

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA  
AL CORTE EMPLEANDO MÉTODOS ALTERNATIVOS EN  
SUELOS CON PARTÍCULAS MAYORES A 3” DE DIÁMETRO”**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO CIVIL**

**WILLIAM ALDO SEGOVIA HERRERA**

**Lima- Perú**

**2012**

**Digitalizado por:**

**Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse**

A mis padres por ser el motor y motivo de todos mis esfuerzos.

A la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería y en especial a los docentes por transmitirme los conocimientos, experiencias y orientarme a la investigación durante mi formación académica.

Al Ing. Wilfredo Gutiérrez (Asesor) por sus oportunos consejos y direccionarme en el camino de la investigación de la tesis.

A mis amigos y colegas de UNI en especial a César Fajardo, Boris Charca, Alfonso Cerna, Israel Vicente y Jesús Soto, por apoyarme con sus consejos y la revisión de la tesis.

A mis ex compañeros de trabajo: Mario Poma, Daniel Castro, Aldo Del Carpio, Carlos Contreras, Alexander Saldaña, William Guzmán Carlos Aguirre. Por todo el apoyo que me brindaron cuando inicié la investigación.

A MWH-Perú por otorgarme la Beca MWH-Perú – 2012, en especial al Ing. Jorge Bustamante Dawson, Gerente de Ingeniería, por todo el apoyo en las coordinaciones para los trabajos de campo.

A la Ing. Rosana Herrera de MWH-Perú, por brindarme su tiempo en asesorarme y revisar la tesis.

Finalmente un agradecimiento especial a Pamela Melgarejo, mi novia por alentarme constantemente.

**ÍNDICE:**

	<b>PAGINA</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>19</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	19
1.2 MOTIVACIÓN.....	20
1.3 ALCANCE.....	21
1.4 OBJETIVOS.....	21
1.4.1 Objetivo General.....	21
1.4.2 Objetivos Especifico.....	21
1.5 SINOPSIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
2.1 RESISTENCIA AL CORTE DE MATERIALES GRANULARES GRUESOS.....	23
2.2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE EN MATERIALES GRANULARES GRUESOS.....	24
2.1.1 Método de Corte.....	24
2.1.2 Método de Corte y Reemplazo.....	26
2.1.3 Método de La Matriz.....	28
2.1.4 Métodos de Curvas Granulométricas Paralelas u Homotéticas.....	32

2.3	TEORÍA DE MEZCLAS.....	36
2.4	PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LA RESISTENCIA AL CORTE EN MATERIALES GRANULARES GRUESOS. ....	39
2.4.1	Dilatancia. ....	40
2.4.2	Ángulo de fricción interna.....	41
2.4.3	Cohesión. ....	43
2.4.4	Envolvente de falla. ....	44
2.4.5	Nivel de tensiones. ....	46
2.4.6	Dureza de las partículas.....	47
2.4.7	Forma y rugosidad de las partículas. ....	49
2.4.8	Densidad inicial. ....	51
2.4.9	Tamaño de partículas. ....	53
2.4.10	Distribución granulométrica. ....	54
2.4.11	Fábrica. ....	57
	<b>CAPÍTULO III: INVESTIGACIONES REALIZADAS.....</b>	<b>59</b>
3.1	INVESTIGACIONES REALIZADAS POR ROBERTO GOESHE.....	59
3.1.1	Granulometría y densidades límites. ....	59
3.1.2	Resultados de ensayos de resistencia al corte.....	60
3.2	INVESTIGACIONES REALIZADAS POR KAREN DE LA HOZ.....	64
3.2.1	Granulometría y densidades límites.....	64
3.2.2	Resultados de ensayos de resistencia al corte.....	64
3.3	INVESTIGACIONES REALIZADAS POR LEONARDO DORADOR....	72
3.3.1	Suelos ensayados.....	73

3.3.2	Resultados y análisis. ....	79	
3.4	CONSIDERACIONES (LECCIONES DE LAS INVESTIGACIONES).....	93	
3.4.1	Lecciones de las investigaciones realizadas.....	93	
3.4.2	Consideraciones sobre las metodologías existentes.....	95	
<b>CAPÍTULO IV: APLICACIÓN EN MATERIALES GENERADOS POR LA</b>			
<b>ACTIVIDAD MINERA.....</b>			<b>98</b>
4.1	APLICACIÓN EN STOCK PILES DE MINERAL. ....	98	
4.1.1	Antecedentes de los stocks piles. ....	98	
4.1.2	Trabajos de campo. ....	102	
4.1.3	Trabajos de laboratorio. ....	103	
4.1.4	Resultados de laboratorio.....	104	
4.1.4.1	Análisis granulométricos.....	105	
4.1.4.2	Ensayos triaxiales consolidados no drenados CU.....	116	
4.1.5	Análisis de resultados en los Stock Piles de Mineral.....	126	
4.2	APLICACIÓN A MATERIALES DE ROCK FILL.....	132	
4.2.1	Calicata. ....	135	
4.2.2	Ensayo Densidad de campo.....	136	
4.2.3	Muestreo de Materiales.....	136	
4.2.4	Análisis Granulométrico Global.....	137	
4.2.5	Trabajos de laboratorio.....	137	
4.2.6	Preparación de muestras.....	138	
4.2.7	Densidades Máximas y Mínimas.....	139	
4.2.8	Ensayos triaxiales consolidados drenados "CD" .....	140	

---

4.2.9	Análisis de los resultados en el Rock Fill.....	142
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>147</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	147
5.2	RECOMENDACIONES.....	149
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>152</b>
<b>ANEXOS</b>		
<b>Anexo A:</b>	<b>Resultados de Laboratorio.</b>	
<b>Anexo B:</b>	<b>Panel Fotográfico.</b>	
<b>Anexo C:</b>	<b>Antecedentes.</b>	

## RESUMEN

La demanda de estructuras de almacenamiento para materiales provenientes de las operaciones en la industria minera se debe a la falta de estudios y de adecuados diseños que aseguren su funcionabilidad.

Estos materiales corresponden a materiales granulares gruesos, cuyo tamaño no pueden ser estudiados y analizados mediante métodos y normas estándares. Por tanto la caracterización geotécnica de laboratorio se hace mediante métodos y equipos convencionales y no necesariamente representan el comportamiento y las propiedades de estos materiales.

En el medio no existen equipos para realizar ensayos triaxiales en materiales con tamaños superiores a 1 pulgada de diámetro. Es usual realizar ensayos de corte directo en laboratorio e in situ con el fin de conocer los parámetros de resistencia al corte. Existen métodos alternativos que hacen uso de equipos convencionales y se utiliza la fracción menos gruesa posible de ensayar que se ha investigado en la presente tesis, titulada "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte mediante Métodos Alternativos en Suelos con Partículas Mayores a 3 pulgadas de Diámetro". Los métodos son: método de corte, método de corte y remplazo, método de la matriz y el método de curvas paralelas u homotéticas.

En la presente tesis se investigó la historia del arte en la determinación de parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos mediante métodos alternativos; se estudiaron los métodos, las condiciones y restricciones de su uso; se investigaron aplicaciones; se realizaron aplicaciones a materiales de Stock Piles de mineral y Rock Fill con fines de contrastación.

Determinar parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos permitirá con justificación técnica, optimizar y asegurar la estabilidad física de las estructuras de almacenamiento de estos materiales y en consecuencia reducir costos de traslado y acarreo a otros sectores, reducir movimientos de tierra, reducir el impacto por uso de tierras, reducción de costos de almacenamiento y lo más importante reducir emisiones de CO<sub>2</sub> por construcción, almacenamiento y operación de las estructuras antes mencionadas.

Los métodos alternativos son una opción que facilitará realizar ensayos triaxiales con equipos de laboratorio convencional con que se cuenta en el medio

y utilizando la fracción menos gruesa posible de material. De esta manera se puede determinar los parámetros de resistencia al corte.

En la presente investigación se aplicó el método de curvas paralelas u homotéticas en la determinación de parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos de tipo Stock Piles de mineral y Rock Fill. En los Stock piles de mineral se encontró al comparar los resultados en muestras analizadas de forma convencional y mediante el método alternativo, que los valores obtenidos en el primer caso son variables y erróneos mientras que en el segundo caso son similares y reflejan al material en estudio. En el Rock Fill se usó el método en muestras escaladas M-1 y M-2 de 1 y 1/2 pulgadas de tamaño máximo respectivamente, obtenidas de un material original granular grueso de 36 pulgadas de tamaño máximo, y se determinó una cohesión de 42 kPa y ángulo de fricción interna de 39° a esfuerzos totales.

Realizar ensayos triaxiales de forma convencional en materiales granulares gruesos de forma convencional, es decir tamizando muestras con tamaño máximo posible de ensayar en equipos del medio, proporciona valores de parámetros de resistencia al corte "cohesión y fricción" erróneos. Por el contrario si se usan los métodos alternativos como el "método de curvas paralelas u homotéticas" se obtendrán valores de parámetros coherentes y acordes al material en estudio como se concluye en la presente investigación.

## LISTA DE TABLAS.

	Página
Tabla 2.1: Criterios de falla para suelos granulares (modificado de Douglas, 2002). .....	45
Tabla 2.2: Efecto del tamaño de partícula en la resistencia al corte de enrocados. ....	54
Tabla 3.1: Caracterización de curvas granulométrica de Material E.R. ....	74
Tabla 3.2: Caracterización de curvas granulométricas de material R.L. ....	76
Tabla 3.3: Presiones de Confinamiento- Material A-2. ....	79
Tabla 3.4: Caracterización de curvas granulométricas de Material A-2. ....	79
Tabla 3.5: Parámetros de resistencia-criterio de Mohr Coulomb Material R.L. ....	84
Tabla 3.6: Parámetros de resistencia - criterio de Mohr Coulomb Material R.L. ....	88
Tabla 3.7: Parámetros de resistencia-criterio de Mohr Coulomb Material Río Aconcagua A-2. ....	94
Tabla 4.1 Análisis granulométrico de los stock piles 4035 y 4140 – Antecedentes. ....	101
Tabla 4.2 Resultados de los ensayos triaxiales consolidados drenados en los stocks piles 4035 y 4140 – Antecedentes. ....	101
Tabla 4.3 Relación de calicatas y trincheras en stock piles de mineral. ....	102
Tabla 4.4 Relación de muestras para ensayos de laboratorio en stock piles. ....	103
Tabla 4.5 Relación de ensayos de laboratorio en los stock piles. ....	104
Tabla 4.6 Análisis granulométricos de los stocks piles de mineral. ....	115
Tabla 4.7 Porcentajes de la muestra escalada SP-4035. ....	117
Tabla 4.8 Porcentajes de la muestra escalada SP-4140. ....	120
Tabla 4.9 Resultados de los ensayos triaxiales consolidados drenados en los stocks piles 4035 y 4140. ....	125

Tabla 4.10	Comparación de parámetros de resistencia al corte. .131
Tabla 4.11	Uso granulométrico del material de Rock Fill. ....133
Tabla 4.12	Ubicación de calicata en dique de presa de relaves. .136
Tabla 4.13	Resultados de ensayo de densidad de campo in situ. 136
Tabla 4.14	Relación de Muestra. ....137
Tabla 4.15	Análisis granulométricos y porcentajes de material en muestras escaladas M-1 y M-2. ....139
Tabla 4.16	Densidades Máximas, Mínimas y de remoldeo a una DR=95% de muestras escaladas M-1 y M-2. ....140

