura (L)	90.50 mm
Diámetro (D)	47.80 mm
L/D	1.89 -
Área	17.95 cm <sup>2</sup>
Volumen	162.40 cm <sup>3</sup>
Densidad	2.66 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	224.14 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	22.41 MPa
Duración:	325.813 seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



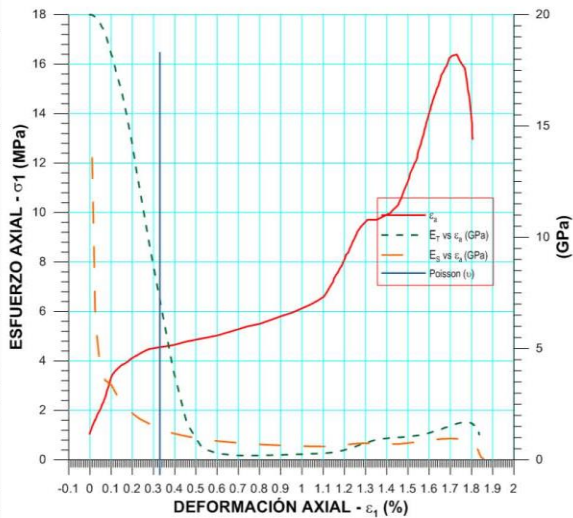
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



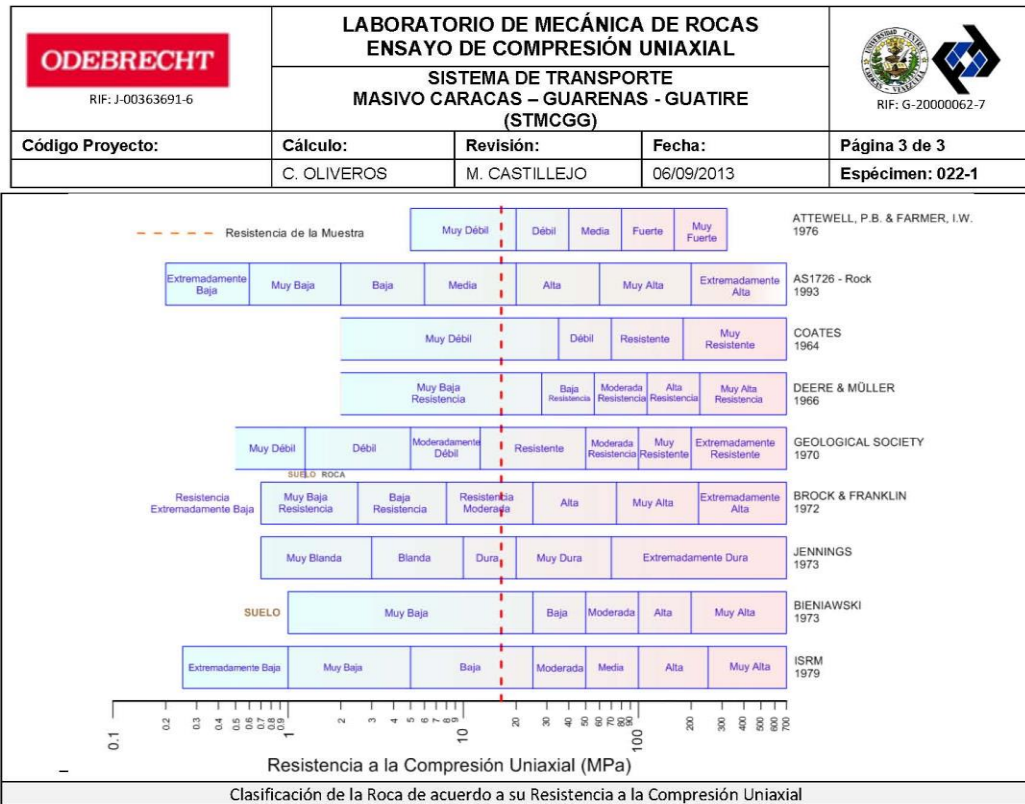
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	Espécimen: 022-1

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tipo de Carga:	Estática	
Altura	90.50	mm
Diámetro:	47.80	mm
Relación L/D: (menor de 2)	1.89	-
Área:	17.95	cm <sup>2</sup>
Volumen:	162.40	cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla	
VALORES PICO		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	16.46	MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	14.74	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	1.7308	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	-	%
VALORES RESIDUALES		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_s$	0	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_s$	-	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	-	%
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$		
Módulo de Elasticidad Tangente	0,45077	GPa
Módulo de Elasticidad Secante	0,67929	GPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada	



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2
<p>The graph shows the ratio of corrected to uncorrected strength, <math>C_0/C_{01}</math>, on the y-axis (0 to 2.0) versus the L/D ratio on the x-axis (0 to 5). Data points are shown for Green &amp; Perkins (dots), Moggi (triangles), and Equation 2.6 (solid line). The curve shows that <math>C_0/C_{01}</math> decreases as L/D increases, starting from approximately 1.8 at L/D=0 and leveling off around 0.8 for L/D &gt; 2.</p>
$C_o = (C_o)_1 \left( 0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$
FINAL





 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO		Espécimen: 023-1

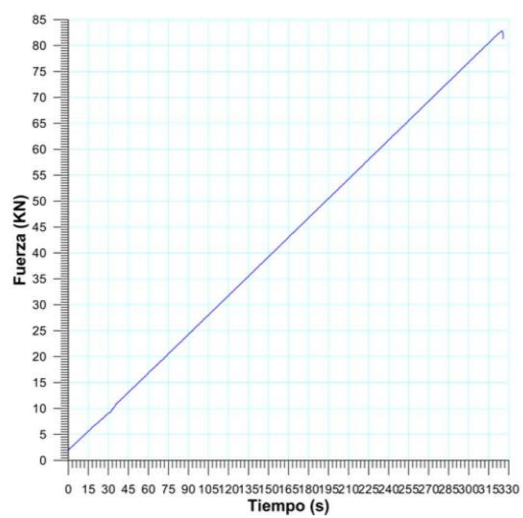
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	023-1
Perforación:	BH-19 –BOX 15 (93-96 m) 135 cm
Profundidad:	94.35 m
Peso	616.30 gr
Altura (L)	127.30 mm
Diámetro (D)	47.85 mm
L/D	2.66 -
Área	17.98 cm <sup>2</sup>
Volumen	228.92 cm <sup>3</sup>
Densidad	2.69 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	254.01 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	25.40 MPa
Duración:	325.813 seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



INICIO

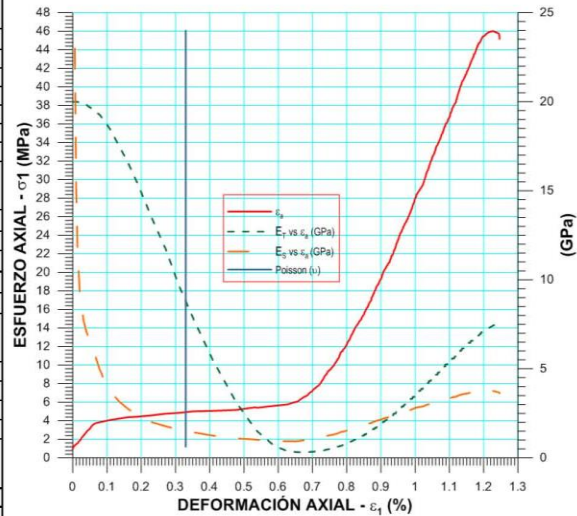
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	


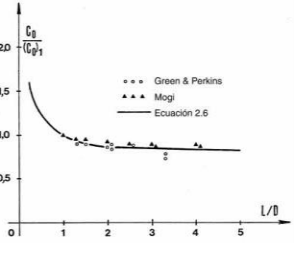


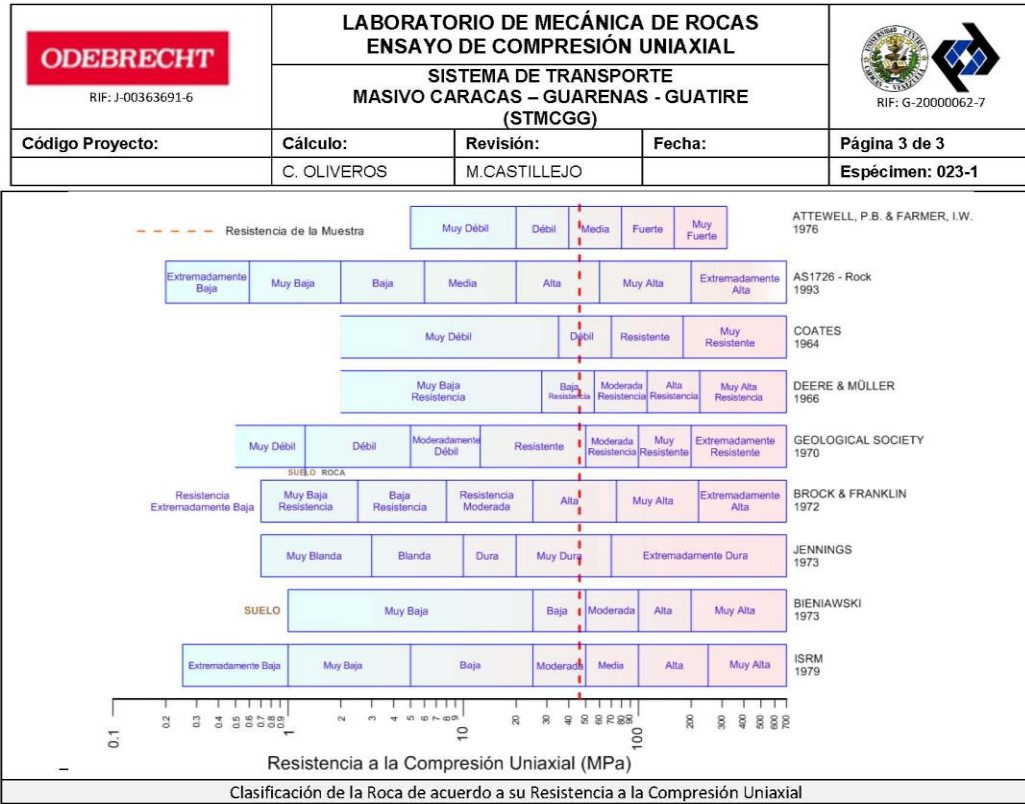
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7




 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO		Espécimen: 023-1

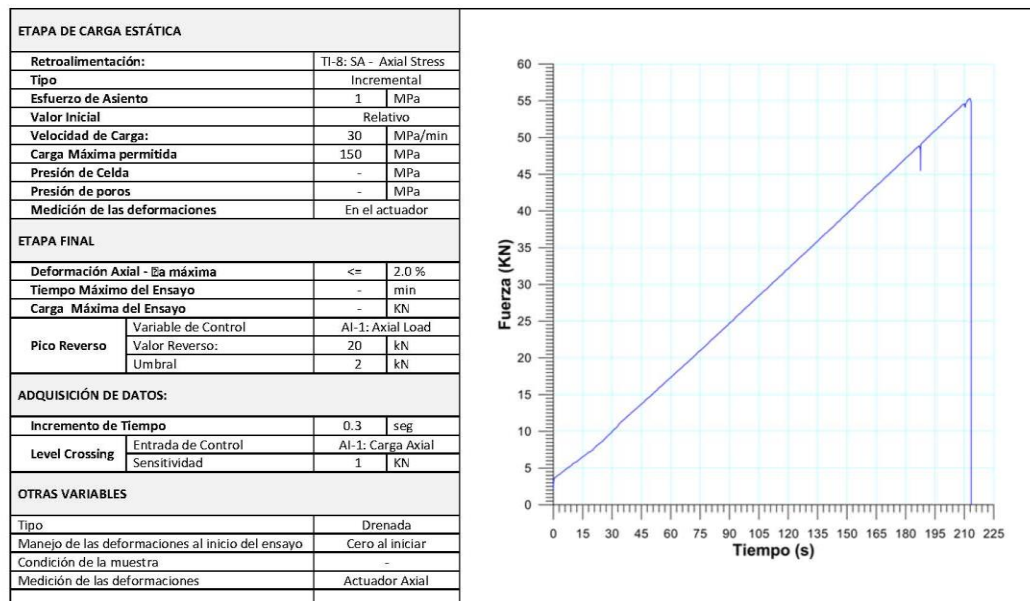
RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tipo de Carga:	Estática	
Altura	127.30	mm
Diámetro:	47.85	mm
Relación L/D: (menor de 2)	2.66	-
Área:	17.98	cm <sup>2</sup>
Volumen:	228.92	cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla	
VALORES PICO		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	46.08	MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	-	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	1.2268	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	-	%
VALORES RESIDUALES		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_s$	0	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_s$	-	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	-	%
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$		
Módulo de Elasticidad Tangente	2,58424	GPa
Módulo de Elasticidad Secante	2,44167	GPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada	



OBSERVACIONES:	
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2	
 $C_o = (C_o)_1 \left( 0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$	
	FINAL





 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS          ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE          MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE          (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
	C. OLIVEROS		06/09/2013	<b>Espécimen: 025-1</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)		
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Equipo:	GCTS – RDS - 500			
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS			
Espécimen:	025-1			
Perforación:	BH-19 –BOX 16 (96-99 m) 86 cm			
Profundidad:	86.39	m		
Peso	463.80	gr		
Altura (L)	95.90	mm		
Diámetro (D)	47.80	mm		
L/D	2.01	-		
Área	17.95	cm <sup>2</sup>		
Volumen	172.09	cm <sup>3</sup>		
Densidad	2.70	Ton/m <sup>3</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)	232.83	Ton/m <sup>2</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)	23.28	MPa		
Duración:	025-1	seg		
Coordenadas de la perforación		N		
		E		
INICIO				

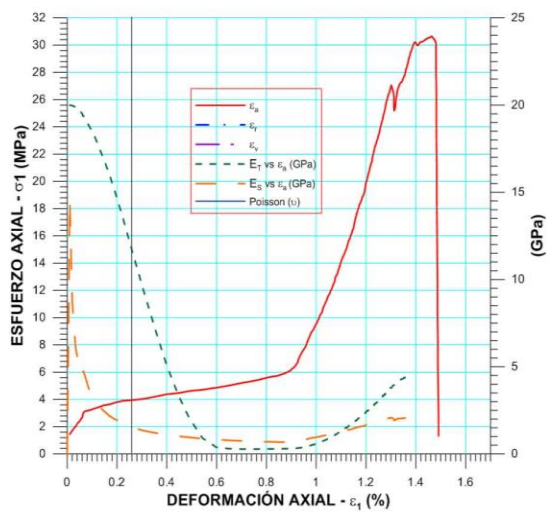


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

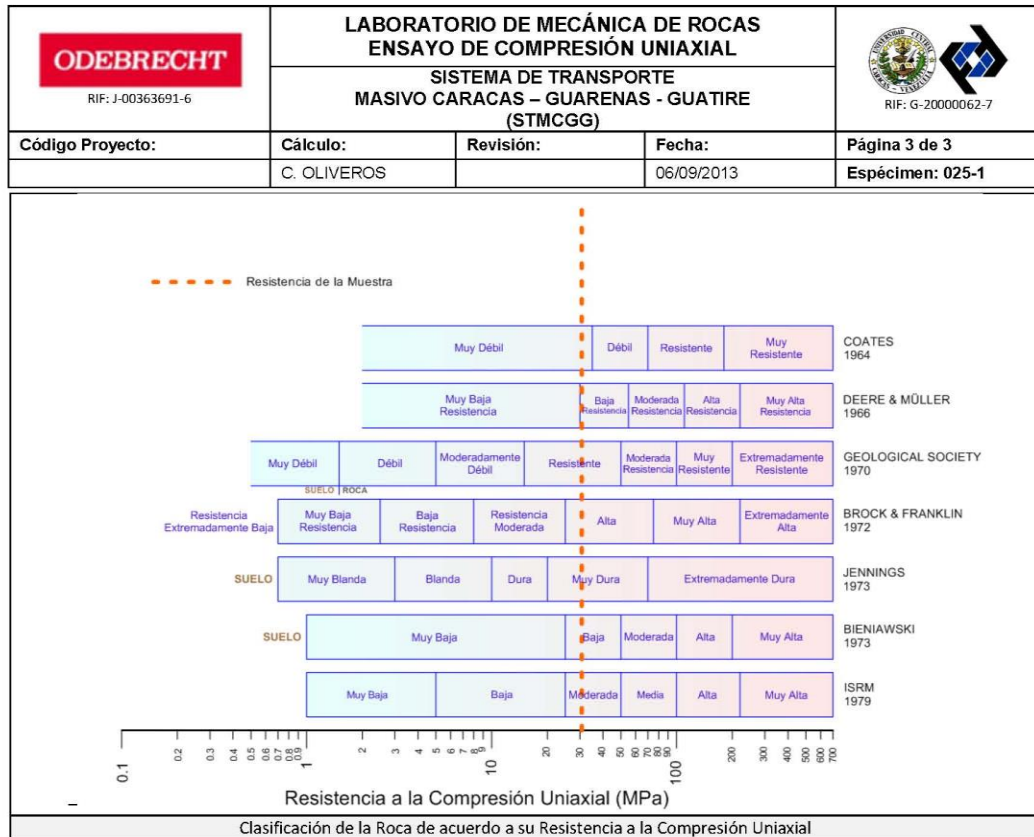
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 025-1

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	95.90 mm
Diámetro:	47.80 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2.01 -
Área:	17.95 cm <sup>2</sup>
Volumen:	172.09 cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	30,69 MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	- MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	1,463 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	- %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	- %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_r$	0 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	- %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	- %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	- %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$	
Módulo de Elasticidad Tangente	1,497 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	1,355 GPa
Módulo de Poisson	0.33 -
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2
<p>The graph shows the correction factor <math>C_o</math> on the y-axis (0 to 2.0) versus the L/D ratio on the x-axis (0 to 5). Data points from Green &amp; Perkins (dots) and Moggi (triangles) are plotted against Equation 2.6 (solid line).</p>
$C_o = (C_o)_1 \left( 0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$
FINAL



 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
	C. OLIVEROS		06/09/2013	<b>Espécimen: 003-1</b>

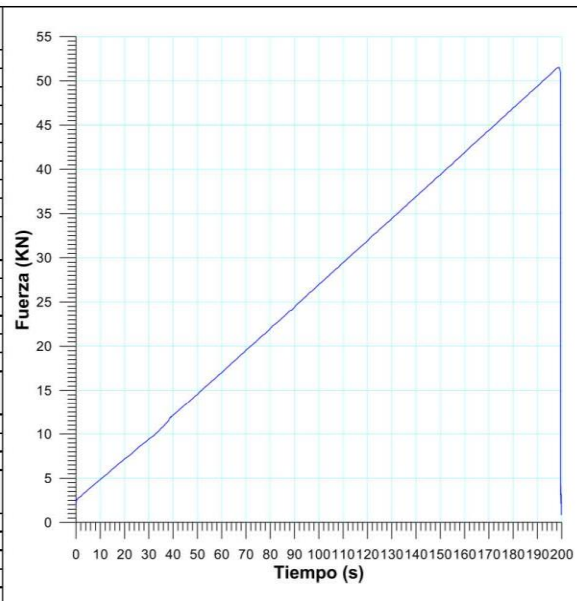
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures



DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	003-1
Perforación:	BH-19 –BOX 17 (102-105 m) 0 cm
Profundidad:	102.00 m
Peso	467.80 gr
Altura (L)	96.40 mm
Diámetro (D)	47.70 mm
L/D	2.02 -
Área	17.87 cm <sup>2</sup>
Volumen	172.27 cm <sup>3</sup>
Densidad	2.72 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	276.99 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	27.70 MPa
Duración:	199.853 seg
Coordenadas de la perforación	N
	E

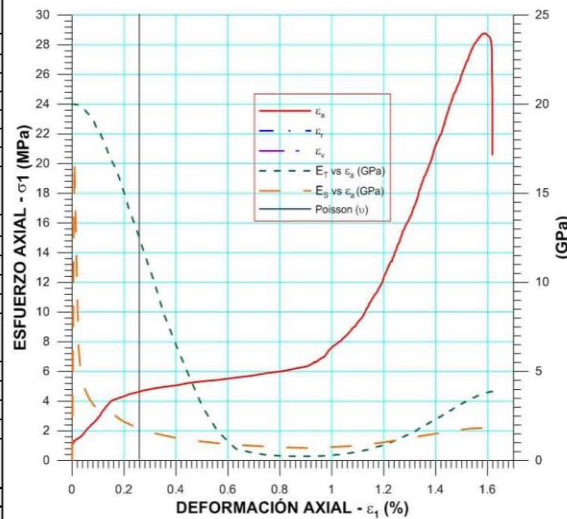



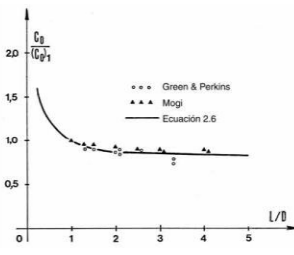
INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

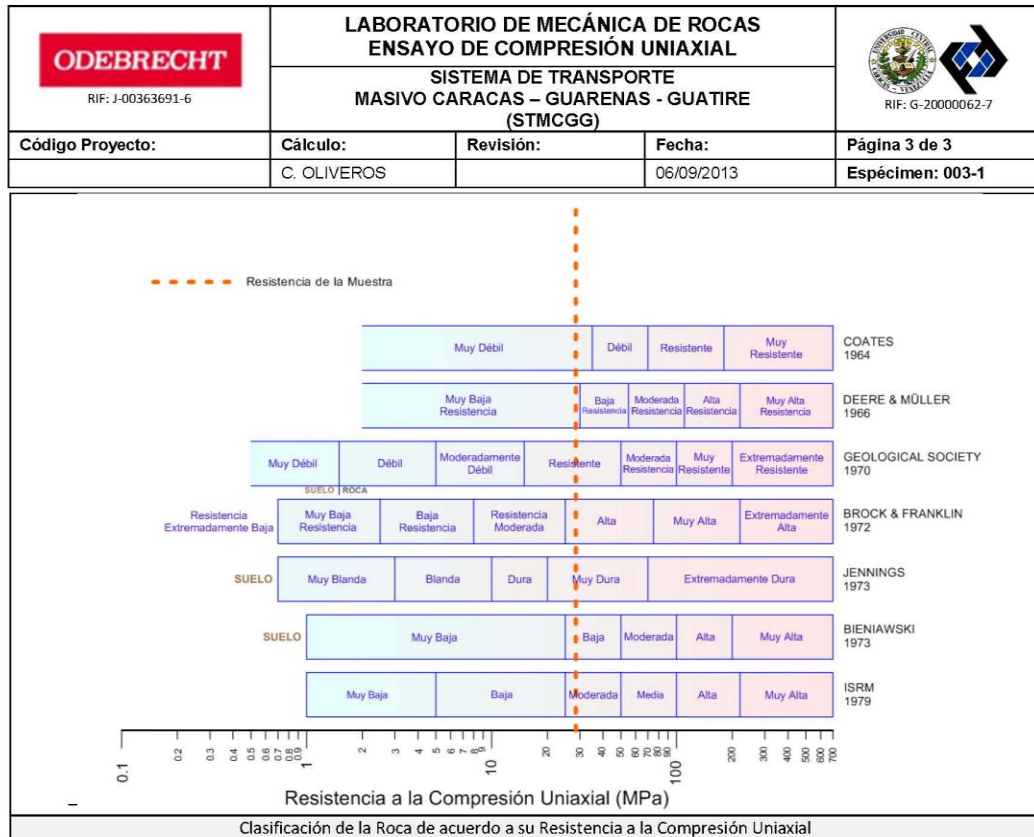


 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Especimen: 003-1
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
Tipo de Carga:	Estática			
Altura	96.40	mm		
Diámetro:	47.70	mm		
Relación L/D: (menor de 2)	2.02	-		
Área:	17.87	cm <sup>2</sup>		
Volumen:	172.27	cm <sup>3</sup>		
Finalización de la Etapa:	Falla			
<b>VALORES PICO</b>				
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	28,506	MPa		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	24,62	MPa		
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	0,446	%		
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,149	%		
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,15	%		
<b>VALORES RESIDUALES</b>				
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	0	MPa		
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	-	%		
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-	%		
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	-	%		
<b>VALORES DE CONSTANTES AL 50% de <math>\sigma_{max}</math></b>				
Módulo de Elasticidad Tangente	2.86043	GPa		
Módulo de Elasticidad Secante	1.66751	GPa		
Módulo de Poisson	0.33	-		
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada			




<b>OBSERVACIONES:</b>  Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2	 <p style="text-align: center;">FINAL</p>
 $C_o = (C_o)_1 \left( 0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$	





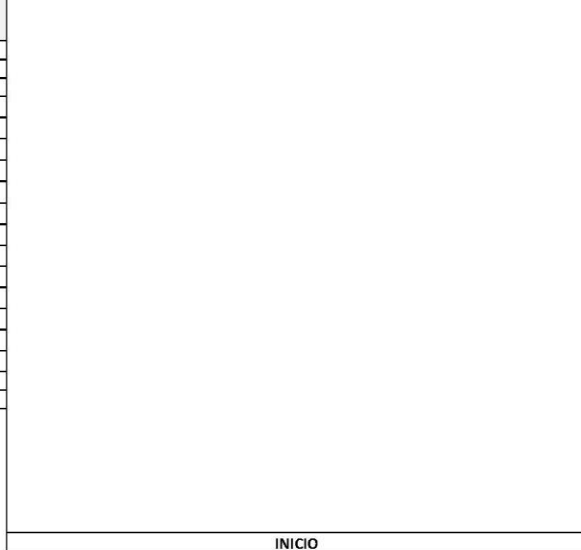
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 021-1

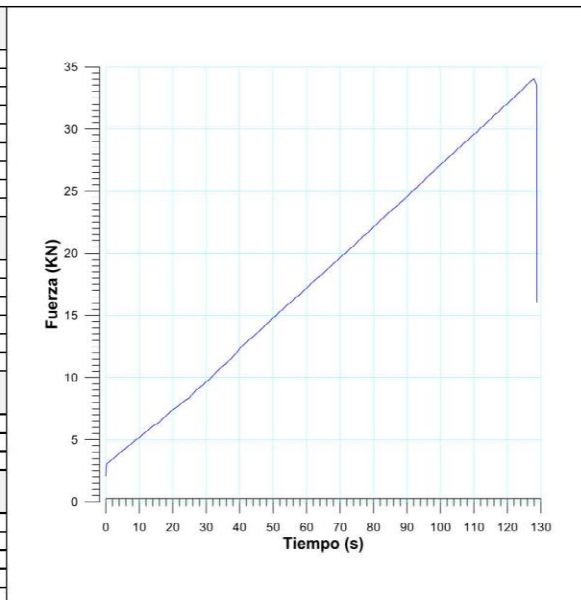
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	021-1
Perforación:	BH-19 –BOX 17 (102-105m) 66 cm
Profundidad:	102.2 m
Peso	341.9 gr
Altura (L)	71.13 mm
Diámetro (D)	47.70 mm
L/D	1.49 -
Área	17.87 mm <sup>2</sup>
Volumen	127.11 mm <sup>3</sup>
Densidad	2.69 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	274.90 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	27.49 MPa
Duración:	129.111 Seg
Coordenadas de la perforación	



INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	





Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-21

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
	C. OLIVEROS		06/09/2013	<b>Espécimen: 004-2b</b>

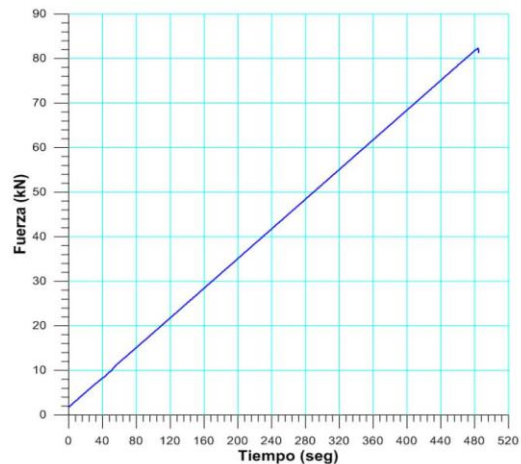
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	004-2B
Perforación:	BH-21 –BOX 30 (160-163 m) 215 cm
Profundidad:	162.15 m
Peso	545.1 gr
Altura (L)	112.87 mm
Diámetro (D)	47.67 mm
L/D	2.37 -
Área	17.85 mm <sup>2</sup>
Volumen	201.45 mm <sup>3</sup>
Densidad	2.71 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_1$ (calculado)	438.77 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	43.88 MPa
Duración:	484,751 Seg
Coordenadas de la perforación	





INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	$\leq$ 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	



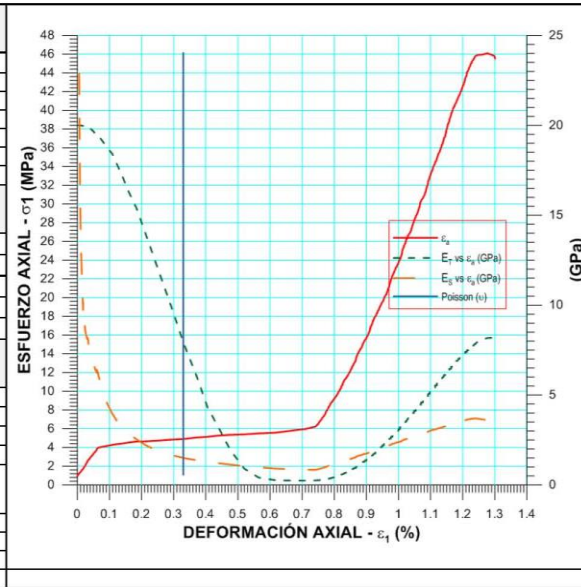
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
	C. OLIVEROS		06/09/2013	<b>Espécimen: 004-2b</b>

Medición de las deformaciones	Actuador Axial
-------------------------------	----------------

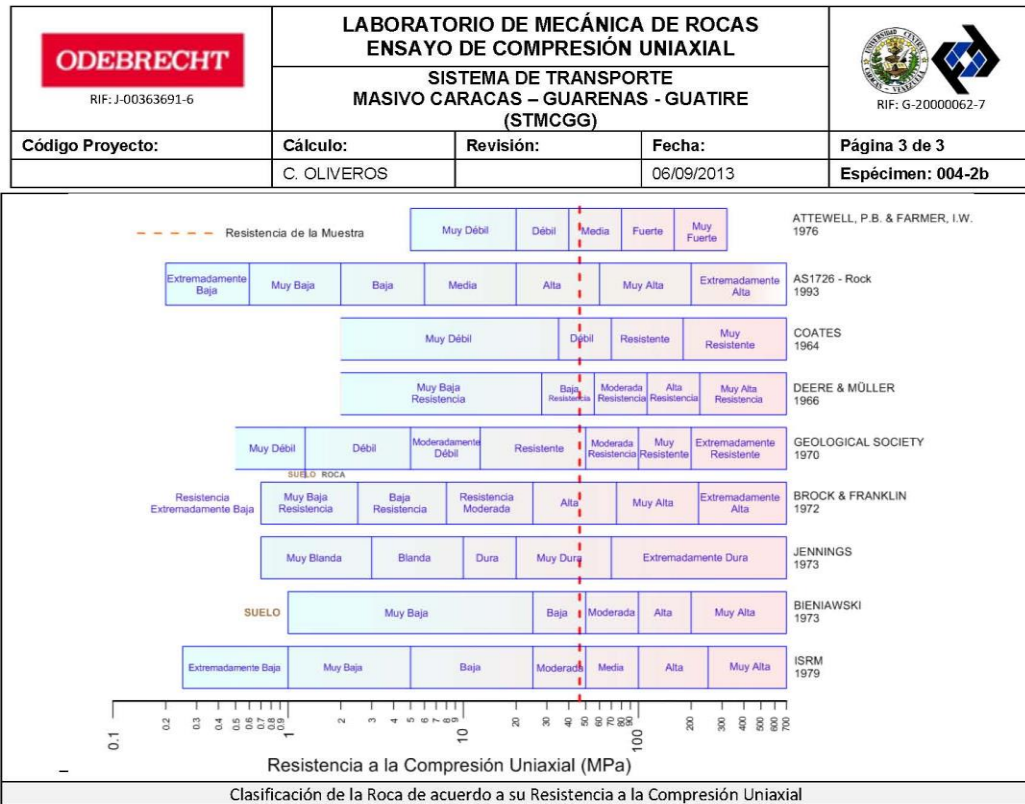
RESULTADOS DEL ENSAYO		
<b>Tipo de Carga:</b>	Estática	
Altura	112.87	mm
Diámetro:	47.67	mm
Relación L/D: (menor de 2)	2.37	-
Área:	17.85	cm <sup>2</sup>
Volumen:	201.45	cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla	
VALORES PICO		
Esfuerzo Axial Pico	46.15	MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	-	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	1.2764	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	-	%
VALORES RESIDUALES		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_r$	0	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	-	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	-	%
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$		
Módulo de Elasticidad Tangente	3,10016	GPa
Módulo de Elasticidad Secante	2,38881	GPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada	





**OBSERVACIONES:**

Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

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

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
	C. OLIVEROS		06/09/2013	<b>Espécimen: 006-1</b>

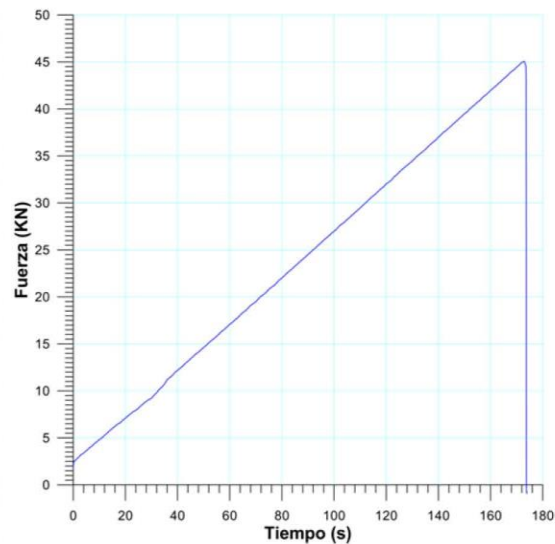
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures



DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	006-1
Perforación:	BH-21 –BOX 30 (160-163 m) 173 cm
Profundidad:	161.73 m
Peso	438.5 gr
Altura (L)	92.4 mm
Diámetro (D)	47.8 mm
L/D	1.93 -
Área	17.95 cm <sup>2</sup>
Volumen	165.81 cm <sup>3</sup>
Densidad	2.64 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	427.70 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	42.77 MPa
Duración:	173.944 seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



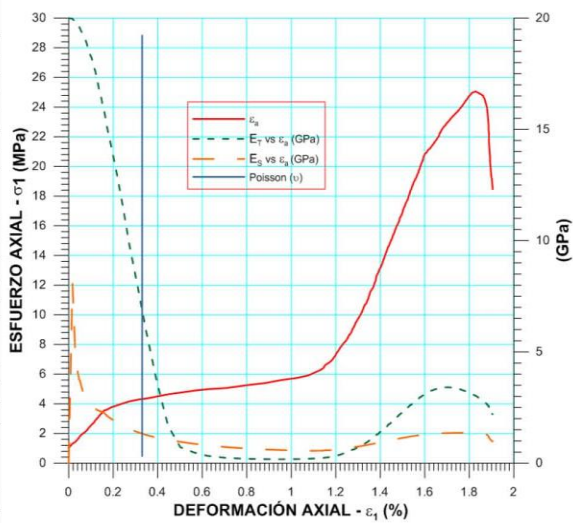
INICIO

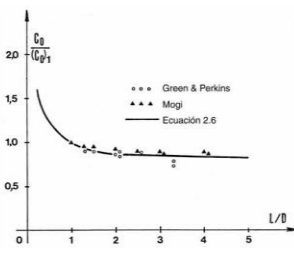

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

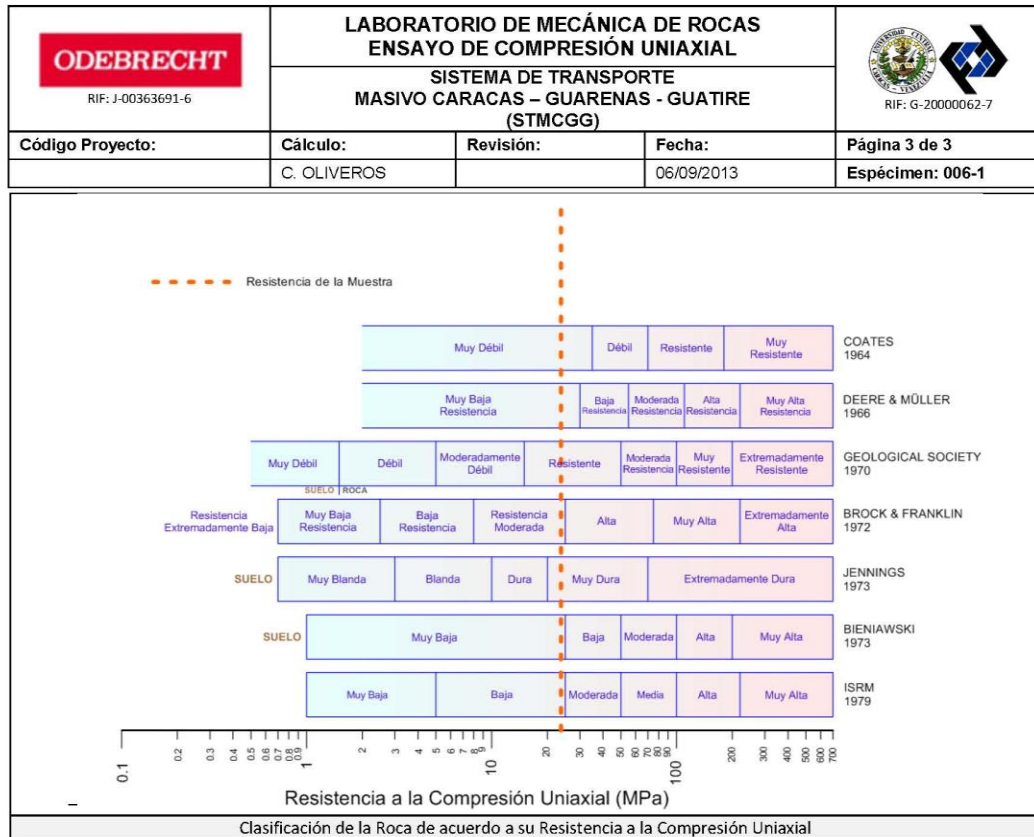


 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 006-1




RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	92.4 mm
Diámetro:	47.8 mm
Relación L/D: (menor de 2)	1.93
Área:	17.95 cm <sup>2</sup>
Volumen:	165.81 cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	25,1 MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	- MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	1.829 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	- %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	- %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	- MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	- %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	- %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	- %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$	
Módulo de Elasticidad Tangente	1.247 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	0.907 GPa
Módulo de Poisson	0.33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Baja



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

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

FINAL

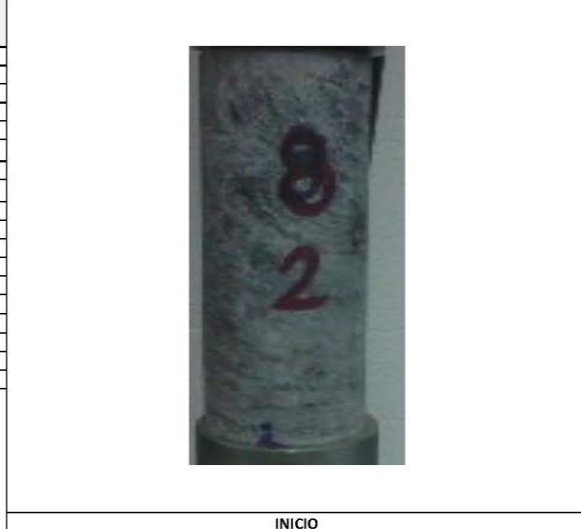




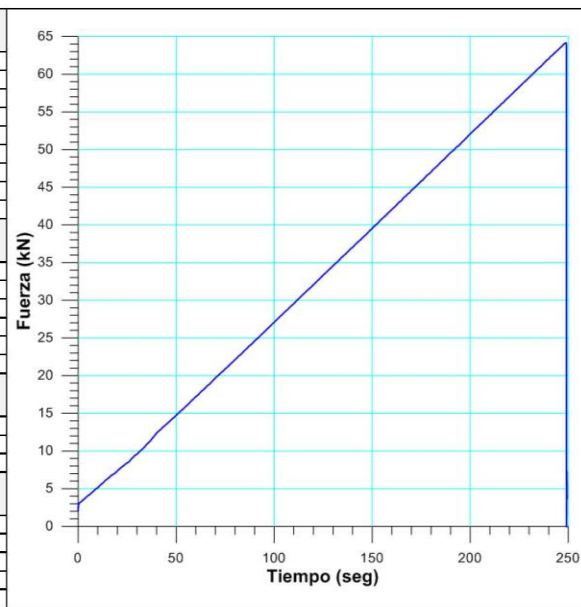
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
	C. OLIVEROS		06/09/2013	<b>Espécimen: 008-2</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	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:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	008-2
Perforación:	BH21-BOX 31 (163-166 m) 021 cm
Profundidad:	166,21 m
Peso	512,3 gr
Altura (L)	104,8 mm
Diámetro (D)	47,4 mm
L/D	2,21 -
Área	17,65 cm <sup>2</sup>
Volumen	184,93 cm <sup>3</sup>
Densidad	2,77 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	460,44 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	46,04 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