## LISTA DE FIGURAS.

	Página.
Figura 2.1: Granulometrías del material de la presa Göschenenalp (Zeller & Wullimann, 1957). .....	24
Figura 2.2: Extrapolación de la resistencia al corte en función de la porosidad y tamaño de partícula, a una presión de confinamiento de 0.9 kg/cm <sup>2</sup> . (Zeller & Wullimann., 1957). .....	25
Figura 2.3: Distribución granulométrica para el basalto chancado antes y después de ensayo. (Al-Hussaini, 1983). .....	26
Figura 2.4: Variación del ángulo de fricción interna en función de la $\sigma_3$ ( $D_r=100\%$ , Al-Hussaini, 1983). .....	26
Figura 2.5: Distribución granulométrica del método de corte y reemplazo (Donaghe & Torrey, 1979). .....	27
Figura 2.6: Trayectoria de tensiones no drenadas (Donaghe & Torrey, 1979). ..	28
Figura 2.7: Ángulo de fricción en función del contenido de grava (Donaghe & Torrey, 1979). .....	28
Figura 2.8: Esquema de un suelo con partículas de sobre-tamaño (Fragaszy 1992). .....	29
Figura 2.9: Granulometrías del suelo prototipo y la matriz. (A) partículas de sobretamaño, (B) suelo prototipo y (C) matriz del suelo (Fragaszy 1992). .....	30
Figura 2.10: Comparación entre resultados predichos y reales. (Fragaszy 1992). .....	31
Figura 2.11: Grava del Río Maipo de la Comuna de Puente Alto (gentileza de IDIEM). .....	32
Figura 2.12: Granulometrías paralelas de la presa Oroville (Marachi, 1972). ....	33
Figura 2.13: Ángulo de fricción en función de la presión de confinamiento (Marachi, 1972). .....	33
Figura 2.14: Granulometrías de las presas Ranjit Sagar y Purulia (Varadarajan et al., 2003). .....	34
Figura 2.15: Variación del ángulo de fricción en función de la presión de confinamiento de las presas Ranjit Sagar y Purulia (modificada de Varadarajan et al., 2003) .....	35
Figura 2.16: Rotura de partícula en presas Purulia y Ranjit Sagar (Varadarajan et al., 2003). .....	35

Figura 2.17: Granulometría con diferentes contenidos de grava y envoltentes de falla (Holtz en 1961). .....	36
Figura 2.18: (a) Granulometría de enrocado y arena (b) variación del índice de vacío mínimo en función del porcentaje de arena. (Marsal, 1980). .....	37
Figura 2.19: Porosidad mínima y resistencia máxima en mezcla binaria de granos (Vallejo, 2001). .....	38
Figura 2.20: Representación esquemática del grado de mezcla de partículas de granos finos y granos gruesos: (a) partículas antes de la mezcla, (b) sin mezcla de partículas, (c) mezcla completa de partículas y (d) mezcla parcial de las partículas. (Gutierrez, 2003). .....	38
Figura 2.21: (a) Variación de $e_{max}$ y $e_{mín}$ en función del contenido de finos, (b) Resultados experimentales y modelación de $Su, cyc / \sigma'_{vo}$ para la arena limosa de Yatesville. (Gutierrez, 2003). .....	39
Figura 2.22: Variación de la tasa de dilatancia en la falla en función de la presión de confinamiento (Bishop, 1966). .....	41
Figura 2.23: Componentes del ángulo de fricción máximo (Mitchell, 1993). .....	42
Figura 2.24: Contribución de la fricción por deslizamiento, dilatancia, rotura y reordenamiento en la resistencia drenada del suelo. (Lee and Seed, 1967). .....	43
Figura 2.25: Trabazón Mecánica en superficie macroscópica (modificado de Mitchell, 1993). .....	44
Figura 2.26: Selección de parámetros de resistencia al corte según fines de diseño. (Maksimovic, 1996). .....	45
Figura 2.27: Recopilación de resultados de ensayos de diversos estudios. (Indraratna, 1993). .....	47
Figura 2.28: Granulometrías post ensayo para (a) oxido de aluminio y (b) piedra caliza. (Lo & Roy, 1973). .....	48
Figura 2.29: Degradación del ángulo de fricción a mayor presión de confinamiento. (Lo & Roy, 1973). .....	49
Figura 2.30: Determinación de esfericidad y redondez de partículas (adaptado de Krumbein y Sloss, 1963). .....	50
Figura 2.31: Deformación volumétrica para diferentes forma de partícula. (Lee & Farhoomand, 1967). .....	51

Figura 2.32: Relación entre $e_{min}$ y $e_{max}$ en suelos granulares gruesos (modificado de Almeida, 2001). .....	52
Figura 2.33: Degradación del ángulo de fricción secante en arenas. (Vesic & Clough, 1968). .....	53
Figura 2.34: Efecto de granulometría en la rotura de partículas. (Lee and Farhoomand, 1967). .....	55
Figura 2.35: Efecto de granulometría en la compresibilidad del suelo. (Lee and Farhoomand, 1967). .....	56
Figura 2.36: Medición del índice de vacío mínimo, $e_{min}$ , como función del coeficiente de uniformidad y angulosidad de partículas de enrocados (Biarez, 1994). .....	56
Figura 2.37: Ensayos triaxiales con diferentes método de confección de probetas. (Mitchell, 1976). .....	58
Figura 2.38: Diferentes ordenamientos de partículas. (Verdugo, 1999). .....	58
Figura 3.1: Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material A-1. Tomado de Gesche (2002). .....	59
Figura 3.2: Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material M-1. Según Gesche (2002). .....	60
Figura 3.3: Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación axial Material A-1. Según Gesche (2002). .....	61
Figura 3.4: Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación axial, Material M-1. Según Gesche (2002). .....	62
Figura 3.5: Ángulo de fricción peak v/s nivel de confinamiento Material A-1. Según Gesche (2002). .....	63
Figura 3.6: Ángulo de fricción interna v/s nivel de confinamiento, Material M-1. Según Gesche (2002). .....	63
Figura 3.7: Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material M-2 según De la Hoz 2007. .....	65
Figura 3.8: Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material M-3 según De la Hoz 2007. .....	66
Figura 3.9: Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material P-1 según De la Hoz 2007. .....	67
Figura 3.10: Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación, Material M- 2. Según De la Hoz (2007). .....	69

Figura 3.11: Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación, Material M-3. Según De la Hoz (2007). .....	70
Figura 3.12: Ángulo de fricción interna v/s nivel de confinamiento, Material M-2. Según De la Hoz (2007). .....	71
Figura 3.13: Ángulo de fricción interna v/s nivel de confinamiento, Material M-3. Según De la Hoz (2007). .....	71
Figura 3.14: Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación, Material P-1. Según De la Hoz (2007). .....	72
Figura 3.15: Ángulo de fricción interna v/s nivel de confinamiento, Material P-1. Según De la Hoz (2007). .....	73
Figura 3.16: Granulometrías paralelas material E.R. ....	75
Figura 3.17: Densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas E.R. ....	75
Figura 3.18: Granulometrías paralelas material R.L. ....	77
Figura 3.19 Densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas R.L. ....	77
Figura 3.20: Curvas granulométricas utilizadas en material A-2. ....	78
Figura 3-21: Densidades límites Material A-2. ....	79
Figura 3.22: Muestras homotéticas Material E.R. ....	80
Figura 3.23: Relación Tensión-Deformación curvas homotéticas - Material E.R. ....	82
Figura 3.24. Ángulo de fricción peak v/s tensión de confinamiento - Material E.R. ....	84
Figura 3.25: Muestras homotéticas material R.L. ....	85
Figura 3.26: Relación Tensión-Deformación curvas homotéticas R.L. ....	87
Figura 3.27: Ángulo de fricción peak v/s tensión de confinamiento Material R.L. ....	88
Figura 3.28: Muestras cortadas con 0%, 40%, 65%. 80% y 100% de sobre-tamaño. Material A-2. ....	89
Figura 3.29: Relación tensión y cambio volumétrico v/s deformación unitaria axial. Material A-2 Corte 0%, 80% y 100% de sobre-tamaño. ....	89
Figura 3.30: Relación tensión y cambio volumétrico v/s deformación unitaria axial. Material A-2 con 0%, 40% y 65% de sobre-tamaño. ....	92
Figura 3.31: Ángulo de fricción peak v/s tensión de confinamiento material A-2. ....	93
Figura 3-32: Ángulo de fricción peak v/s porcentaje de sobre-tamaño - Material A-2. ....	93

Figura 4.1 Curvas granulométricas globales Stock Pile 4035. ....	106
Figura 4.2 Curvas granulométricas globales Stock Pile 4090. ....	107
Figura 4.3 Curvas granulométricas globales Stock Pile 4121. ....	110
Figura 4.4 Curvas granulométricas globales Stock Pile 4050. ....	112
Figura 4.5 Curvas granulométricas globales Stock Pile 4140. ....	114
Figura 4.6 Curvas granulométricas globales Stock Piles. ....	115
Figura 4.7 Curvas granulométricas globales y escalada Stock Pile 4035.....	119
Figura 4.8 Esfuerzo vs Deformación SP – 4035. ....	120
Figura 4.9 Curvas granulométricas globales y escalada SP-4140 EQUIVALENTE T03. ....	122
Figura 4.10 Curvas granulométricas globales SP-4140 EQUIVALENTE T04...	123
Figura 4.11 Esfuerzo vs Deformación de la muestra SP-4140 EQUIVALENTE T03. ....	125
Figura 4.12 Esfuerzo vs Deformación de la muestra SP– 4035 SP-4140 EQUIVALENTE T04. ....	125
Figura 4.13 Comparación de Curvas granulométricas Stock Pile 4035. ....	129
Figura 4.14 Comparación de curvas granulométricas Stock Pile 4140. ....	130
Figura 4.15 Comparación de esfuerzo vs deformación unitaria en el Stock Pile 4035. ....	131
Figura 4.16 Comparación de esfuerzo vs deformación unitaria en el Stock Pile 4140. ....	132
Figura 4.17 Uso granulométrico de materiales de Rock Fill . ....	135
Figura 4.18 Distribuciones granulométricas de materiales de Rock Fill. ....	136
Figura 4.19 Análisis granulométrico realizado in Situ calicata C – 1. ....	138
Figura 4.20 Curvas granulométricas de las muestra escaladas. ....	139
Figura 4.21 Deformación vs Esfuerzo M-1: ....	142
Figura 4.22 Deformación vs Variación volumétrica M-1. ....	142
Figura 4.23 Deformación vs Esfuerzo M-2; ....	143
Figura 4.24 Deformación vs Variación volumétrica M-2. ....	143
Figura 4.25 Distribuciones granulométricas de muestras escaladas. ....	144
Figura 4.26 Densidades vs tamaño máximo de partículas en muestras M-1 y M- 2. ....	145
Figura 4.27 Comparación de deformación vs esfuerzo en muestras M-1 y M- 2.....	146

Figura 4.28 Comparación de variación volumétrica vs deformación M-1 y M-2.