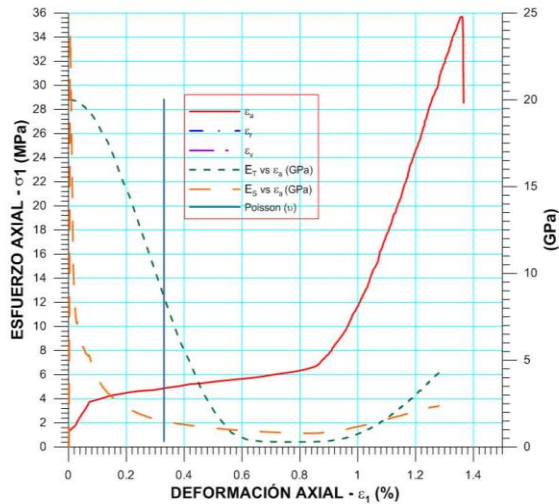
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retrealimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	$\leq$ 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



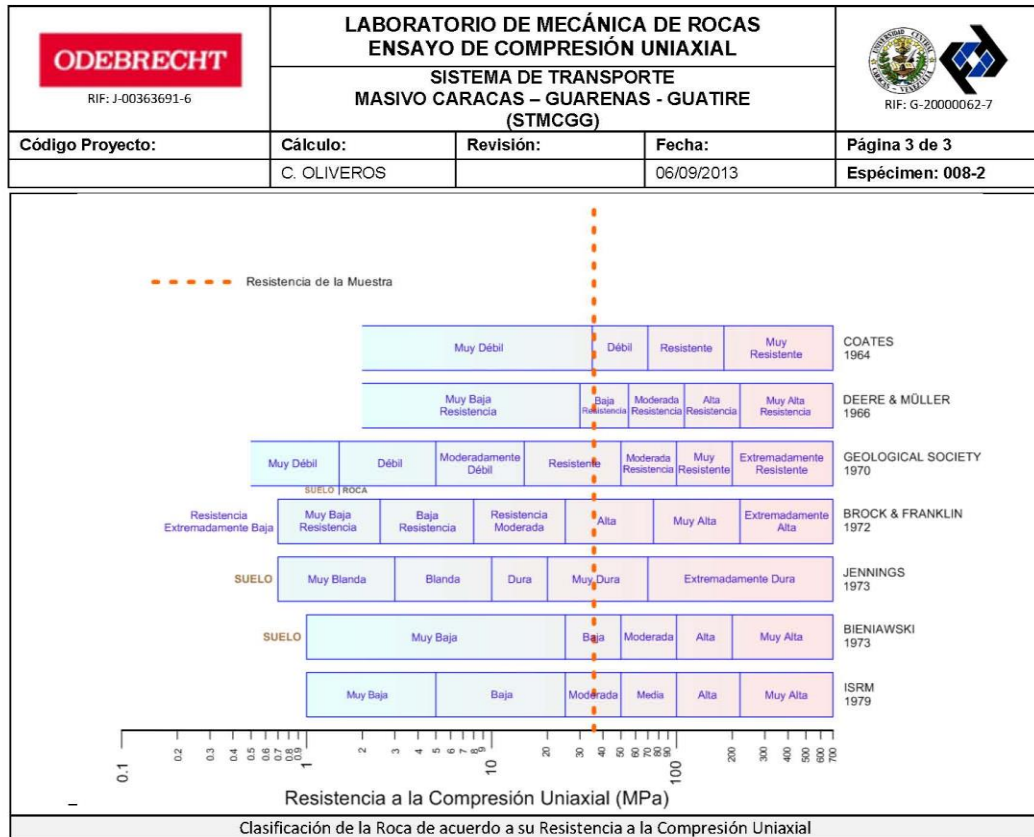
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Especimen: 008-2

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tipo de Carga:	Estática	
Altura:		mm
Diámetro:		mm
Relación L/D: (menor de 2)		-
Área:		cm <sup>2</sup>
Volumen:		cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla	
VALORES PICO		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	35,74503	MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	-	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	1,36141	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	-	%
VALORES RESIDUALES		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	-	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	-	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	-	%
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$		
Módulo de Elasticidad Tangente	1,68	GPa
Módulo de Elasticidad Secante	1,61	GPa
Módulo de Poisson	0,33	-
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada	



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2
$C_o = (C_o)_1 \left( 0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$
FINAL



 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
	C. OLIVEROS		06/09/2013	<b>Espécimen: 014-1</b>

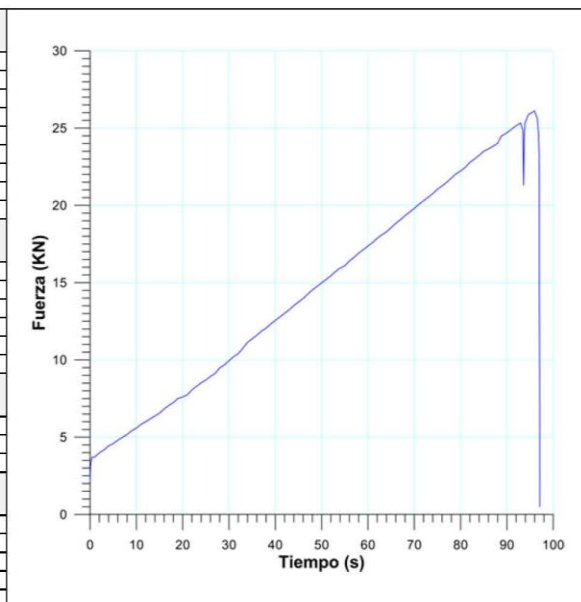
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	014-1
Perforación:	BH-21 –BOX 31 (163-166 m) 207 cm
Profundidad:	165.070 m
Peso	476.400 gr
Altura (L)	97.000 mm
Diámetro (D)	47.600 mm
L/D	2.038 -
Área	17.795 cm <sup>2</sup>
Volumen	172.614 cm <sup>3</sup>
Densidad	2.760 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	455.580 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	45.558 MPa
Duración:	97.11 seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



INICIO



ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



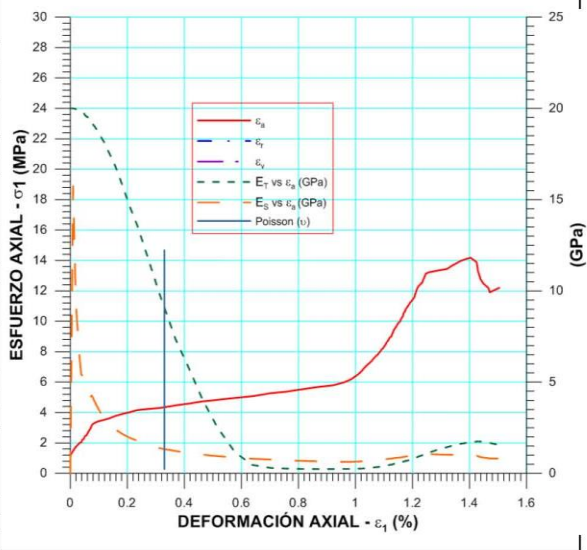
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

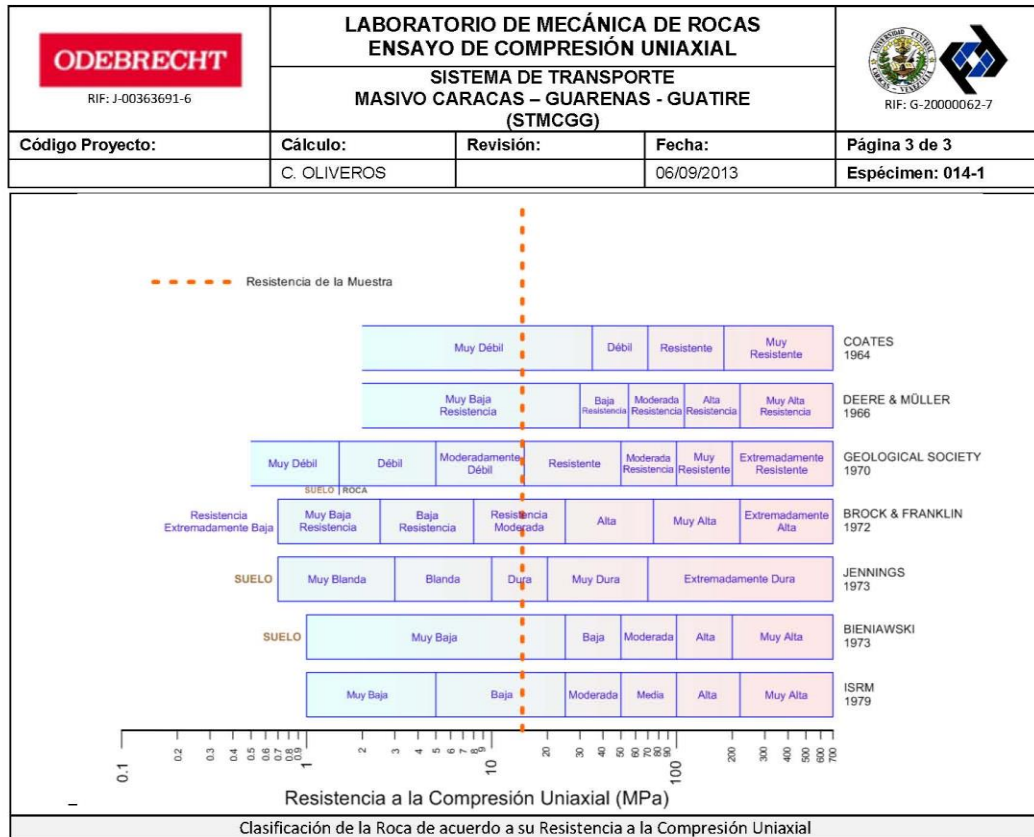
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 014-1



RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	97.000 mm
Diámetro:	47.600 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2.038 -
Área:	17.795 cm <sup>2</sup>
Volumen:	172.614 cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	14.67 MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	- MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	1.567 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	- %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	- %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	- MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	- %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	- %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	- %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$	
Módulo de Elasticidad Tangente	0,30232 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	0,69541 GPa
Módulo de Poisson	0,33 -
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Baja



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2
$C_o = (C_o)_1 \left( 0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$
FINAL



BH-240

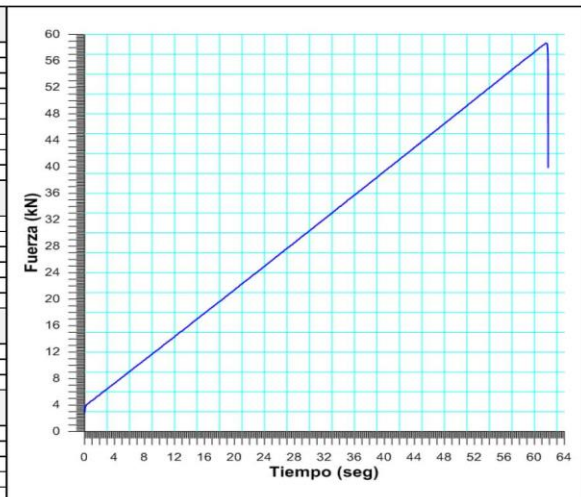
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 214-1

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	<b>ASTM</b>	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures




<b>DATOS GENERALES</b>	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	214-1
Perforación:	BH 240- BOX 23 ( 174-177 m) 64 cm
Profundidad:	174,64 m
Peso:	607,6 gr
Altura (L):	124 mm
Diámetro (D):	48 mm
L/D:	2,58
Área:	18,10 cm <sup>2</sup>
Volumen:	224,39 cm <sup>3</sup>
Densidad:	2,71 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_1$ (calculado):	472,90 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_1$ (calculado):	47,29 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación:	N E



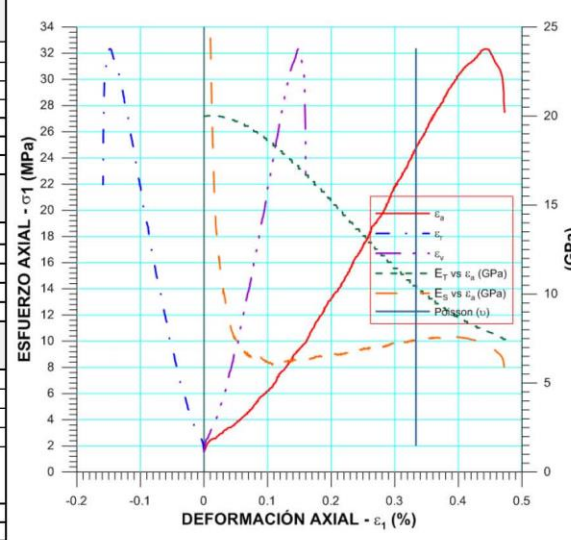
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>	
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress
Tipo:	Incremental
Esfuerzo de Asiento:	1 MPa
Valor Inicial:	Relativo
Velocidad de Carga:	30 MPa/min
Carga Máxima permitida:	150 MPa
Presión de Celda:	- MPa
Presión de poros:	- MPa
Medición de las deformaciones:	En el actuador
<b>ETAPA FINAL</b>	
Deformación Axial - Ila máxima:	<= 2.0 %
Tiempo Máximo del Ensayo:	- min
Carga Máxima del Ensayo:	- kN
Pico Reverso:	Variable de Control: AI-1: Axial Load
	Valor Reverso: 20 kN
	Umbral: 2 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>	
Incremento de Tiempo:	0.3 seg
Level Crossing:	Entrada de Control: AI-1: Carga Axial
	Sensitividad: 1 kN
<b>OTRAS VARIABLES</b>	
Tipo:	Drenada
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo:	Cero al Iniciar
Condición de la muestra:	
Medición de las deformaciones:	Actuador Axial

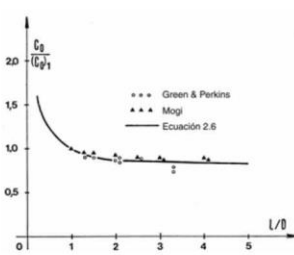



**Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad**  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax: +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

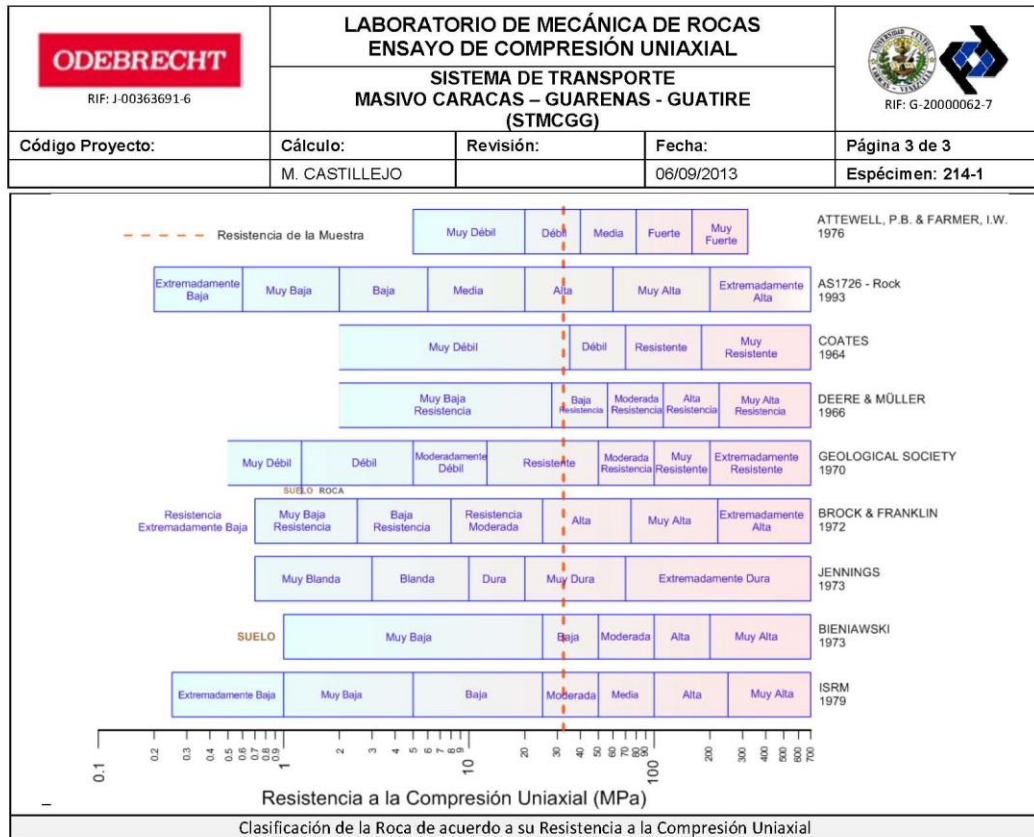
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 214-1

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	124 mm
Diámetro:	48 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,58
Área:	18,10 cm <sup>2</sup>
Volumen:	224,39 cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	32,365 MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	27,96 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	0,443 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,148 %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,149 %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_r$	6,636 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	0,5 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,167 %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,168 %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$	
Módulo de Elasticidad Tangente	13,83885 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	6,85811 GPa
Módulo de Poisson	0,33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada





OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

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






*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240-1

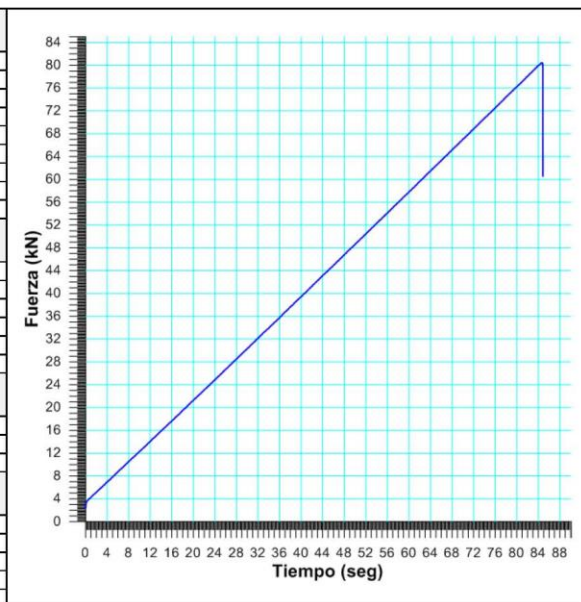
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures



DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	240-1
Perforación:	BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 119 cm
Profundidad:	187,19 m
Peso:	623,4 gr
Altura (L)	124,6 mm
Diámetro (D)	48,4 mm
L/D	2,57 -
Área	18,40 cm <sup>2</sup>
Volumen	229,24 cm <sup>3</sup>
Densidad	2,72 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	509,04 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	50,90 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



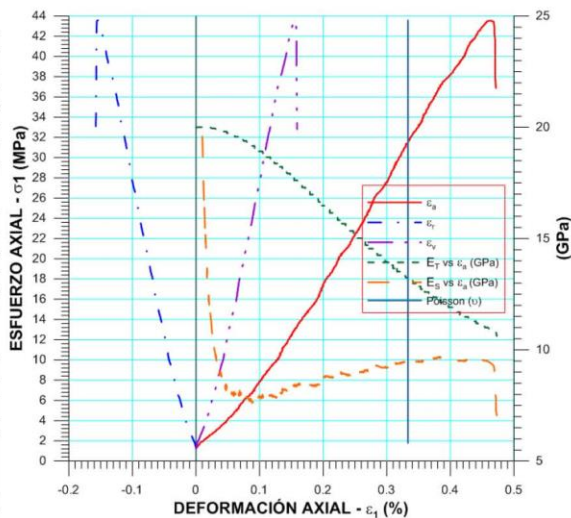
INICIO


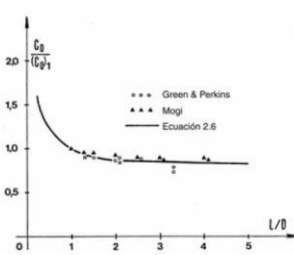
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - lla máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- KN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 Seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 KN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

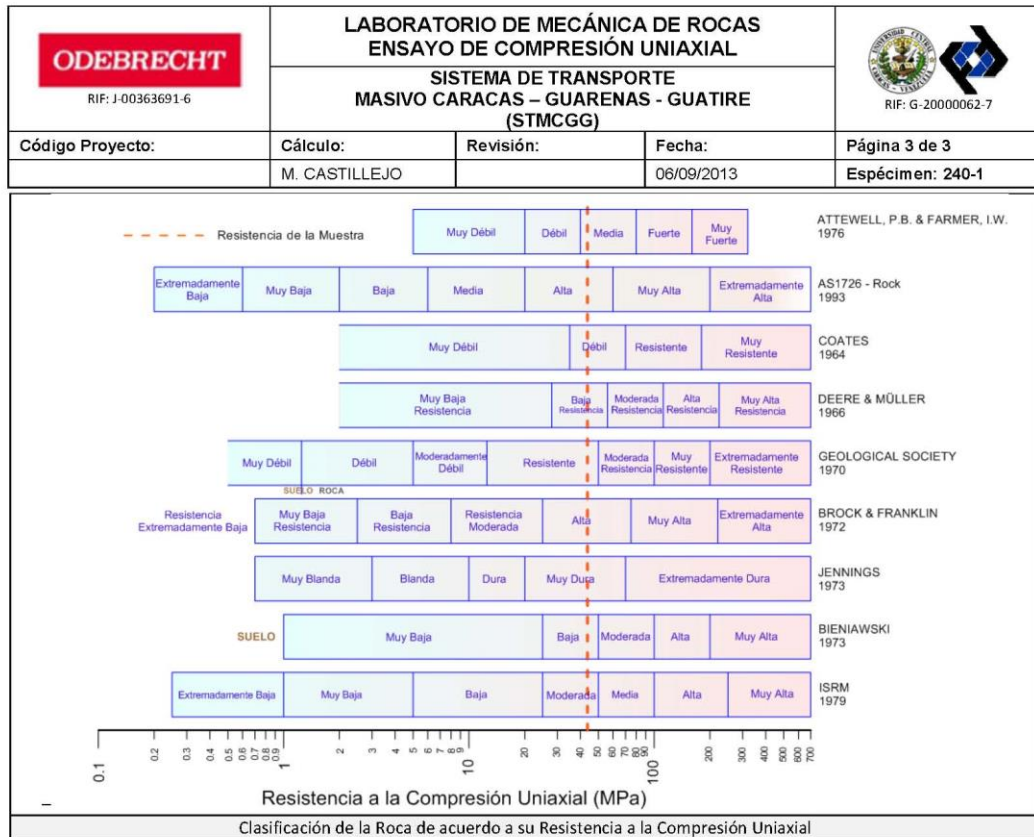


 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240-1

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura:	124,6 mm
Diámetro:	48,4 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,57
Área:	18,40 cm <sup>2</sup>
Volumen:	229,24 cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	43,626 MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	37,70 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	0,463 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,154 %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,156 %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_r$	13,75 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	0,524 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,175 %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,176 %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$	
Módulo de Elasticidad Tangente	15,34106 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	8,91428 GPa
Módulo de Poisson	0,33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada





<b>OBSERVACIONES:</b>  Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2	
 $C_o = (C_o)_1 \left( 0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$	



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240-2

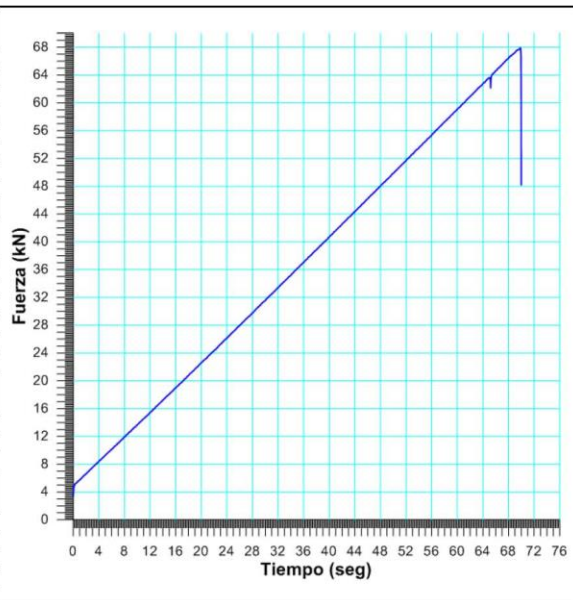
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	240-2
Perforación:	BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 119 cm
Profundidad:	187,19 m
Peso:	640,8 gr
Altura (L)	127,3 mm
Diámetro (D)	48,5 mm
L/D	2,62 -
Área	18,47 cm <sup>2</sup>
Volumen	235,18 cm <sup>3</sup>
Densidad	2,72 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	510,04 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	51,00 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



INICIO




ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - lla máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



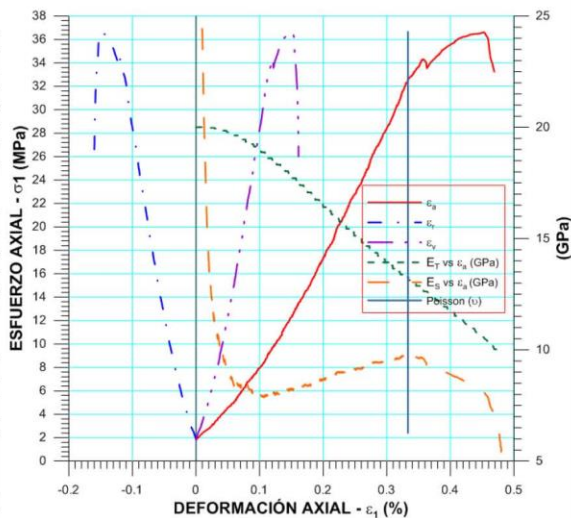
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

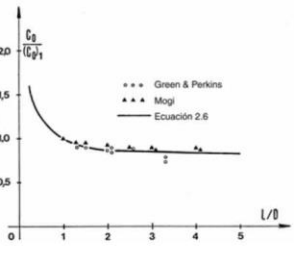

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

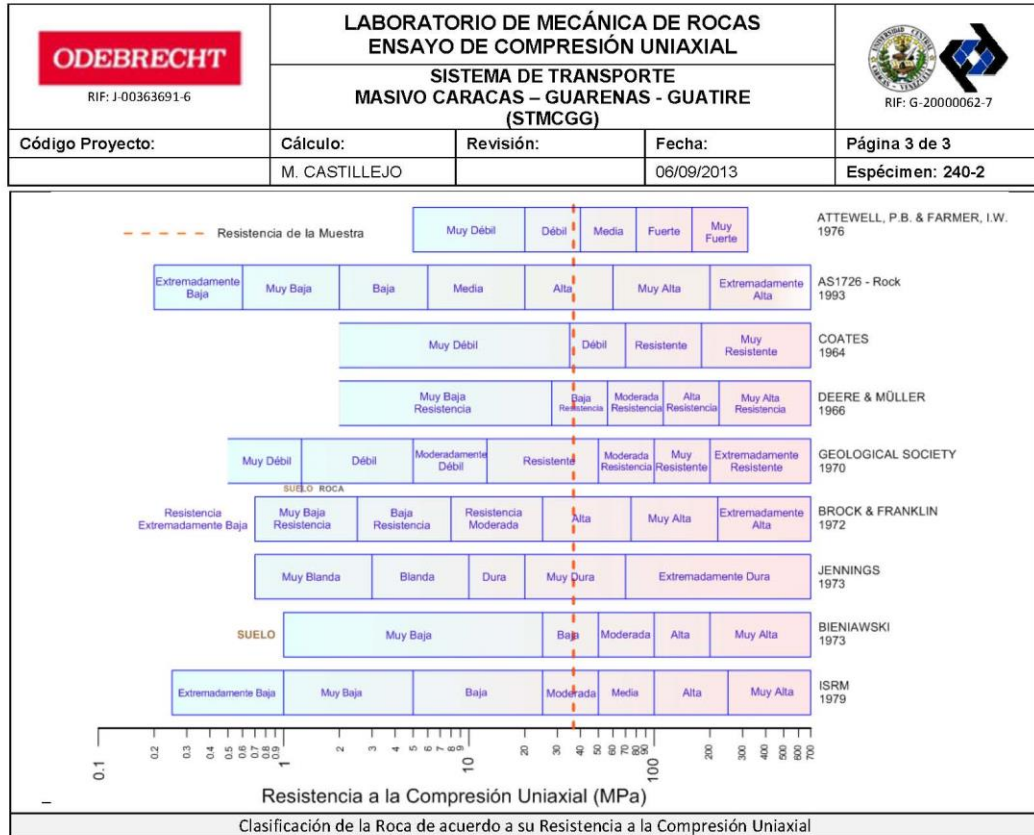
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240-2

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	127,3 mm
Diámetro:	48,5 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,62
Área:	18,47 cm <sup>2</sup>
Volumen:	235,18 cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	36,693 MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	31,65 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	0,452 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,151 %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,152 %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_r$	4,93 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	0,53 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,177 %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,178 %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$	
Módulo de Elasticidad Tangente	16,24917 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	8,75217 GPa
Módulo de Poisson	0,33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada





OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

$C_o = (C_o)_1 \left( 0,778 + \frac{0,222}{L/D} \right)$




*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

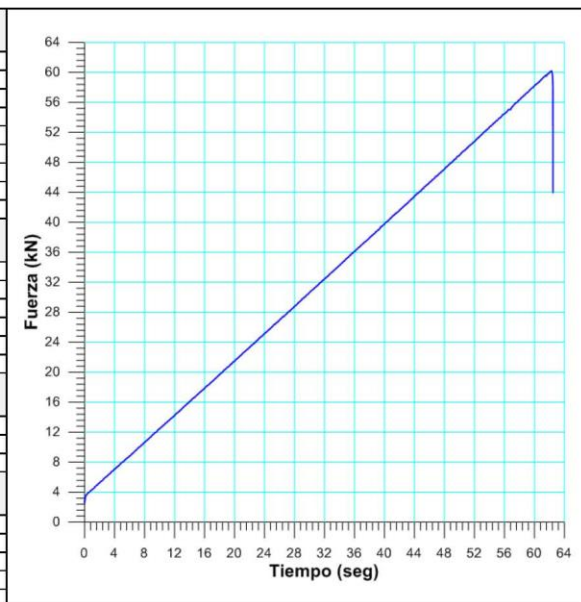
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240 -4

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	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:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	240-4
Perforación:	BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 119 cm
Profundidad:	187,19 m
Peso	574,9 gr
Altura (L)	113,7 mm
Diámetro (D)	48,5 mm
L/D	2,34 -
Área	18,47 cm <sup>2</sup>
Volumen	210,06 cm <sup>3</sup>
Densidad	2,74 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	512,32 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	51,23 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación	N
	E






ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - lla máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- KN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 KN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

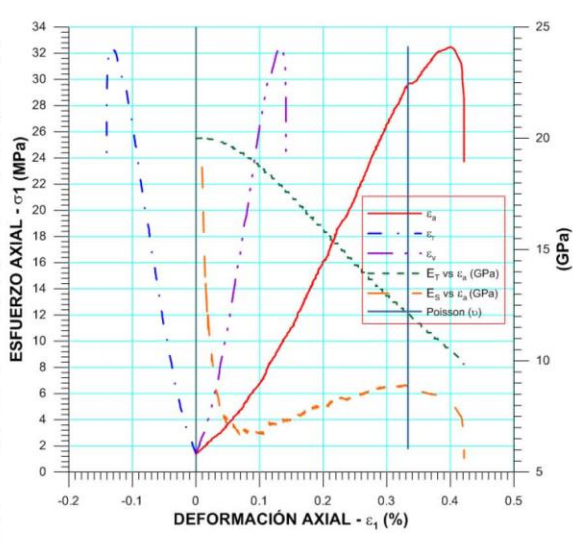


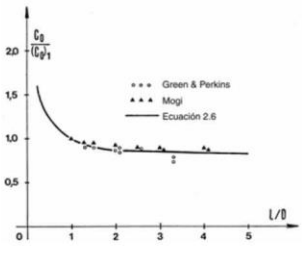

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

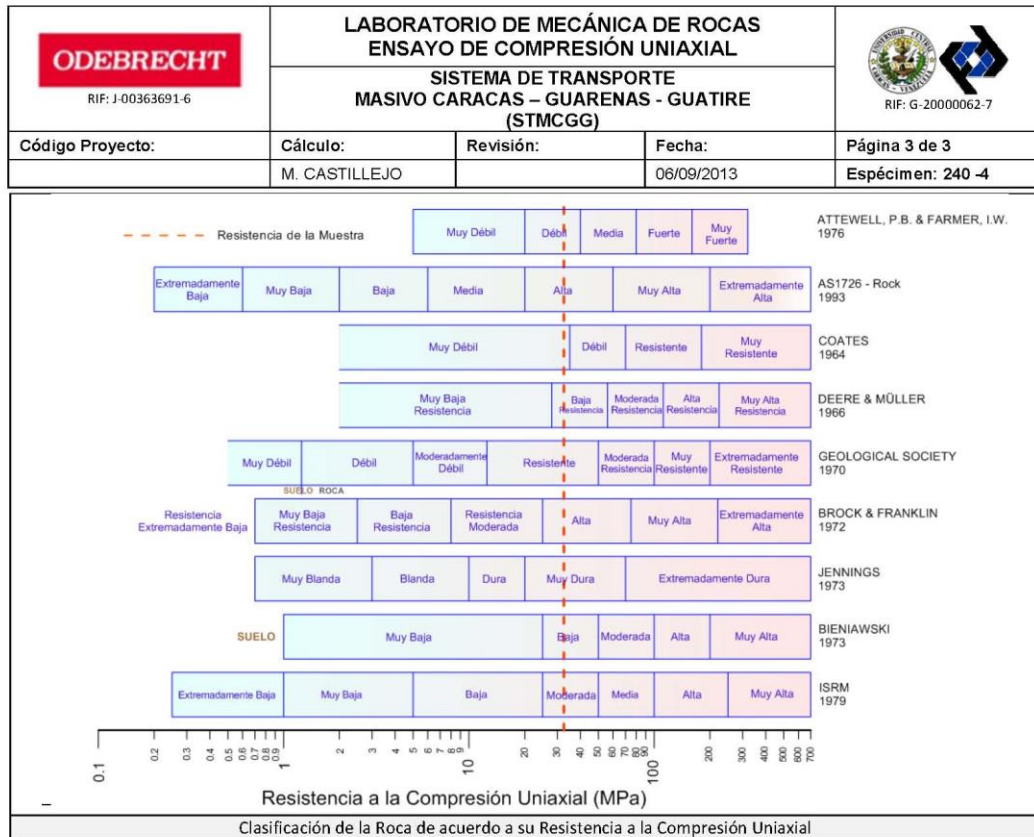


 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240 -4

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	113,7 mm
Diámetro:	48,5 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,34
Área:	18,47 cm <sup>2</sup>
Volumen:	210,06 cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	32,518 MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	28,38 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	0,401 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,134 %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,135 %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_r$	0,025 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	0,498 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,166 %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,167 %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$	
Módulo de Elasticidad Tangente	15,77835 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	7,92725 GPa
Módulo de Poisson	0,33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada





OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

$C_o = (C_o)_1 \left( 0,778 + \frac{0,222}{L/D} \right)$




*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 243-1

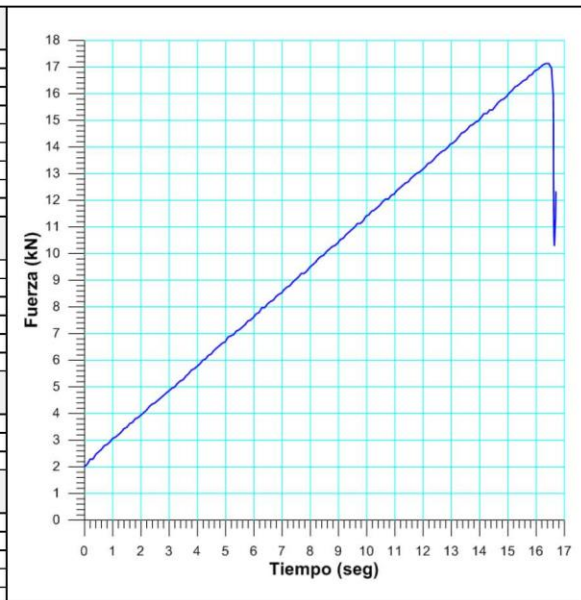
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	243-1
Perforación:	BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 202 cm
Profundidad:	188,20 m
Peso:	590 gr
Altura (L)	120,6 mm
Diámetro (D)	48,5 mm
L/D	2,49 -
Área	18,47 cm <sup>2</sup>
Volumen	222,80 cm <sup>3</sup>
Densidad	2,65 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	498,37 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	49,84 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación	N
	E






INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Iba máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

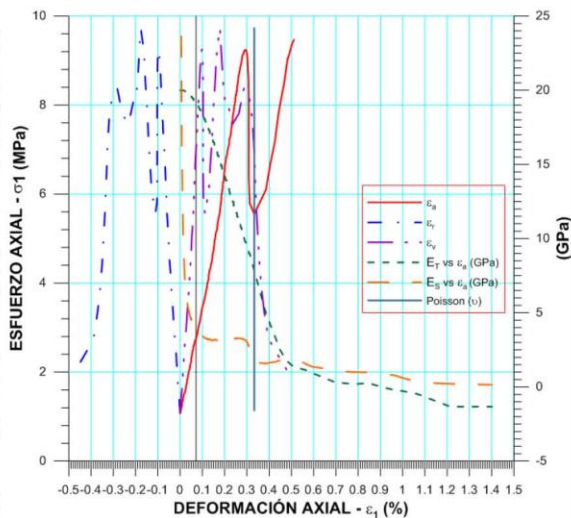


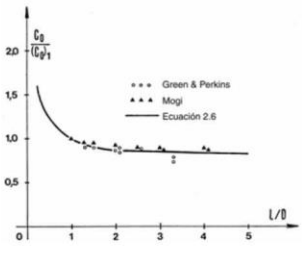

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

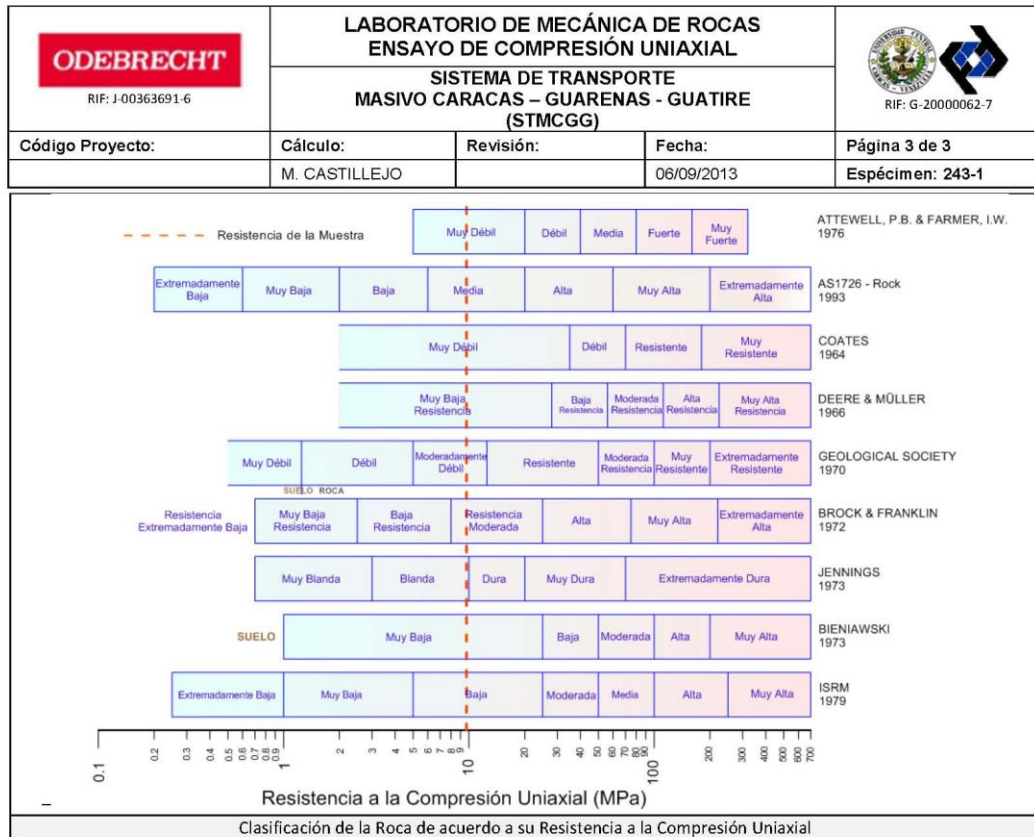
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 243-1




RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	120,6 mm
Diámetro:	48,5 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,49
Área:	18,47 cm <sup>2</sup>
Volumen:	222,80 cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	9,718 MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	8,43 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	0,53 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,177 %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,178 %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	0,905 MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	2,079 %
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,693 %
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,717 %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$	
Módulo de Elasticidad Tangente	16,6959 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	3,13129 GPa
Módulo de Poisson	0,33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

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

FINAL

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			  RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 246-2

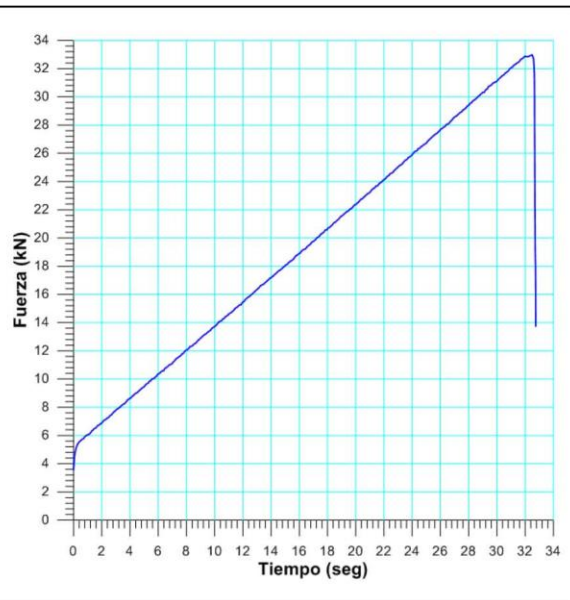
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	246-2
Perforación:	BH 240- BOX 25 ( 189-190 m) 31 cm
Profundidad:	189,31 m
Peso	634,5 gr
Altura (L)	122 mm
Diámetro (D)	47,9 mm
L/D	2,55 -
Área	18,02 cm <sup>2</sup>
Volumen	219,85 cm <sup>3</sup>
Densidad	2,89 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	546,37 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	54,64 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación	N
	E





INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - lla máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 Seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

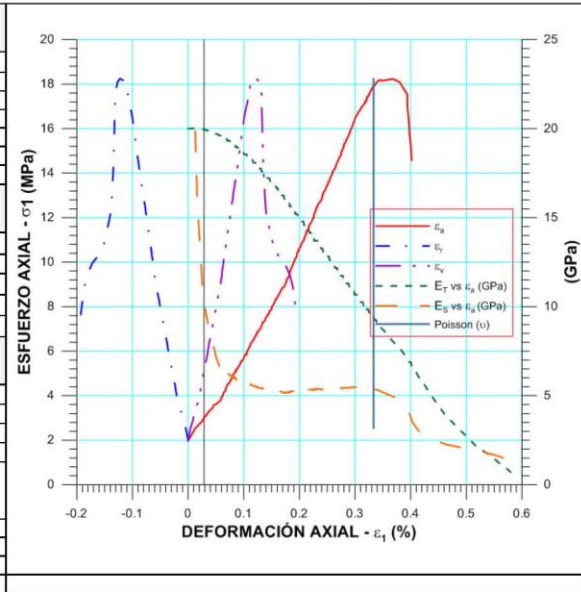


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

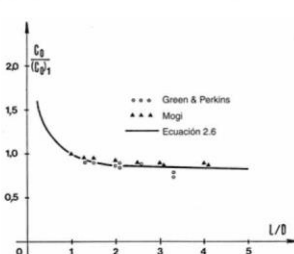
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 246-2

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tipo de Carga:	Estática	
Altura	122	mm
Diámetro:	47,9	mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,55	-
Área:	18,02	cm <sup>2</sup>
Volumen:	219,85	cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla	
VALORES PICO		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	18,283	MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	15,82	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_a$	0,367	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,122	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,123	%
VALORES RESIDUALES		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_r$	6,581	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_r$	0,642	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,214	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,216	%
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$		
Módulo de Elasticidad Tangente	16,05008	GPa
Módulo de Elasticidad Secante	5,16355	GPa
Módulo de Poisson	0,33	-
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada	



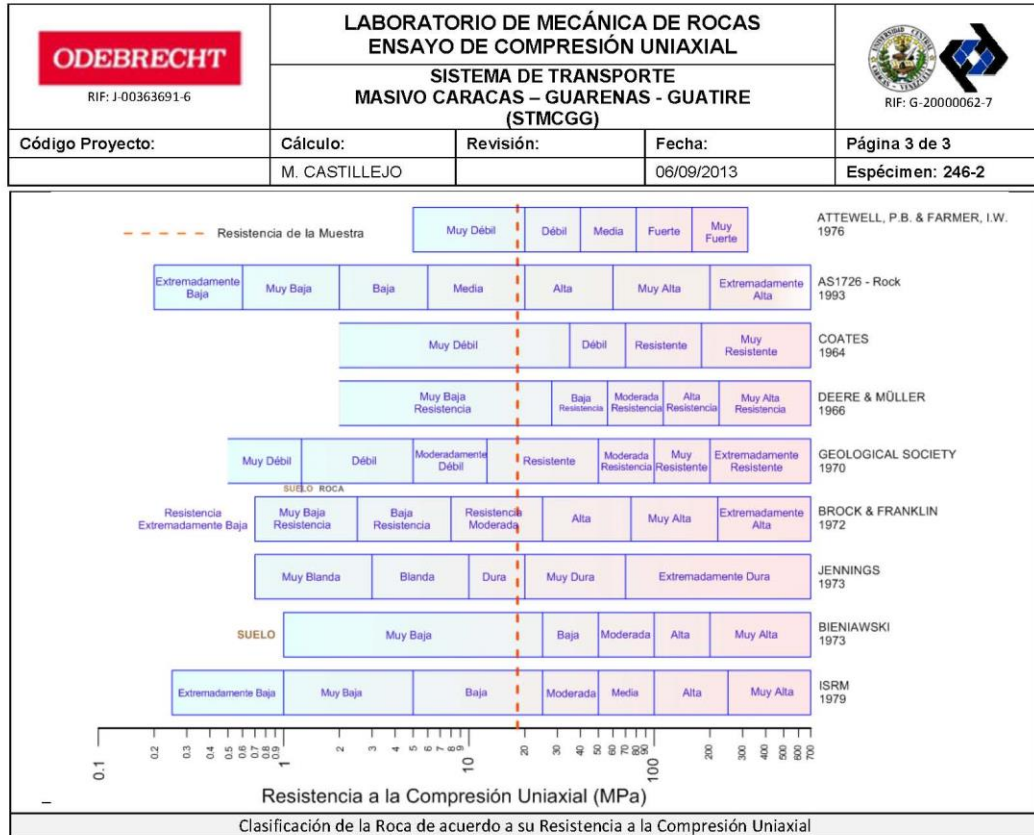
**OBSERVACIONES:**

Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2



The graph shows the correction factor  $C_o$  on the y-axis (ranging from 0.5 to 2.0) versus the L/D ratio on the x-axis (ranging from 0 to 5). Data points for Green & Perkins (dotted circles) and Moggi (dashed triangles) are plotted, along with a solid line representing Equation 2.6. The correction factor decreases from approximately 1.5 at L/D = 1 to about 0.8 at L/D = 5.

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

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



BH-250

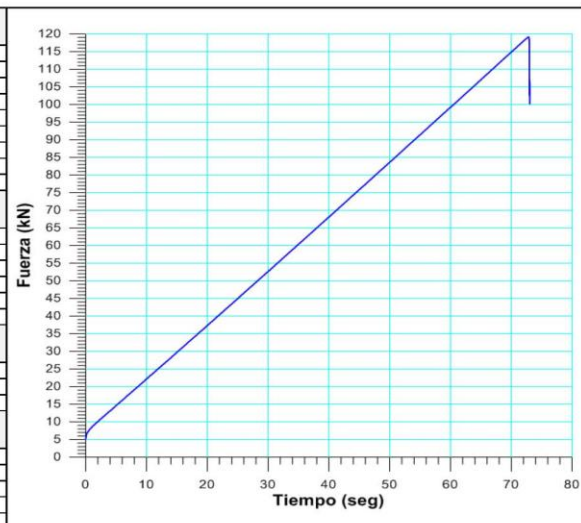
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	Espécimen 501

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	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:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	501
Perforación:	BH 250- BOX 3 ( 14,5-6 m) 15 cm
Profundidad:	14,65 m
Peso	1053,2 gr
Altura (L)	131,77 mm
Diámetro (D)	62,97 mm
L/D	2,09 -
Área	31,14 cm <sup>2</sup>
Volumen	410,37 cm <sup>3</sup>
Densidad	2,57 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_1$ (calculado)	37,60 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_2$ (calculado)	3,76 MPa
Duración:	72,832 Seg
Coordenadas de la perforación	N: E:



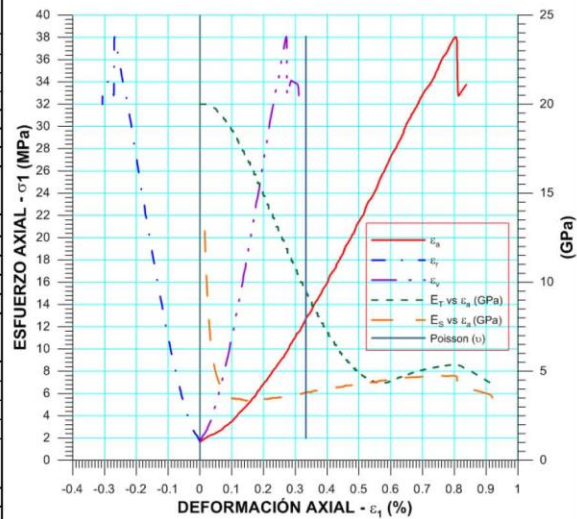
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA	
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress
Tipo	Incremental
Esfuerzo de Asiento	1 MPa
Valor Inicial	Relativo
Velocidad de Carga:	30 MPa/min
Carga Máxima permitida	150 MPa
Presión de Celda	- MPa
Presión de poros	- MPa
Medición de las deformaciones	En el actuador
ETAPA FINAL	
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	$\leq$ 2.0 %
Tiempo Máximo del Ensayo	- Min
Carga Máxima del Ensayo	- kN
Pico Reverso	Variable de Control
Valor Reverso:	Al-1: Axial Load
Umbral	20 kN
	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:	
Incremento de Tiempo	0.3 Seg
Level Crossing	Entrada de Control
Sensitividad	Al-1: Carga Axial
	1 kN
OTRAS VARIABLES	
Tipo	Drenada
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al Iniciar
Condición de la muestra	-
Medición de las deformaciones	Actuador Axial

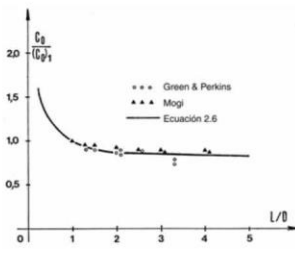



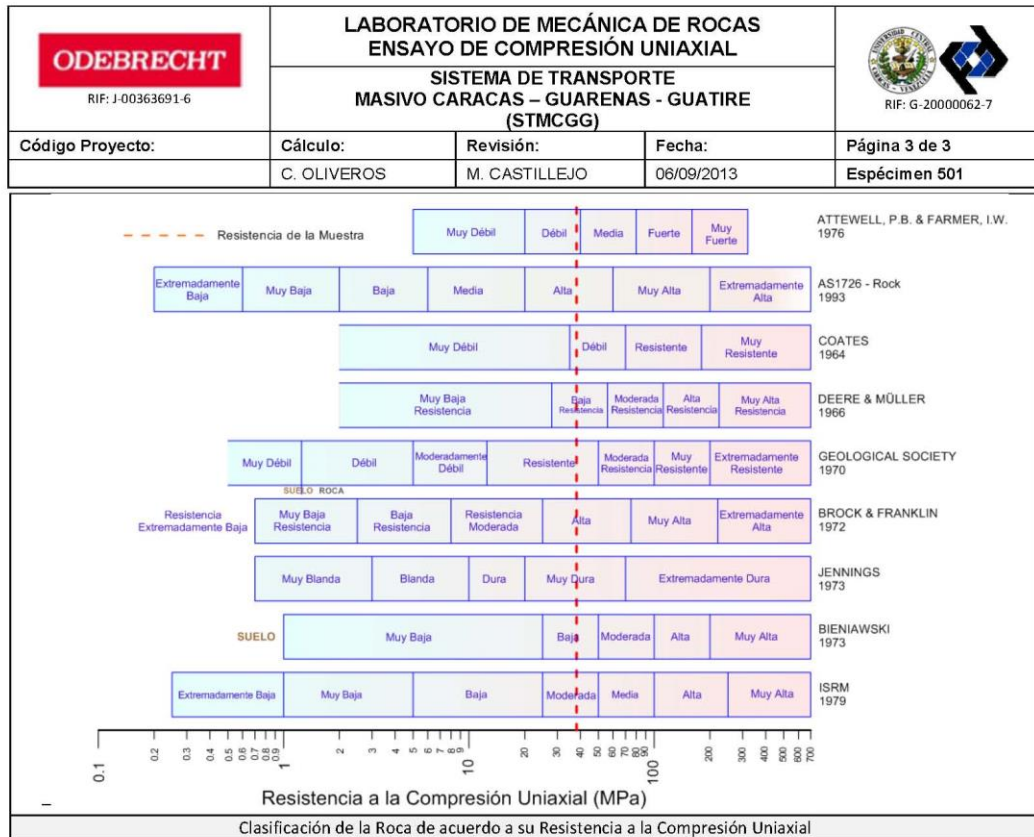
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	Espécimen 501

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tipo de Carga:	Estática	
Altura	131,77	mm
Diámetro:	62,97	mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,09	-
Área:	31,14	cm <sup>2</sup>
Volumen:	410,37	cm <sup>3</sup>
Finalización de la Etapa:	Falla	
VALORES PICO		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$	38,068	MPa
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_a$ corregido por L/D < 2	33,66	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	0,804	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,268	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,272	%
VALORES RESIDUALES		
Esfuerzo Axial Pico $\sigma_r$	0,068	MPa
Deformación Axial Pico $\epsilon_x$	0,804	%
Deformación Radial Pico $\epsilon_r$	-0,268	%
Deformación Volumétrica Pico $\epsilon_v$	0,272	%
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de $\sigma_{max}$		
Módulo de Elasticidad Tangente	5,756,08	GPa
Módulo de Elasticidad Secante	4,18238	GPa
Módulo de Poisson	-	-
Clasificación de la Roca según su resistencia (SRM)	Moderada	



<p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <p>Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2</p>  <p style="text-align: center;"> <math display="block">C_o = (C_o)_1 \left( 0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)</math> </p>	 <p style="text-align: center;">FINAL</p>
---	---



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	Espécimen: 511

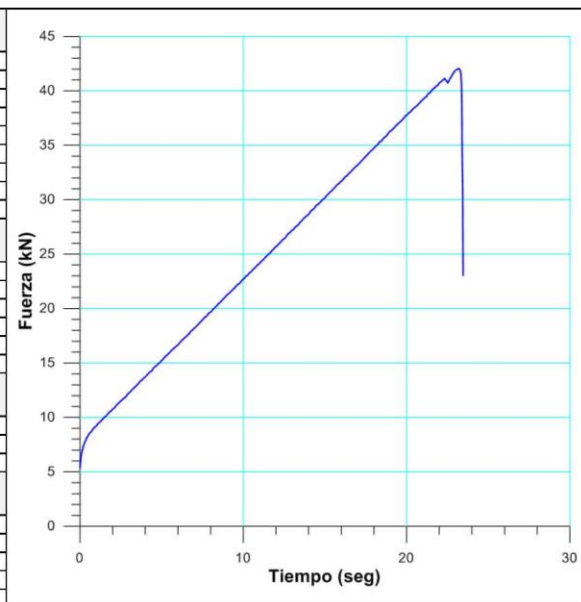
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	511
Perforación:	BH 250- BOX 6 ( 38,5-41,5 m) 122 cm
Profundidad:	39,72 M
Peso	1000,7 Gr
Altura (L)	126,83 Mm
Diámetro (D)	63 Mm
L/D	2,01 -
Área	31,17 cm <sup>2</sup>
Volumen	395,36 cm <sup>3</sup>
Densidad	2,53 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	100,54 Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	10,05 MPa
Duración:	23,1851 Seg
Coordenadas de la perforación	N E



INICIO

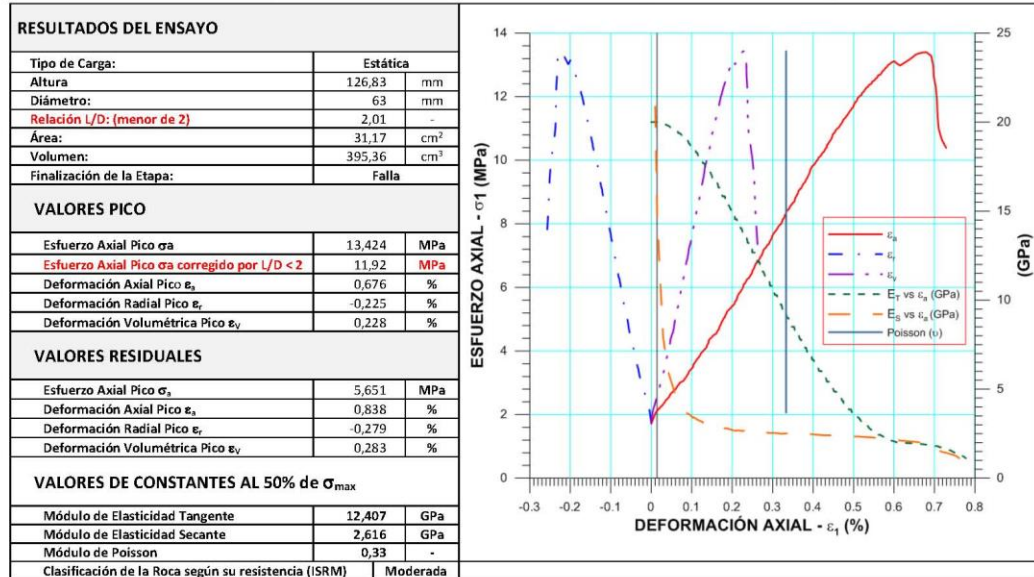
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retoolimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - lla máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- KN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 KN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

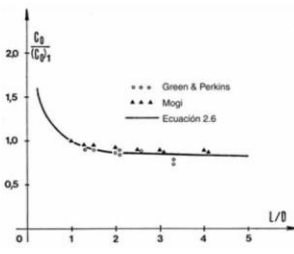
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7


 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	Espécimen: 511



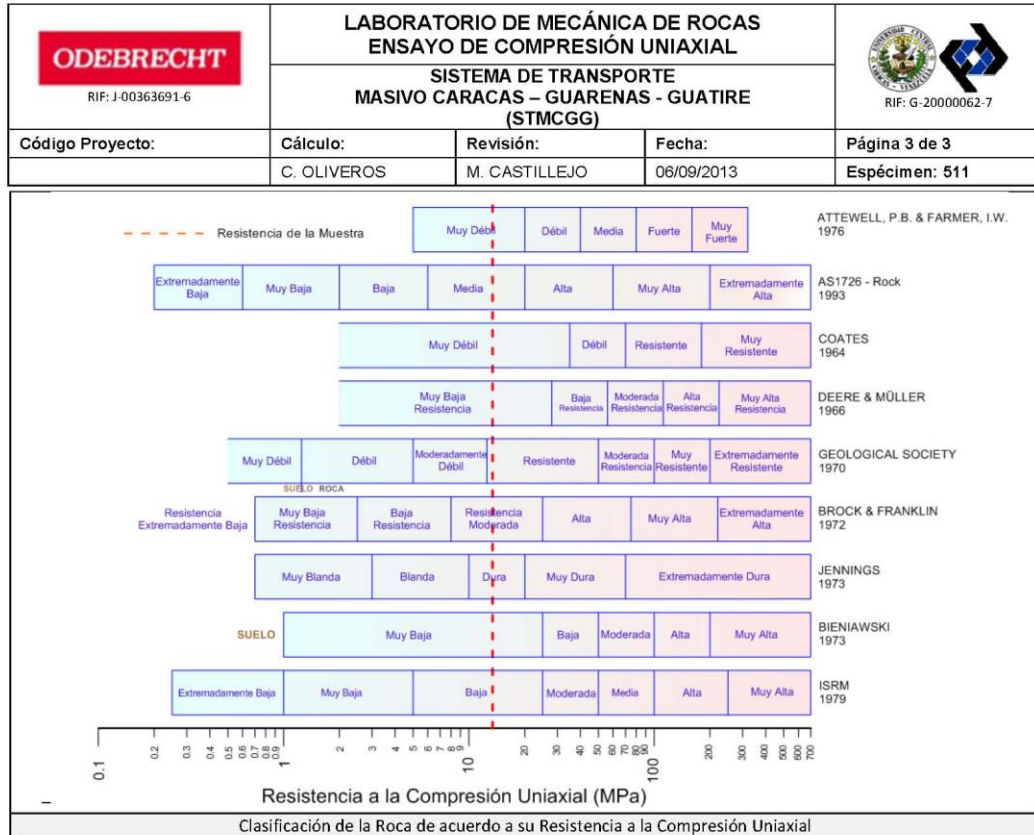
**OBSERVACIONES:**

Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2



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


FINAL





*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

### 7.5 Reportes de Corte Directo

BH-240

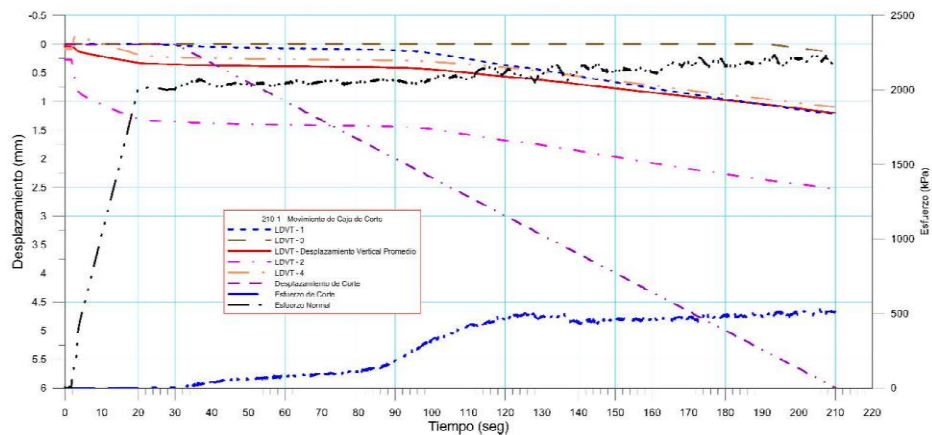
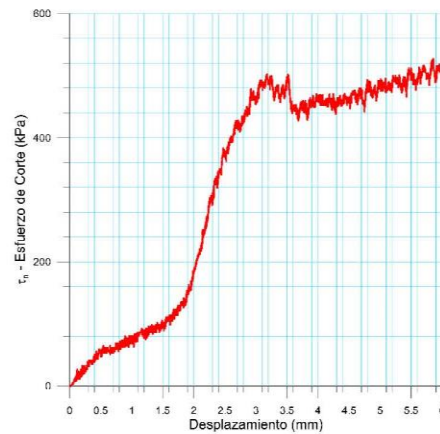
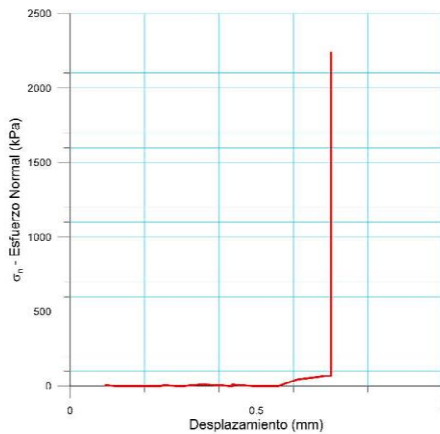
 RIF: J-00363691-6		<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7	
		<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>				
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 6</b>		
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 210</b>		
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>		<b>ISRM</b>	Suggested Methods For Determining Shear Strength (1975)			
		<b>ASTM</b>	D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force			
<b>DATOS GENERALES</b>						
Equipo	GCTS - RDS-500					
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89					
Proyecto	Metro Petare-Guarenas-Guatire					
Espécimen	210					
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente					
Coordenadas de la muestra						
Perforación	BH 240- BOX 23 ( 174-177 m) 13 cm					
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquisto Cuarzo-Grafitosos					
Formación Geológica	Esquisto De Las Mercedes					
Tipo de Roca	Media -					
Inclinación de la Discontinuidad	Elíptico	Referido al eje vertical de la caja				
Tipo de Espécimen	Cilíndrico	Altura	156,7 mm			
		Diámetro	47,8 mm			
		Angulo de inclinación con la vertical: 55°				
Dirección de Esfuerzo de Corte	Eje mayor -	-				
Área Inicial	31,28	cm <sup>2</sup>				
Grados de libertad de la Caja de Corte	Todos		<b>GRADOS DE LIBERTAD DEL ENSAYO</b>			
<b>PROGRAMA DE CARGA</b>						
<b>Etap 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL <math>\sigma_n</math></b>				<b>Etap 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE <math>\tau_n</math></b>		
<b>Actuador de Corte</b>				<b>Actuador de Corte</b>		
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte			Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte	
Modo	Constante			Modo	Incremental	
Valor Constante				Valor Inicial	0 mm	
<b>Actuador Normal</b>				Velocidad de Desplazamiento	2 mm/minuto	
Retroalimentación	TI-2: $\sigma_n$ – Esfuerzo Normal			Valor Final	6 mm	
Modo	Incremental			<b>Actuador Normal</b>		
Valor Inicial	0 kPa			Retroalimentación	AI-1: Carga Normal	
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados kPa/segundo			Modo	Constante	
Valor Final				Valor Constante	Relativo	
<b>Adquisición de Datos</b>				<b>Adquisición de Datos</b>		
Incrementos de Tiempo	0.5 segundo			Incrementos de Tiempo	0.2 segundo	
Nivel de Cruce	Seleccionado			Nivel de Cruce	Seleccionado	
Picos/valles	Seleccionado			Picos/valles	Seleccionado	
Entrada Maestra	AI-2: Desplazamiento del actuador normal			Entrada Maestra	AI-4: Desplazamiento de corte	
Sensitividad	0.05 mm			Sensitividad	0.05 mm	
Tiempo Máximo de Ejecución	0.5 minutos			Tiempo Máximo de Ejecución	5 minutos	
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección			Corrección del área para la Deformación por Corte	con corrección	



 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE                  MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE                  (STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 210</b>

**Resultados**

Punto 1	Velocidad de Carga – $\sigma_n$ 100 kPa/segundo		Valor Final – $\sigma_n$ 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	5.86	-35.16	533.93	506.25	kPa
Tiempo	0.0020	30.0002	205.5680	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0180	0.0080	5.8440	5.9940	mm
Deformación Normal	0.0431	0.3549	1.1708	1.2041	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	0.00	2005.28	2206.50	2169.08	kPa

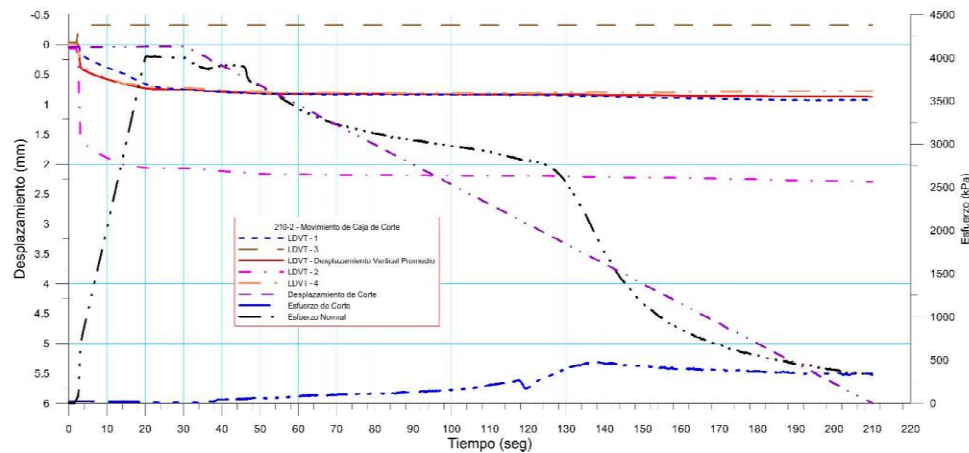
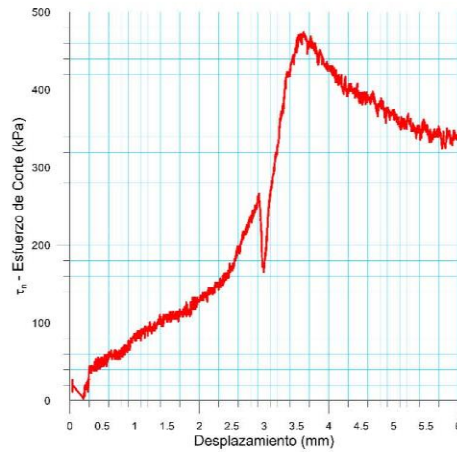
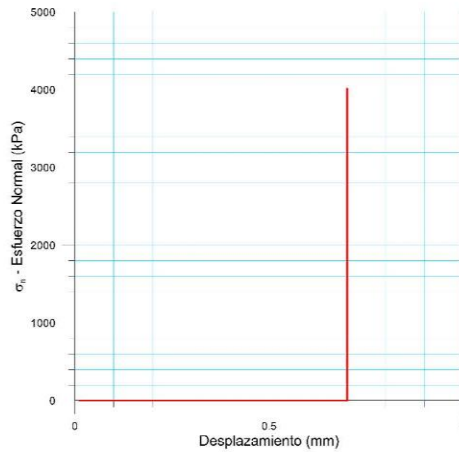


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7





 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 3 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 210</b>

<b>Punto 2</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 200 kPa/segundo</b>		<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 4000 kPa</b>		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	32.25	-386.94	<b>474.53</b>	<b>348.25</b>	kPa
Tiempo	0.0318	30.0002	138.9660	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0430	0.0280	3.6320	5.9950	mm
Deformación Normal	-0.0275	0.7541	0.8408	0.8728	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	0.00	3997.51	<b>1838.47</b>	<b>322.15</b>	kPa



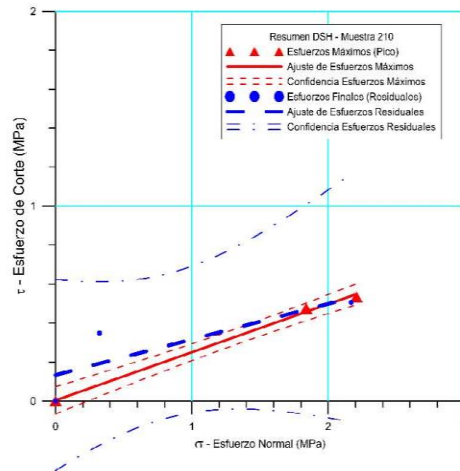
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6		<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
		<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 4 de 6</b>	
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 210</b>	
<b>Punto 3</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 400 kPa/segundo</b>		<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 8000 kPa</b>		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	0.00	0.00	0.00	0.00	kPa
Tiempo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	segundos
Deformación de Corte	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	mm
Deformación Normal	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	0.00	0.00	0.00	0.00	kPa



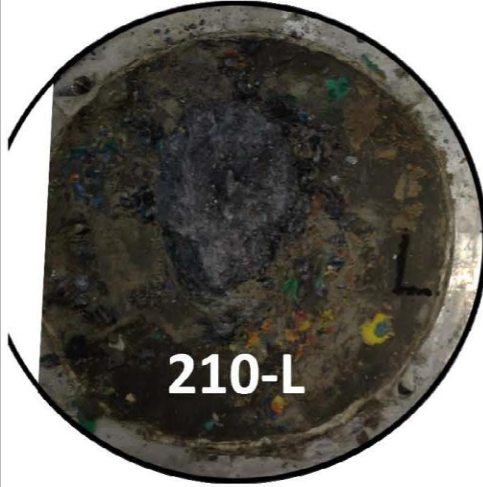
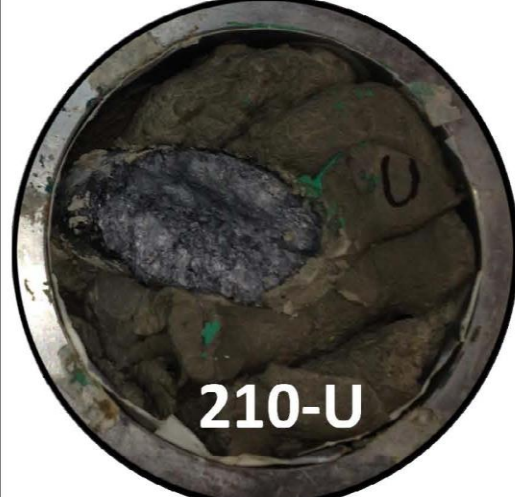
 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 5 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 210</b>

Cuadro Resumen de los Resultados

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)
<b>1</b>	2.20650	0.53393	2.16908	0.50625
<b>2</b>	1.83847	0.47453	0.32215	0.34825
<b>3</b>	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



Resultados de las curvas de ajuste		
VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$t = 0.24718 * s + 0.00$	$t = 0.18274 * s + 0.13$
Cohesión (c) (MPa)	0.00	0.13
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ), (grados)	13.88	10.36
Número de puntos	3	3
Promedio Esfuerzo Normal ( $\sigma_n$ )	1.3483	0.8304
Promedio Esfuerzo de Corte ( $\tau$ )	0.3362	0.2848
Suma de los residuos cuadrados	0.0005	0.0427
Regresión Suma de los residuos cuadrados	0.1708	0.0915
Coefficiente de Determinación ( $R^2$ )	0.9970	0.6819

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 6 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 210</b>
<b>OBSERVACIONES</b>				
<b>INICIAL</b>				
 <b>210-L</b>		 <b>210-U</b>		
FINAL – CAJA INFERIOR		FINAL – CAJA SUPERIOR		

---

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

---

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

---

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

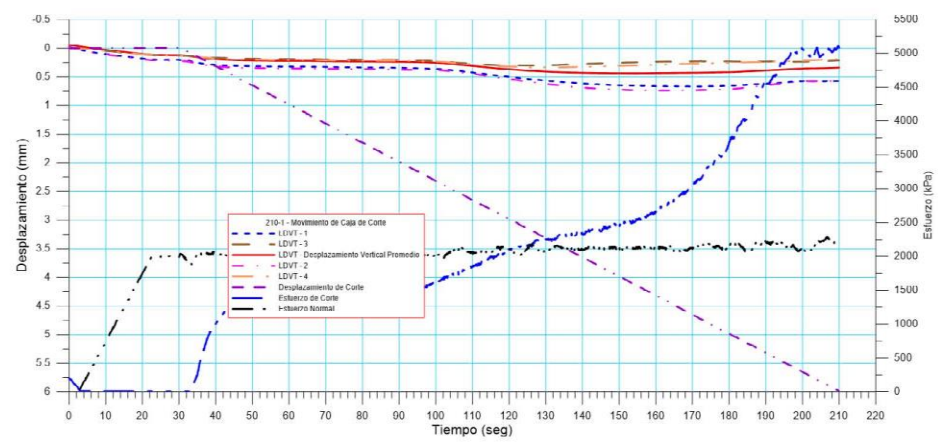
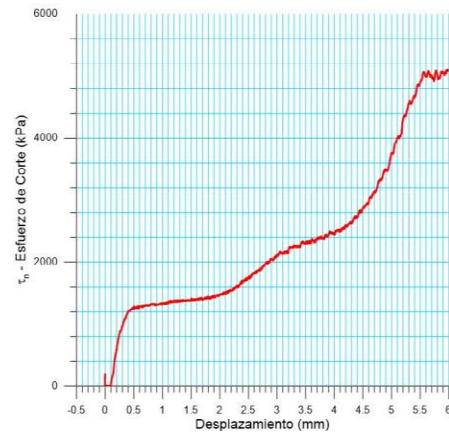
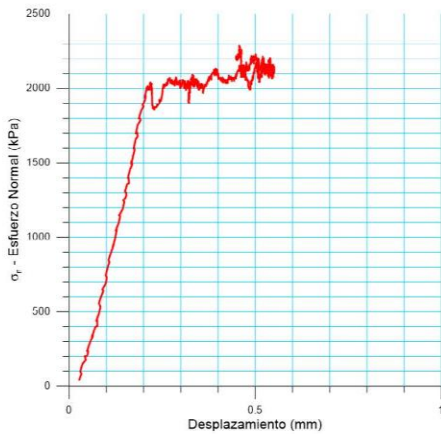
---



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-2000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 222

Resultados

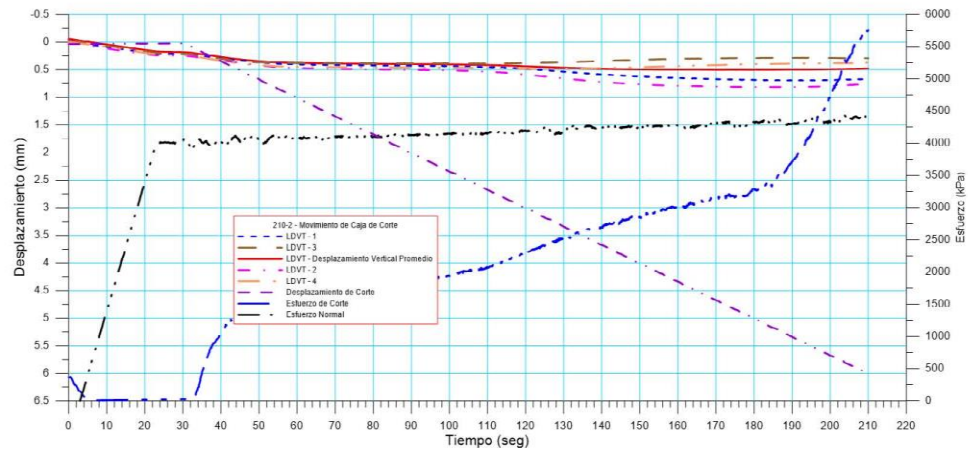
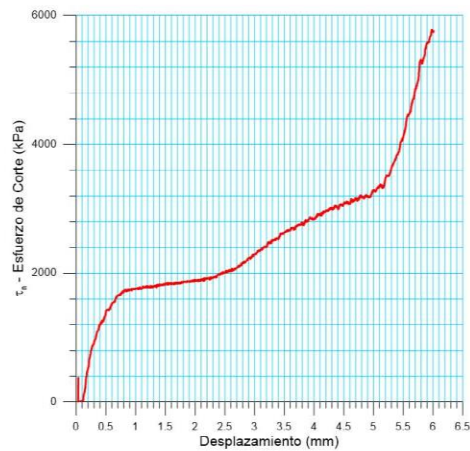
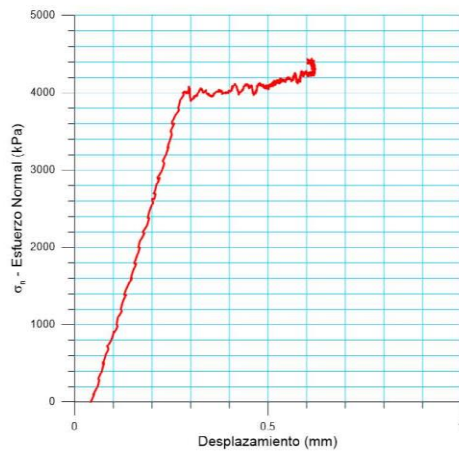
Punto 1	Velocidad de Carga – $\sigma_n$ 100 kPa/segundo		Valor Final – $\sigma_n$ 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	217.79	-795.19	5132.22	5077.94	kPa
Tiempo	0.0235	30.0002	209.7410	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0000	-0.0080	5.9720	5.9850	mm
Deformación Normal	-0.0554	0.1205	0.3384	0.3384	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	-582.20	1998.71	2226.06	2208.08	kPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 3 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 222</b>