55.....147

## LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS.

- a : Constante de ecuación parabólica para envolvente de falla
- b : Exponente de ecuación parabólica para envolvente de falla
- c (kg/cm<sup>2</sup>) : Cohesión.
- c' (kg/cm<sup>2</sup>) : Cohesión efectiva.
- Cc : Coeficiente de concavidad.
- Cu : Coeficiente de uniformidad.
- CU: Ensayo triaxial consolidado no drenado
- D<sub>max</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) : Densidad máxima
- D<sub>min</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) : Densidad mínima
- D10: Diámetro efectivo, correspondiente al 10% de finos.
- D30: Diámetro correspondiente al 30% de finos.
- D60: Diámetro correspondiente al 60% de finos.
- D<sub>50</sub> (mm) : Tamaño medio de partícula para un porcentaje de "50".
- D<sub>R</sub> (%) : Densidad relativa.
- e : Índice de vacíos.
- e<sub>max</sub> : Índice de vacíos máximo.
- e<sub>min</sub> : Índice de vacíos mínimo.
- E<sub>50</sub> : Rigidez asociada a un nivel de tensiones igual a la mitad de la resistencia máxima.
- ε (%) : Deformación unitaria axial.
- ε<sub>1</sub> (%) : Deformación unitaria en la dirección del esfuerzo principal mayor.
- ε<sub>3</sub> (%) : Deformación unitaria en la dirección del esfuerzo principal menor.
- ε<sub>v</sub> (%) : Deformación volumétrica.
- φ (°) : Ángulo de fricción interna.
- φ<sub>f</sub> (°) : Angulo de fricción relacionado a la dilatancia.
- φ<sub>m</sub> (°) : Angulo de fricción máximo.
- φ<sub>peak</sub> (°) : Ángulo de fricción interna máximo o peak.
- φ<sub>u</sub> (°) : Ángulo de fricción pura.
- φ<sub>s</sub> (°) : Ángulo de fricción pura.
- φ<sub>cv</sub> (°) : Ángulo de fricción en estado crítico.
- GP : Grava mal graduada
- GP-GC: Grava mal gradada con arcilla
- GP-GM: Grava mal gradada con limo

- GW : Grava bien graduada  
GW-GM: Grava bien gradada con limo  
H : Altura de la muestra luego de consolidar  
 $\gamma_{\max}$  (gr/cm<sup>3</sup>) : Densidad máxima.  
 $\gamma_{\min}$  (gr/cm<sup>3</sup>) : Densidad mínima.  
Is<sub>50</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) : Índice de carga puntual en probetas de 50 mm  
IP : Índice de plasticidad  
LP : Límite plástico  
LL : Límite líquido  
ML : Limo de baja plasticidad  
ML : Limo de alta plasticidad  
MDS: Máxima densidad seca  
 $\sigma_n$  (kg/cm<sup>2</sup>) : Esfuerzo normal.  
 $\sigma_1$  (kg/cm<sup>2</sup>) : Esfuerzo principal mayor.  
 $\sigma_3$  (kg/cm<sup>2</sup>) : Esfuerzo principal menor o presión de confinamiento.  
T<sub>max</sub> (mm) : Tamaño máximo de partículas.  
 $\tau$  (kg/cm<sup>2</sup>) : Esfuerzo de corte.  
p<sub>a</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) : Presión atmosférica  
Kpa: Kilo pascal.  
p' (kg/cm<sup>2</sup>) : Presión media efectiva.  
q (kg/cm<sup>2</sup>) : Tensión de corte.  
 $\mu$  : Coeficiente de fricción.  
Tn/m<sup>3</sup>: Tonelada por metro cúbico.  
 $\psi$  (°) : Angulo de dilatancia.  
 $\Delta V$  : Variación volumétrica  
 $\Delta\sigma_{\text{falla}}$  : Desviador de tensiones ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) falla  
 $\Delta\sigma$  : Desviador de tensiones ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) asociado a una deformación.  
 $\sigma_c$  (kg/cm<sup>2</sup>) : Resistencia a la compresión.  
 $\sigma_c$  (kg/cm<sup>2</sup>) : Esfuerzo normal.  
Wc: Fracción gruesa.  
Wf: Fracción fina.

## INTRODUCCION

La gran cantidad de movimiento de tierra generados por la actividad minera, demanda de estructuras de almacenamiento tales como depósitos de desmonte, depósitos de relaves, pads de lixiviación, stock piles de mineral y otras estructuras como diques de reservorios de agua, diques de presas de relaves, generando la necesidad de estudiar el comportamiento geotécnico de este tipo de materiales al que en adelante se denominará materiales granulares gruesos, con el objeto de garantizar la seguridad y una mejor performance del diseño.

La investigación bibliográfica refiere que existen equipos de ensayo a gran escala y métodos alternativos que hacen uso de equipos de laboratorio convencional, para determinar parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos, además de investigaciones en la determinación de parámetros de resistencia al corte en estos tipos de materiales.

En nuestro medio aún no se han realizado investigaciones y no se cuenta con equipos de ensayos a gran escala siendo común utilizar equipos de laboratorio convencional, por citar un ejemplo: equipo de ensayo triaxial, de dimensiones de 6" x 12" en los cuales solo se puede utilizar partículas de hasta 1" de tamaño máximo nominal en la determinación de parámetros de resistencia al corte que no representan el comportamiento real de los materiales granulares gruesos.

La realidad y la historia del arte genera la necesidad de estudiar el comportamiento de muestras con tamaños máximos superiores a los requeridos por equipos de ensayo convencional por tanto en la presente investigación se propuso "Determinar los parámetros de resistencia al corte, mediante métodos alternativos en materiales con partículas mayores a 3" de diámetro" investigando y estudiando metodologías que permitan la estimación de parámetros de resistencia al corte y comportamiento de estos materiales utilizando la fracción menos gruesa posible de ensayar en equipos de laboratorio convencional. Para tal fin se estructuró la investigación de la forma siguiente.

En el capítulo 01 se presentan los aspectos generales de la tesis tales como los antecedentes, motivación, alcance, objetivos y sinopsis de la investigación.

El capítulo 02 presenta una investigación de las diferentes metodologías utilizadas para determinar la resistencia al corte de suelos granulares gruesos y sus limitaciones. Las metodologías estudiadas son: de corte, corte y reemplazo, de la matriz, curvas granulométricas homeotéticas o paralelas y se presenta la

teoría de mezclas que permite definir el nivel de influencia en la resistencia al corte de la fracción gruesa del suelo. Además se presenta un estudio de los parámetros que influyen en la resistencia la corte.

En el capítulo 03 se presentan investigaciones realizadas para caracterizar materiales granulares gruesos mediante metodologías alternativas: GOESHE (2002) "Metodología de evaluación de parámetros de resistencia al corte de suelos granulares gruesos", DE LA HOZ, K. (2007) "Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos", DORADOR (2010) "Análisis experimental de las metodologías de curvas homotéticas y corte en la evaluación de propiedades geotécnicas de suelos". Al final del capítulo se muestra una discusión sobre el uso de los métodos, condiciones y restricciones de cada uno.

En el capítulo 04 se presentan 02 aplicaciones del uso de métodos alternativos en la determinación de parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos generados por la actividad minera: Aplicación a materiales de Stock Piles de mineral que consistió en una investigación de campo mediante excavación de calicatas y trincheras, muestreo de materiales, análisis granulométrico global en laboratorio y uso del método de curvas paralelas en la estimación de parámetros de resistencia al corte; Aplicación a materiales de Rock Fill dispuestos en el espaldón de la presa de relaves de la mina Cerro Corona ubicada en el distrito de Hualgayoc a 140 km de la región Cajamarca en Perú, que consistió en una excavación de calicata para realizar un ensayo de densidad in situ por reemplazo de agua, análisis granulométrico global in situ, muestreo de materiales y uso del método de curvas paralelas en la determinación de parámetros de resistencia al corte. En ambas aplicaciones se exponen los resultados de campo y laboratorio.

En el capítulo 05 se expone las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

### 1.1 ANTECEDENTES

El Perú, país minero con un gran número de operaciones mineras a tajo abierto, es generador de materiales granulares gruesos que se disponen en depósitos de desmonte, depósitos de relaves, pads de lixiviación, stock piles de mineral, diques de contención de reservorios de agua, presas de relave, entre otras y estudiar su comportamiento geotécnico ha llevado a cuestionarse sobre los métodos de estimación de parámetros de resistencia al corte, que usualmente se realiza utilizando materiales que no superen el tamaño de los equipos de laboratorio ( $1''_{tmax}$ ). Obteniendo valores que no reflejan el comportamiento y las propiedades de estos materiales.

En la búsqueda de optimizar la capacidad de almacenamiento de materiales generados en la industria minera, se pretende investigar el papel que cumple la resistencia de estos materiales en la estabilidad, cuestionándose los parámetros de resistencia al corte, fricción y cohesión, usados en el diseño de las estructuras, en vista que usualmente se analizan materiales de la fracción fina que puedan ser ensayados en equipos convencionales.

En 1957, Zeller y Wudiman utilizaron el método de corte para estimar los parámetros de resistencia al corte " $\phi$  y C" en materiales de embalse mediante aproximaciones sucesivos.

En 1979, Donay y Torrey utilizaron equipos traxiales de 38,1cm y 15,2cm de diámetro para realizar ensayos no drenados usando el método de corte y reemplazo, que consistía en reemplazar materiales que no ingresan en equipos de ensayos convencionales por material que si ingresan.

En 1992, Fragazi ideó el método de mezclas y asumió que la resistencia al corte de un material con cierto porcentaje de gravas es controlada por la matriz del suelo, es decir que puede ser ensayado en todo equipo convencional.

En 1964, Lowe propone escalar el material por medio de granulometrías paralelas hasta alcanzar el tamaño máximo que puede ser ensayado. A partir de ello fue el más utilizado y surgieron otras investigaciones como Marachi(1972) Thiers(1981) Lee(1986), Platino(1988) Baladi(1988) Leal(1994) Goeshe(2002) Varadarajan (2003) De la Hoz(2007) y Leonardo Dorador(2010).

En 2002, Gesche utilizó el método de gradación paralela para estimar la resistencia al corte en materiales granulares gruesos, concluyendo que el

método de gradación paralela es apropiado para estimar la resistencia al corte de estos suelos en un rango de partículas estudiado, incluso podría ser utilizada en la estimación de suelos granulares de mayor tamaño.

En 2007, De la Hoz utilizó un material proveniente del lecho de Río Maipo, con los cuales confeccionó muestras y utilizó el método de gradación paralela. Estos suelos fueron cortados en 1" y las curvas homotéticas confeccionadas tuvieron una limitación de 10% de finos. Según los resultados en 02 muestras se observó un éxito en el uso de la metodología de gradación paralela y en una tercera se concluyó que la misma forma de partículas en las granulometrías escaladas juega un rol muy importante en la aplicación satisfactoria de esta metodología, para rangos de  $\sigma_c$  entre 0.5 a 3.0 [kg/cm<sup>2</sup>].

En el 2010, Dorador analizó la efectividad del método de las curvas granulométricas homotéticas en suelos granulares gruesos al variar la dureza de las partículas de las muestras escaladas, en materiales que poseen partículas alteradas o meteorizadas, estudió los parámetros que permiten caracterizar la resistencia al corte de estos materiales tales como gradación y densidad relativa de la muestra, junto con la dureza de las partículas, cuantificando la influencia de cada uno de estos parámetros en la resistencia de suelos gruesos y analizó la efectividad del método de corte en la obtención de la resistencia y parámetros de deformación de suelos gruesos.

## 1.2 MOTIVACION

Determinar los parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos permitirá probar con justificación técnica que se pueda crecer, recrecer y asegurar la operatividad de estructuras como depósitos de desmonte, depósitos de relaves, pads de lixiviación, stock piles de mineral, diques de contención de reservorios de agua, presas de relave, etcetera, reduciendo así el impacto de habilitar otras áreas de depósito de materiales, esto implica reducir costos de traslado, acarreo a otros sectores, reducir movimientos de tierra, reducir el impacto por uso de tierras, reducción de costos de almacenamiento y lo más importante reducir emisiones de CO<sub>2</sub> por construcción, almacenamiento y operación de las estructuras antes mencionadas.

### 1.3 ALCANCE.

La investigación se circunscribe a materiales granulares gruesos generados en la industria minera.

### 1.4 OBJETIVOS.

#### 1.4.1 Objetivo General.

Determinar los parámetros de resistencia al corte, mediante métodos alternativos en materiales con partículas mayores a 3" de diámetro.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos.

- Estudiar la historia del arte sobre la caracterización de materiales granulares gruesos.
- Revisar investigaciones realizadas sobre la caracterización de estos materiales.
- Desarrollar métodos alternativos para caracterizar los materiales mencionados.
- Aplicar a situaciones reales como depósitos de desmonte, depósitos de relaves, pads de lixiviación, stocks piles de mineral con fines de contrastación.
- Establecer una metodología de trabajo para futuras investigaciones en materiales granulares gruesos generados por la actividad minera.

### 1.5 SINOPSIS DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación consta de 05 capítulos.

El capítulo 02 presenta una investigación de las diferentes metodologías utilizadas para determinar la resistencia al corte de suelos granulares gruesos y sus limitaciones. Las metodologías estudiadas son: de corte, corte y reemplazo, de la matriz, curvas granulométricas homeotéticas o paralelas y se presenta la teoría de mezclas que permite definir el nivel de influencia en la resistencia al corte de la fracción gruesa del suelo. Además se presenta un estudio de los parámetros que influyen en la resistencia al corte.

En el capítulo 03 se presentan investigaciones realizadas para caracterizar materiales granulares gruesos mediante metodologías alternativas: GOESHE (2002) "Metodología de evaluación de parámetros de resistencia al corte de suelos granulares gruesos", DE LA HOZ, K. (2007) "Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos", DORADOR (2010) "Análisis experimental de las metodologías de curvas homotéticas y corte en la evaluación de propiedades geotécnicas de suelos". Al final del capítulo se

muestra una discusión sobre el uso de los métodos, condiciones y restricciones de cada uno.

En el capítulo 04 se presentan 02 aplicaciones del uso de métodos alternativos en la determinación de parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos generados por la actividad minera: Aplicación a materiales de stock piles de mineral que consistió en una investigación de campo mediante excavación de calicatas y trincheras, muestreo de materiales, análisis granulométrico global en laboratorio y uso del método de curvas paralelas en la estimación de parámetros de resistencia al corte; Aplicación a materiales de rock fill dispuestos en el espaldón de la presa de relaves de la mina Cerro Corona ubicada en el distrito de Hualgayoc a 140 km de la región Cajamarca en Perú, que consistió en una excavación de calicata para realizar un ensayo de densidad in situ por reemplazo de agua, análisis granulométrico global in situ, muestreo de materiales y uso del método de curvas paralelas en la determinación de parámetros de resistencia al corte. En ambas aplicaciones se exponen los resultados de campo y laboratorio.

En el capítulo 05 se expone las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1.RESISTENCIA AL CORTE EN MATERIALES GRANULARES GRUESOS.

Se definen como materiales granulares a un conjunto de partículas que poseen interacción entre ellas gracias a los contactos físicos que existen entre sí. Además, una masa de suelo se caracteriza por tener una cantidad de material con partículas sólidas y vacías, estos pueden ser llenados con agua y/o aire o gases.

Dependiendo de la forma en que una masa de suelo responde a las fuerzas externas, el comportamiento del suelo puede ser drenado (acomodo de partículas y un cambio volumétrico en la estructura de suelo) o un comportamiento no drenado (sin cambio volumétrico y existencia de presiones de poros en el suelo). Este comportamiento dependerá de la forma en la cual se manifiesten las fuerzas externas actuantes en el suelo (solicitaciones lentas o rápidas).

Un factor fundamental que diferencia a los materiales particulados de otro tipo de materiales es su capacidad de aumentar de volumen debido a que las partículas pueden montarse en un arreglo granular denso dependiendo del nivel de confinamiento de la muestra. Esta respuesta del suelo es llamada dilatancia.

Una condición clave de los suelos es que su resistencia al corte última (resistencia a la falla) depende directamente del nivel de confinamiento que posean. En base a lo anterior, los criterios de falla más utilizados en materiales granulares gruesos son el criterio Mohr Coulomb y el criterio de envolvente no lineal.

Este último criterio (Ecuación 2.1) fue utilizado por primera vez por De Mello (1977). Los parámetros "a" y "b" representan la resistencia peak y el grado de rotura respectivamente. La ecuación 2.1 ha sido mejorada (Indraratna 1998) por el hecho de agregar el parámetro de resistencia a la compresión simple (UCS) del enrocado (Ecuación 2.2).

$$\tau = a\sigma_n^b \quad \text{Ecuación 2.1}$$

$$\frac{\tau}{UCS} = a \left( \frac{\sigma_n}{UCS} \right)^b \quad \text{Ecuación 2.2}$$

A continuación se presentan las metodologías de estimación de resistencia al corte de suelos gruesos que han sido utilizadas en la actualidad.

## 2.2.DETERMINACIÓN DE PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE EN MATERIALES GRANULARES GRUESOS.

### 2.2.1. Método de corte

Zeller y Wullimann (1957) utilizaron el método de corte en materiales del Embalse Göschenenalp. A la granulometría original del material detrítico utilizado en los espaldones del embalse, se extrajo la fracción gruesa y se obtuvo granulometrías entre 0 – 100 mm, 0 – 30 mm, 0 – 10 mm y 0 – 1 mm, como muestra la figura. 2.1. Luego se realizaron ensayos triaxiales con aplicación de vacíos en muestras secas para cada una de estas granulometrías, utilizando probetas de diámetros 505 mm, 252 mm, 160 mm y 80 mm. De esta manera se pudo obtener la dependencia de la resistencia al corte en función de la porosidad y el tamaño máximo de la muestra para una presión de confinamiento de  $0.9 \text{ kg/cm}^2$ . Finalmente, por medio de aproximaciones sucesivas es posible determinar la resistencia al corte de la granulometría original. Es así como en la figura 2.2 se presenta la extrapolación de la resistencia al corte para un tamaño máximo de 600 mm, correspondiente a la granulometría original del material detrítico.

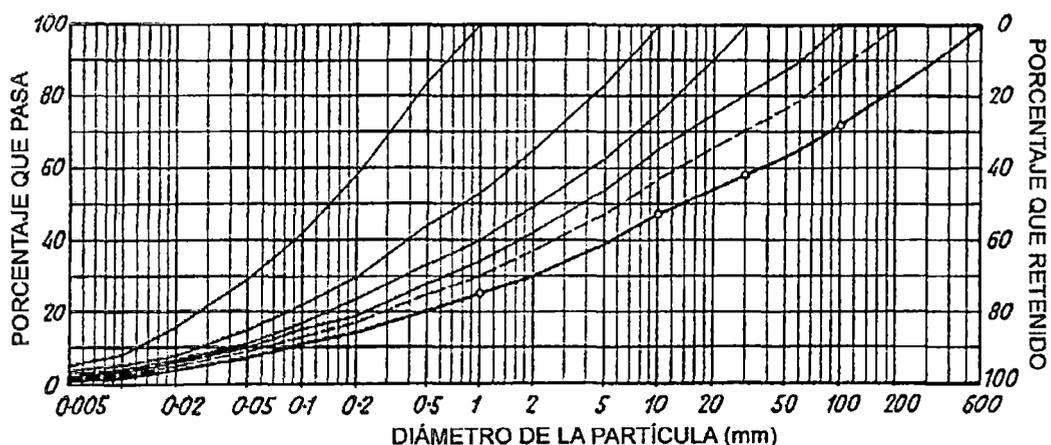


Figura 2.1: Granulometrías del material de la presa Göschenenalp (Zeller & Wullimann,1957)

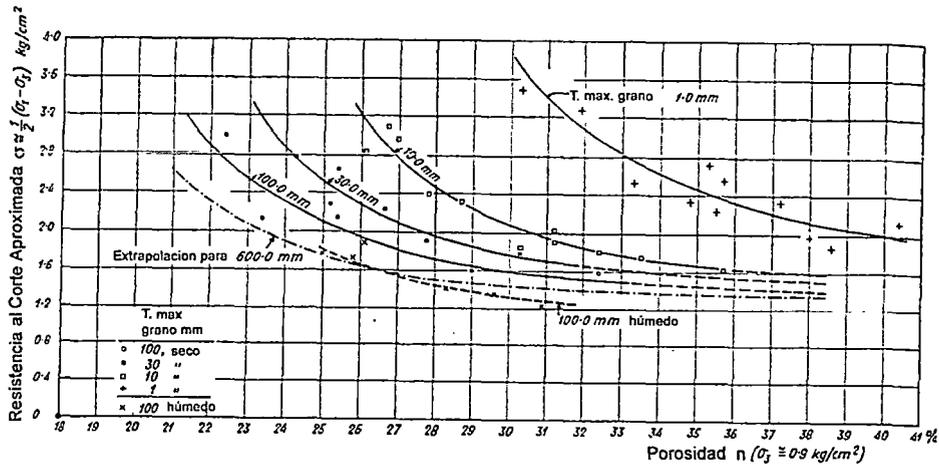


Figura 2.2: Extrapolación de la resistencia al corte en función de la porosidad y tamaño de partícula, a una presión de confinamiento de 0.9 kg/cm<sup>2</sup>. (Zeller & Wullimann., 1957)

En este caso para una misma porosidad la resistencia al corte aumenta con la disminución del tamaño de partículas. Para realizar una adecuada conclusión se debería utilizar como punto de comparación una misma densidad relativa, pero en esta investigación no se cuenta con datos de densidad máxima y mínima. Se debe tener en cuenta que todas estas granulometrías son bien graduadas, pero al disminuir el tamaño máximo de partículas aumenta la angulosidad de los granos y esto genera una mayor resistencia, lo cual puede explicar el incremento de la resistencia al corte de la Figura 2.2.

Por otro lado Al-Hussaini (1983) realizó ensayos triaxiales en basalto chancado, utilizando granulometrías entre 0.6 – 6.4 mm, 0.6 – 12.7 mm, 0.6 – 25.4 mm, 0.6 – 50.8 mm y 0.6 – 76.2 mm, de las cuales se presenta la distribución granulométrica pre y post ensayo de las curvas con tamaño máximo de 76.2 mm y 6.4 mm en la Figura 2.3. Las muestras se confeccionaron a densidades relativas de 75% y 100%, para lo cual se contaba con probetas de diámetro 71 mm, 154 mm y 305 mm. Estas probetas fueron confinadas a 4,13 kg/cm<sup>2</sup>, 8.61 kg/cm<sup>2</sup>, 20.67 kg/cm<sup>2</sup> y 31 kg/cm<sup>2</sup> y la aplicación del corte fue en condiciones drenadas. Se observa en la Figura 2.4 que la resistencia al corte incrementa al aumentar el tamaño máximo de partículas, esto se puede asociar a que al aumentar el tamaño máximo las granulometrías son mejor graduadas y la rotura de partículas disminuye como se aprecia en la Figura 2.3.

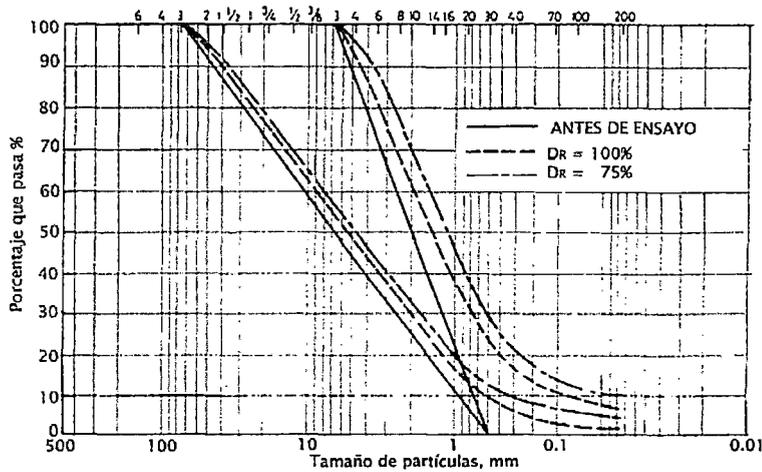


Figura 2.3: Distribución granulométrica para el basalto chancado antes y después de ensayo. (Al-Hussaini, 1983).