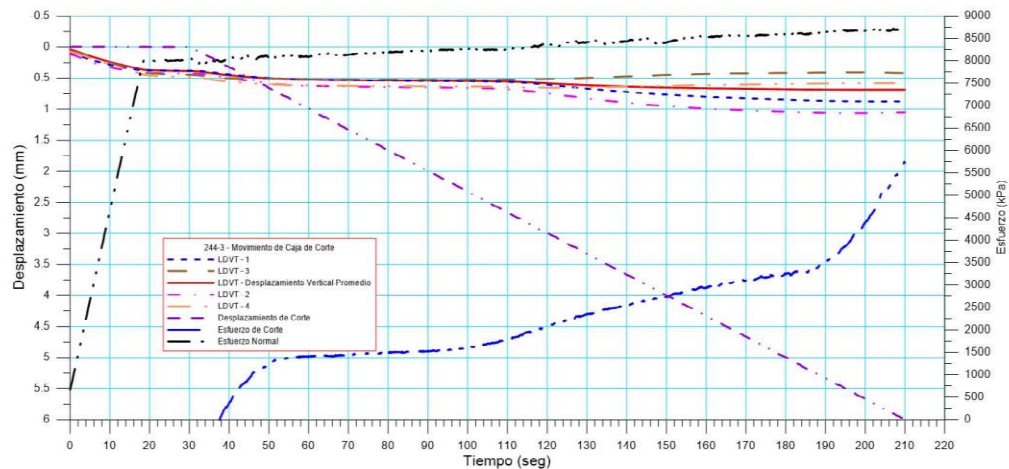
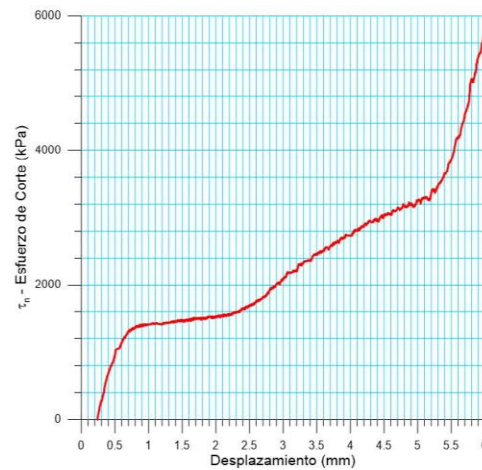
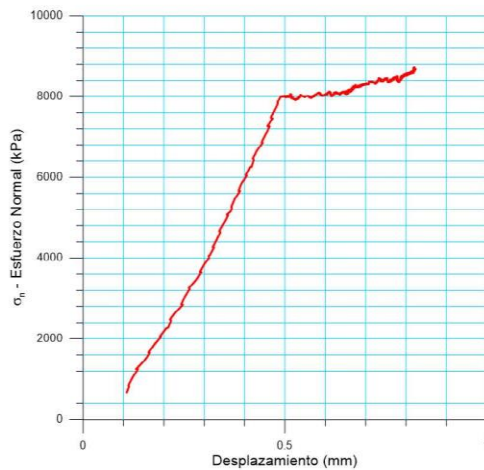
<b>Punto 2</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 200 kPa/segundo</b>	<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 4000 kPa</b>			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	400.33	-846.27	5790.86	5743.56	kPa
Tiempo	0.0836	30.0002	209.3610	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0340	0.0250	5.9860	6.0140	mm
Deformación Normal	-0.0630	0.1824	0.4780	0.4762	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	-582.20	3991.04	4416.27	4372.11	kPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 4 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 222</b>

<b>Punto 3</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 400 kPa/segundo</b>	<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 8000 kPa</b>			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	-400.14	-1950.06	<b>5758.66</b>	<b>5742.35</b>	kPa
Tiempo	0.0127	30.0002	209.9020	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0030	0.0000	5.9970	6.0000	mm
Deformación Normal	0.0408	0.3871	0.6850	0.6847	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	683.13	8012.05	<b>8741.96</b>	<b>8723.97</b>	kPa



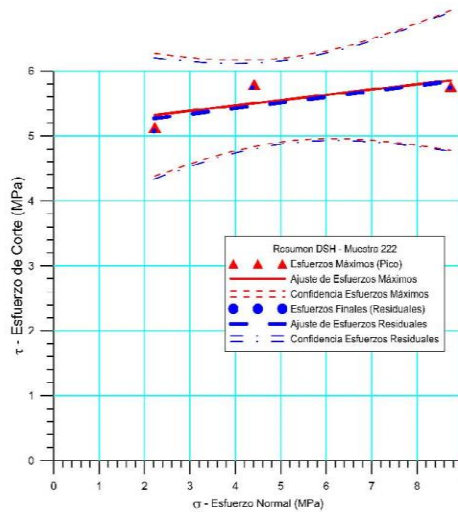
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7





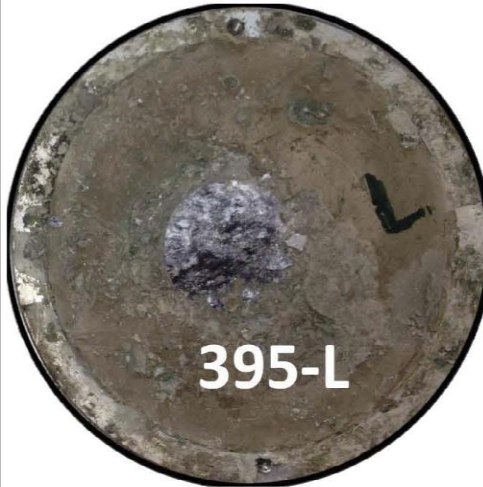

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 5 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 222</b>

Cuadro Resumen de los Resultados

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)
<b>1</b>	2.22606	5.13222	2.20808	5.07794
<b>2</b>	4.41627	5.79086	4.37211	5.74356
<b>3</b>	8.74196	5.75866	8.72397	5.74235



VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$t = 0.08163 * s + 5.14$	$t = 0.08724 * s + 5.08$
Cohesión (c) (MPa)	5.14	5.08
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ), (grados)	4.67	4.99
Número de puntos	3	3
Promedio Esfuerzo Normal ( $\sigma_n$ )	5.1281	5.1014
Promedio Esfuerzo de Corte ( $\tau$ )	5.5606	5.5213
Suma de los residuos cuadrados	0.1292	0.1272
Regresión Suma de los residuos cuadrados	0.1465	0.1676
Coefficiente de Determinación ( $R^2$ )	0.5314	0.5685

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 6 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 222
OBSERVACIONES				
INICIAL				
 <b>395-L</b>		 <b>395-U</b>		
FINAL – CAJA INFERIOR		FINAL – CAJA SUPERIOR		

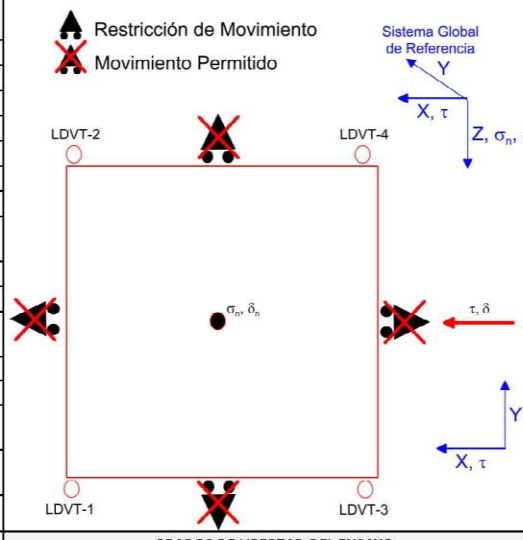
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 244</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	<b>Suggested Methods For Determining Shear Strength (1975)</b>
	<b>ASTM</b>	<b>D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force</b>

<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>Equipo</b>	GCTS - RDS-500		
<b>Software</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89		
<b>Proyecto</b>	Metro Petare-Guarenas-Guatire		
<b>Espécimen</b>	244		
<b>Origen del Espécimen</b>	Suministrado por el cliente		
<b>Coordenadas de la muestra</b>	-		
<b>Perforación</b>	BH 240- BOX 25 (189-190 m) 12cm		
<b>Clasificación Geológica del Espécimen</b>	Esquisto Cuarzo-Grafitosos		
<b>Formación Geológica</b>	Esquisto De Las Mercedes		
<b>Tipo de Roca</b>	Media -		
<b>Inclinación de la Discontinuidad</b>	Circular		Referido al eje vertical de la caja
<b>Tipo de Espécimen</b>	Cilíndrico	Altura	41 mm
		Diámetro	48 mm
		Angulo de inclinación con la vertical:	90º
<b>Dirección de Esfuerzo de Corte</b>	Circular	-	
<b>Área Inicial</b>	18,10	cm²	
<b>Grados de libertad de la Caja de Corte</b>	Todos		<b>GRADOS DE LIBERTAD DEL ENSAYO</b>

**PROGRAMA DE CARGA**

<b>Eta 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL <math>\sigma_n</math></b>				<b>Eta 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE <math>\tau_n</math></b>			
<b>Actuador de Corte</b>				<b>Actuador de Corte</b>			
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte			Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte		
Modo	Constante			Modo	Incremental		
Valor Constante	Relativo			Valor Inicial	0 mm		
<b>Actuador Normal</b>				Velocidad de Desplazamiento	2 mm/minuto		
Retroalimentación	TI-2: $\sigma_n$ – Esfuerzo Normal			Valor Final	6 mm		
Modo	Incremental			<b>Actuador Normal</b>			
Valor Inicial	0 kPa			Retroalimentación	AI-1: Carga Normal		
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados			Modo	Constante		
Valor Final	kPa			Valor Constante	Relativo		
<b>Adquisición de Datos</b>				<b>Adquisición de Datos</b>			
Incrementos de Tiempo	0.5 segundo			Incrementos de Tiempo	0.2 segundo		
Nivel de Cruce	Seleccionado			Nivel de Cruce	Seleccionado		
Picos/valles	Seleccionado			Picos/valles	Seleccionado		
Entrada Maestra	AI-2: Desplazamiento del actuador normal			Entrada Maestra	AI-4: Desplazamiento de corte		
Sensitividad	0.05 mm			Sensitividad	0.05 mm		
Tiempo Máximo de Ejecución	0.5 minutos			Tiempo Máximo de Ejecución	5 minutos		
<b>Corrección del área para la Deformación por Corte</b> sin corrección				<b>Corrección del área para la Deformación por Corte</b> con corrección			

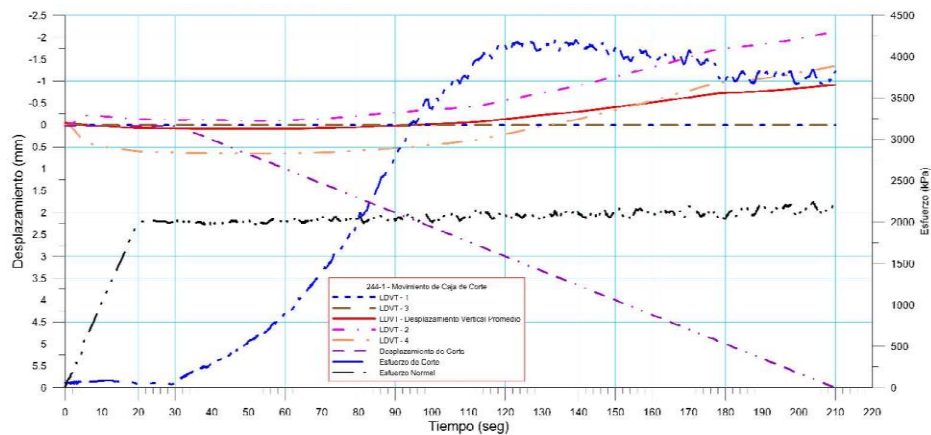
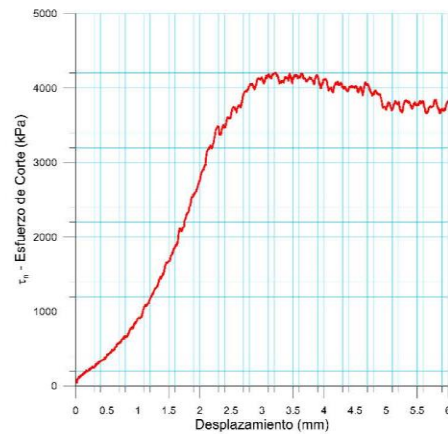
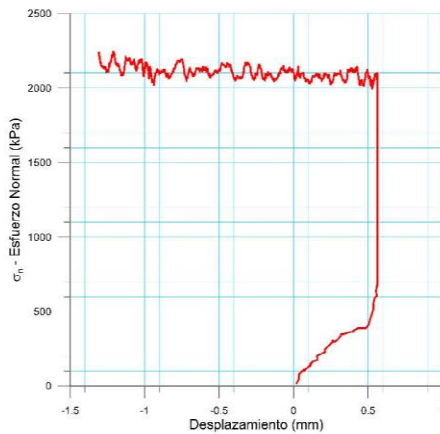
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 244</b>

**Resultados**

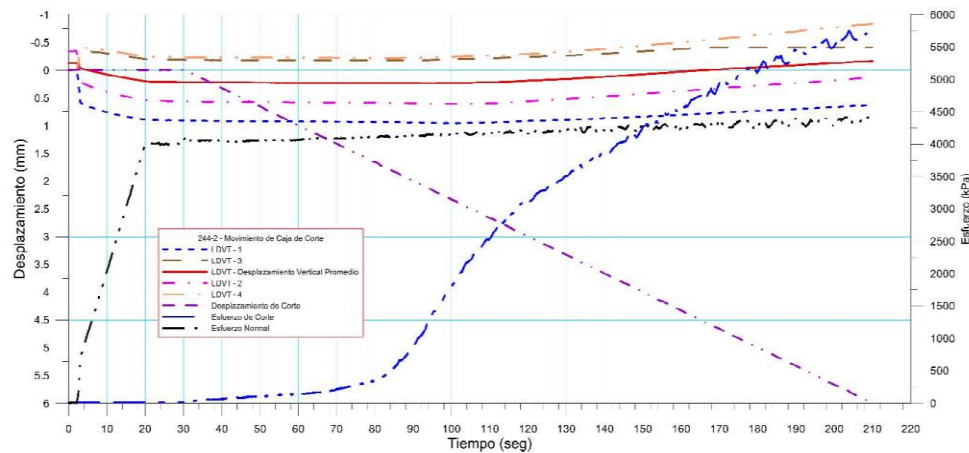
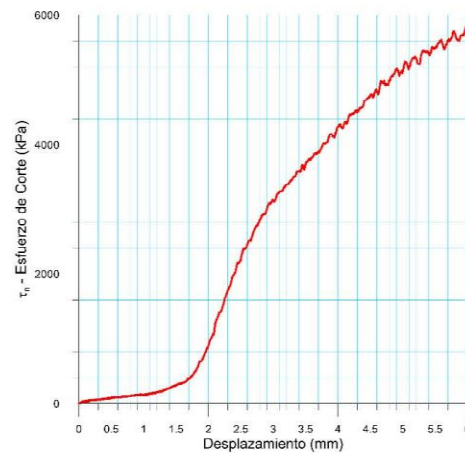
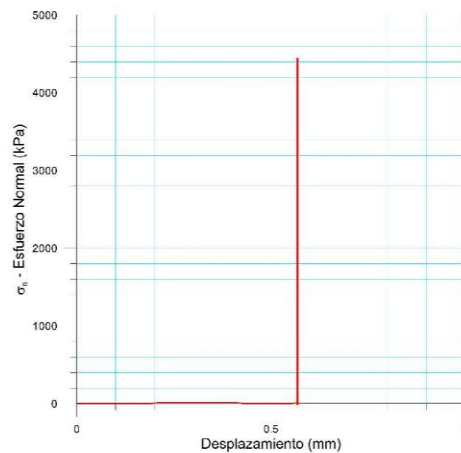
Punto 1	Velocidad de Carga – $\sigma_n$ 100 kPa/segundo		Valor Final – $\sigma_n$ 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	91.17	35.45	4224.86	3818.84	kPa
Tiempo	6.8497	30.0002	126.0920	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0220	0.0170	3.2020	5.9970	mm
Deformación Normal	0.0070	0.0810	-0.1872	-0.9153	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	8.43	1998.71	2109.52	2236.10	kPa



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 3 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 244</b>

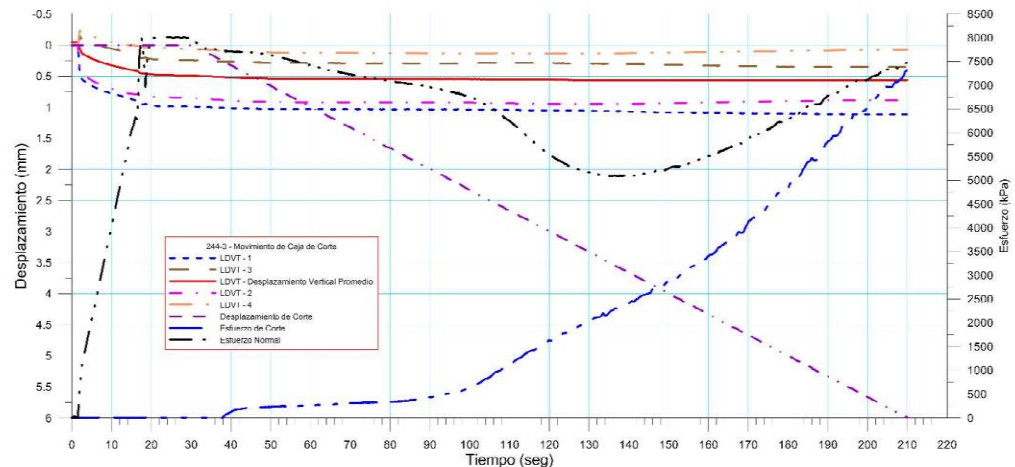
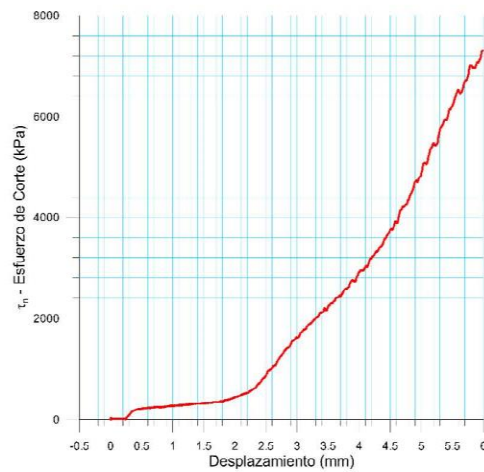
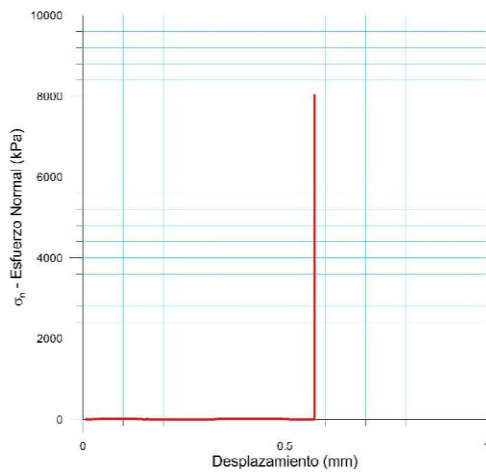
<b>Punto 2</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 200 kPa/segundo</b>		<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 4000 kPa</b>		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	10.13	-91.17	5830.36	5813.65	kPa
Tiempo	0.0015	30.0002	210.0010	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0020	-0.0030	5.9950	5.9940	mm
Deformación Normal	-0.1324	0.2129	-0.1685	-0.1690	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	8.43	4005.85	4435.29	4425.99	kPa



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 4 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 244</b>

<b>Punto 3</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 400 kPa/segundo</b>	<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 8000 kPa</b>			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	25.33	-1002.87	7311.27	7305.74	kPa
Tiempo	0.3840	30.0002	209.9930	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0030	0.0000	5.9940	5.9940	mm
Deformación Normal	-0.0467	0.4894	0.5614	0.5603	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	8.43	7995.02	7480.93	7480.93	kPa

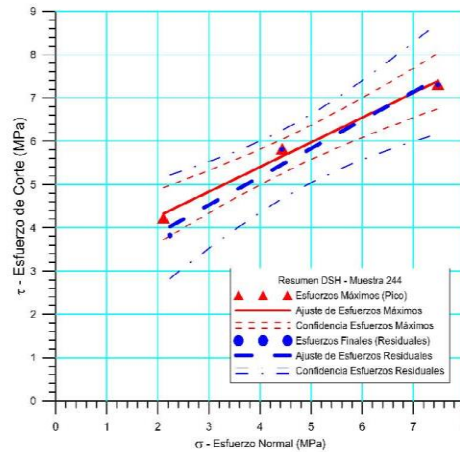


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> <b>MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE</b> <b>(STMCGG)</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 5 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 244</b>

Cuadro Resumen de los Resultados

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)
<b>1</b>	2.10952	4.22486	2.23610	3.81884
<b>2</b>	4.43529	5.83036	4.42599	5.81365
<b>3</b>	7.48093	7.31127	7.48093	7.30574



Resultados de las curvas de ajuste		
VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$t = 0.57015 * s + 3.12$	$t = 0.65363 * s + 2.56$
Cohesión (c) (MPa)	3.12	2.56
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ), (grados)	29.69	33.17
Número de puntos	3	3
Promedio Esfuerzo Normal ( $\sigma_n$ )	4.6752	4.7143
Promedio Esfuerzo de Corte ( $\tau$ )	5.7888	5.6461
Suma de los residuos cuadrados	0.0480	0.1919
Regresión Suma de los residuos cuadrados	4.7176	5.9295
Coefficiente de Determinación ( $R^2$ )	0.9899	0.9687

OBSERVACIONES

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 6 de 6</b>
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	<b>Espécimen: 244</b>
INICIAL				
 <p style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">244-L</p>		 <p style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">244-U</p>		
FINAL – CAJA INFERIOR		FINAL – CAJA SUPERIOR		

---

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*



---

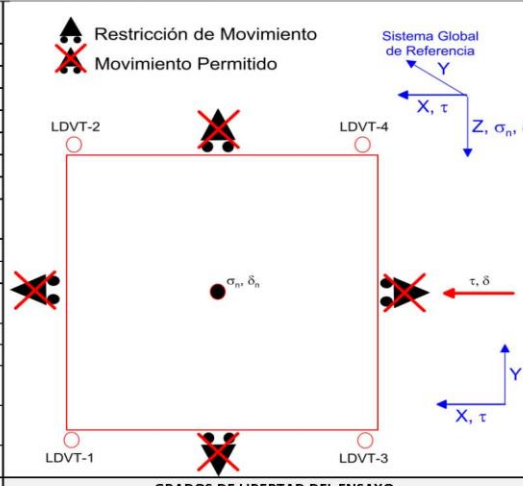
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

---



BH-250

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 506
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining Shear Strength (1975)		
	ASTM	D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Equipo	GCTS - RDS-500			
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto	Metro Petare-Guarenas-Guatire			
Espécimen	506			
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente			
Coordenadas de la muestra				
Perforación	BH 250- BOX 6 ( 38,5-41,5 m) 0 cm			
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquisto Cuarzo-Grafitosos			
Formación Geológica	Esquisto De Las Mercedes			
Tipo de Roca	-media			
Inclinación de la Discontinuidad	Referido al eje vertical de la caja			
Tipo de Espécimen	Cilíndrico	Altura	75,9 mm	
		Diámetro	63 mm	
		Angulo de inclinación con la vertical:	0°	
Dirección de Esfuerzo de Corte	- Circular			
Área Inicial	31,17245 cm <sup>2</sup>			
Grados de libertad de la Caja de Corte	Todos			
<b>PROGRAMA DE CARGA</b>				
<b>Etapa 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL <math>\sigma_n</math></b>			<b>Etapa 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE <math>\tau_n</math></b>	
<b>Actuador de Corte</b>			<b>Actuador de Corte</b>	
Retroalimentación	Al-4: Desplazamiento de Corte		Retroalimentación	Al-4: Desplazamiento de Corte
Modo	Constante		Modo	Incremental
Valor Constante	Relativo		Valor Inicial	0 mm
<b>Actuador Normal</b>			Velocidad de Desplazamiento	2 mm/minuto
Retroalimentación	TI-2: $\sigma_n$ – Esfuerzo Normal		Valor Final	6 mm
Modo	Incremental		<b>Actuador Normal</b>	
Valor Inicial	0 kPa		Retroalimentación	Al-1: Carga Normal
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados		Modo	Constante
Valor Final	kPa		Valor Constante	Relativo
<b>Adquisición de Datos</b>			<b>Adquisición de Datos</b>	
Incrementos de Tiempo	0.5 segundo		Incrementos de Tiempo	0.2 segundo
Nivel de Cruce	Seleccionado		Nivel de Cruce	Seleccionado
Picos/valles	Seleccionado		Picos/valles	Seleccionado
Entrada Maestra	Al-2: Desplazamiento del actuador normal		Entrada Maestra	Al-4: Desplazamiento de corte
Sensitividad	0.05 mm		Sensitividad	0.05 mm
Tiempo Máximo de Ejecución	0.5 minutos		Tiempo Máximo de Ejecución	5 minutos
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección		Corrección del área para la Deformación por Corte	con corrección



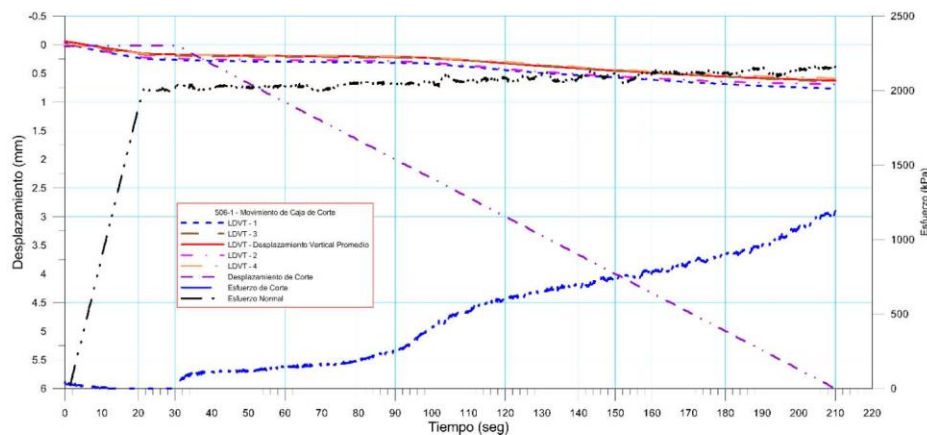
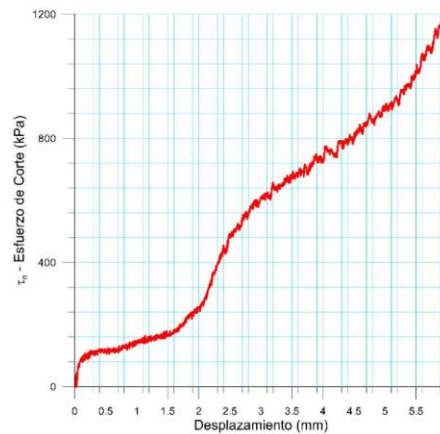
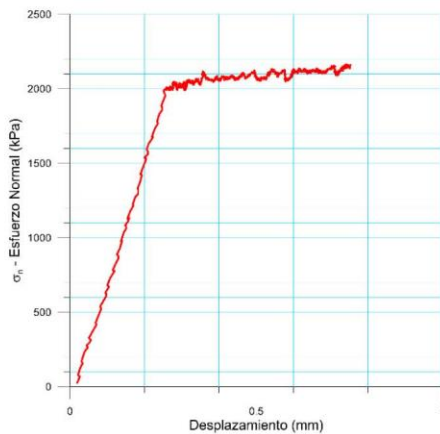
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 506

Resultados

Punto 1	Velocidad de Carga – $\sigma_n$ 100 kPa/segundo		Valor Final – $\sigma_n$ 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	49,98	-35,28	1197,40	1187,98	kPa
Tiempo	0,0122	30,0002	209,9860	210,0010	segundos
Deformación de Corte	0,0260	0,0120	5,9950	5,9950	mm
Deformación Normal	-0,0577	0,1708	0,6262	0,6260	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	19,58	1997,39	2166,45	2155,98	kPa

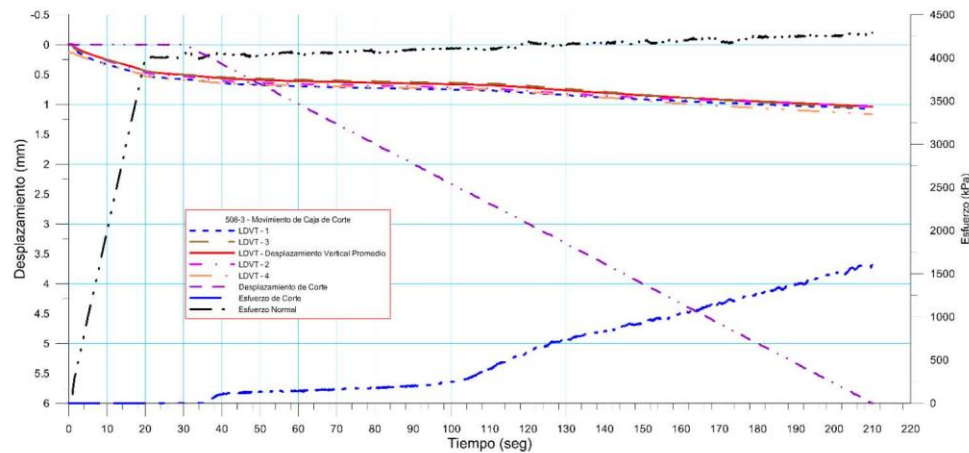
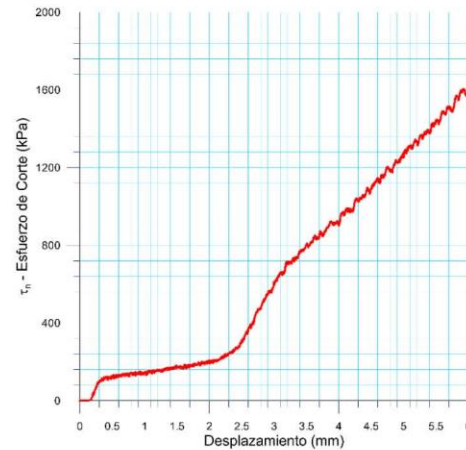
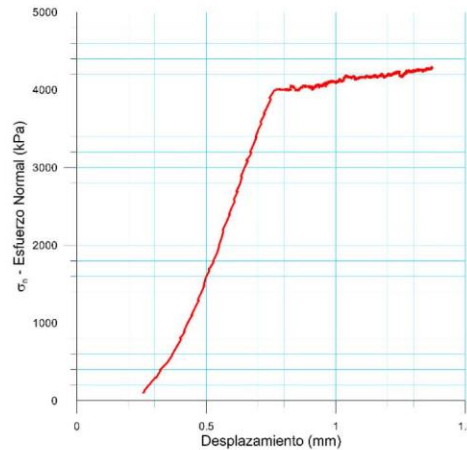


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 506

<b>Punto 2</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 200 kPa/segundo</b>		<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 4000 kPa</b>		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	5,88	-443,96	1614,14	1599,68	kPa
Tiempo	0,0015	30,0002	207,9050	210,0010	segundos
Deformación de Corte	0,0000	0,0000	5,9280	5,9950	mm
Deformación Normal	-0,0119	0,5016	1,0302	1,0369	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	0,00	4004,57	4282,45	4291,03	kPa

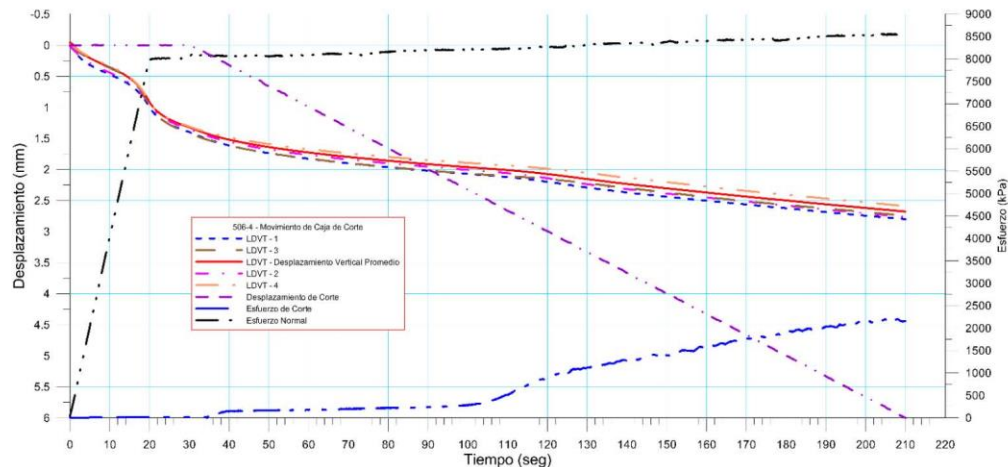
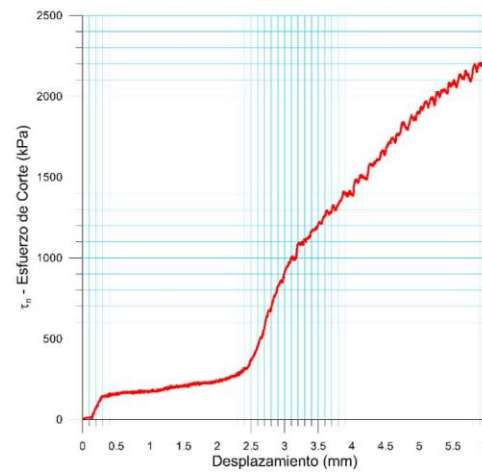
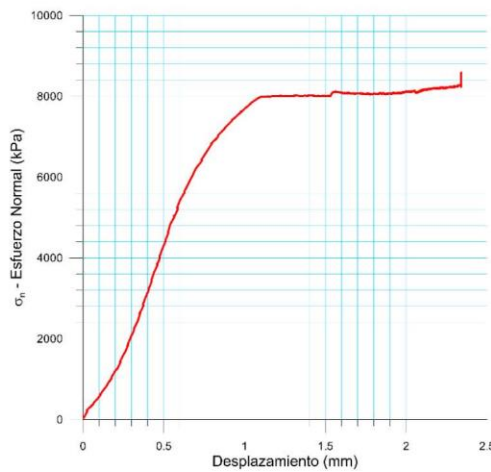


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 506

<b>Punto 3</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 400 kPa/segundo</b>		<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 8000 kPa</b>		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	11,76	-391,06	2217,20	2168,57	kPa
Tiempo	0,0020	30,0002	208,0690	210,0010	segundos
Deformación de Corte	0,0050	0,0020	5,9320	5,9950	mm
Deformación Normal	-0,0422	1,3209	2,6669	1,0369	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	44,0600	8014,4400	8549,6800	4291,0300	kPa



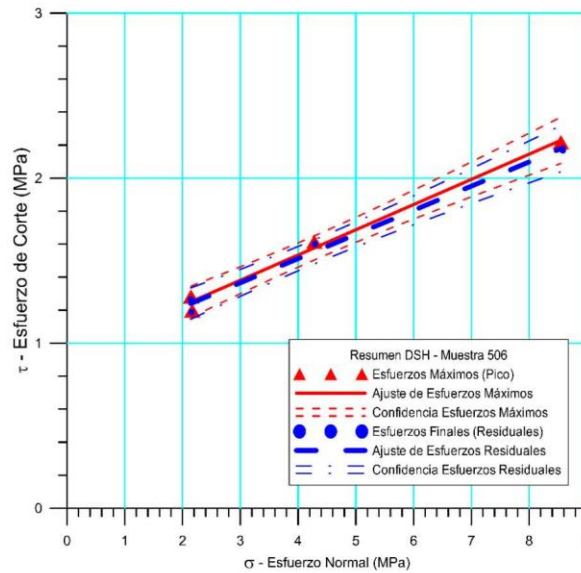
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 5 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 506

Cuadro Resumen de los Resultados


Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)
1	2,16645	1,19740	2,15598	1,18798
2	2,14552	1,28226	2,14028	1,26340
3	4,28245	1,61414	4,29103	1,59968



VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta		
Cohesión (c) (MPa)	0,86	0,85
Ángulo de Fricción ( $\phi$ , grados)	9,97	9,89
Número de puntos	4	4
Promedio Esfuerzo Normal ( $\sigma_n$ )	2,8648	2,8624
Promedio Esfuerzo de Corte ( $\tau$ )	1,3646	1,3504
Suma de los residuos cuadrados	0,0039	0,0031
Regresión Suma de los residuos cuadrados	0,0931	0,0930
Coefficiente de Determinación ( $R^2$ )	0,9596	0,9682

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 6 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 506
OBSERVACIONES				
INICIAL				
 <b>506-L</b>		 <b>506-U</b>		
FINAL – CAJA INFERIOR		FINAL – CAJA SUPERIOR		

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

## 7.6 Reportes Cerchar

BH-19

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>Abrasividad – Método CERCHAR</b>			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 19

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM ASTM	ND D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	19	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-19-BOX-19 (123-125 m)33 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	123.33 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
<b>DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR</b>		<b>Muestra después del ensayo</b>
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
300 μm =	Valor CAI determinado	3.00
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Punta de Acero después del ensayo


CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR	
ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo, Facultad de Ingeniería, Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>Abrasividad – Método CERCHAR</b>			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 24

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	24	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-19-BOX-19 (123-125 m)95 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	123.95 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
<b>DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR</b>		<b>Muestra después del ensayo</b>
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
310 μm =	Valor CAI determinado 3.10	
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	<b>Punta de Acero después del ensayo</b>

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>Abrasividad – Método CERCHAR</b>			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 29

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	29	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-19-BOX-18 (120-123 m)33 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	120.33 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
<b>DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR</b>		<b>Muestra después del ensayo</b>
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
340 µm =	Valor CAI determinado 3.40	
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	<b>Punta de Acero después del ensayo</b>

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-21

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR</b>			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 10

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	10	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-21-BOX-31 (163-166 m) 143 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	164.43 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		
$CAI = \frac{1}{100} \sum_1^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		<p style="text-align: center;">Muestra después del ensayo</p>
<p>310 μm = Valor CAI determinado 3.10</p> <p>Clasificación de Abrasividad del espécimen ALTA</p>		

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR	
ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

---

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

---

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

---

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>Abrasividad – Método CERCHAR</b>			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 11-1

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	11-1	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-21-BOX-31 (163-166 m) 128 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	164.28 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
<b>DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR</b>		<b>Muestra después del ensayo</b>
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
260 µm =	Valor CAI determinado 2.60	
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	<b>Punta de Acero después del ensayo</b>

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR


ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>Abrasividad – Método CERCHAR</b>			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 12

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	12	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-21-BOX-31 (163-166 m) 158 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	164.58 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
<p>340 µm = Valor CAI determinado 3.40</p>		
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Punta de Acero después del ensayo

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00


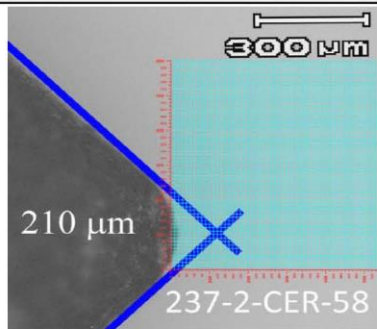
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-240