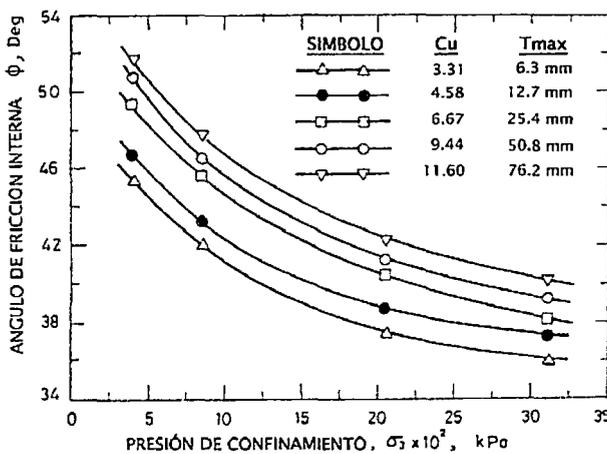


Figura 2.4: Variación del ángulo de fricción interna en función de la presión de confinamiento  $\sigma_3$  ( $Dr=100\%$ , Al-Hussaini, 1983).

En ambas investigaciones se obtienen diferentes resultados, en el primer caso la resistencia al corte disminuye al aumentar el tamaño de partículas y en el segundo ocurre lo contrario. Esto se puede atribuir a cambios en la forma de las partículas, pasar de una granulometría bien graduada a una mal graduada, a la dureza de las partículas individuales, etc.

### 2.2.2. Método de corte y reemplazo

En este procedimiento las partículas de sobre-tamaño que no pueden ser ensayadas en un equipo tradicional son removidas y reemplazadas por un porcentaje igual en peso de partículas más pequeñas, como lo muestran las granulometrías de la Figura 2.5. Este método asume que el resultado de los ensayos de probetas pequeñas del material alterado son comparables a

los obtenidos por medio de triaxiales a gran escala efectuados en el material original.

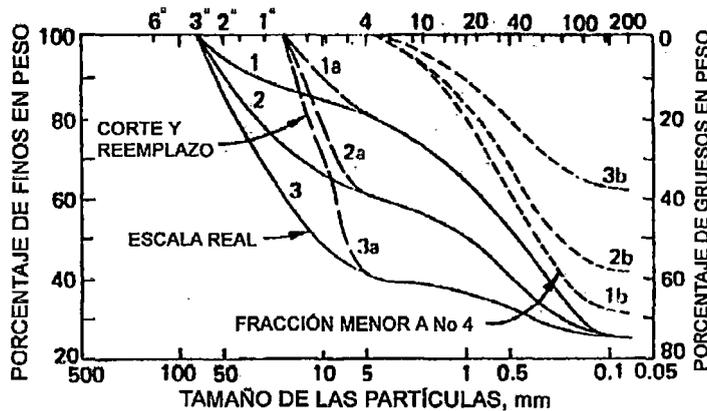


Figura 2.5: Distribución granulométrica del método de corte y reemplazo (Donaghe & Torrey, 1979).

Donaghe y Torrey (1979) utilizaron equipos triaxiales de 38.1 cm y 15.2 cm de diámetro para realizar ensayos no drenados con este método, empleando muestras con diferentes porcentajes de grava 20%, 40% y 60% (1, 2, 3) compactadas a un 95% del P.M. La Figura 2.6 muestra la trayectoria de tensiones no drenada para las muestra con 60% de grava y sus muestras equivalentes (3, 3a y 3b), sometida a presiones de confinamiento de 4.14 kg/cm<sup>2</sup> y 13.79 kg/cm<sup>2</sup>.

En esta investigación se observó que el procedimiento de corte y reemplazo tiene un mejor resultado para las granulometrías a escala real que contienen más de un 40 % de grava, lo cual limita su utilización. La Figura 2.7 muestra los ángulos de fricción interna obtenidos para los tres materiales, se observa que los valores de  $\phi'$  de la muestra a escala real es 1° a 3° mayor que para la muestras de corte y reemplazo. Para un rango de contenido desde 20% a 60% de grava esta técnica de modelación provee parámetros ligeramente conservadores.

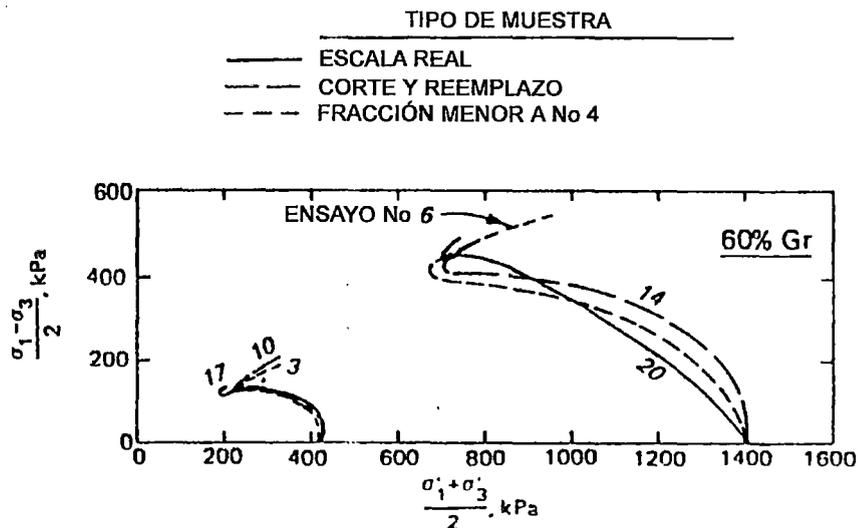


Figura 2.6: Trayectoria de tensiones no drenadas (Donaghe & Torrey, 1979).

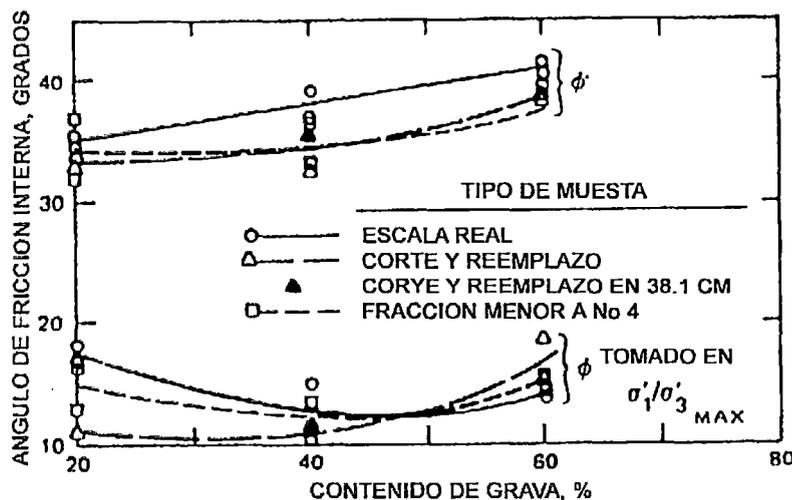


Figura 2.7: Ángulo de fricción en función del contenido de grava (Donaghe & Torrey, 1979).

### 2.2.3. Método de la matriz

Esta metodología desarrollada por Fragaszy en 1992, asume que la resistencia al corte de un material con bajo porcentaje de gravas es controlada por la matriz del suelo, es decir, todo aquel material que es posible ensayar en equipos convencionales.

Para entender este modelo se debe definir como partículas de sobre-tamaño, todas aquellas partículas que son muy grandes para ser incluidas en un ensayo triaxial tradicional. Además, se plantea que la matriz está compuesta por dos

tipos de partículas: las partículas de campo cercano, que son aquellas que se encuentran en la vecindad de las partículas de sobre-tamaño y las partículas de campo lejano, que son los granos de la matriz que se encuentran lejos de las partículas de sobre-tamaño. La Figura 2.8 muestra dos situaciones posibles para suelos con partículas de sobre-tamaño, caso (a) cuando las partículas de sobre-tamaño se encuentran en contacto y la matriz llena los vacíos que se generan entre ellas, caso (b) cuando las partículas de sobre-tamaño no tienen ningún contacto entre ellas y se encuentran “flotando” dentro de la matriz. La hipótesis central de este método es que la densidad de las partículas de campo lejano es la que controla la resistencia al corte estática, esta densidad puede ser conocida por el método propuesto por Fragszy en 1990.

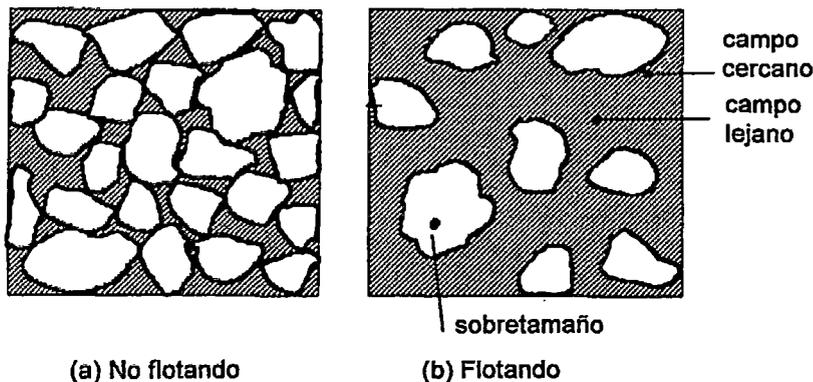


Figura 2.8: Esquema de un suelo con partículas de sobre-tamaño (Fragaszy 1992).

Para comprobar la validez de este método se realizaron ensayos triaxiales drenados en un suelo prototipo en probetas de 6 pulgadas de diámetro, este suelo fue compactado en un rango de 13.3% y 64% de densidad relativa, el suelo prototipo contenía un 30% de grava en peso (Fragaszy et al., 1992). La Figura 2.9 muestra las distribuciones granulométricas del material prototipo y la matriz del mismo.

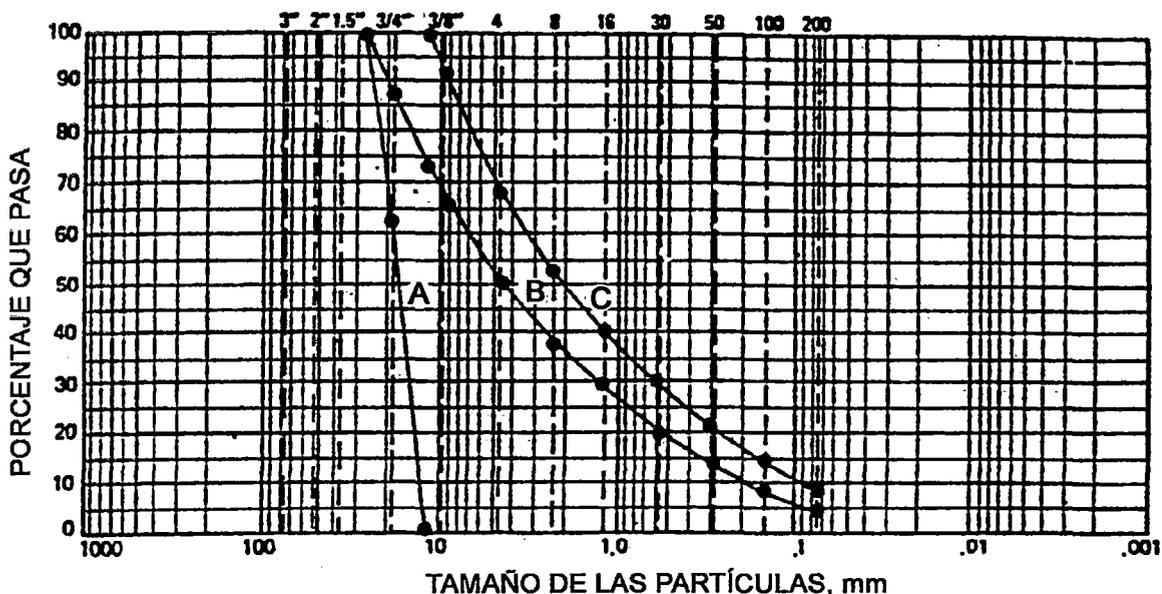


Figura 2.9: Granulometrías del suelo prototipo y la matriz. (A) partículas de sobretamaño, (B) suelo prototipo y (C) matriz del suelo (Fragaszy 1992).