<b>ODEBRECHT</b>	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>Abrasividad – Método CERCHAR</b>			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 237-2

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	237-2	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-240-BOX-25 (183-186 m) 234 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	185.34 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
<b>DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR</b>		
$CAI = \frac{1}{100} \sum_1^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
210 μm =	Valor CAI determinado 2.10	
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Muestra después del ensayo
		
		Punta de Acero después del ensayo

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>Abrasividad – Método CERCHAR</b>			 
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 243-2

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	243-2	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-240-BOX-25 (186-189 m) 202 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	188.02 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
<b>DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR</b>		<b>Muestra después del ensayo</b>
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
320 µm =	Valor CAI determinado	3.20
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Punta de Acero después del ensayo

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>Abrasividad – Método CERCHAR</b>			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 246-1

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	246-1	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-240-BOX-25 (189-190 m) 31 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	189.31 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
<p>110 μm = Valor CAI determinado 1.10</p>		
Clasificación de Abrasividad del espécimen		Punta de Acero después del ensayo

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-250

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 507

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	507	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-250-BOX-6 (38.5-41.5 m) 10 cm	
Clasificación Geológica del espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	38.60 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
290 μm =	Valor CAI determinado	2.90
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	
		Punta de Acero después del ensayo

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>Abrasividad – Método CERCHAR</b>			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 508

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	508	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-250-BOX-6 (38.5-41.5 m) 47 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	38.97 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
<b>DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR</b>		<b>Muestra después del ensayo</b>
$CAI = \frac{1}{100} \sum_1^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
450 μm =	Valor CAI determinado 4.50	
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	<b>Punta de Acero después del ensayo</b>


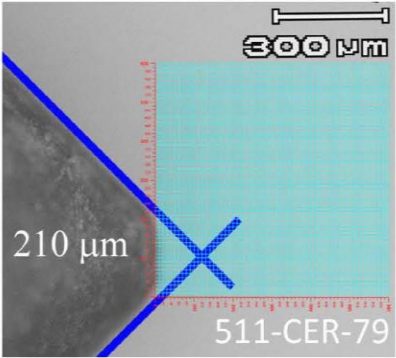
CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>Abrasividad – Método CERCHAR</b>			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 511

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
<b>DATOS GENERALES</b>		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	511	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-250-BOX-6 (38.5-41.5 m) 122 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	39.72 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
<b>DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR</b>		<b>Muestra después del ensayo</b>
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: <math>d_i</math> = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		 
210 µm =	Valor CAI determinado 2.10	
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	<b>Punta de Acero después del ensayo</b>

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



BH-21

Muestra	Numero	TIPO	Descripción	Altura F	diámetro F	Angulo Rad	Angulo grado	D1	D2	D3	Prom_D	H1	H2	H3	PROM_H	Peso
1	1	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,780	4,790	4,800	4,790	9,870	9,890	9,900	9,887	476,600
1	2	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,760	4,750	4,760	4,750	2,070	2,100	2,080	2,083	
2	1	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,780	4,790	4,790	4,787	11,900	11,910	11,905	11,905	574,800
2	2	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,740	4,730	4,740	4,737	3,050	3,040	3,040	3,043	
4	1	B	BH21-BOX 3l	1,8	4,7	0,189	10,840	4,750	4,750	4,750	4,750	11,310	11,350	11,350	11,337	555,400
4	2	B	BH21-BOX 3l	1,8	4,7	0,189	10,840	4,770	4,760	4,770	4,767	11,290	11,290	11,280	11,287	545,100
5	1	B	BH21-BOX 3l	1,5	4,7	0,158	9,067	4,790	4,790	4,740	4,760	11,150	11,180	11,150	11,160	535,900
5	2	B	BH21-BOX 3l	1,5	4,7	0,158	9,067	4,760	4,780	4,760	4,767	11,000	11,000	11,000	11,000	531,200
5	3	B	BH21-BOX 3l	1,5	4,7	0,158	9,067	4,800	4,790	4,810	4,800	10,420	10,490	10,400	10,437	496,100
6	1	B	BH21-BOX 3l	1,4	4,7	0,148	8,471	4,790	4,780	4,790	4,787	9,220	9,280	9,240	9,247	438,500
7	1	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,780	4,760	4,760	4,767	11,110	11,090	11,080	11,093	543,300
7	2	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,760	4,760	4,760	4,760	11,000	11,000	11,030	11,010	534,700
7	3	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,750	4,760	4,770	4,760	2,100	2,100	2,100	2,100	
7	4	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,750	4,760	4,750	4,753	1,800	1,790	1,790	1,793	
8	1	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,780	4,760	4,780	4,773	10,700	10,670	10,670	10,680	516,000
8	2	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,770	4,790	4,790	4,783	10,500	10,490	10,470	10,487	512,300
8	3	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,780	4,790	4,760	4,777	10,960	10,970	10,960	10,963	530,600
8	4	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,760	4,760	4,770	4,763	10,700	10,730	10,730	10,720	519,900
8	5	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,750	4,750	4,766	4,755	2,120	2,130	2,130	2,127	
8	6	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,740	4,750	4,750	4,747	2,090	2,080	2,070	2,080	
8	7	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,750	4,750	4,760	4,753	1,780	1,780	1,790	1,783	
9	1	B	BH21-BOX 3l	2,1	4,7	0,220	12,593	4,760	4,750	4,760	4,757	12,800	12,810	12,800	12,803	622,200
9	2	B	BH21-BOX 3l	2,1	4,7	0,220	12,593	4,470	4,770	4,750	4,663	12,010	12,050	12,020	12,027	584,300
9	3	B	BH21-BOX 3l	2,1	4,7	0,220	12,593	4,760	4,760	4,770	4,763	2,520	2,490	2,500	2,503	
9	4	B	BH21-BOX 3l	2,1	4,7	0,220	12,593	4,780	4,780	4,770	4,767	2,030	2,000	2,000	2,010	
9	5	B	BH21-BOX 3l	2,1	4,7	0,220	12,593	4,750	4,750	4,760	4,753	1,250	1,260	1,240	1,250	
10	1	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,780	4,810	4,790	4,793	11,910	11,930	11,890	11,910	573,800
11	1	B	BH21-BOX 3l	2,9	4,7	0,299	17,146	4,770	4,800	4,770	4,780	12,310	12,300	12,280	12,297	592,800
11	2	B	BH21-BOX 3l	2,9	4,7	0,299	17,146	4,770	4,780	4,770	4,773	12,800	12,790	12,800	12,797	618,800
12	1	B	BH21-BOX 3l	4,2	4,7	0,420	24,075	4,750	4,760	4,770	4,760	11,940	11,900	11,920	11,920	578,200
13	1	B	BH21-BOX 3l	1,5	4,7	0,158	9,067	4,800	4,790	4,790	4,793	9,740	9,690	9,760	9,730	461,200
14	1	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,770	4,750	4,780	4,767	9,710	9,700	9,710	9,707	476,400
14	2	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,770	4,780	4,770	4,767	11,680	11,660	11,640	11,660	574,900
15	1	B	BH21-BOX 3l	3,5	4,7	0,356	20,422	4,800	4,795	4,790	4,795	9,330	9,300	9,305	9,312	446,300
16	1	B	BH21-BOX 3l	2,6	4,7	0,270	15,461	4,710	4,790	4,820	4,773	11,965	12,100	11,950	12,005	577,000
16	2	B	BH21-BOX 3l	2,6	4,7	0,270	15,461	4,770	4,800	4,790	4,787	11,420	11,380	11,390	11,397	549,800
17	1	B	BH21-BOX 3l	1,9	4,7	0,199	11,427	4,770	4,770	4,760	4,767	7,350	7,310	7,330	7,330	358,900
17	2	B	BH21-BOX 3l	1,9	4,7	0,199	11,427	4,760	4,760	4,770	4,763	12,340	12,340	12,340	12,343	602,000
17	3	B	BH21-BOX 3l	1,9	4,7	0,199	11,427	4,780	4,740	4,760	4,757	12,150	12,150	12,140	12,147	589,700
18	1	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,750	4,770	4,770	4,757	8,720	8,720	8,730	8,723	416,400
26	2	B	BH21-BOX 14	2,4	4,7	0,250	14,323									
13	2	absorcion	BH21-BOX 3l (163-166 m) 172 cm													
9	6	absorcion	BH21-BOX 3l (163-166 m) 093 cm													
14	3	absorcion	BH21-BOX 3l (163-166 m) 207 cm													

## BH-240

Muestra	Numero	Muestra	Altura_F	Angulo Rad	Angulo grad	D1	D2	D3	Prom_D	H1	H2	H3	PROM_H	Peso
210	1BH 240- BOX 23 ( 174-177 m) 13 cm		7.3	0.65	37.38	4.78	4.77	4.78	4.78	4.78	15.67	15.67	15.68	15.67
214	1BH 240- BOX 23 ( 174-177 m) 64 cm		5.8	0.54	31.14	4.8	4.81	4.81	4.79	4.80	12.4	12.39	12.4	12.40
218	1BH 240- BOX 23 ( 174-177 m) 201 cm					4.8	4.8	4.8	4.82	4.81	4	4	4.01	4.00
222	1BH 240- BOX 23 ( 174-177 m) 267 cm		7.4	0.66	37.65	4.8	4.8	4.8	4.79	4.80	7.5	7.49	7.5	7.50
229	1BH 240- BOX 24 ( 180-183 m) 295 cm		2.7	0.27	15.68	4.81	4.8	4.82	4.82	4.81	11.3	11.35	11.32	11.32
232	1BH 240- BOX 24 ( 180-183 m) 365 cm		2.4	0.24	13.90	4.85	4.88	4.82	4.85	4.85	3.49	3.51	3.59	3.53
232	2BH 240- BOX 24 ( 180-183 m) 365 cm		1.5	0.15	8.76	4.85	4.85	4.85	4.9	4.87	2.56	2.02	2.09	2.22
237	2BH 240- BOX 25 ( 183-186 m) 234 cm					4.82	4.82	4.83	4.83	4.82	11.7	11.68	11.69	11.69
237	3BH 240- BOX 25 ( 183-186 m) 234 cm					4.85	4.84	4.85	4.85	4.85	10.86	10.8	10.83	10.83
240	1BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 119 cm					4.86	4.83	4.83	4.83	4.84	12.46	12.46	12.45	12.46
240	2BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 119 cm					4.86	4.85	4.85	4.85	4.85	12.73	12.74	12.73	12.73
240	3BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 119 cm					4.85	4.86	4.85	4.85	4.85	12.55	12.54	12.53	12.54
240	4BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 119 cm					4.85	4.84	4.86	4.86	4.85	11.38	11.37	11.35	11.37
243	1BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 202 cm		5.7	0.53	30.46	4.85	4.84	4.85	4.85	4.85	12.2	12.19	12.2	12.20
243	2BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 202 cm			0.53	30.37	4.85	4.85	4.85	4.86	4.85	10.91	10.95	10.98	10.95
243	3BH 240- BOX 25 ( 186-189 m) 202 cm					4.82	4.83	4.82	4.82	4.82	2.1	2.09	2	2.06
244	1BH 240- BOX 25 ( 189-190 m) 12 cm		2.7	0.27	15.70	4.8	4.81	4.8	4.8	4.80	3.87	3.85	3.85	3.86
246	1BH 240- BOX 25 ( 189-190 m) 31 cm			0.27	15.47	4.85	4.86	4.84	4.84	4.85	11.88	11.87	11.88	11.8766667
246	2BH 240- BOX 25 ( 189-190 m) 31 cm					4.81	4.75	4.82	4.79333333	4.82	12.2	12.2	12.21	12.2033333

## BH-250

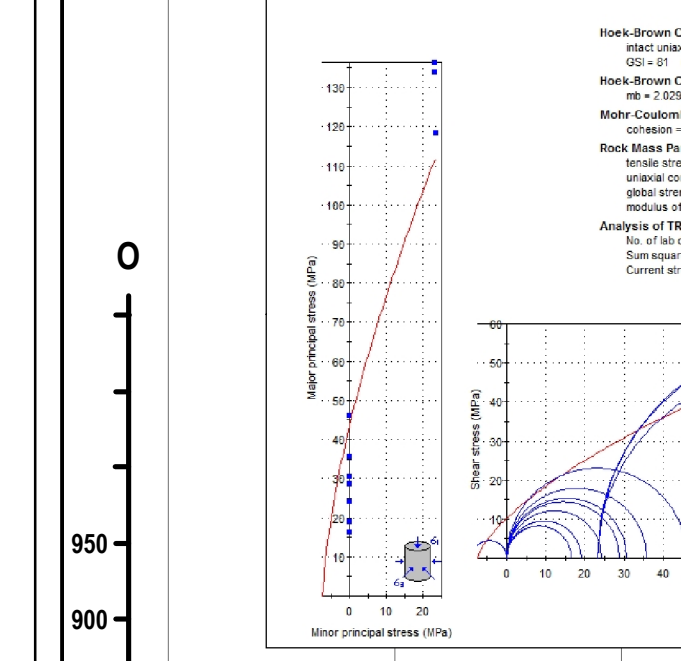
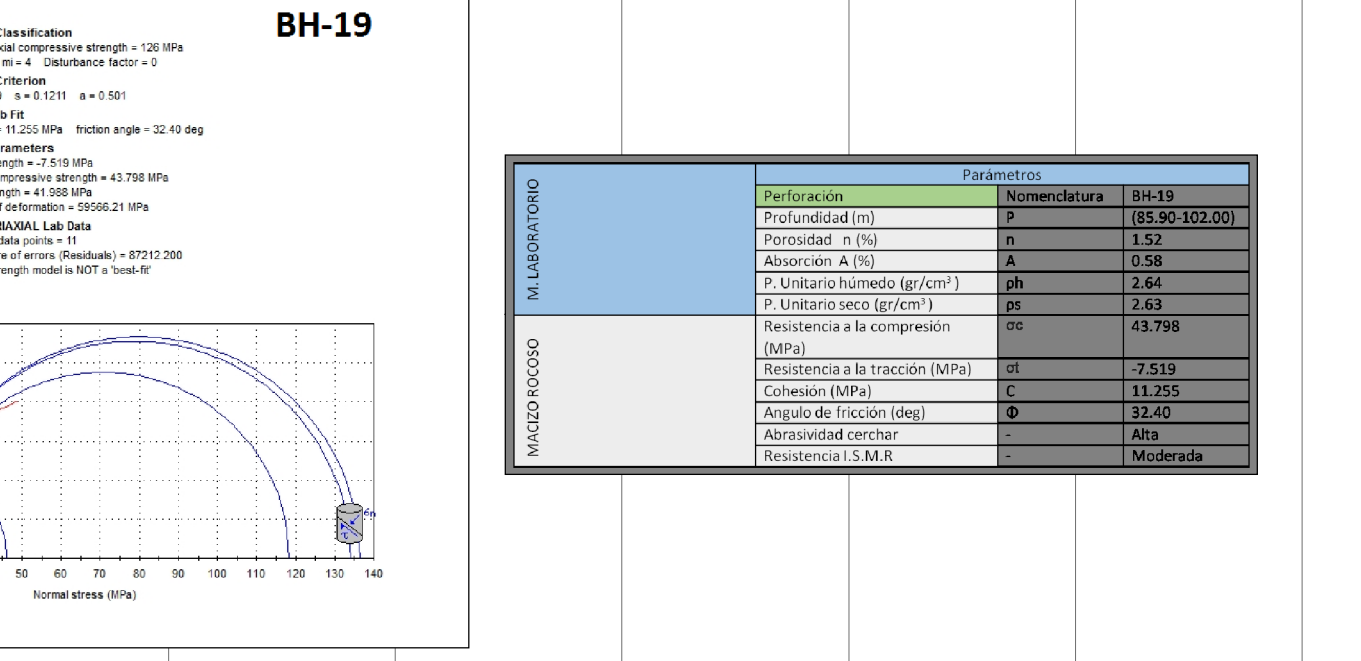
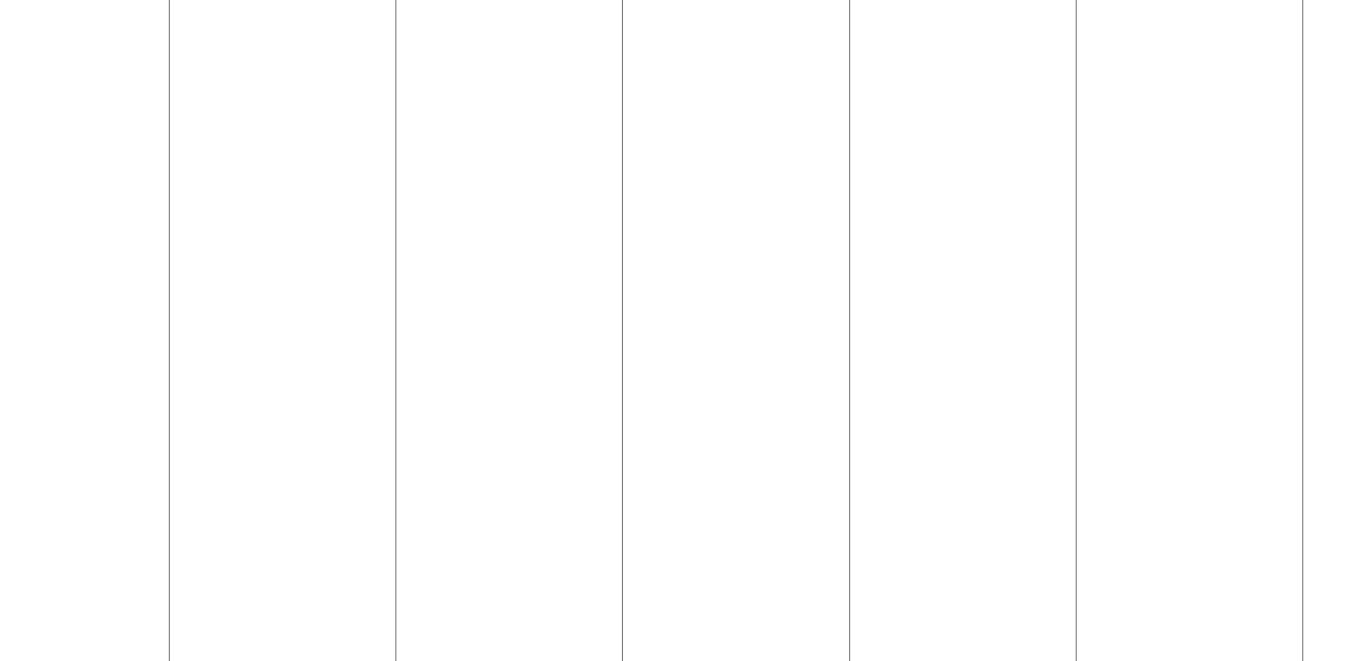
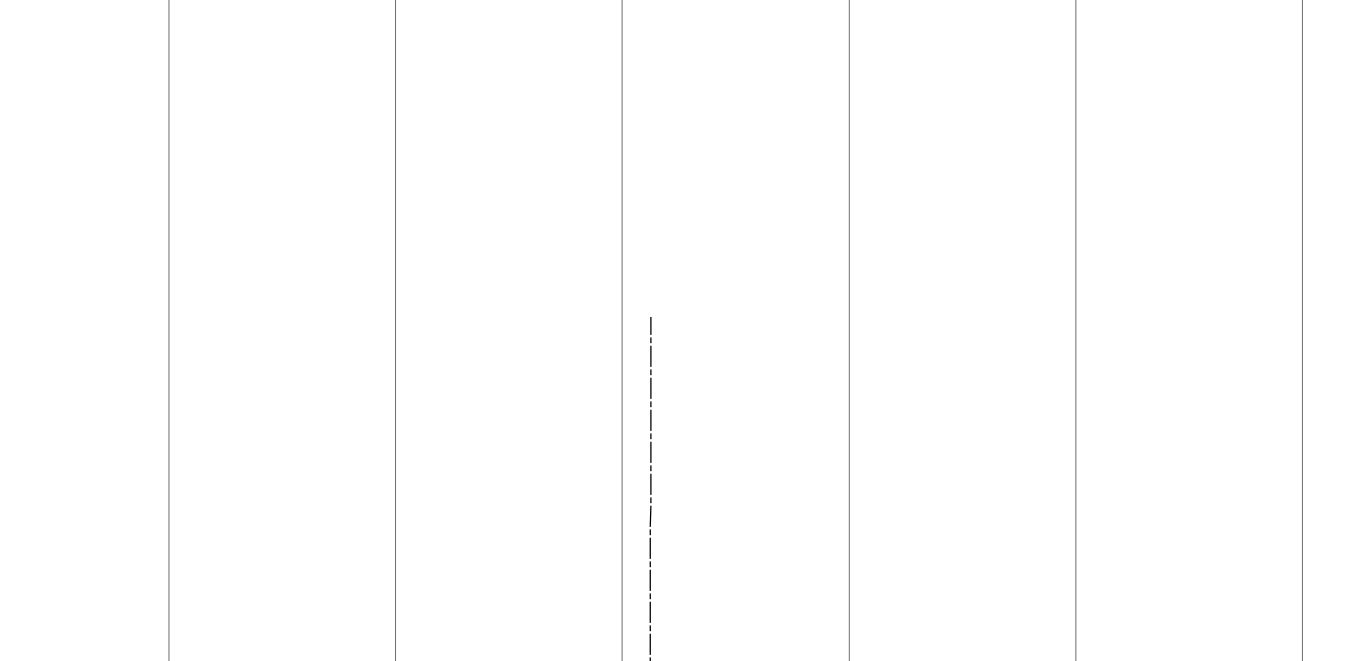
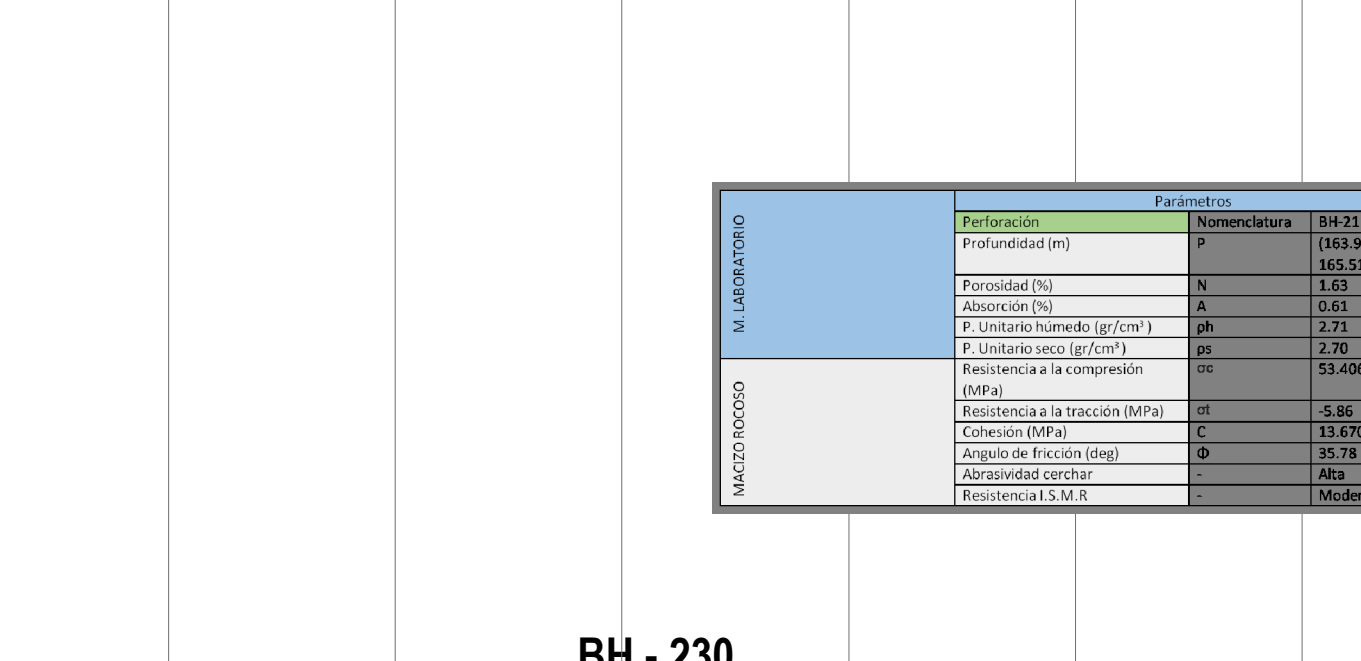
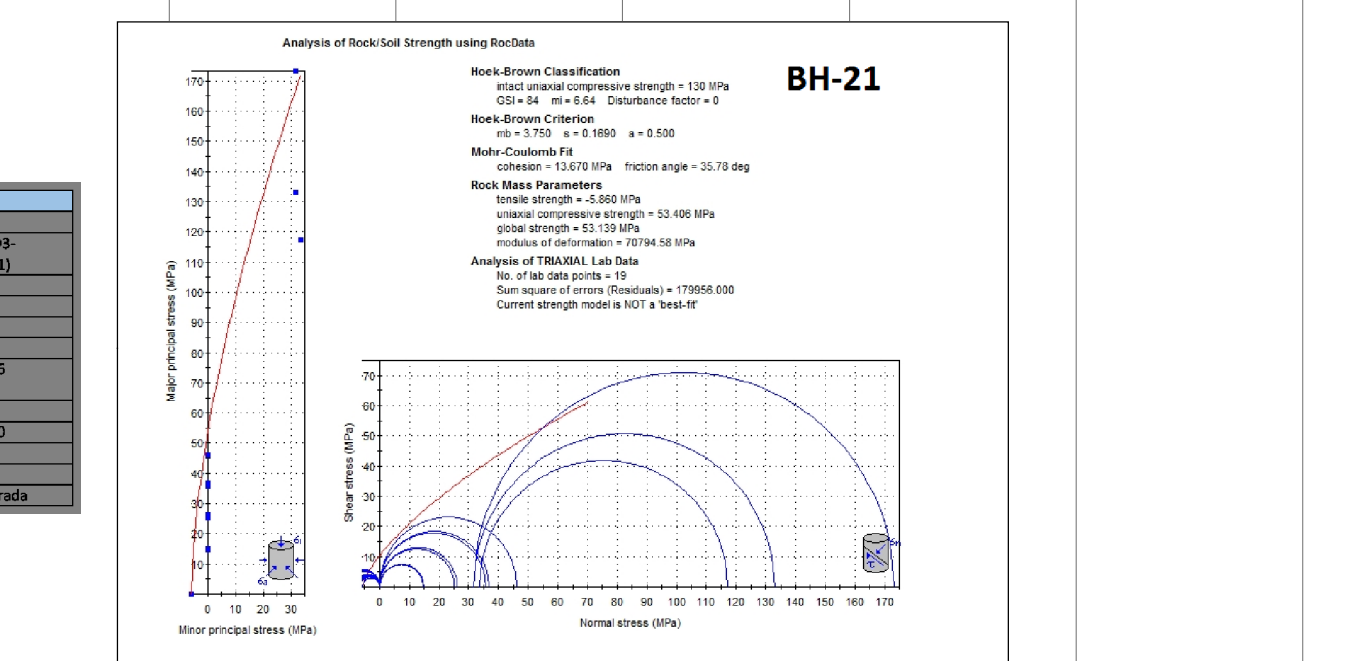
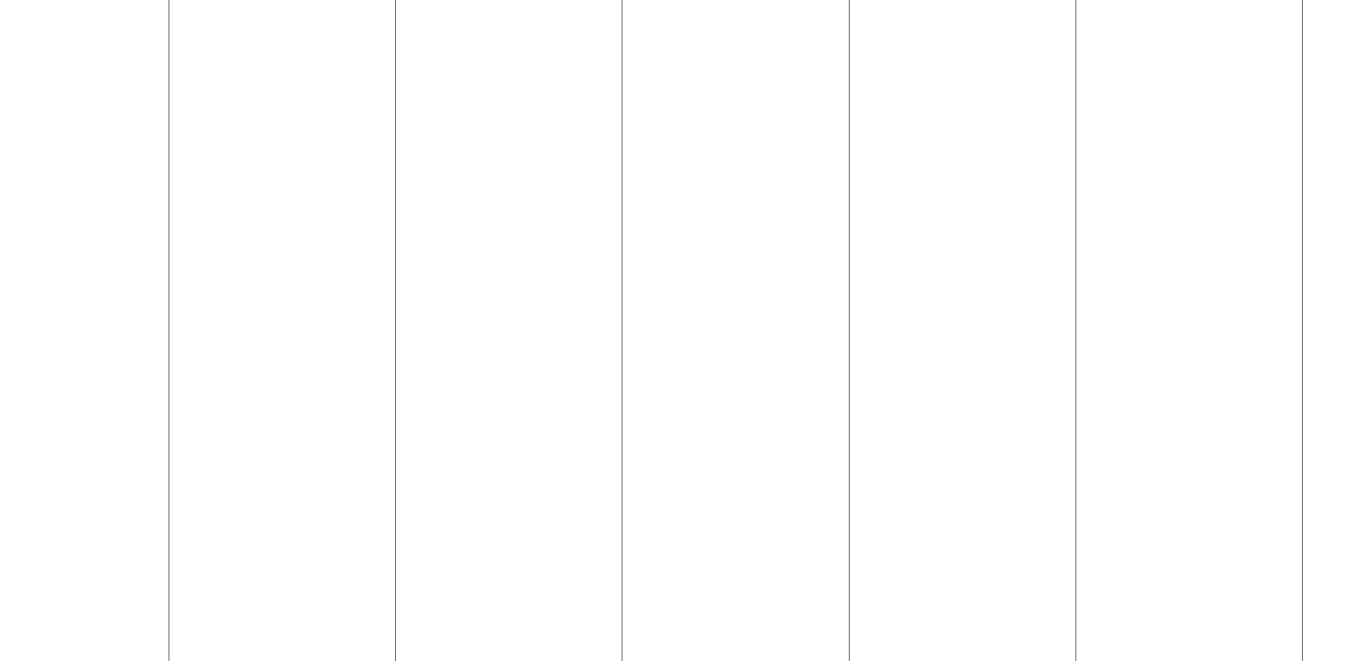
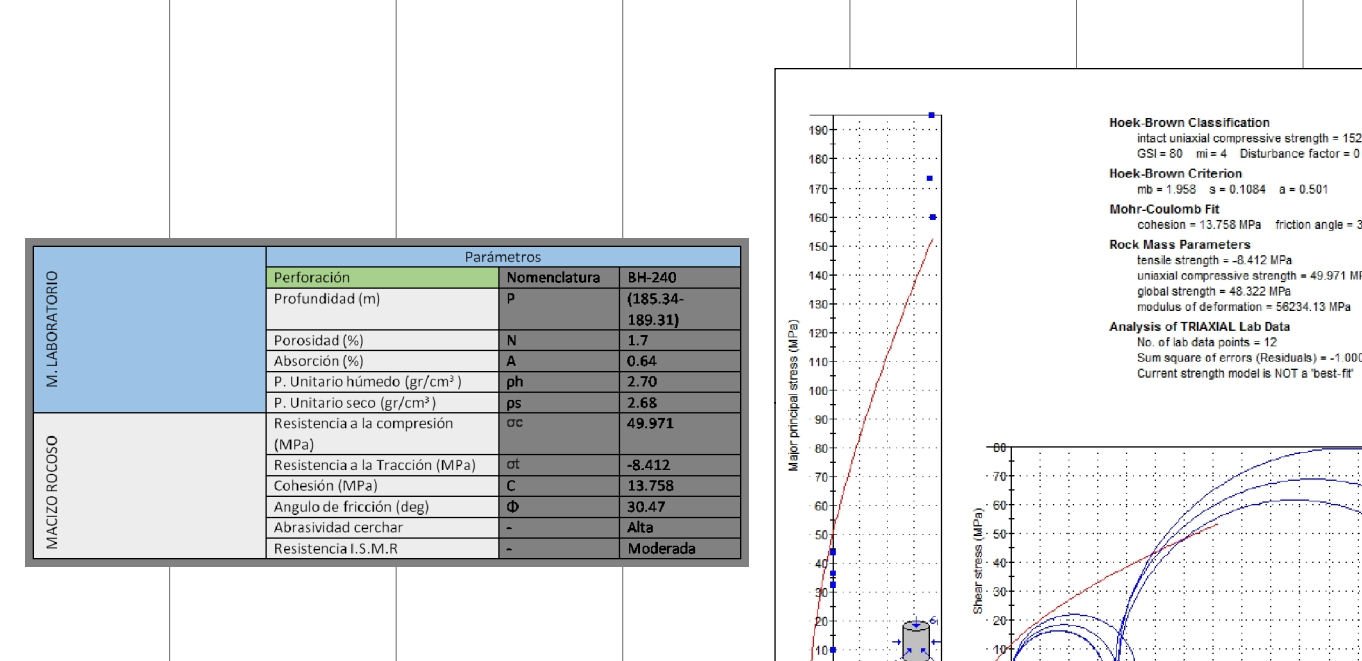
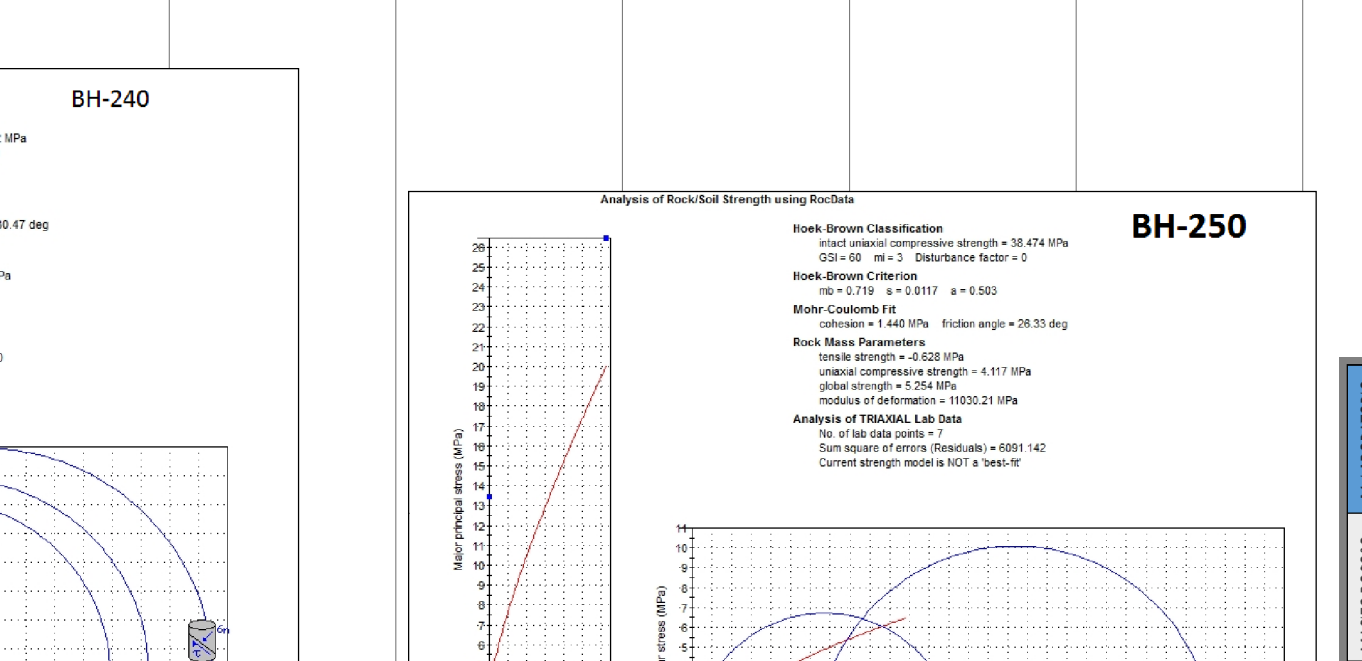
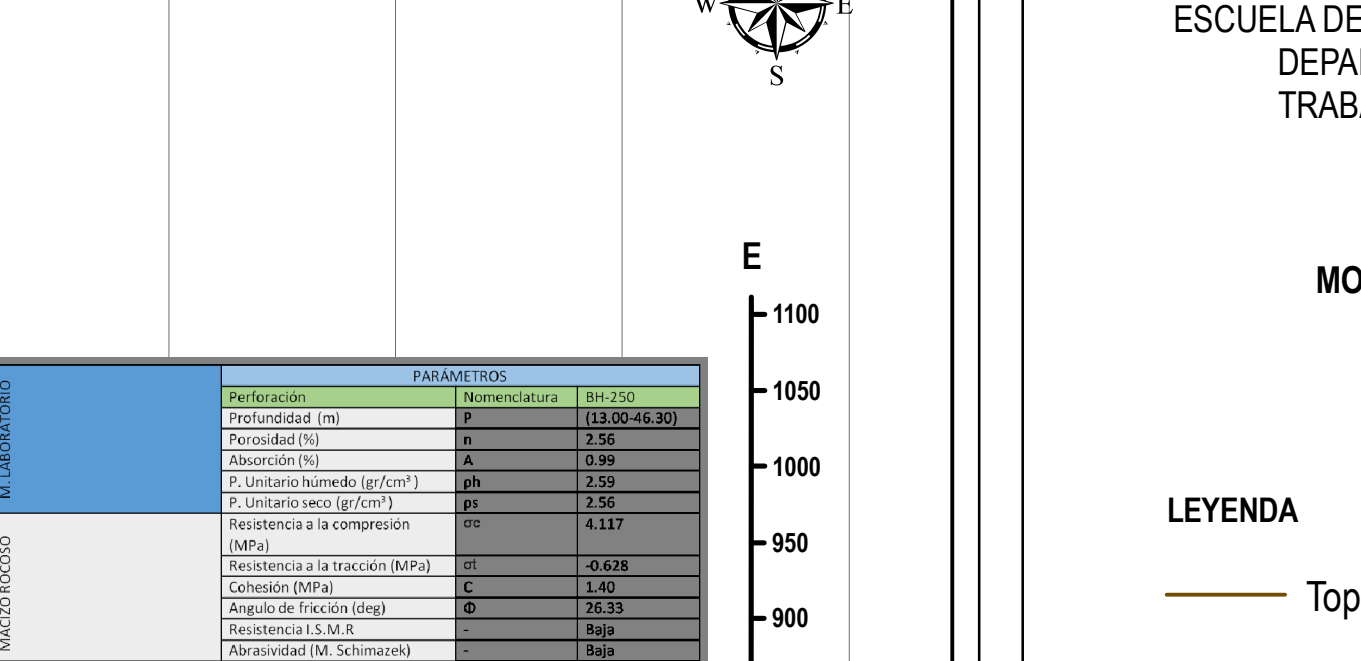
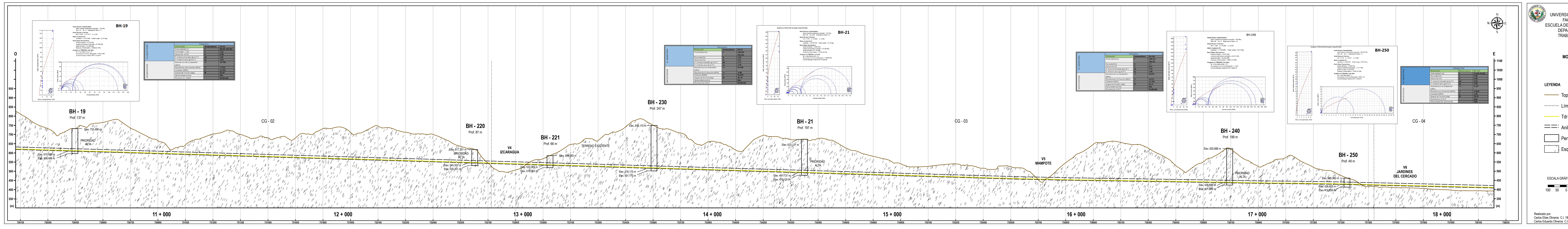
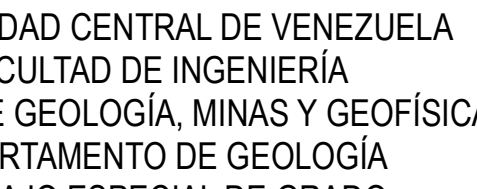
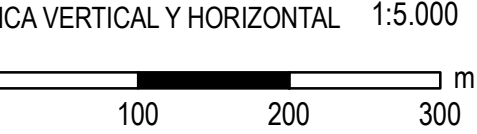
Muestra	Numero	Muestra	Altura_F	diametro_F	Angulo Rad	Angulo grad	D1	D2	D3	Prom_D	H1	H2	H3	PROM_H	Peso
501	1	BH 250-BOX 3 (14,5-6 m) 15 cm	1.1	6.3	0.09	4.99	63.00	62.90	63.00	63.00	62.97	132.00	131.50	131.80	1,055.00
501	2	BH 250-BOX 3 (14,5-6 m) 15 cm					63.10	63.00	63.10	63.07	21.00	21.00	21.30	21.20	179.80
502	1	BH 250-BOX 3 (16-17,5 m) 22 cm													
503	1	BH 250-BOX 3 (16-17,5 m) 32 cm	0.7	6.3	0.06	3.18	62.70	63.00	63.00	62.90	22.40	22.40	23.10	22.60	176.40
504	1	BH 250-BOX 3 (16-17,5 m) 36 cm	1.3	6.3	0.10	5.89	62.80	62.90	62.90	62.87	20.30	20.30	20.20	21.10	162.10
505	1	BH 250-BOX 3 (16-17,5 m) 46 cm					63.10	62.90	63.00	63.00	34.50	34.50	33.10	31.60	252.30
505	2	BH 250-BOX 3 (16-17,5 m) 46 cm	2	6.3	0.16	9.02	63.30	63.00	63.00	63.10	34.00	34.00	31.50	34.20	244.80
506	1	BH 250-BOX 6 (38,5-41,5 m) 0 cm	3.7	6.3	0.29	16.36									465.00
509	1	BH 250-BOX 6 (38,5-41,5 m) 92 cm	1.4	6.3	0.11	6.34	64.00	63.00	63.00	63.33	124.00	124.00	124.10	124.00	983.80
510	1	BH 250-BOX 6 (38,5-41,5 m) 112 cm					63.20	63.10	63.10	63.13	25.30	25.30	25.20	25.20	199.70
510	2	BH 250-BOX 6 (38,5-41,5 m) 112 cm					63.10	63.00	63.10	63.07	24.00	24.00	24.60	24.20	189.00
511	1	BH 250-BOX 6 (38,5-41,5 m) 122 cm					63.00	63.00	63.00	63.00	127.00	127.00	126.80	126.70	1,000.70