La Figura 2.10 muestra los resultados de los ensayos realizados al material prototipo en probetas de 6" de diámetro, en términos del desviador de tensiones máximo versus la densidad seca y la densidad relativa de las muestras, para una presión de confinamiento de 150 kPa. El punto A muestra la resistencia del suelo prototipo a una densidad relativa de 32%, en este suelo la densidad relativa de las partículas de campo lejano es de 30% (1.9 ton/m<sup>3</sup>). Entonces si el punto A' tiene una coordenada x de 1.9 ton/m<sup>3</sup>, su coordenada y representa el desviador de tensiones máximo que debería ser el mismo del punto A. Los círculos rellenos representan los resultados de los ensayos triaxiales CID realizados en la matriz, en probetas de 2.8" de diámetro, estos resultados presentan una baja desviación frente a la línea continua predicha por el modelo de la matriz, que relaciona la densidad de las partículas de campo lejano que se encuentran en el suelo prototipo y la resistencia al corte de este.

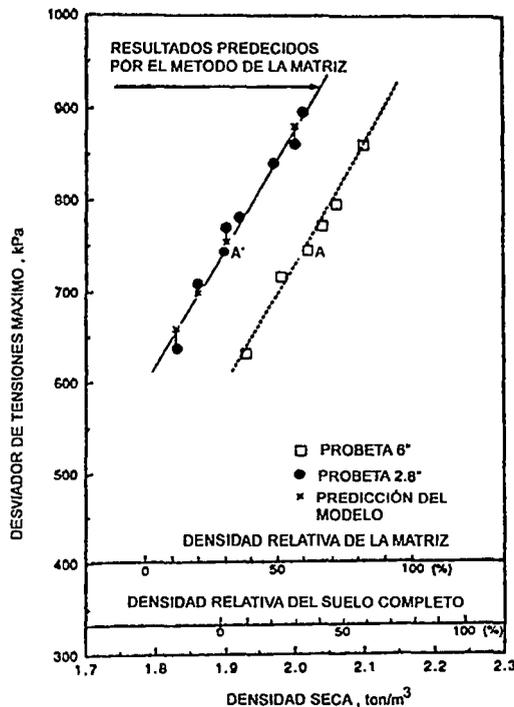


Figura 2.10: Comparación entre resultados predichos y reales. (Fragaszy 1992). Este método solo sirve para muestras remoldadas en que las partículas de sobre-tamaño se encuentren flotando dentro de la matriz, este estado puede ser reconocido visualmente en un suelo natural como el de la Figura 2.11. Pero afirmar que si un suelo contiene un porcentaje menor a un 40% de gravas en peso estas partículas se encuentran flotando, no es correcto, ya que esto depende de la granulometría y la interacción entre partículas. Para conocer la influencia del contenido de grava en la resistencia se puede utilizar la teoría de la mezclas.



Figura 2.11: Grava del Río Maipo de la Comuna de Puente Alto (gentileza de IDIEM)<sup>1</sup>

#### 2.2.4. Método de curvas granulométricas paralelas u homotéticas.

Lowe en 1964 propone realizar un escalamiento por medio de granulometrías paralelas, hasta alcanzar el tamaño máximo que puede ser ensayado en equipos de grandes dimensiones. Este método es el más utilizado y permitió reducir las dimensiones de los equipos.

Este procedimiento a sido utilizado por diferentes investigadores como Marachi en 1972, Thiers en 1981, Lee en 1986, Platino en 1988, Baladi en 1988, Cea en 1994, Gesche en 2002, Varadarajan en 2003, De la Hoz en 2007, Dorador en 2010 entre otros. En esta metodología el efecto de rotura de partículas adquiere una gran importancia, así como la conservación de los índices granulométricos  $C_u$  y  $C_c$ , dureza y forma de partículas de las muestras escaladas.

En la Figura 2.12 se muestra las granulometrías paralelas utilizadas por Marachi para ensayos triaxiales drenados en el enrocado de la presa de Oroville, las cuales son mal graduadas. En la Figura 2.13 se observa que el ángulo de fricción interna decrece con el incremento de la presión de confinamiento y con el aumento del tamaño de las partículas. Es posible apreciar que el ángulo de fricción interna para la probeta de 36" de diámetro es entre 1° a 1.5° más bajo que el de la probeta de 12" de diámetro y la diferencia con la probeta de menor tamaño, 2.8" de diámetro, es de 3° a 4° menor. Estos resultados reflejan el efecto del rompimiento de partículas para granulometría uniformes y sobreestiman los parámetros de diseño.

## 2.

<sup>1</sup> Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos, De La Hoz Karem, Tesis para optar grado de magister en ciencias de la ingeniería mención ingeniería geotécnica, Chile, enero 2007.

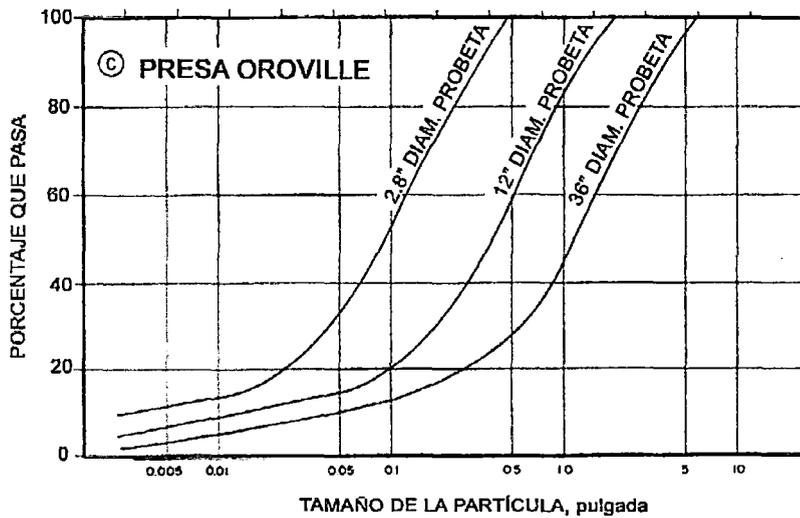


Figura 2.12: Granulometrías paralelas de la presa Oroville (Marachi, 1972).

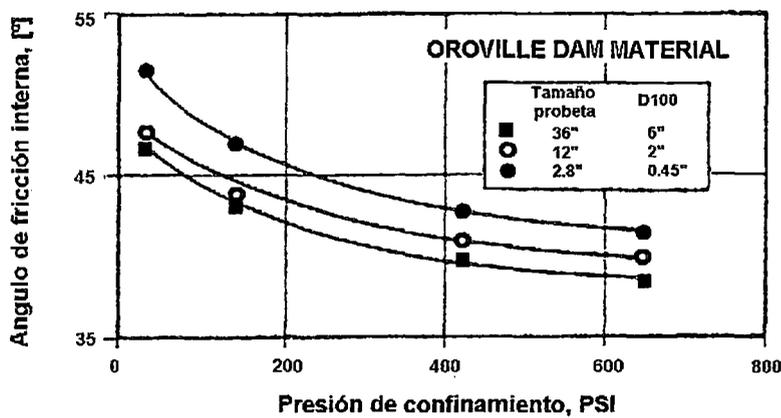


Figura 2.13: Ángulo de fricción en función de la presión de confinamiento (Marachi, 1972).

Cuando las granulometrías tienen una buena gradación y un porcentaje de finos menor al 10% para todas las curvas paralelas, se obtienen ángulos de fricción interna muy similares para todas las muestras ensayadas, no así cuando el porcentaje de finos aumenta y la contribución a la resistencia del material grueso disminuye. Esto lleva a una disminución del ángulo de fricción interna a medida que el tamaño de las partículas decrece, lo cual subestima los valores del ángulo de fricción y el diseño es conservador.

Esta diferencia de comportamiento se observa en los resultados de los ensayos triaxiales drenados realizados en el material de las presas Purulia y Ranjit Sagar en India (Varadarajan en 2003). La Figura 2.14 ilustra las granulometrías de ambos materiales y sus respectivas curvas paralelas, se observa que la granulometría paralela de  $T_{max} = 25$  mm de la presa Ranjit Sagar contiene un porcentaje de finos mayor al 10% y el contenido de arena ( $d < 4.75$  mm) varía

entre un 40% a 55%. En tanto el material de la presa Purulia contiene un porcentaje de finos menor al 10% y el contenido de arena varía entre un 20% a 60%. La Figura 2.15 fue creada a partir de los datos entregados por los diagramas de tensión deformación en el artículo de Varadarajan en 2003. En esta figura se aprecia que en la presa Ranjit Sagar el ángulo de fricción secante aumenta al crecer el tamaño máximo de partículas, esto debido al aumento del contenido de finos en las granulometrías homotéticas al aplicar este método. En la presa Purulia ocurre lo contrario, aún cuando los coeficientes  $C_u$  y  $C_c$  se mantienen constantes, la cantidad de grava aumenta de un 40% a 80% por ende aumenta la rotura de granos (Figura 2.16).

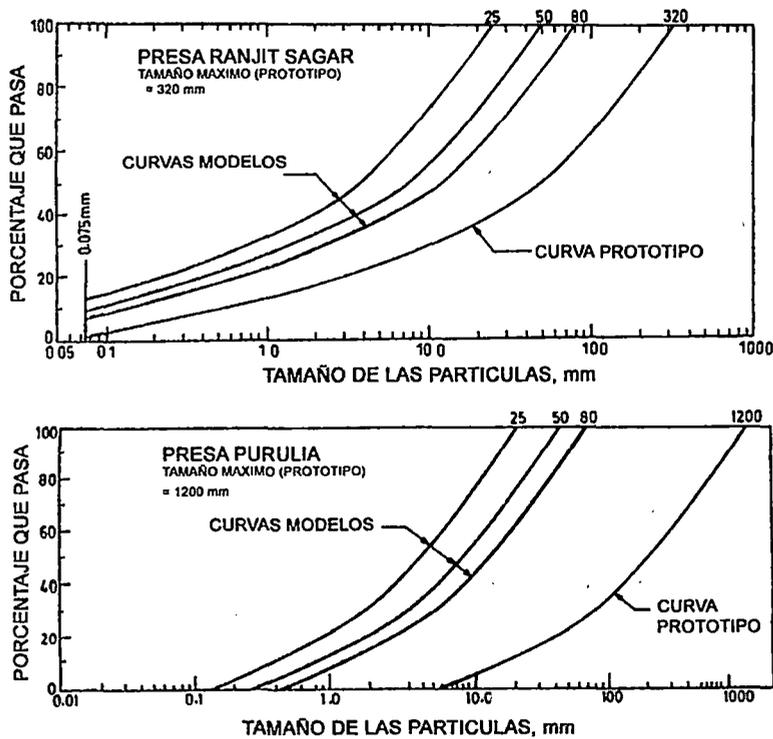


Figura 2.14: Granulometrías de las presas Ranjit Sagar y Purulia (Varadarajan et al. 2003).

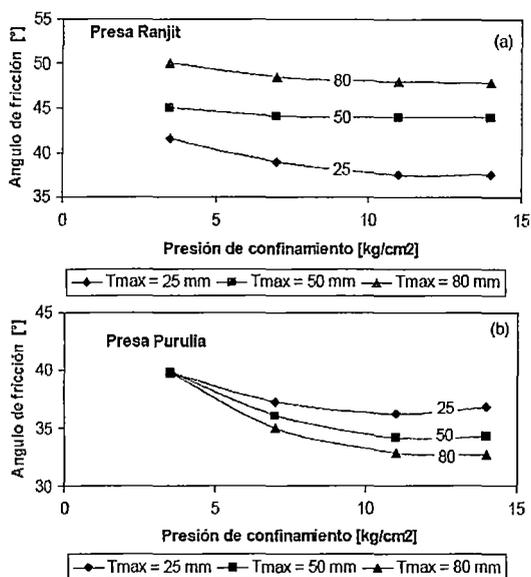


Figura 2.15: Variación del ángulo de fricción en función de la presión de confinamiento de las presas Ranjit Sagar y Purulia (modificada de Varadarajan et al., 2003).

Para la Presa Purulia se observa en la Figura 2.16 que el factor de rotura de Marsal (Bg), aumenta considerablemente para la granulometría de Tmax= 80 mm y además, el coeficiente de abrasión de Los Angeles de este material es de 48.8 %. Por lo tanto los suelos conformados por gravas alteradas, o de baja resistencia, en los cuales crece la rotura de partículas al aumentar el tamaño máximo, al utilizar este método se está sobrestimando el valor del ángulo de fricción interna.

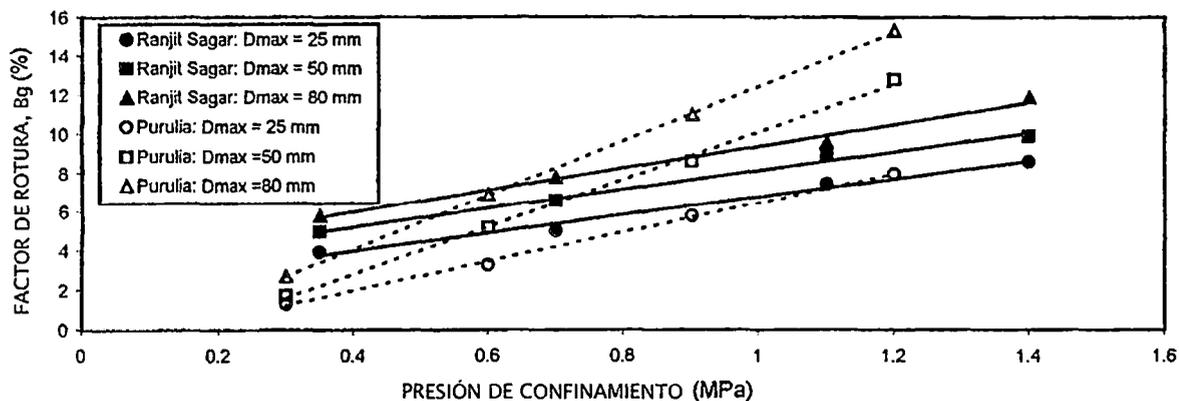


Figura 2.16: Rotura de partícula en presas Purulia y Ranjit Sagar (Varadarajan et al., 2003).

### 2.3. TEORIA DE MEZCLAS.

Las primeras investigaciones sobre el efecto en la resistencia de gravas debido a la incorporación de arena, fueron realizadas por Holtz et al. en 1957. Para lo cual utilizó una grava arenosa de 3" de tamaño máximo, la cual fue ensayada a una densidad relativa de 70% en un probeta de 9" de diámetro en el equipo triaxial de U.S.B.R. Las curvas granulométricas y las envolventes de falla se presentan en la Figura 2.17. Bajo estas condiciones los valores del ángulo de fricción varían entre 36° para un 0% de contenido de grava y 42° para un 65% de contenido de grava, observándose una cohesión aparente de 0.28 a 0.42 kg/cm<sup>2</sup> para bajas presiones. En este caso la resistencia máxima de la mezcla se alcanza para un 50% a 65% de contenido de grava. (Holtz en 1961). Marsal y Fuentes de la Rosa (1980) también realizaron ensayos en mezclas de enrocado y arena (E-A), obteniendo un índice de vacío mínimo  $e=0.27$  para un contenido de arena de  $P_s = 45\%$ , como se observa en la Figura 2.18. Las pruebas de compresión triaxial CID, revelan que la resistencia del suelo mejora cuando el contenido de arena se encuentra en el intervalo de 30-50%.

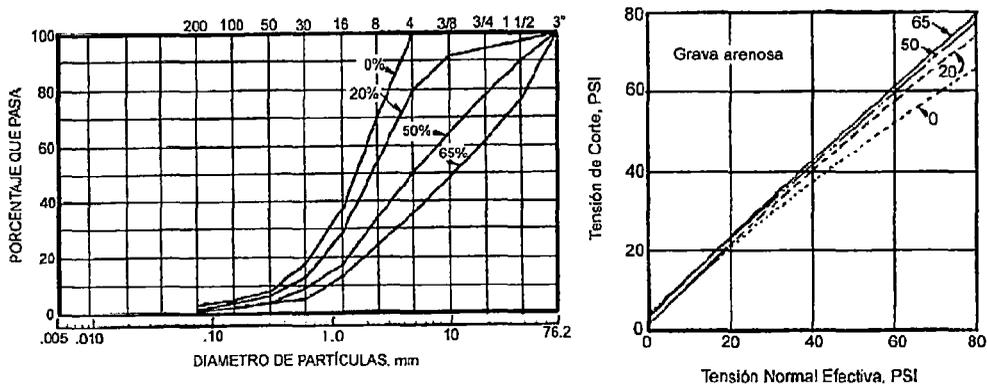


Figura 2.17: Granulometría con diferentes contenidos de grava y envolventes de falla (Holtz en 1961).

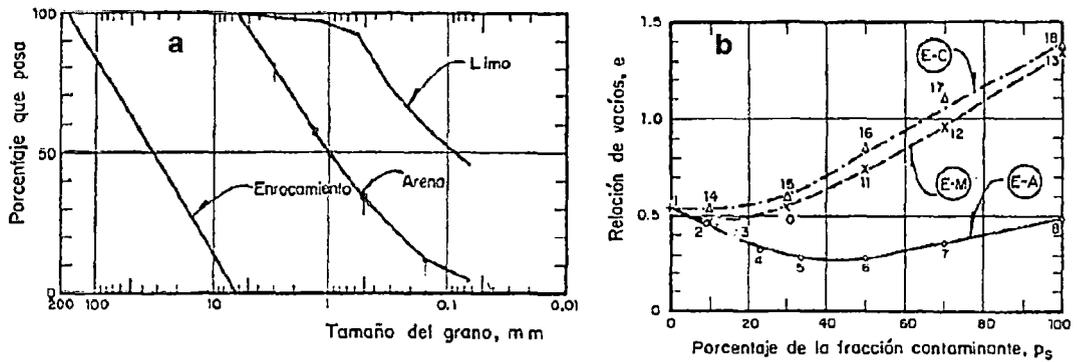
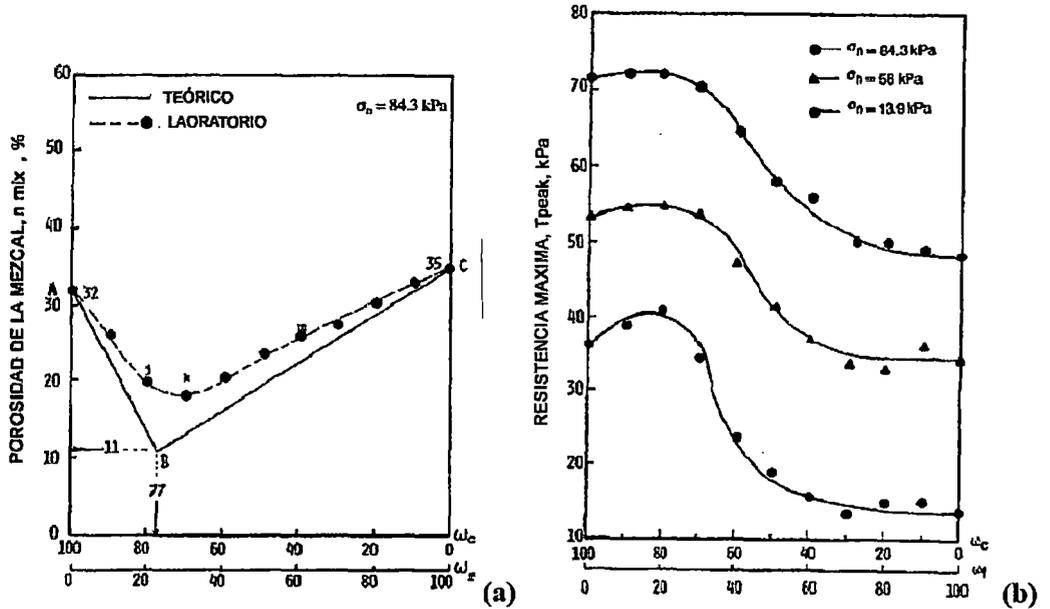


Figura 2.18: (a) Granulometría de enrocado y arena (b) variación del índice de vacío mínimo en función del porcentaje de arena. (Marsal, 1980).

Otros investigadores han estudiado la variación de resistencia con el contenido de grava, en el caso de Donaghe & Torrey (1979) demostraron que el ángulo de fricción interna aumenta con la incorporación de hasta un 60% de gravas. Para entender la interacción entre partículas Vallejo (2001) mezcló bolitas de vidrio de 5 mm, que representan los granos gruesos, y bolitas de 0.4 mm, representando a los granos finos. La Figura 2.19a ilustra la variación de la porosidad mínima en función de la fracción gruesa ( $W_c$ ) y fina ( $W_f$ ), la cual presenta un mínimo para un 70% de fracción gruesa. Para estas mezclas Vallejo realizó ensayos de corte directo para tensiones verticales de 13.9 kPa, 56 kPa y 84.3 kPa, para los cuales en la Figura 2.19b se grafica la resistencia al corte máxima en función de la fracción gruesa y fina, alcanzando un máximo de resistencia entre un 70% y 90% de fracción gruesa.



$\omega_c$  % granos gruesos,  $\omega_f$  % granos finos.

Figura 2.19: Porosidad mínima y resistencia máxima en mezcla binaria de granos (Vallejo, 2001).

La más reciente investigación realizada por Gutiérrez (2003) relaciona la resistencia al corte cíclico no drenado, en mezclas de arena y limo, con el comportamiento del índice de vacío máximo y mínimo. Para ello utiliza la teoría de mezclas propuesta por Truesdell & Toupin en 1960, la cual puede ser aplicada en materiales inmiscible, es decir, que no son solubles. En el caso de la mezcla de suelos de granos gruesos y granos finos, estos últimos pueden introducirse en los vacíos dejados por los granos de mayor tamaño y considerarse como miscibles en la escala de poros. Por este motivo la teoría de mezclas debe modificarse para considerar el rango de intrusión o mezcla de finos dentro de los poros.