MODELO GEOMECÁNICO

LEYENDA

- Topografía
- Límite entre secciones
- Tdr
- Anillos del túnel
- Perforaciones
- Esquisto de Las Mercedes







**Universidad Central de Venezuela**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Geología, Minas y Geofísica**  
**Departamento de Geología**

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y ANÁLISIS DE LOS ESTADOS DE ESFUERZO, EN EL SECTOR HELIPUERTO ÁVILA - ESTACIÓN PDV-CERCADO (CORDILLERA DE LA COSTA) PARA LA EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES DEL METRO CARACAS-GUARENAS, ESTADO MIRANDA**

Caracas, Junio del 2014

Br. Carlos Eduardo Oliveros Alcalá  
Br. Carlos Elías Oliveros Alcalá



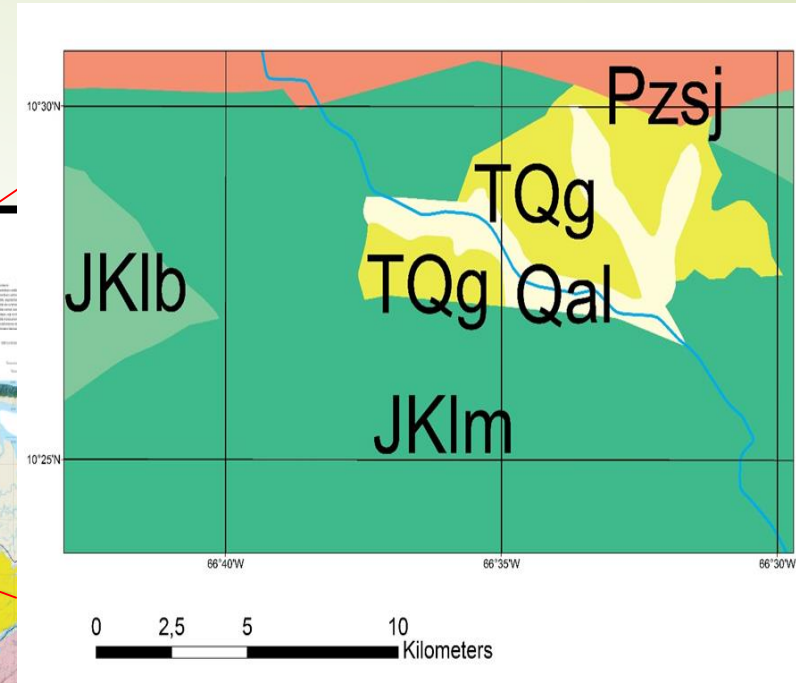
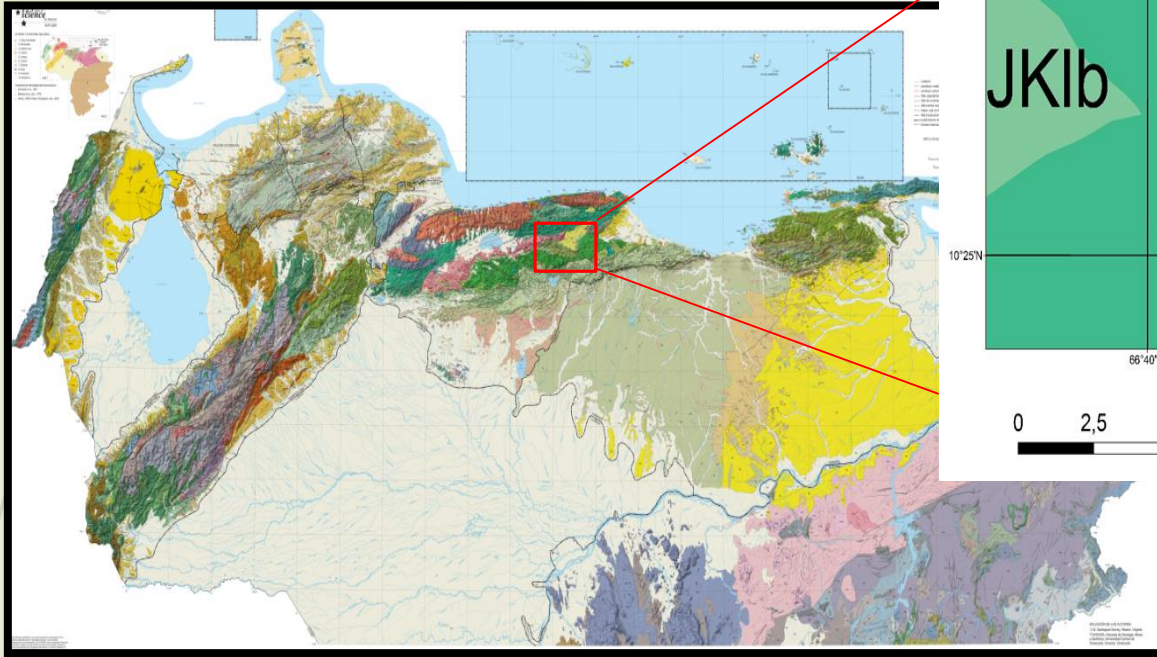
# CONTENIDO

- INTRODUCCION
- UBICACIÓN
- JUSTIFICACION
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- ALCANCES
- OBJETIVOS
- MARCO TEORICO
- ENSAYOS GEOMECÁNICOS
- METODOLOGIA
- ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA

# INTRODUCCIÓN



# UBICACIÓN



Bosquejo norte de Venezuela Tomado de Urbani (2008)

- Al norte de Venezuela, un sector del Estado Miranda, municipio Plaza, cuya localidad principal es Guarenas, dichas perforaciones se realizaron entre el Helipuerto Ávila y la estación de PDV el Cercado.

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Caracas

Sobrepoblación

Congestión vial

Ciudades dormitorio

Guarenas  
Guatire

Estado (plan de la patria)

Sistema ferroviario

Solución masiva de transporte

# JUSTIFICACIÓN

Esquisto Las Mercedes

Quebradas,  
Cortes de Carretera,

Perforaciones menores a 50 metros

No hay información

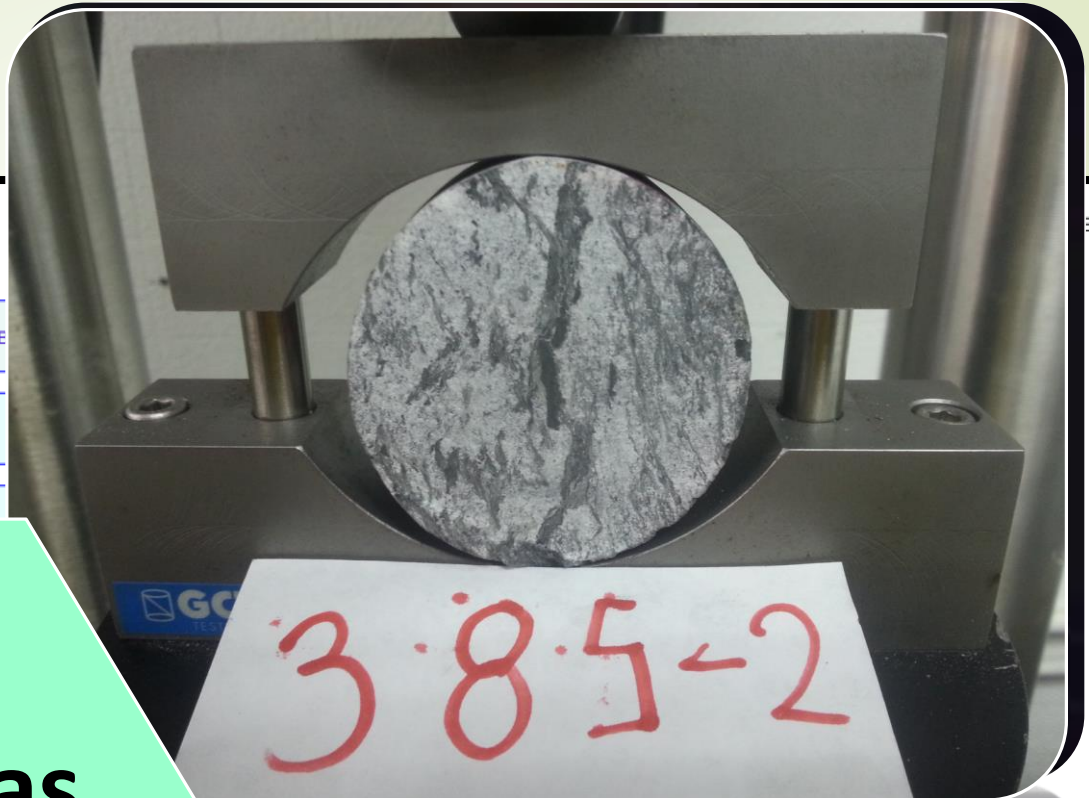
Construcción

Modelamiento geomecánico y análisis de esfuerzo

Identificar características

Valores de resistencia de la Roca

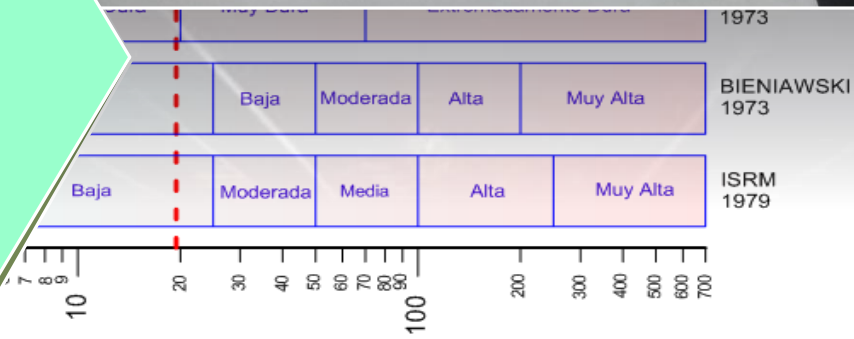
# ALCANCE



----- Resistencia de la Muestra

Extremadamente Baja	Muy Baja	E
---------------------	----------	---

**Esquisto las Mercedes**



Compresión Uniaxial (MPa)

0.1

ER, I.W.

# OBJETIVOS

## Objetivo General


Realizar la caracterización geológica, geomecánica y análisis de los estados de esfuerzo, en la Cordillera de la Costa (sector Helipuerto Ávila - estación PDV-Cercado) para la excavación de los túneles del Metro Caracas-Guarenas, Estado Miranda.





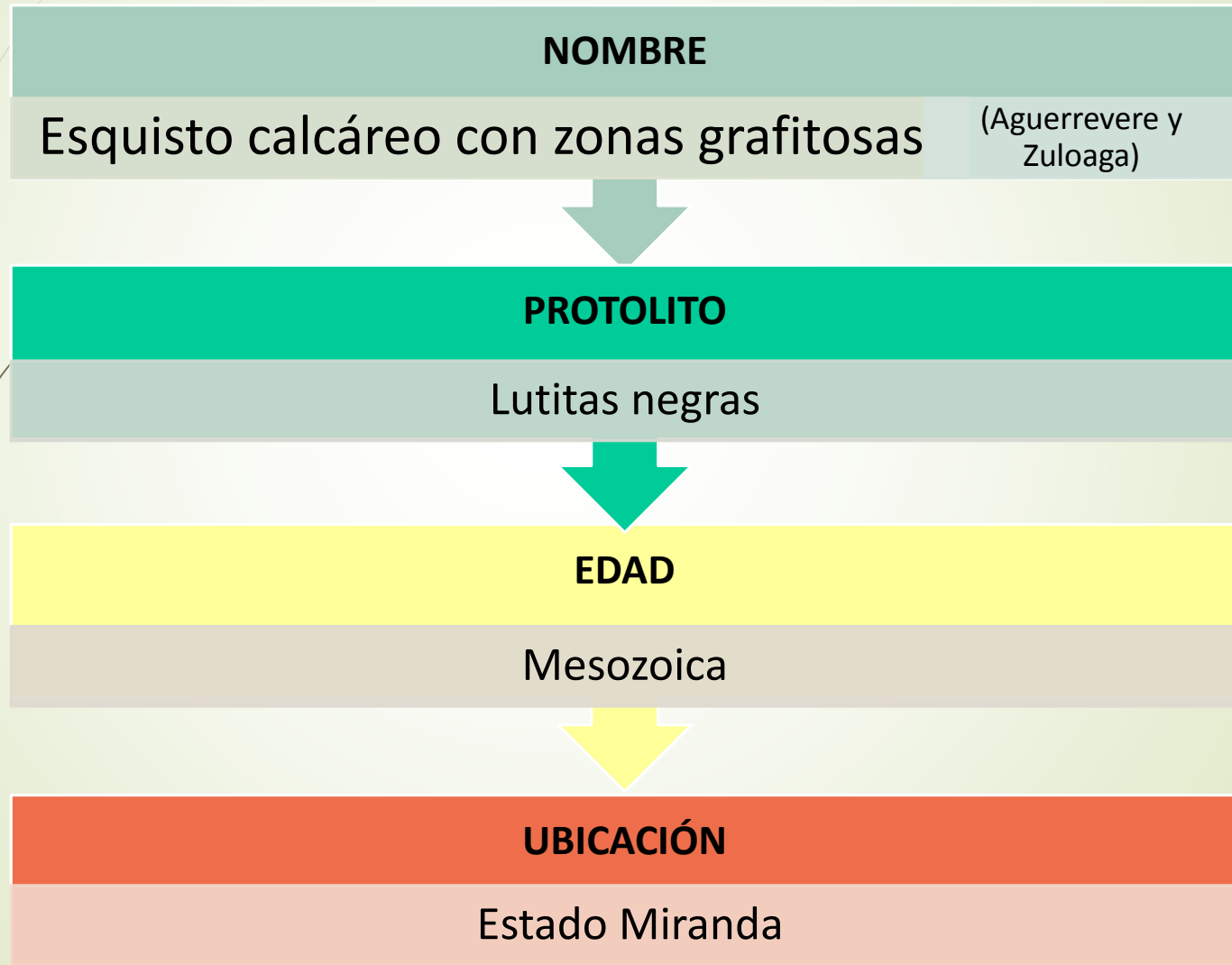
# Objetivos Específicos

- Describir parámetros cualitativos (foliación, color, variación mineralógica) de los núcleos de perforación
- Determinar propiedades índices (absorción, porosidad y densidad) de los núcleos de perforación
- Determinar propiedades geomecánicas de las rocas a través de los ensayos mecánicos: Compresión Simple, Compresión Triaxial, Tracción Indirecta (Brasileño), CERCHAR y Corte Directo
- Analizar petrográficamente las muestras de las perforaciones BH-250, BH-240, BH-21, BH-19, haciendo énfasis en porcentaje modal, fases minerales, rasgos texturales, microestructuras, e identificación mineral

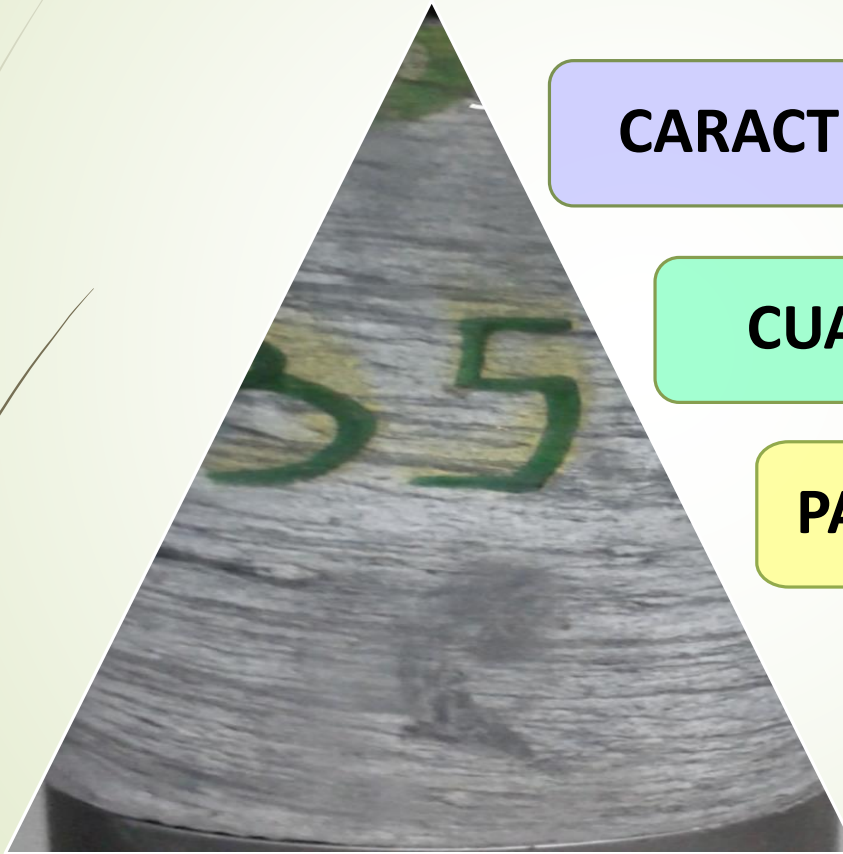
- 
- ▶ Concentrar datos geológicos y geomecánicos en tablas y reportes de laboratorio
  - ▶ Comparar los índices de abrasividad obtenidos mediante índice de Schimazek y ensayo geomecánico (CERCHAR)
  - ▶ Generar el modelo geomecánico de la zona en estudio del macizo rocoso
  - ▶ Analizar las variaciones de los estados de esfuerzo en el macizo rocoso antes, durante y después de la excavación del túnel por el método de los elementos finitos

# MARCO TEÓRICO

**Esquisto Las Mercedes**



# ENSAYOS GEOMECAVICOS



**CARACTERIZAR**

**CUANTIFICAR**

**PARTICULAR - GENERAL**

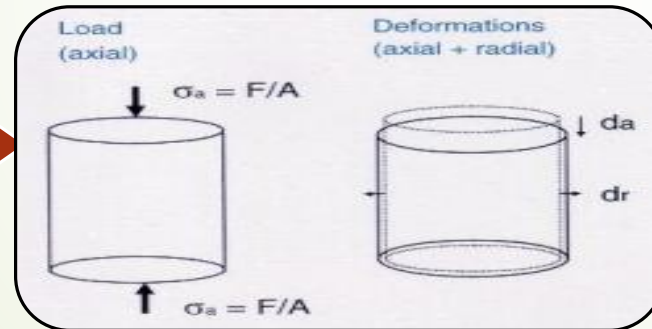
**MACIZO ROCOSO**

# ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

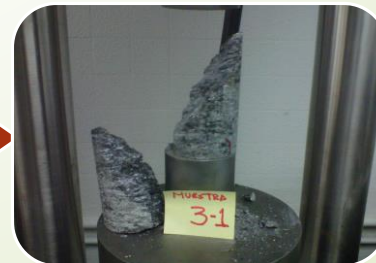
**Objetivo:** RESISTENCIA DE COMPRESION NO CONFINADA DE LA ROCA



Probeta cilíndrica (4,7 cm)



Fuerza Máxima  
compresión



Ruptura

# ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

## ASTM

### Condición 1

Razón de la probeta largo / diámetro (2,0-2,5)D:1D



### Condición 2

Extremos deben ser paralelos y pulidos



### Condición 3

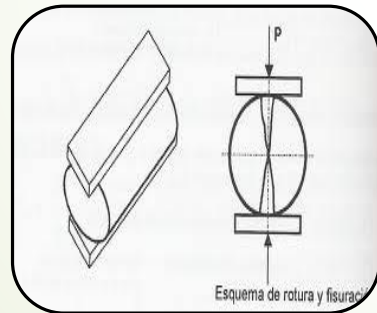
Ancho de la muestra debe ser  $10 >$  al tamaño de grano

# ENSAYO TRACCIÓN INDIRECTA

**Objetivo:** DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE LA ROCA



**Probeta cilíndrica (disco)**

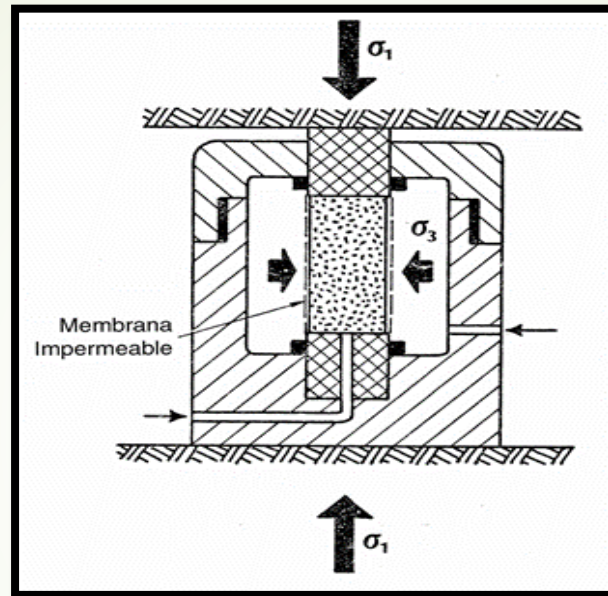


**Fuerza de compresión**



**Ruptura**

# ENSAYO TRIAXIAL



$\sigma_1$  Carga de  
manera  
uniforme



Esfuerzo lateral  $\sigma_3$   
es aplicada con  
aceite a presión



$L/D > 2.5$



# ENSAYO TRIAXIAL

**Muestra**



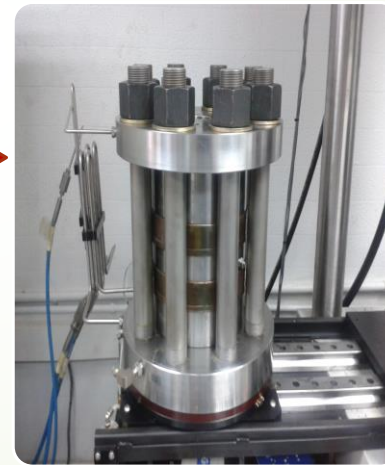
**Paso 1**

**Membrana**



**Paso 2**

**Celda**



**Paso 3**

**Ruptura**



**Paso 4**

# CORTE DIRECTO SERVO-CONTROLADO (RDS-500)

CILINDROS, CUBOS, PRISMAS,  
Y FRAGMENTOS DE ROCA

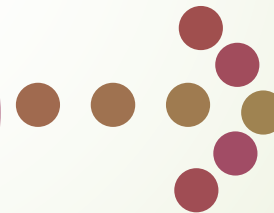


DISCONTINUIDADES



3 ETAPAS

2 MPa, 4MPa, 8Mpa



RESISTENCIA A LA  
CIZALLADURA,  
COHESIÓN  
Y FRICCIÓN

# ENSAYO DE CORTE

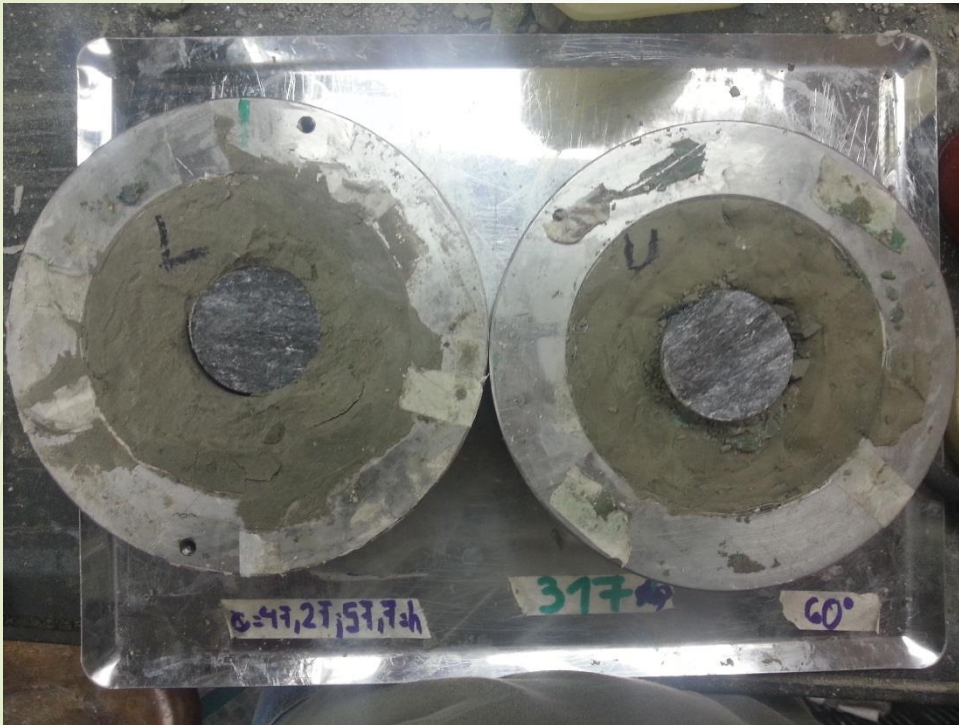


Imagen del sistema de  
corte directo  
servo-controlado.

# PETROGRAFÍA

Análisis modal



Representativos



Conteo de 360



Valores cuantitativos



- Vetas de cuarzo
- Calcita
- Grafito (Foliación)

# METODOLOGÍA

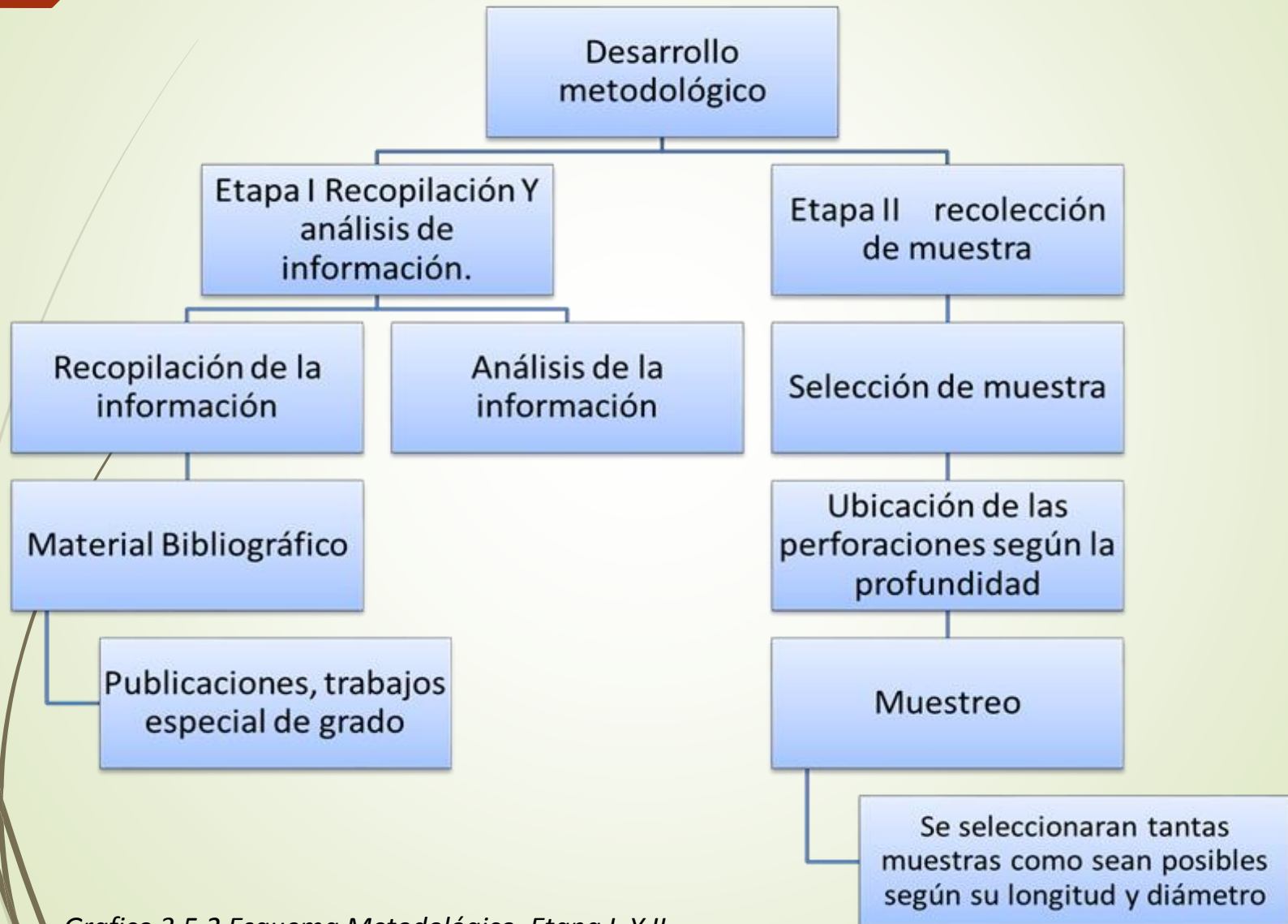
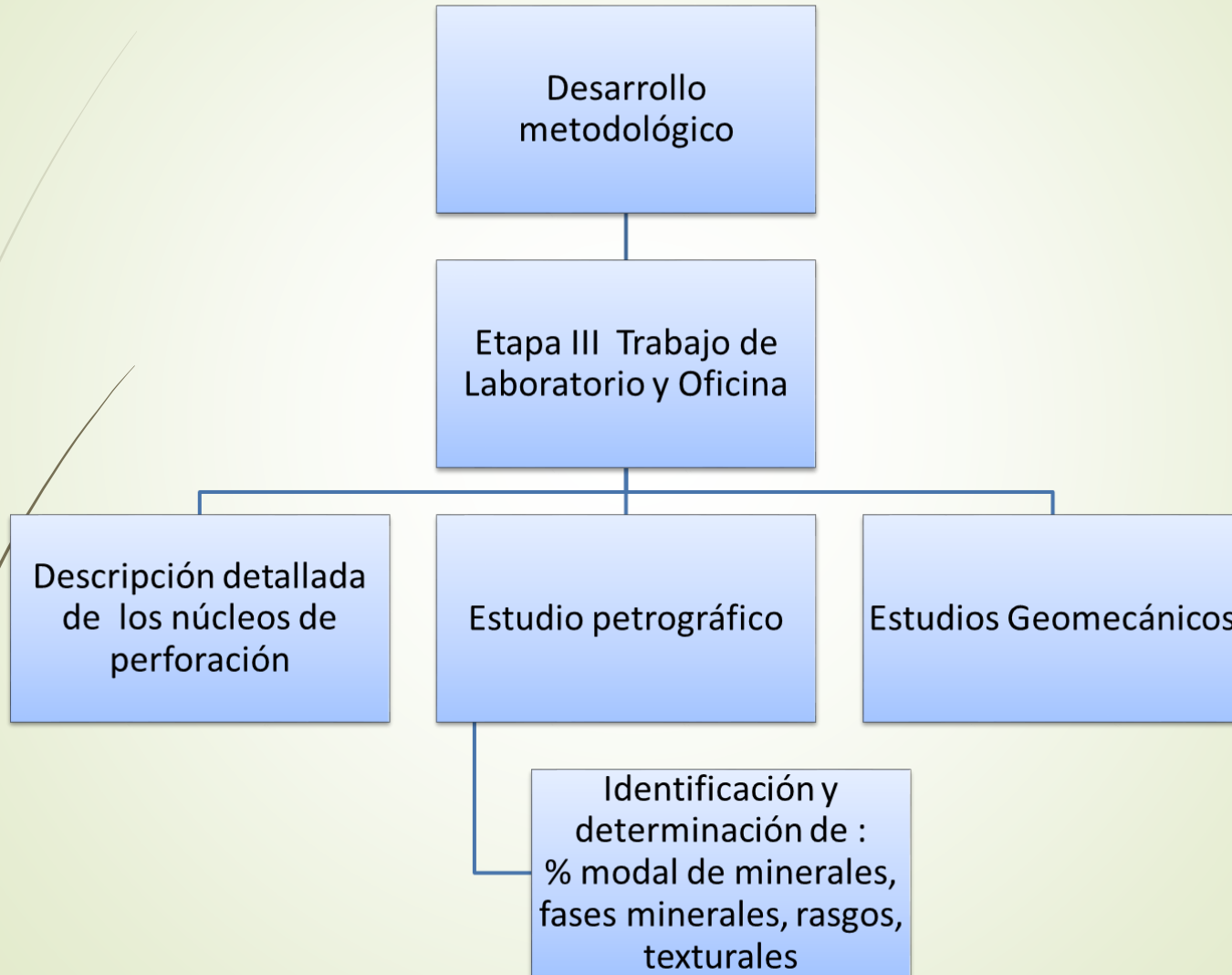


Grafico 3.5.2 Esquema Metodológico Etapa I Y II

# METODOLOGÍA



*Grafico 3.5.3 Esquema Metodológico Etapa III*

# METODOLOGÍA



Grafico 3.5.4 Esquema Metodológico Etapa III

# ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Descripción litológica	BH-19
Color predominante	Gris Claro a gris.
Textura	Foliada.
Mineralogía	Cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.
Observaciones	Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de $16,91^\circ$ y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.
Clasificación mineralógica textural	Esquisto Cuarzo Moscovítico Grafitoso Piritico.
Longitud de la Perforación	137 m



# ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

<b>Descripción litológica</b>	<b>BH-21</b>
<b>Color predominante</b>	Gris Claro a gris.
<b>Textura</b>	Foliada.
<b>Mineralogía</b>	cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.
<b>Observaciones</b>	Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de $12,43^\circ$ y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita, estos son más oscuros que los esquistos de la perforación BH-19.
<b>Clasificación mineralógica textural</b>	Esquisto cuarzo calcítico moscovítico grafitoso.
<b>Longitud de la Perforación</b>	197 m



# ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Descripción litológica	BH-240
Color predominante	Gris Claro a gris.
Textura	Foliada.
Mineralogía	cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.
Observaciones	Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de $23,65^\circ$ y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), abundante presencia de grafito, el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.
Clasificación mineralógica textural	Esquisito cuarzo moscovítico grafitoso piritico
Longitud de la Perforación	199 m

# ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Descripción litológica	BH-250
Color predominante	Marrón claro a gris claro
Textura	Foliada.
Mineralogía	Cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.
Observaciones	Núcleos de muestras frescas claramente meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de $10,63^\circ$ y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), con poca cantidad de grafito, el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.
Clasificación mineralógica textural	Esquisto cuarzo moscovítico grafitosos piritico
Longitud de la Perforación	49 m

# ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO

 RIF: J-00363691-6	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> Ensayo de Absorción, Porosidad, PU (Húmedo y Seco)			 RIF: G-20000062-7
	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b> MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 1</b>
	L. RODRIGUEZ	C. OLIVEROS	23/02/2014	
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption (1979)		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		

PERFORACION	PROFUNDIDAD (m)	Absorción A(%)	Porosidad n(%)	P.U. Humedo $\gamma_h$ (gr/cm <sup>3</sup> )	P.U. Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )
BH-19	34 - 125	0,58	1,53	2,64	2,63
BH-21	76 - 160	0,61	1,63	2,72	2,70
BH-240	170 - 190	0,63	1,70	2,70	2,68
BH-250	14 - 42	1,18	2,98	2,59	2,56

27-2	BH-19	85,9	0,47	1,26	2,70	2,69
3-2	BH-19	102	0,69	1,69	2,45	2,44
24-4	BH-19	123,95	0,67	1,78	2,68	2,66
363	BH-250	13,00	1,12	2,85	2,56	2,54
364	BH-250	46,3	0,94	2,48	2,68	2,65
505-1	BH-250	16,46	0,91	2,36	2,61	2,59
502	BH-250	16,22	1,73	4,26	2,50	2,45
239	BH-240	185,64	0,13	0,36	2,69	2,68
233	BH-240	183,73	0,96	2,51	2,64	2,61
237-3	BH-240	185,34	0,96	2,59	2,74	2,71
246-2	BH-240	189,31	0,50	1,35	2,73	2,72

# CONTEO MODAL

Perforación / Prof. (m)	% Mineral					
	Cuarzo %	Calcita %	Grafito %	Muscovita %	Oligoclasa %	Pirita %
BH-19 / 10 – 117 m	21 - 31 %	27 - 54 %	3 - 22 %	7 - 28 %	0 - 2 %	0 - 4 %
BH-21 / 50 – 178 m	20 - 72 %	5 - 40 %	0 - 22 %	11 - 34 %	0 - 1,5 %	0 - 4 %
BH-240 / 100 - 190 m	7 - 60 %	0 - 60 %	1 - 21 %	0 - 27 %	0 - 9 %	0 - 9 %
BH-250 / 40 - 46 m	26 - 41 %	32 - 44 %	5 - 7 %	19 - 23 %	0%	0%

BH-250 Box 7 44,5 - 46,0 m	80,0	26,7	134,0	44,7	16,0	5,3	70,0	23,3	0,0	0,0	300,0	100,0
-------------------------------	------	------	-------	------	------	-----	------	------	-----	-----	-------	-------

# PORCENTAJE MODAL GENERAL DE CUARZO

Las 4 perforaciones oscilan en un rango de valores de 26 – 43 % de mineral abrasivo y un promedio de 35 % lo que evidencia una alta abrasividad del macizo en toda su trayectoria, lo que tendrá efectos considerables sobre los elementos cortantes de la TBM al excavar el túnel.

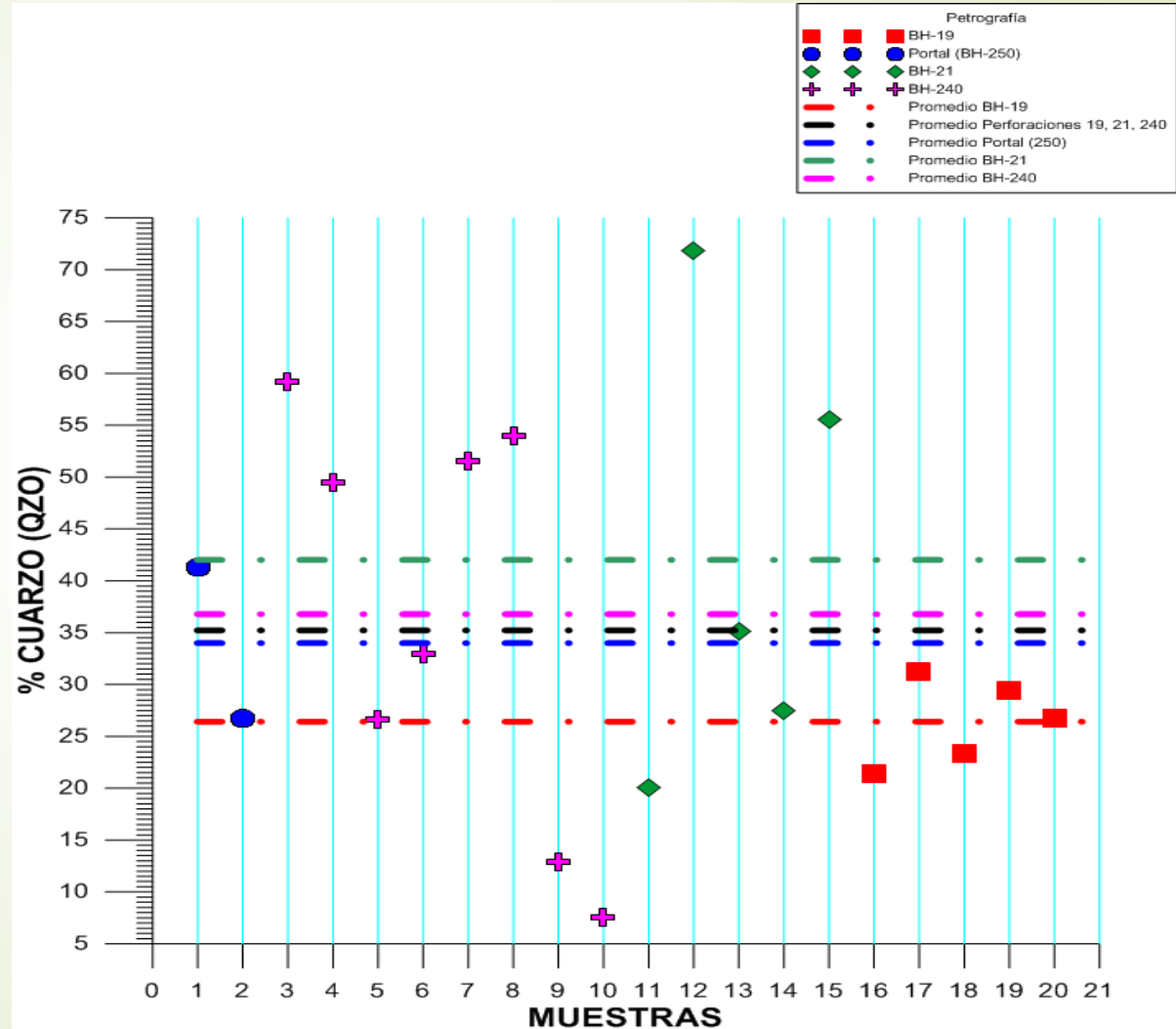


Gráfico 4.3.1. Resultado General del porcentaje modal del mineral de cuarzo de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21

# ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Perforación	Nº Muestra	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Compresión (MPa)
BH-240	218-1	-6.27	18.82
BH-240	232-1	-4.09	12.26

PERFORACION	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa)
<b>BH-19</b>	-8,94	26,83
<b>BH-21</b>	-8,38	25,16
<b>BH-240</b>	-6,32	18,94
<b>BH-250</b>	-2,88	8,65

BH-21	9-4	-8.05	19.94
BH-21	9-5	-11.69	35.07
BH-250	501-2	-6.84	20.51
BH-250	503	-2.64	7.91
BH-250	504	-3.36	10.09
BH-250	510-1	-0.92	2.75
BH-250	510-2	-0.67	2.00

Tabla 4.4.1. Resultados del Ensayo Brasilerio.

# ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

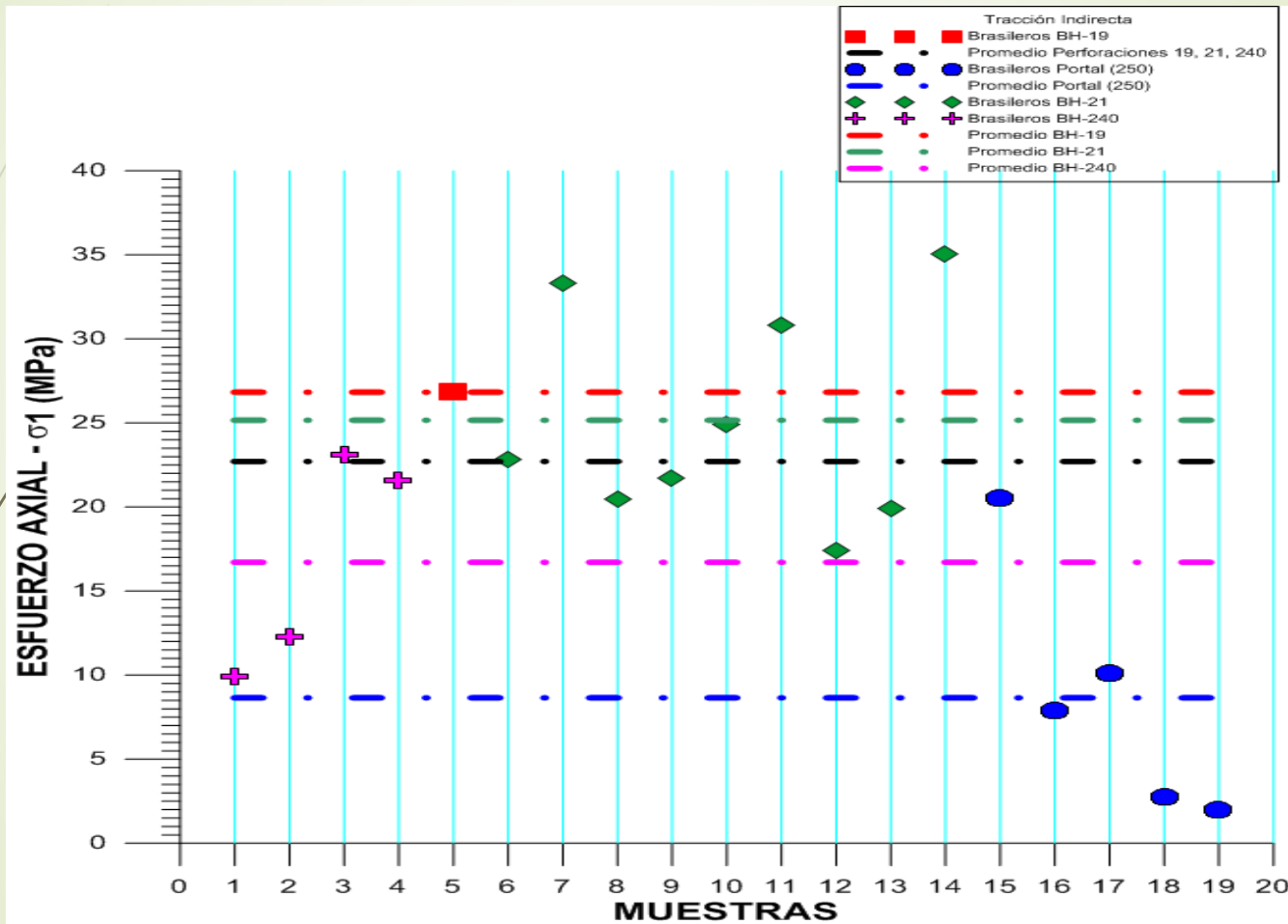


Gráfico 4.4.1. Resultado General los Ensayos de Tracción Indirecta (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21.

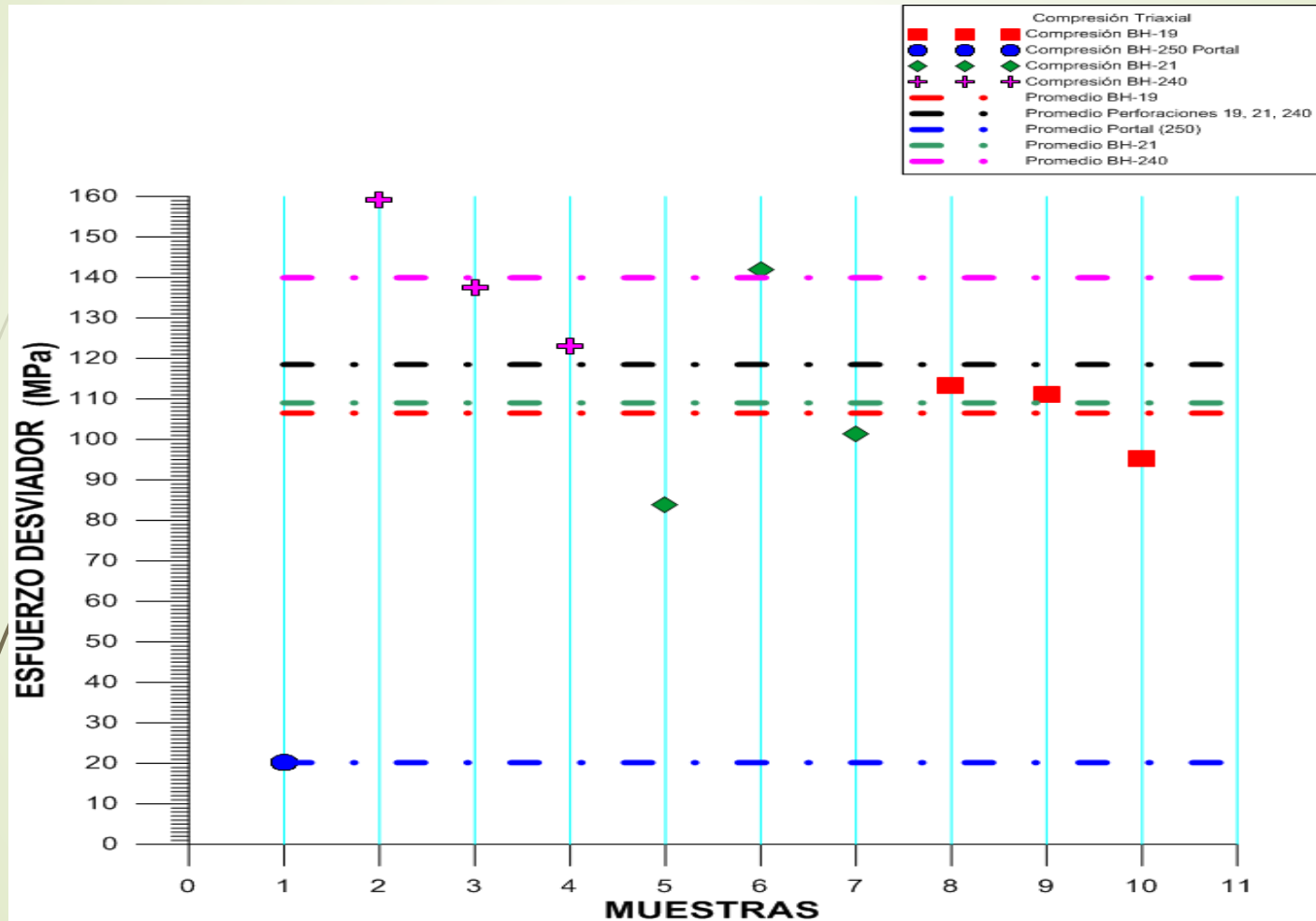


# ENSAYO TRIAXIAL

Ensayo de Compresión Triaxial					
Ensayo de Compresión Triaxial					
Perforación	Esfuerzo Desviador Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Sigma 3	Sigma 1	
BH-250	20,19	3,504	6.293	26.46	
BH-240	139,94	2,71	36.21	176,16	
BH-21	111,15	2	31,59	142,74	
BH-19	106,5	1,67	23.12	129,63	
BH-19	29-1	95.13	2,273	23.2	118.34
BH-19	24-2	111.06	1,36	23.04	134.1
BH-19	19-1	113.33	1,392	23.12	136.46

Tabla 4.4.2. Resultados del ensayo Triaxial.

# ENSAYO TRIAXIAL



Gráfica 4.4.2. Resultado General los Ensayos de Triaxial (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21

# ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL

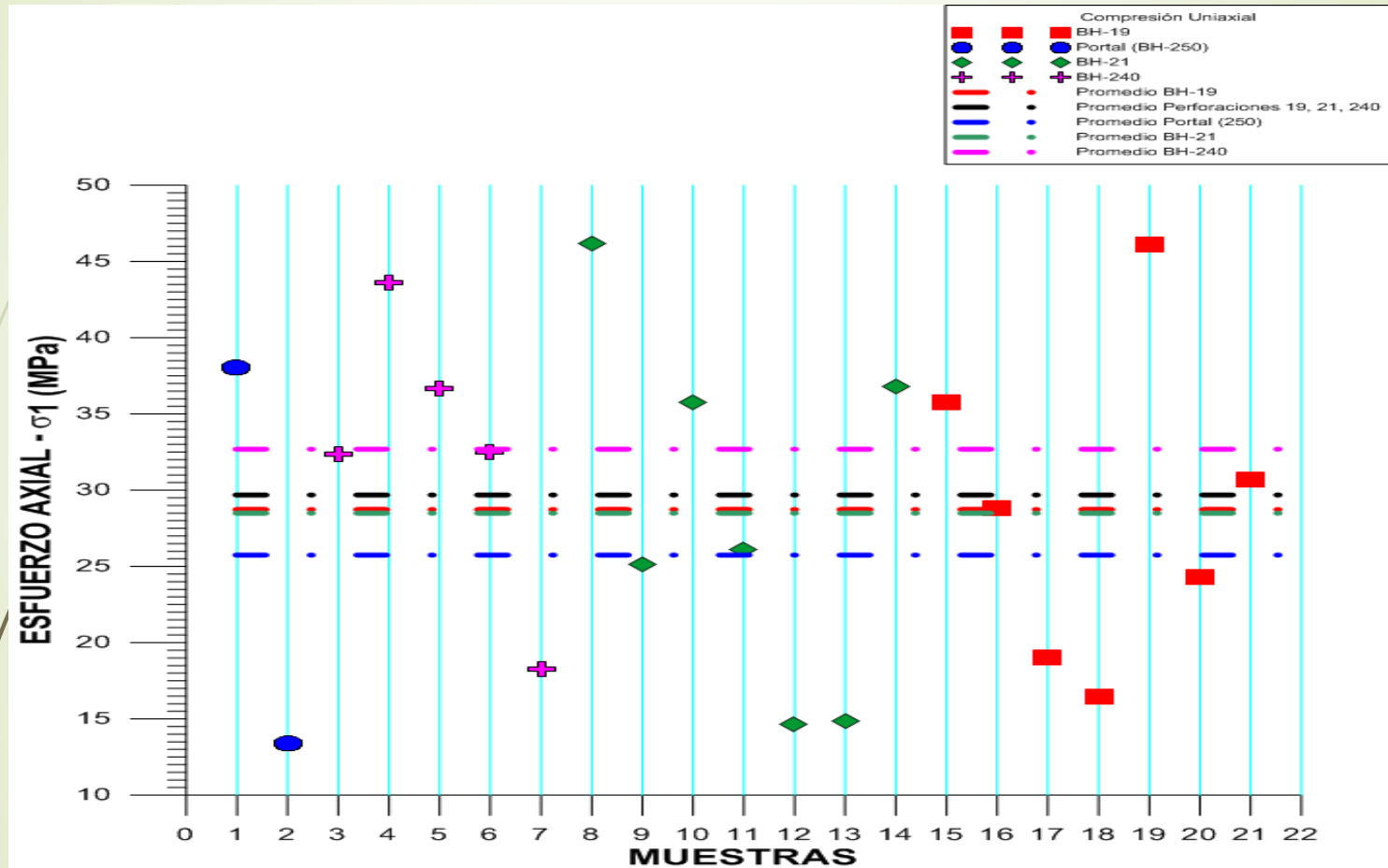
Ensayo de Compresión Uniaxial					
Perforación	N° de Muestra	Esfuerzo Axial Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Módulo de Elasticidad Tangente (50%) GPa	Módulo de Elasticidad Secante (50%) GPa

Perforación	Esfuerzo Axial Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Módulo de Elasticidad Tangente (50%) GPa	Módulo de Elasticidad Secante (50%) GPa
BH-250	25,74	0,73	9,07	3,39
BH-240	32,69	0,42	15,44	7,51
BH-21	28,49	1,58	1,33	1,24
BH-19	28,73	1,38	1,53	1,32

BH-19	21-1	19.04	1.87	0.43	0.64
BH-19	22-1	16.46	1.73	0.45	0.67
BH-19	23-1	46.08	1.22	2.58	2.44
BH-19	24-3	24.29	1.50	0.93	1.07
BH-19	25	30.69	1.46	1.49	1.35

Tabla 4.4.3. Resultados del Ensayo de Compresión Uniaxial.

# ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL



Grafica 4.4.3. Resultado General los Ensayos de Compresión Uniaxial (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21

# ENSAYO DE CORTE

Ensayo de Corte Directo								
Perforación	Nº de Muestra	Etapas	$S_n$	$t$	Sigma 3	Sigma 1	Cohesión	Angulo de fricción
BH-240	222	1	2.22	5.13	-2.90	7.35	5.14	4.67
		2	4.41	5.79	-1.37	10.20		
		3	8.74	5.75	2.98	14.50		
BH-240	244	1	2.10	4.22	-2.11	6.33	3.12	29.69
		2	4.43	5.83	-1.39	10.26		
		3	7.48	7.31	0.16	14.79		
BH-250	506	1	2.16	1.19	0.96	3.66	0.86	9.97
		2	2.14	1.28	0.86	3.42		
		3	4.28	1.61	2.66	5.75		
		4	8.54	2.21	6.33	10.7		

Tabla 4.4.4. Resultados Corte Directo

# MÉTODO DE SCHIMAZEK

Perforaciones	Q (%)	d50%(mm)	$\sigma T(N/mm^2)$	F(N/mm)	F (kp/cm)	Rozabilidad
BH-19	26.42	0.40	8.94	0.94	0.96	Muy mala
BH-21	42.02	0.15	8.39	0.53	0.54	Regular
BH-240	36.78	0.18	6.31	0.41	0.42	Moderada
BH-250	34.00	0.20	2.88	0.20	0.20	Muy buena

Tabla 4.5.1. Resultados de abrasividad obtenidos por el método Schimazek

Contenido de cuarzo equivalente (Q)
Diámetro medio de cuarzo (d50%)
Resistencia tracción ( $\sigma T$ )
Coefficiente de abrasividad (F)

Abrasividad F (kp/cm)	Clasificación
0.2-0.3	Muy buena
0.3-0.4	Buena
0.4-0.5	Moderada
0.5-0.6	Regular
0.6-0.8	Mala
0.8-1.0	Muy mala

# ENSAYO DE ABRASIVIDAD MÉTODO (CERCHAR)

<b>Abrasividad Método CERCHAR</b>			
<b>Perforación</b>	<b># de Muestra</b>	<b>Índice de Abrasividad</b>	<b>Abrasividad</b>
BH-250	511	2.10	<b>Alta</b>
BH-250	508	4.50	<b>Extremada</b>
BH-250	507	2.90	<b>Alta</b>
BH-240	246-1	1.10	<b>Media</b>
BH-240	243-2	3.20	<b>Alta</b>
BH-240	237-2	2.40	<b>Alta</b>
BH-21	10	3.10	<b>Alta</b>
BH-21	11-1	2.60	<b>Alta</b>
BH-21	12	3.40	<b>Alta</b>
BH-19	19	3.00	<b>Alta</b>
BH-19	24	3.10	<b>Alta</b>
BH-19	29	3.40	<b>Alta</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>2.90</b>	<b>Alta</b>

**Tabla 4.5.2. Resultados de abrasividad obtenidos por el método Cerchar**

<b>CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR</b>	
<b>ABRASIVIDAD</b>	<b>CAI</b>
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
CUARCÍTICO	6.00 – 7.00

**Tabla 4.5.3. Criterio de abrasividad para el método Cerchar**

# COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS SCHIMAZEK Y CERCHAR

- La perforación BH-250 tiene una rozabilidad muy buena según el método Schimazek, una baja abrasividad que no es correspondiente con la abrasividad arrojada por el método CERCHAR.
- La divergencia de ambos métodos está asociada a la meteorización ejercida por los agentes exógenos, causando una baja resistencia a la tracción, que al ser tan baja produce cambios notorios en este índice de rozabilidad.
- Por lo tanto en rocas intactas como las perforaciones BH-19, BH21, Y BH-240 se recomienda utilizar el método Cerchar por su rapidez y efectividad, pero, en rocas altamente descompuestas es mejor el método Schimazek ya que evalúa más a detalle los parámetros geológicos y su composición.
- En rocas no expuestas a agentes exógenos es mejor Cerchar.



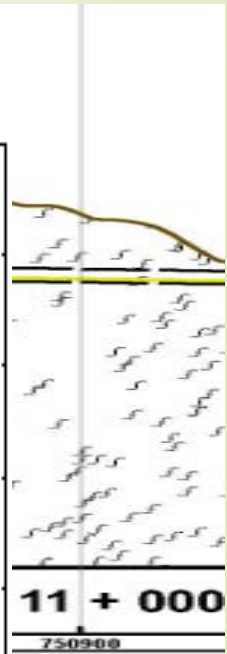
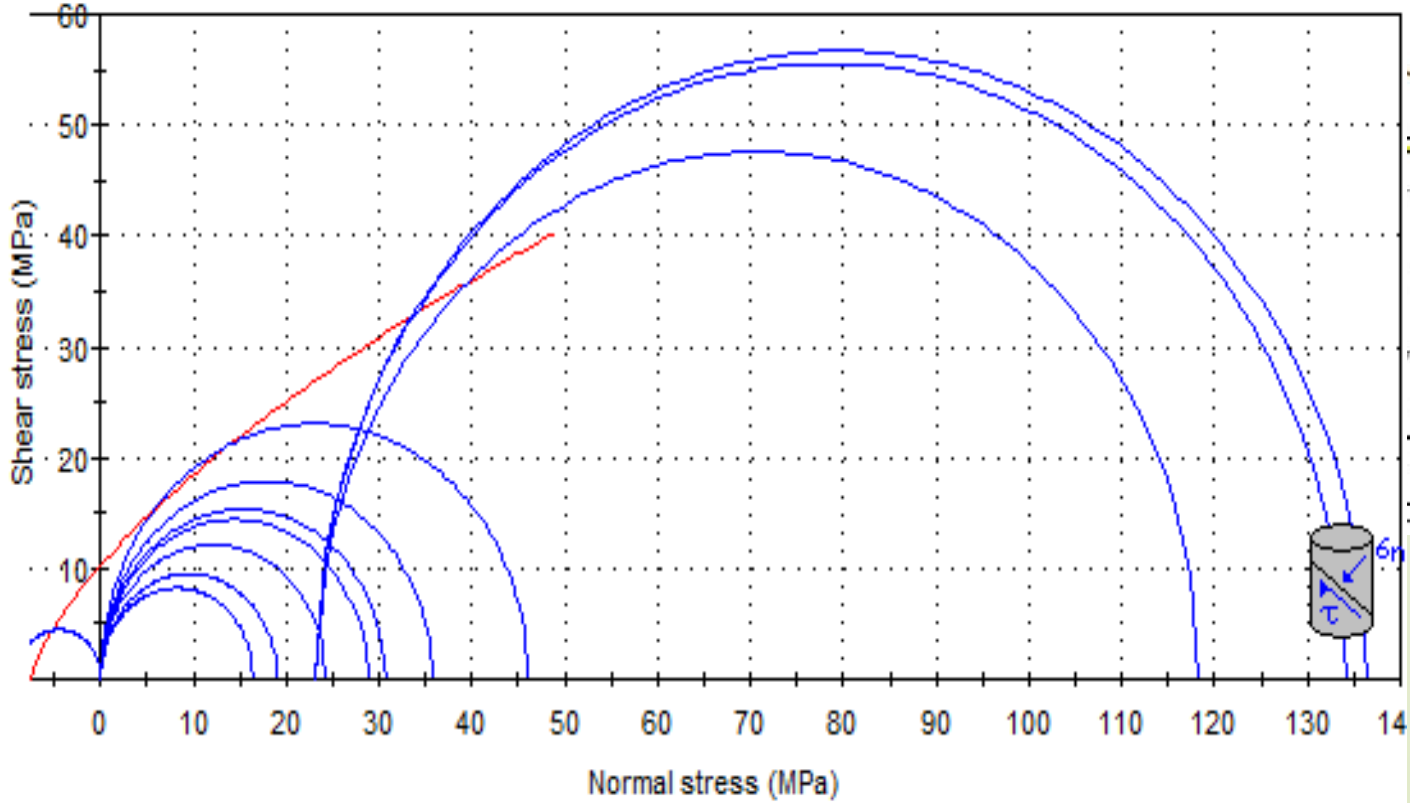
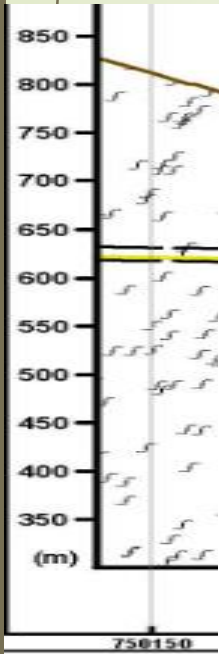
MO

M. LABORATORIO

Parámetros		
Perforación	Nomenclatura	BH-19
Profundidad (m)	P	(85.90-102.00)
Porosidad n (%)	n	1.52
Absorción A (%)	A	0.58
P. Unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	ρ <sub>h</sub>	2.64
P. Unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	ρ <sub>s</sub>	2.63
Resistencia a la compresión (MPa)	σ <sub>c</sub>	43.798
Resistencia a la tracción (MPa)	σ <sub>t</sub>	-7.519
Cohesión (MPa)	C	11.255
Angulo de fricción (deg)	Φ	32.40
Abrasividad cerchar	-	Alta
Resistencia I.S.M.R	-	Moderada

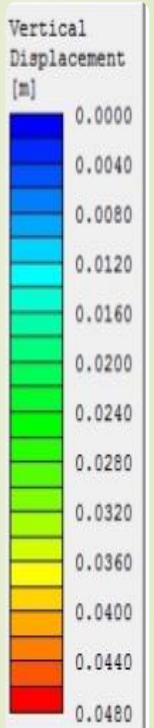
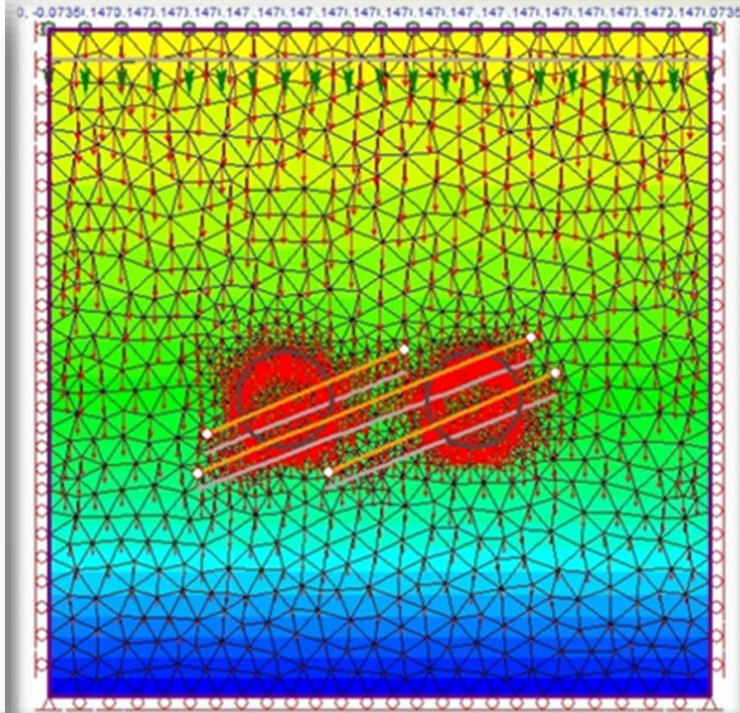
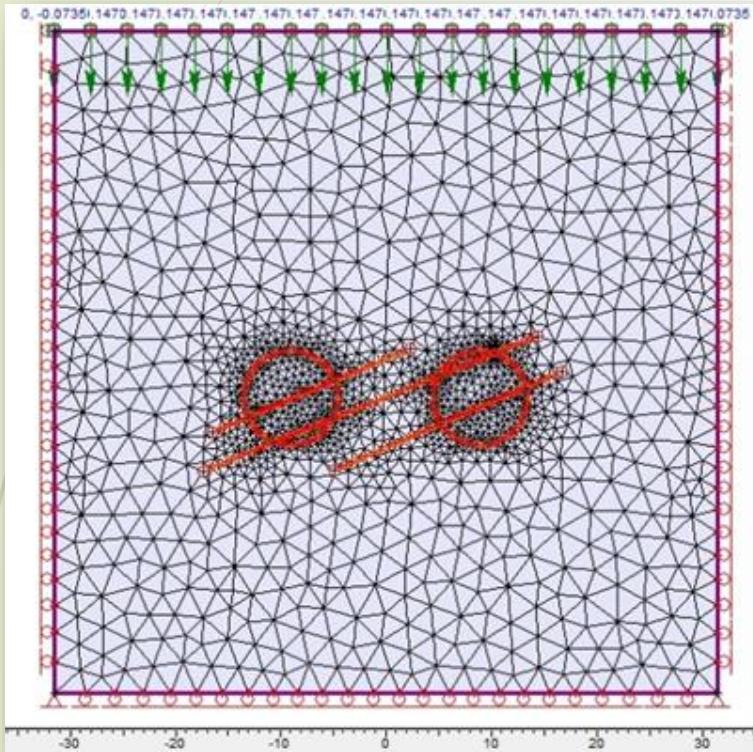
MACIZO ROCOSO

MECÁNICO



# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-19

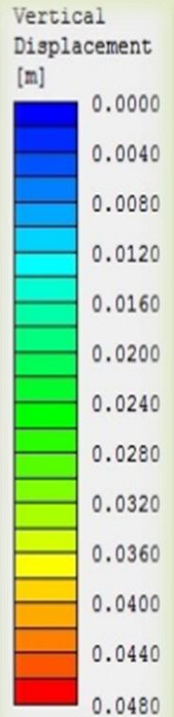
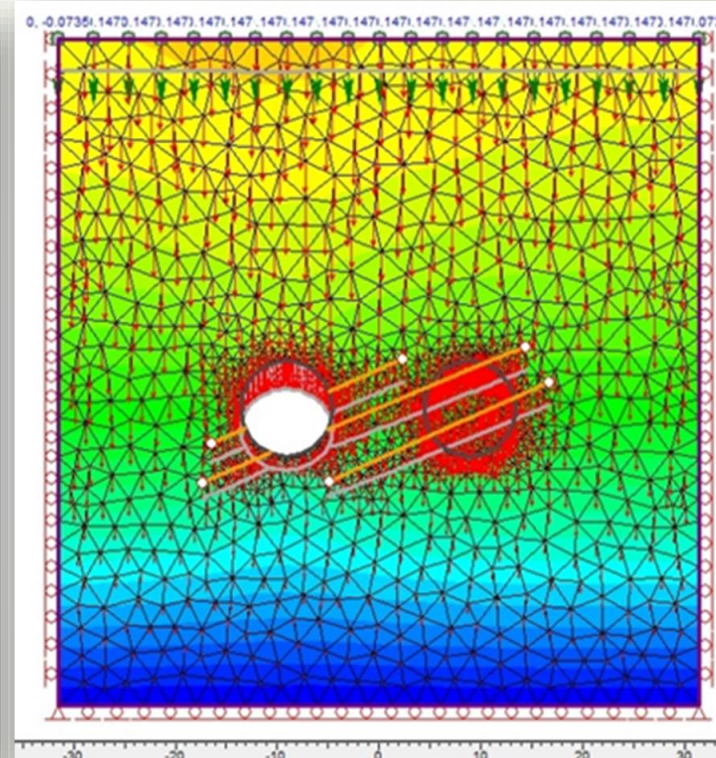
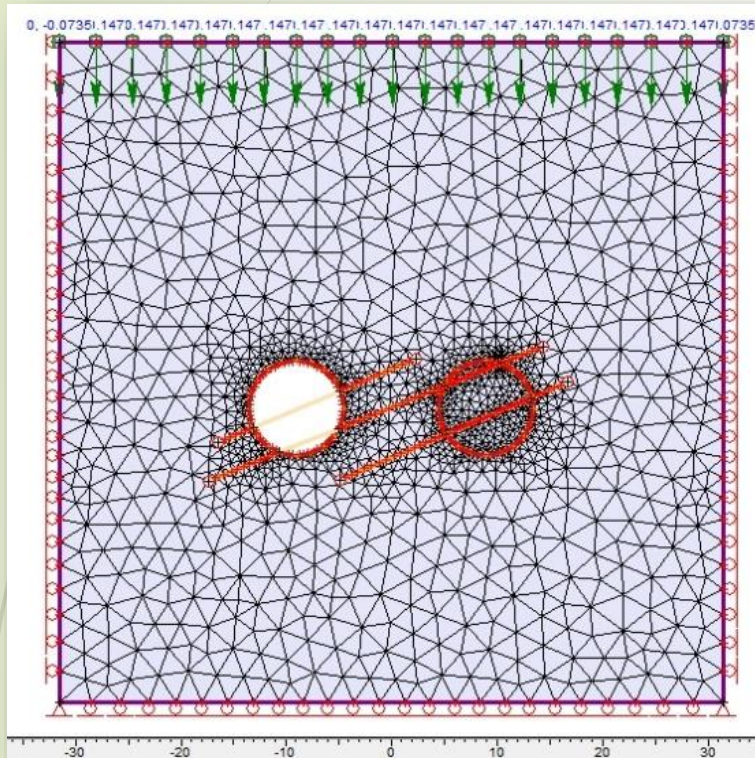
## Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	28 mm
Lateral	24 mm
Debajo	20 mm

# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-19

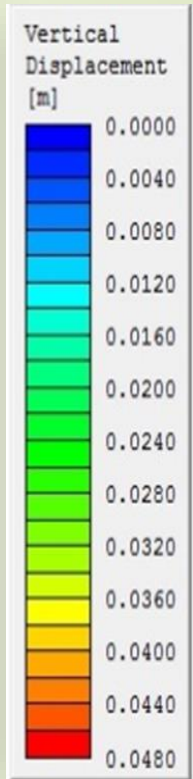
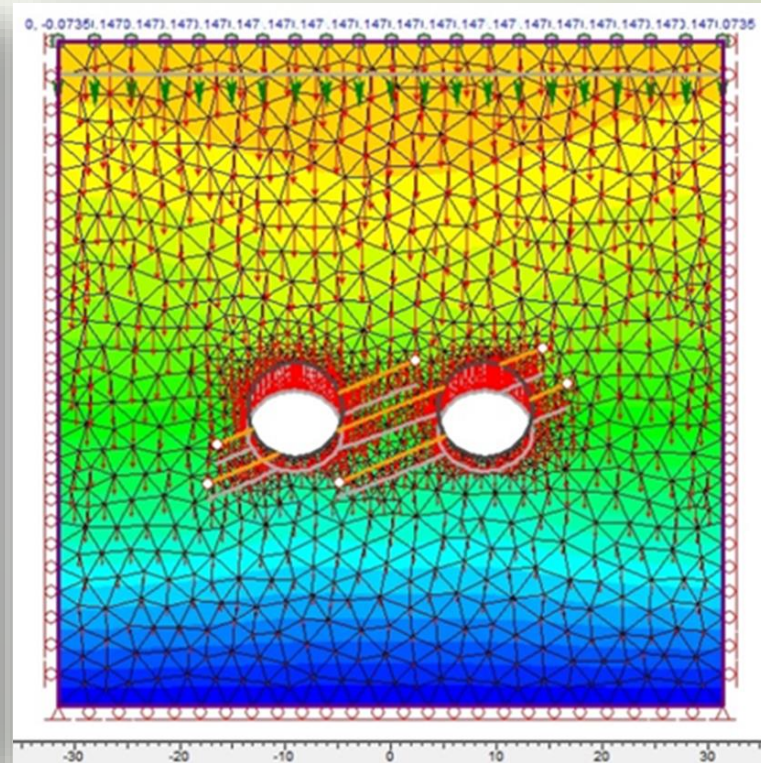
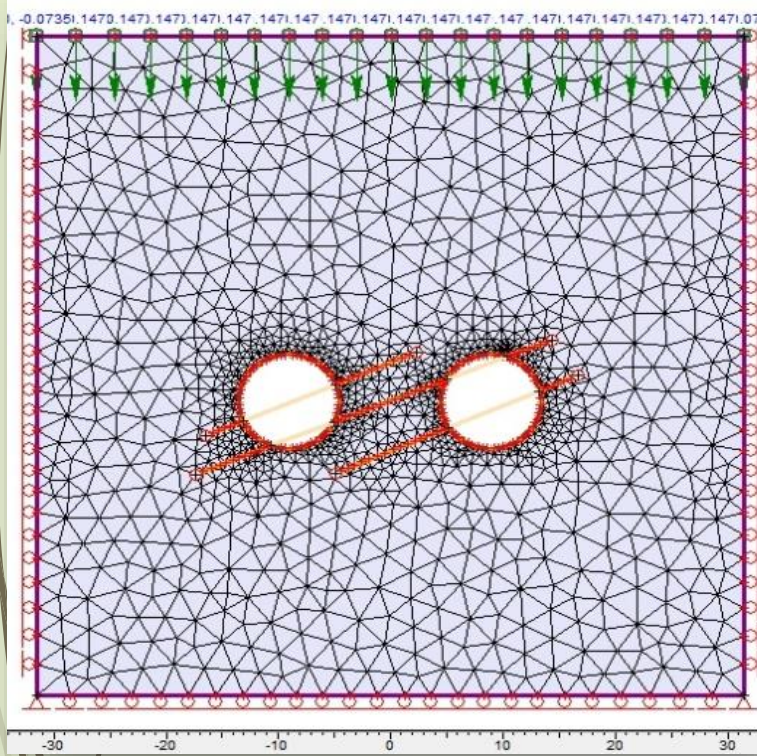
## Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	32 mm
Lateral	26 mm
Debajo	16 mm

# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-19

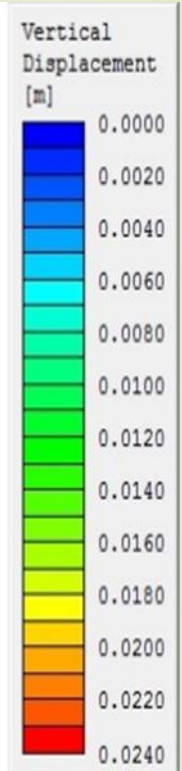
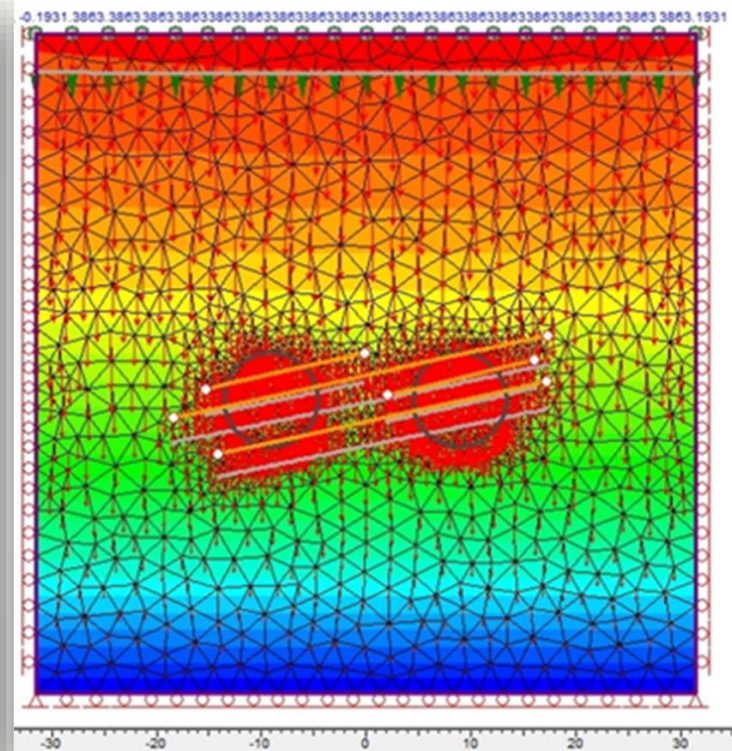
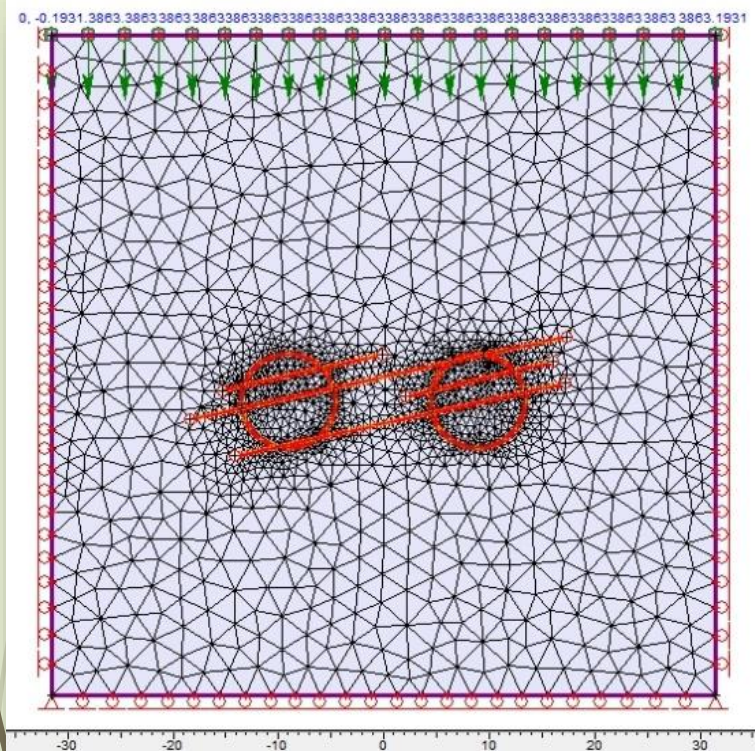
## Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	34 mm
Lateral	26 mm
Debajo	16 mm

# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-21

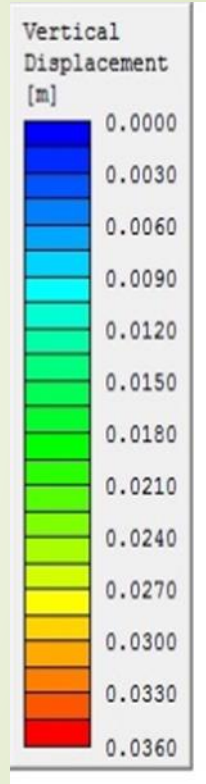
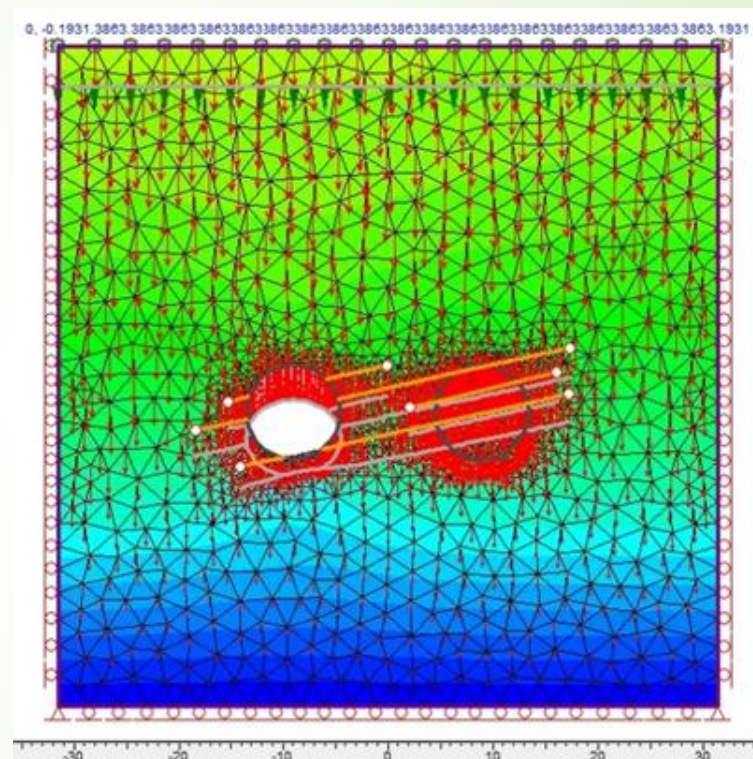
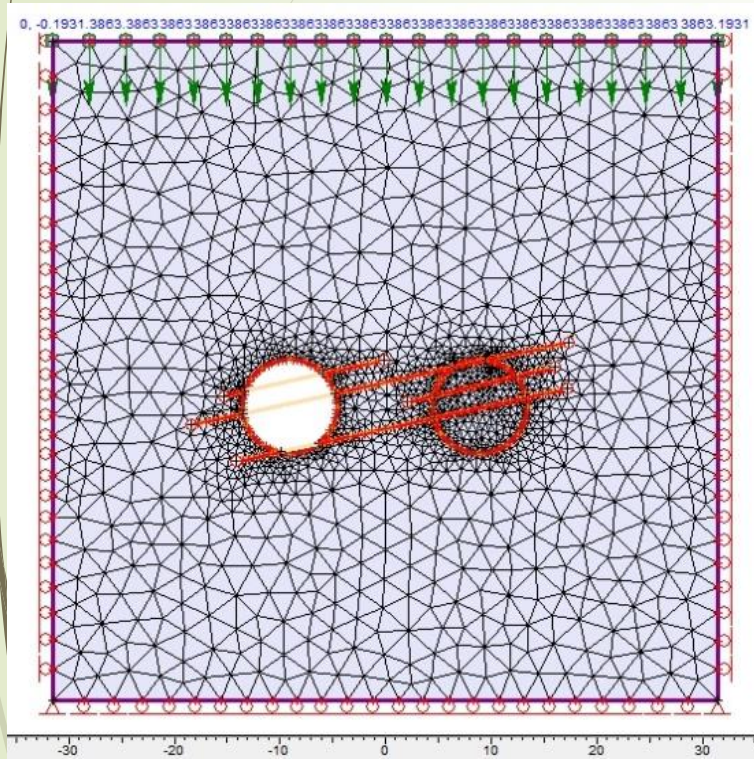
## Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	17 mm
Lateral	15 mm
Debajo	13 mm

# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-21

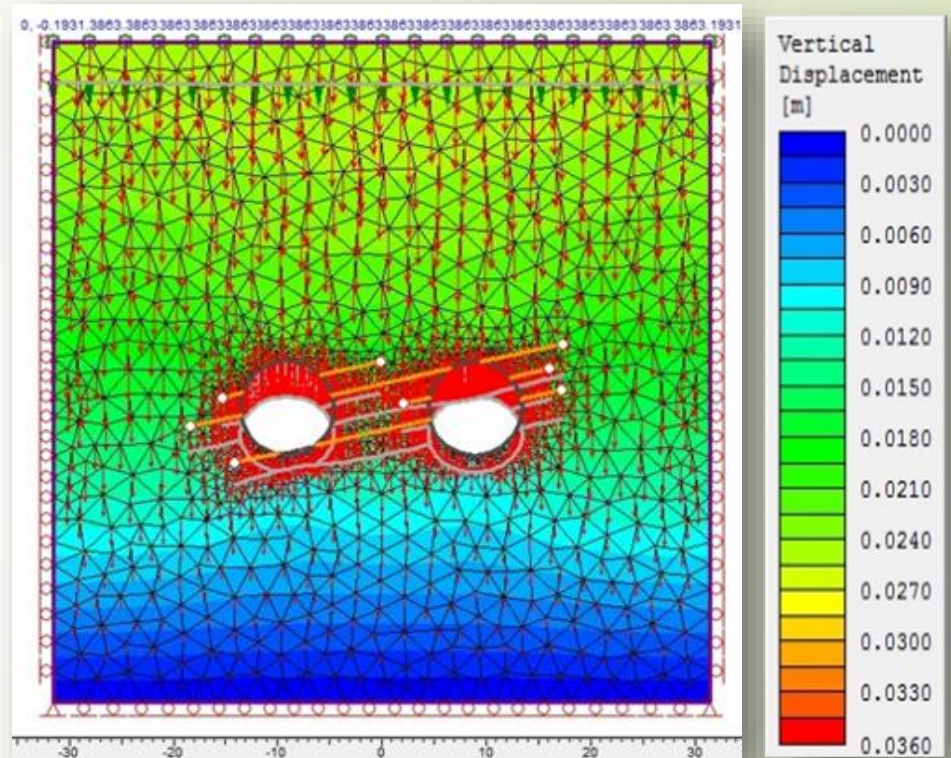
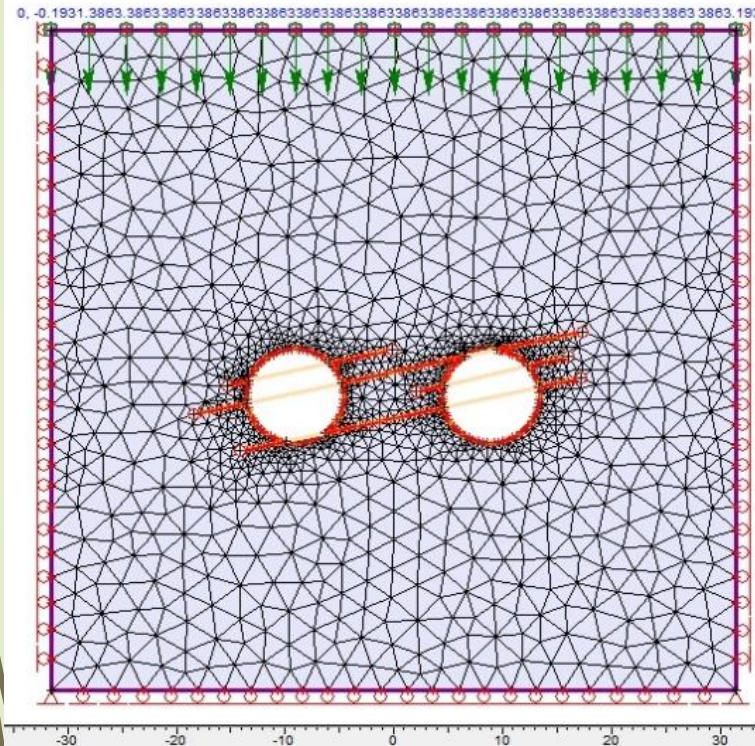
## Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	21 mm
Lateral	15 mm
Debajo	10 mm

# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-21

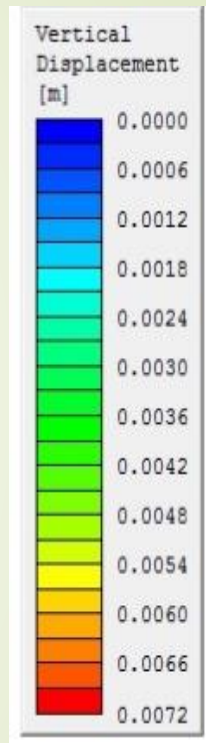
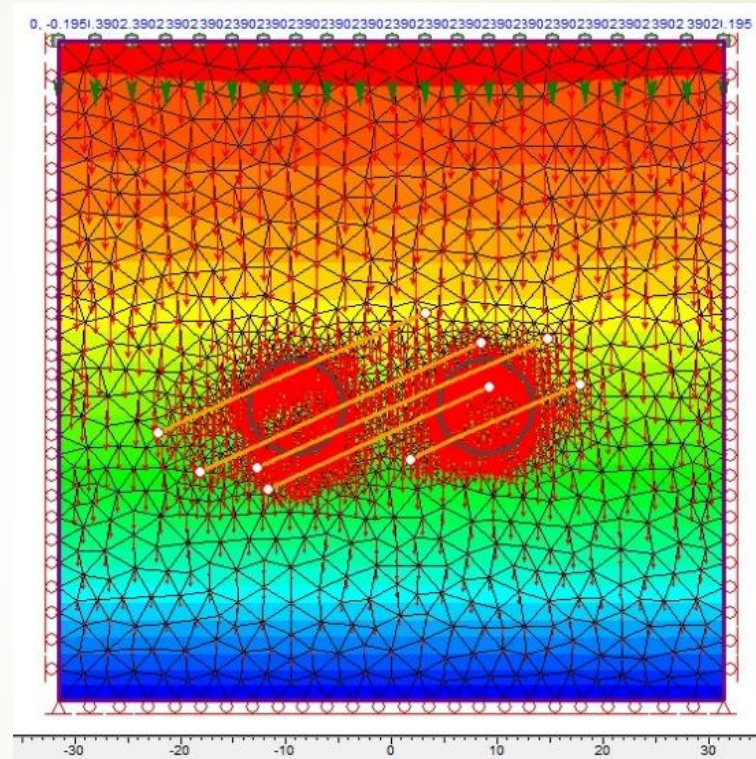
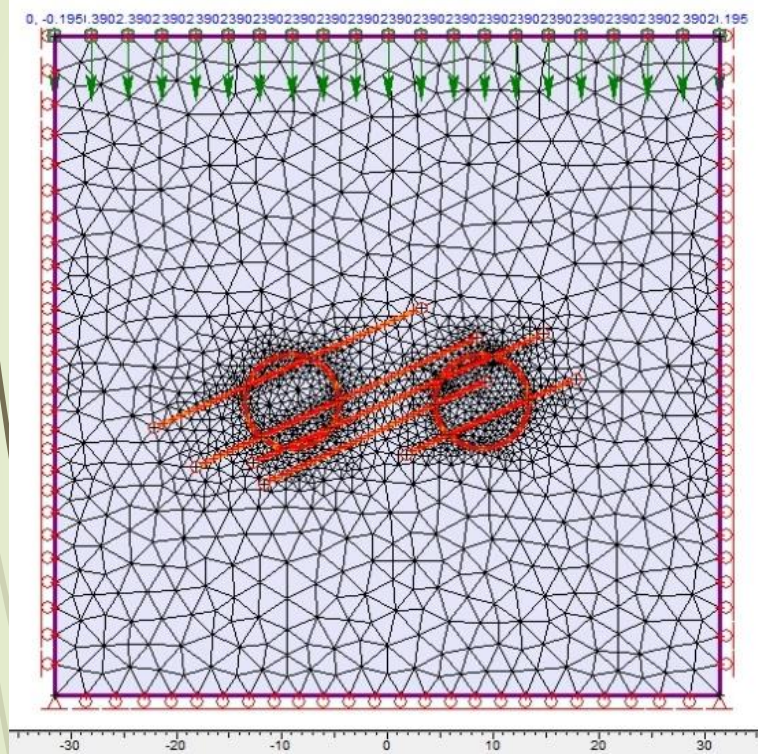
## Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)



Lugar	Desp.Vertical
Encima	21 mm
Lateral	15 mm
Debajo	10 mm

# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-240

## Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)

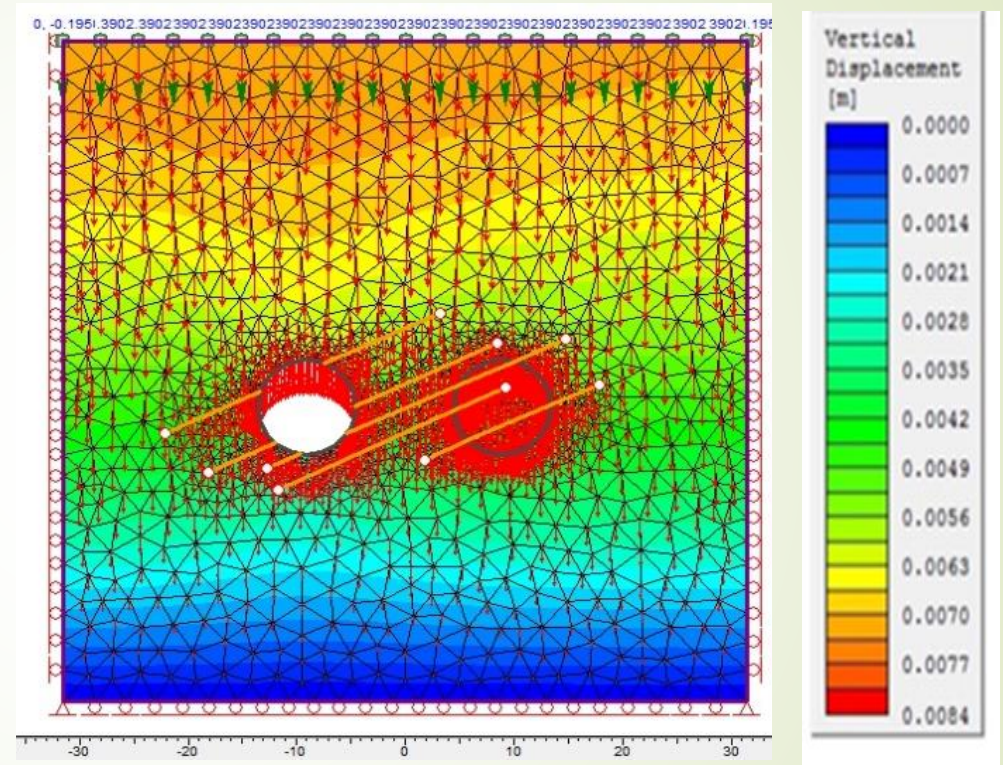
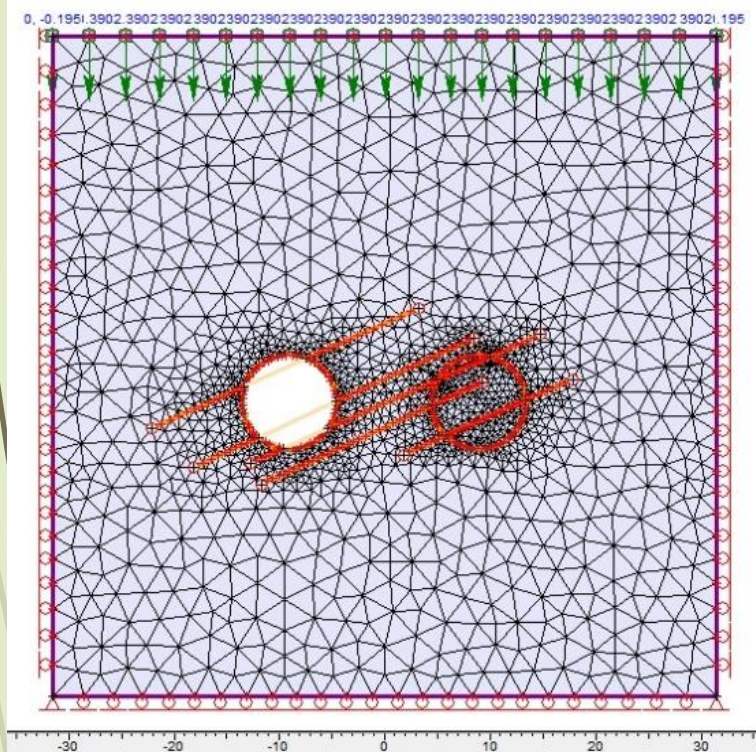


Lugar	Desp.Vertical
Encima	5 mm
Lateral	4.5 mm
Debajo	3.9 mm



# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-240

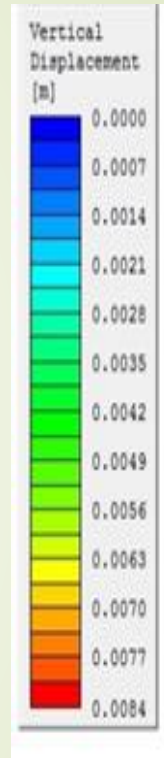
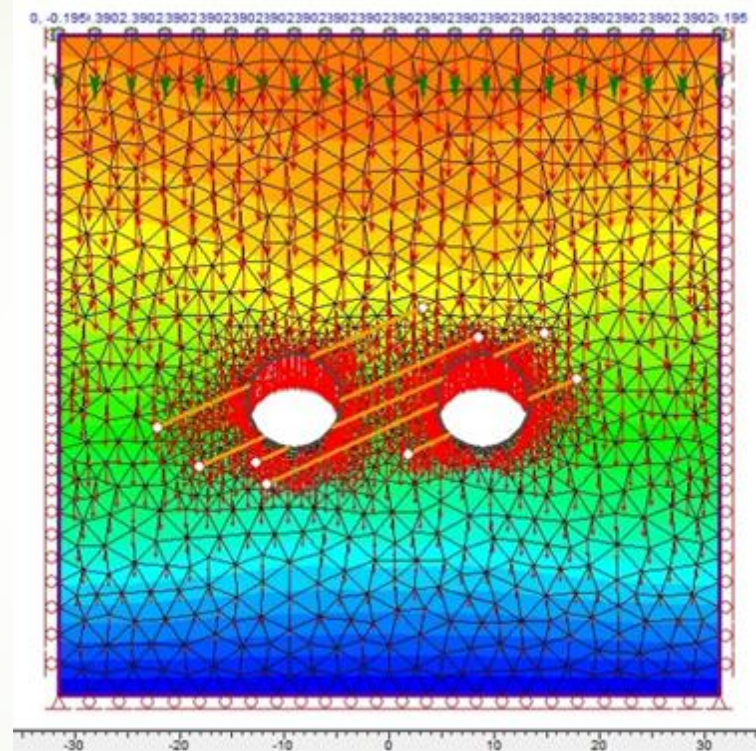
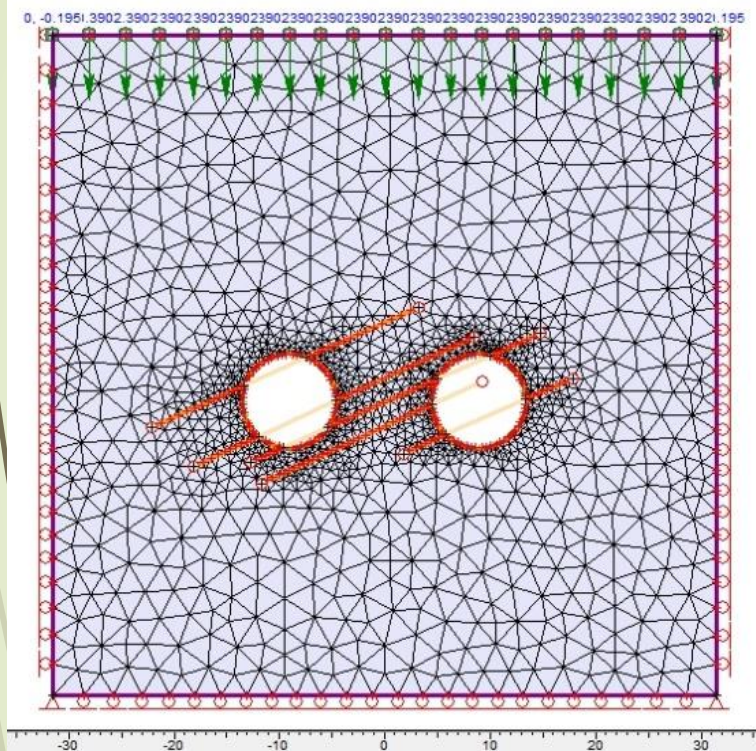
## Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	6.3 mm
Lateral	4,9 mm
Debajo	3.2 mm

# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-240

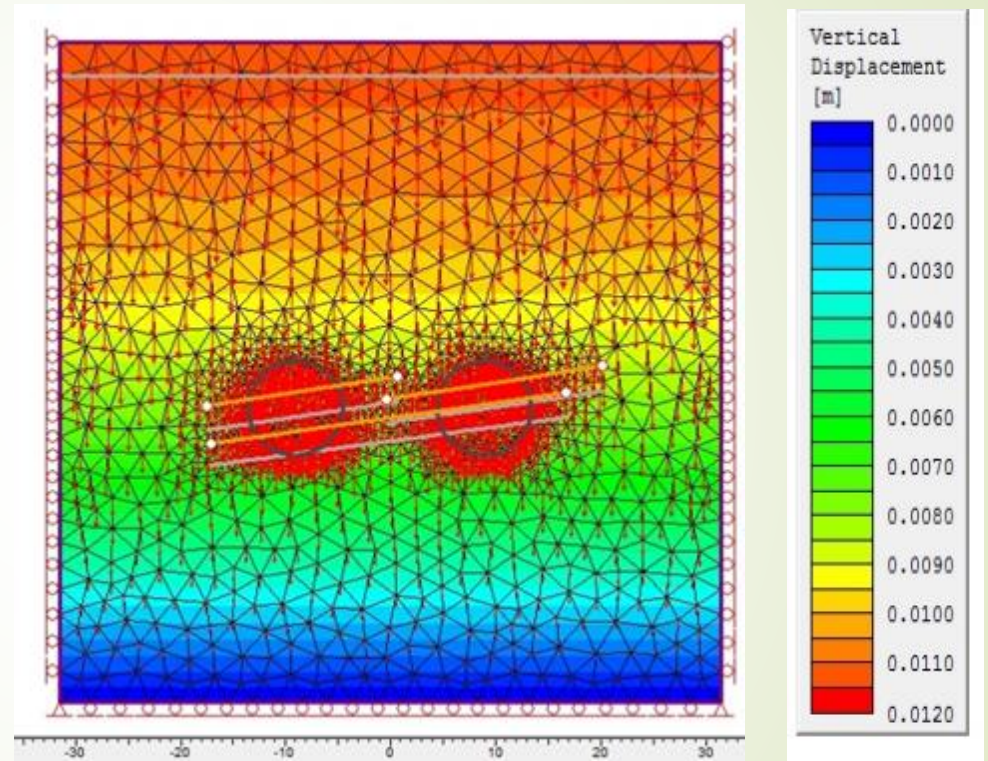
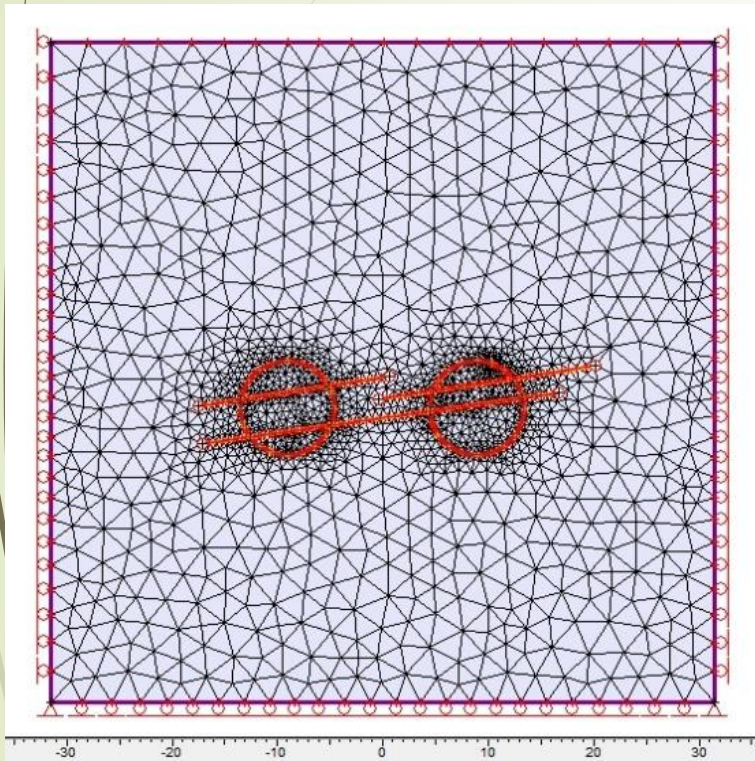
## Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	6.3 mm
Lateral	4.9 mm
Debajo	3.2 mm

# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-250

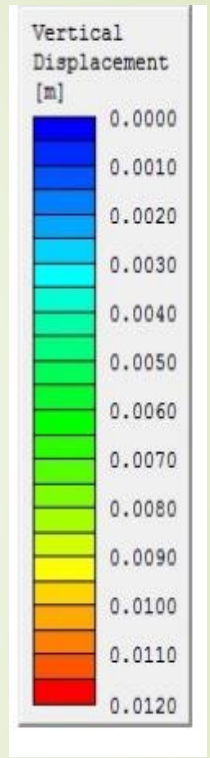
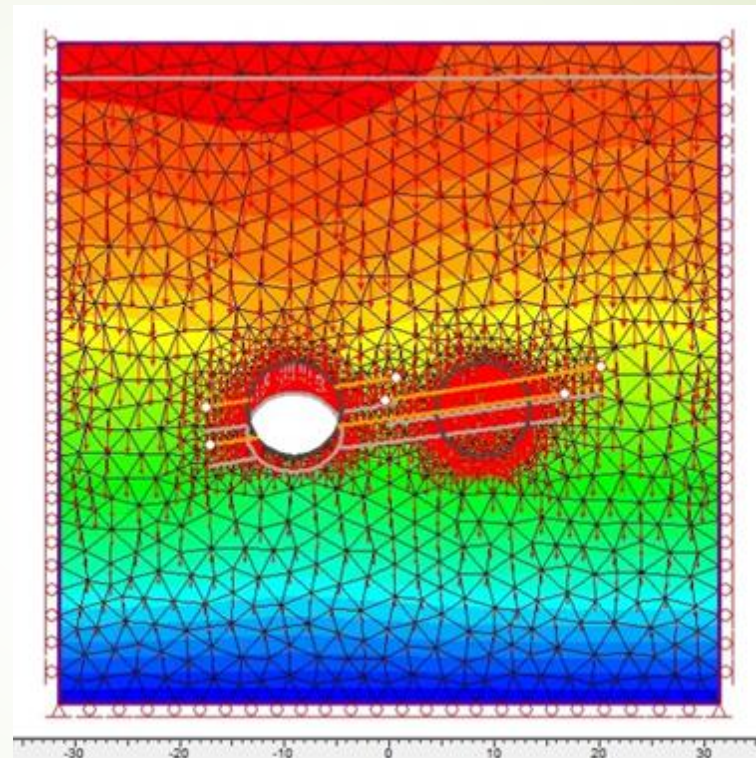
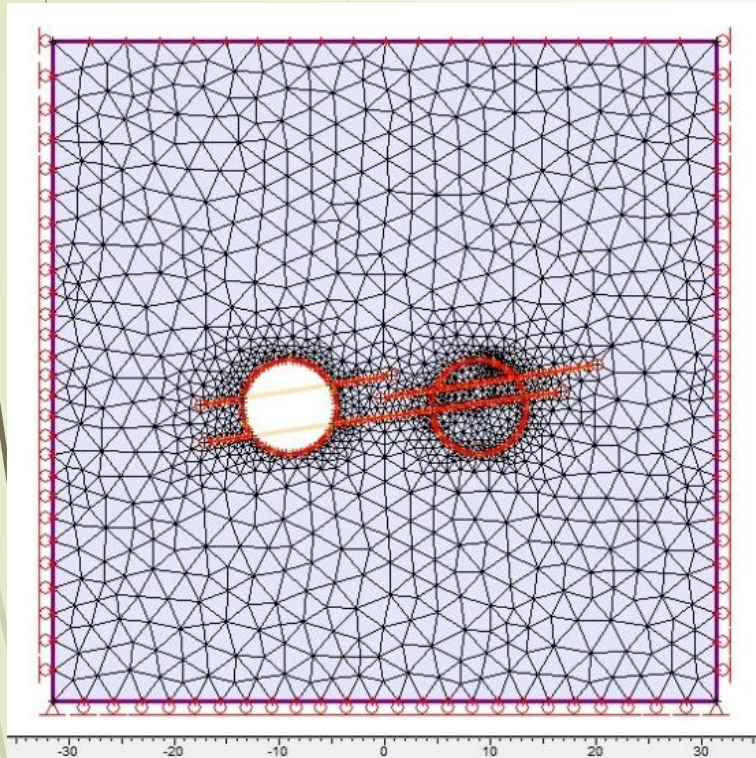
## Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	8.5 mm
Lateral	7.5 mm
Debajo	6.5 mm

# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-250

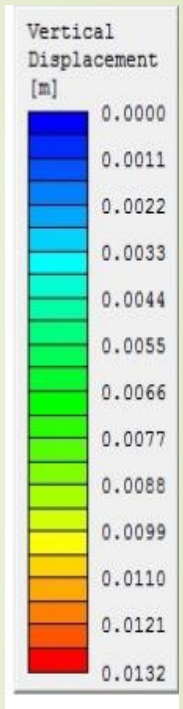
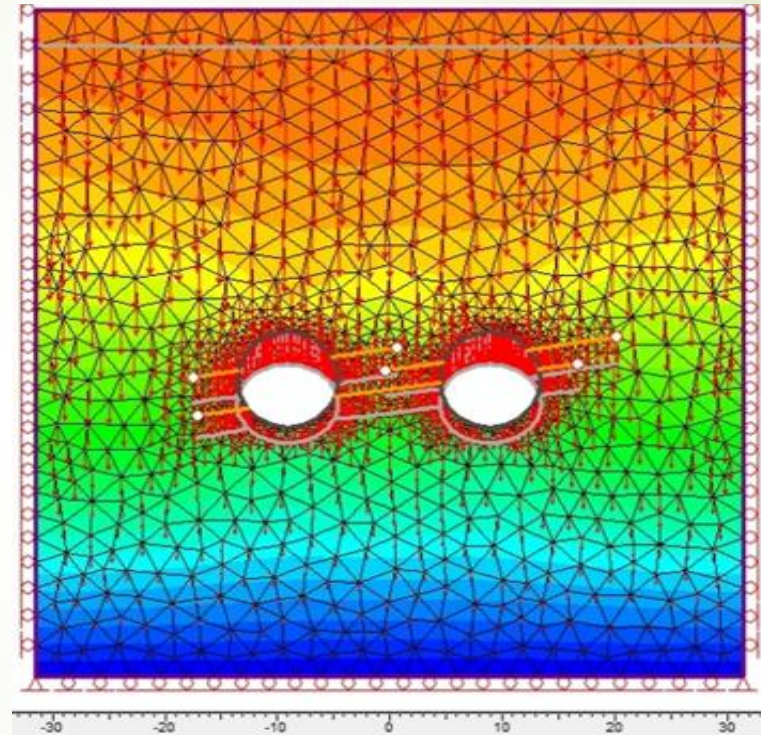
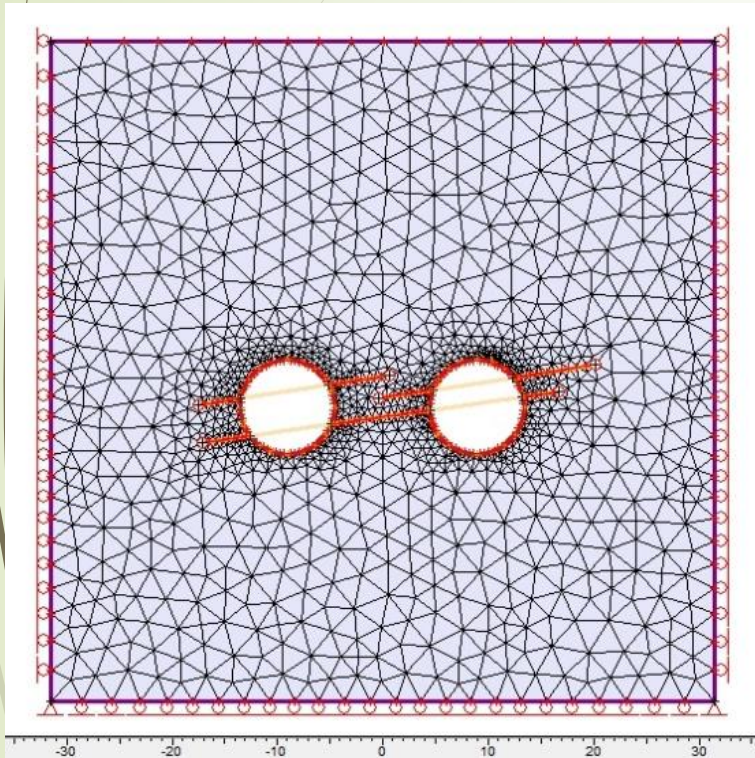
## Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	10 mm
Lateral	7.5 mm
Debajo	5 mm

# ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-250

## Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	10.5 mm
Lateral	7.7 mm
Debajo	5.5 mm

# CONCLUSIONES

- Los resultados de los ensayos geomecánicos dependen de la calidad de la roca, criterio de selección y el seguimiento de las normas que los regulan.
- La variación de los resultados obtenidos a nivel central de la montaña en las perforaciones BH-19, BH-21, BH-240 con respecto a la perforación cercana al portal BH-250, ha definido que las rocas del portal se encuentran más meteorizadas o alteradas, siendo esto verificado por la petrografías.
- El ensayo Cerchar, es el indicado para el estudio del índice de abrasividad en rocas que estén a profundidades mayores a 30 m (BH-19; BH-21; BH-240), donde la meteorización no influya de manera considerable sobre la roca.

# CONCLUSIONES

- El método Schimazek, se debe aplicar a rocas que se encuentren expuestas a los agentes exógenos a una profundidad menor a 30 m (BH-250), ya que es representativo por su conteo modal de mineral de cuarzo y ensayo de tracción indirecta.
- El Esquisto las Mercedes es altamente abrasivo.
- El ajuste de los datos obtenidos mediante los ensayos geomecánicos permitió obtener el criterio de resistencia y fracturamiento real del macizo rocoso, que se modeló mediante el uso del programa Rocdata.

# CONCLUSIONES

- El análisis de elementos finitos determinó que el desplazamiento vertical producido por los esfuerzos que ejerce el macizo rocoso sobre el túnel, varía desde 4 mm hasta 25 mm en la zona de mayor cobertura, es indispensable tener presente estos parámetros a la hora de construir los túneles gemelos. Estas deformaciones producidas son despreciables a nivel de la montaña, ya que no afectan a ninguna estructura existente de importancia (Parque Nacional).
- Las perforaciones que se encuentran más cercanas al portal poseen un mayor módulo de elasticidad secante, las cuales tienden a tener menor deformación y mayor esfuerzo axial, a las que se encuentran más alejadas del portal, lo que implica que en modelo de elementos finitos van a tener un menor desplazamiento vertical.



# CONCLUSIONES

- ▶ El esquisto las Mercedes es una roca competente a profundidad, sin embargo los planos de foliación juegan un papel importante en su comportamiento, donde evidencia que a mayor profundidad, la roca se comporta más resistente a los esfuerzos y no posee ni meteorización ni fracturas. Lo que hace inferir una permeabilidad secundaria baja a profundidades altas. Cabe destacar que en toda su extensión presenta múltiples plegamientos.

# RECOMENDACIONES

- ▶ Durante la excavación del túnel es primordial tener el modelo geomecánico, para observar la variación de los parámetros del macizo rocoso durante el avance de la TBM y así evaluar posibles sitios de riesgos para la TBM y ajustar el modelo a los valores obtenidos durante el avance del TBM y prever el comportamiento en las etapas de construcción subsiguiente.
- ▶ Se recomienda completar el modelo geomecánico y el análisis de elemento finito de todo el trayecto con las perforaciones restantes del Sistema de Transporte Masivo Metro Caracas Guarenas Guatire.
- ▶ Realizar geología de superficie en todo el trayecto para determinar estructuras locales a lo largo del lineamiento.
- ▶ Realizar distintos ensayos geomecánicos en los portales y fundaciones de los viaductos en el lineamiento.
- ▶ Realizar un Perfil de meteorización del al roca.

# BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Castillejo, M. (2006). Caracterización geomecánica de macizos rocosos. Caracas: UCV.
- ▶ Castillejo, M. (2007). La roca como material. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- ▶ Chacón C., A. A., & Guevara B., W. J. (2008). Caracterización geomecánica y modelado 3D de los macizos rocosos correspondientes al desarrollo de las obras subterráneas del sistema Caracas-Guarenas-Guatire. Caracas.
- ▶ Hurtado de Barrera, J. (2008). Como formular objetivos de investigación. Caracas: Quirón.
- ▶ Álvarez ; Rodríguez .(2008) Caracterización geomecánica para el proyecto del sistema subterráneo Metro de Caracas. Línea 5, tramo Zona Rental de la UCV-Bello Monte
- ▶ Farfán ; Marconi ( 2008) Caracterización geomecánica para el proyecto del túnel del sistema subterráneo Metro de Caracas, línea 5, tramo Bello Monte-Chuao (UNEFA)
- ▶ Reverón D (2013) Dimensionamiento de cámaras y pilares en minería subterránea basado en la caracterización geomecánica del macizo rocoso de la mina Colombia, El Callao, estado Bolívar



**¡Muchas Gracias!**

**¿Alguna Pregunta?**