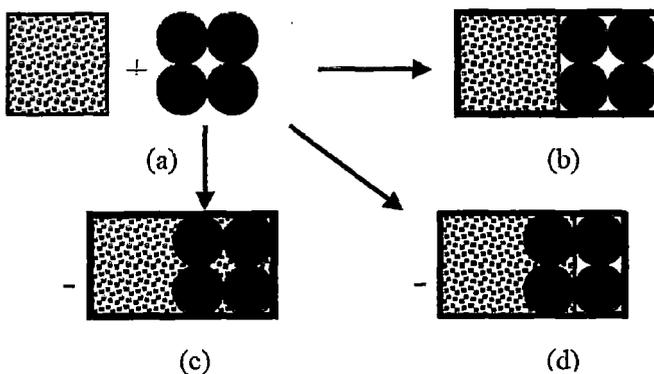


Figura 2.20: Representación esquemática del grado de mezcla de partículas de granos finos y granos gruesos: (a) partículas antes de la mezcla, (b) sin mezcla

de partículas, (c) mezcla completa de partículas y (d) mezcla parcial de las partículas. (Gutierrez, 2003).

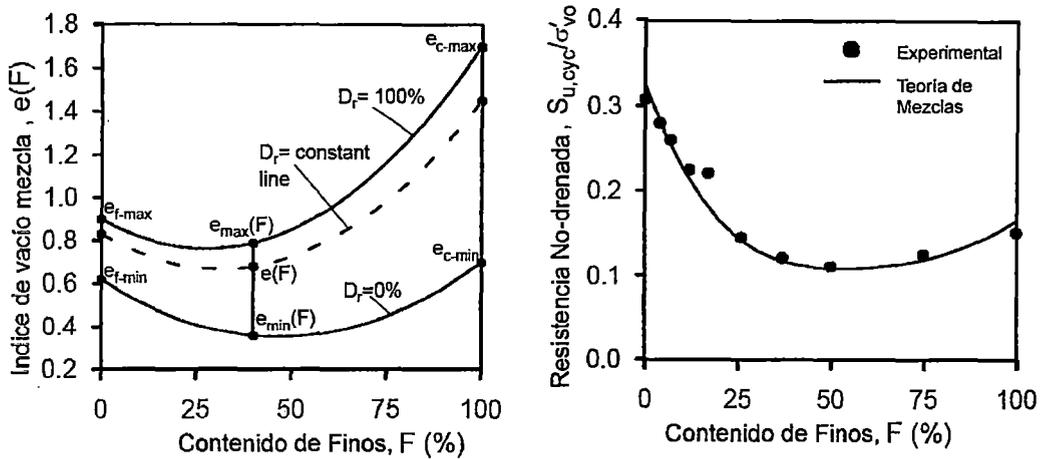


Figura 2.21: (a) Variación de  $e_{\max}$  y  $e_{\min}$  en función del contenido de finos, (b) Resultados experimentales y modelación de  $S_{u,cyc} / \sigma'_{vo}$  para la arena limosa de Yatesville. (Gutierrez, 2003).

La metodología propuesta por Gutierrez (2003) solo ha sido comprobada para una arena-limosa, donde las propiedades físico químicas que presentan suelos más finos como las arcillas no actúan. Por otro lado para suelos gruesos la resistencia al corte se ve alterada por las propiedades de las partículas y de ensayo, por ejemplo el efecto de la rotura de partículas.

Este método es útil para dimensionar la interacción entre partículas por medio de la variación del índice de vacío, pues podemos conocer el contenido de finos para el cual las partículas de sobre-tamaño flotan dentro de la matriz para una densidad relativa dada. Por ejemplo en la Figura 2.19a se observa una porosidad similar para un contenido de fracción gruesa ( $W_c$ ) entre 60% y 80%, en este estado debería existir un aporte de resistencia dada por la interacción de ambas fracciones, mientras que para un contenido  $W_c$  mayor al 90% la fracción gruesa controla la resistencia y bajo un 50% de fracción gruesa la fracción fina es la que define la resistencia de la mezcla, ya que la porosidad varía abruptamente y sobrepasa incluso la porosidad mínima para un  $W_c$  de 100%.

#### 2.4. PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LA RESISTENCIA AL CORTE EN MATERIALES GRANULARES GRUESOS.

Una masa de suelos se entiende como un sistema particulado en el cual se

encuentra la interacción de tres fases: sólido, líquido y gas. En ocasiones se agrega a estas tres fases los microorganismos como componente del suelo (Narsilio en 2005). Entre las partículas sólidas se generan huecos, los cuales pueden ser llenados simplemente por aire (estado seco), por aire y agua (estado parcialmente saturado) o exclusivamente por agua (estado saturado). Por otra parte, si una masa de suelo es mirado en forma macroscópica, ésta puede ser considerada como un continuo en el cual es posible definir un estado tensional interno y sus respectivas deformaciones asociadas. (Verdugo, 1998).

Si la tendencia al cambio de volumen en un suelo saturado es impedida debido a solicitaciones rápidas, como un sismo, el drenaje de agua dentro de los intersticios es prácticamente nulo, lo cual se denomina carga no-drenada o respuesta no- drenada. Si las solicitaciones son ejercidas por una carga lenta que es permanente en el tiempo y por lo tanto permite la disipación de cualquier incremento de presión de poros, esta situación se denomina carga drenada o repuesta drenada del suelo. La velocidad del cambio volumétrico está controlada también por la permeabilidad del suelo, por ende los materiales muy permeables como gravas gruesas y limpias presentan una respuesta drenada incluso para solicitaciones rápidas.

#### 2.4.1. Dilatancia

Durante el desarrollo de un ensayo triaxial CID en un suelo granular inicialmente denso, cuando se llega a un estado de máxima densificación las partículas comienzan a montarse una sobre otra, aumentando así el índice de vacío y la resistencia al corte, este fenómeno es definido como dilatancia.

En suelos sometidos a elevadas presiones ocurre rompimiento de partículas, esto reduce los ángulos máximos observados de dilatancia y corte. Este efecto se observa claramente en los enrocados, es así como Bishop (1966) en la Figura 2.22 muestra que la tasa de dilatancia, en la falla para un enrocado denso es más cercana a una arena suelta que a una arena densa. Además, se debe tener en consideración que la angulosidad y rugosidad aumentan la tendencia a la dilatancia en arreglos densos.

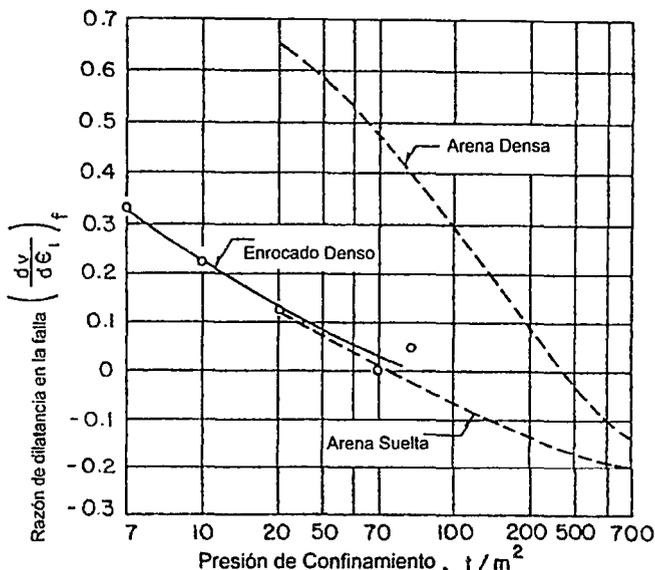


Figura 2.22: Variación de la tasa de dilatación en la falla en función de la presión de confinamiento (Bishop, 1966).

#### 2.4.2. Ángulo de fricción interna.

El ángulo de fricción máximo es una sumatoria de varios acontecimientos producidos durante la aplicación del corte, que incluyen la resistencia al deslizamiento en los contactos entre granos, dilatación, reordenamiento de los granos y rotura de partículas, esta última aumenta en importancia con el incremento de la presión de confinamiento y disminución del índice de vacíos.

La resistencia al deslizamiento entre partículas o “fricción verdadera”  $\phi_u$  relacionada con los minerales que se encuentran en contacto, usualmente esta resistencia se considera constante y contribuye a la mitad o más de la resistencia máxima (Mitchell, 1993). La rotura de granos en ensayos a altas presiones debería absorber energía, causando que el ángulo de fricción corregido por dilatación sea mayor al ángulo de fricción de deslizamiento entre partículas. Por ende, en los ensayos a altas presiones de confinamiento la falla se produce a grandes deformaciones, y habrá un aumento en la energía requerida para el remoldeo y reordenamiento de los granos (Lee and Seed, 1967).

El estado donde se alcanza un volumen constante y una resistencia al corte residual se le denomina “estado crítico”, el ángulo de fricción interna en estas condiciones se denomina ángulo a cambio volumétrico constante o en estado crítico,  $\phi_{cv}$ .

La Figura 2.23 muestra cada uno de los elementos que contribuyen en el ángulo de fricción máximo ( $\phi_m$ ), donde  $\phi_f$  es el ángulo de fricción relacionado con la dilatación. Además, por medio de un diagrama de Mohr en la Figura 2.24 se ejemplifica la contribución en la resistencia máxima de cada uno de estos factores.

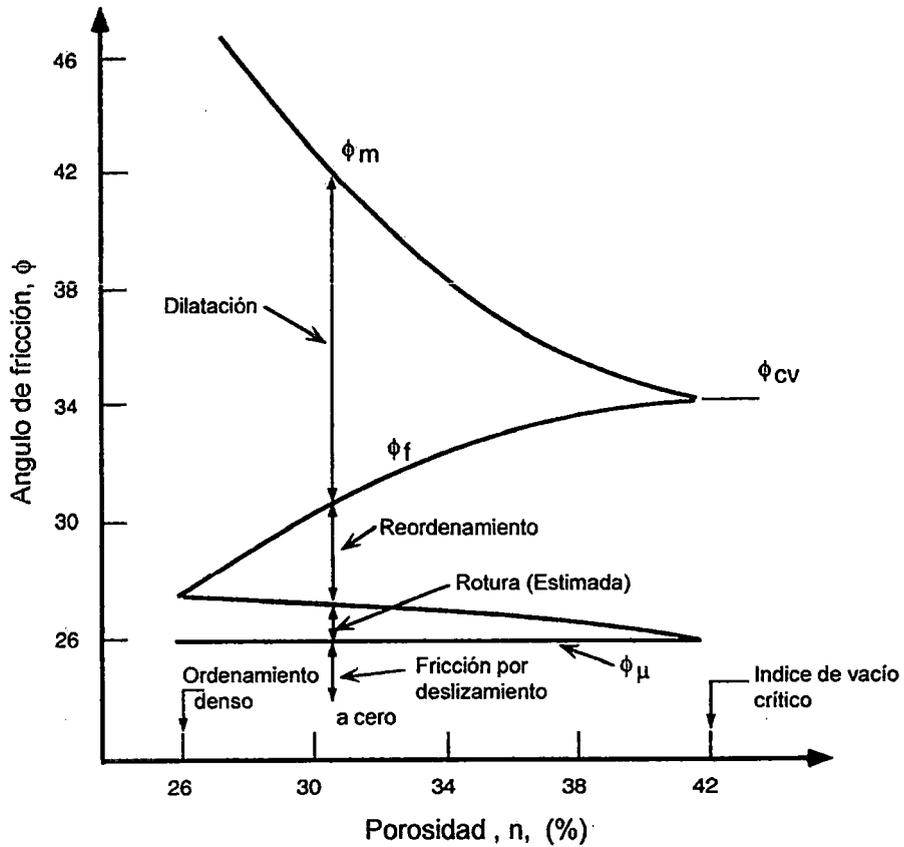


Figura 2.23: Componentes del ángulo de fricción máximo (Mitchell, 1993).

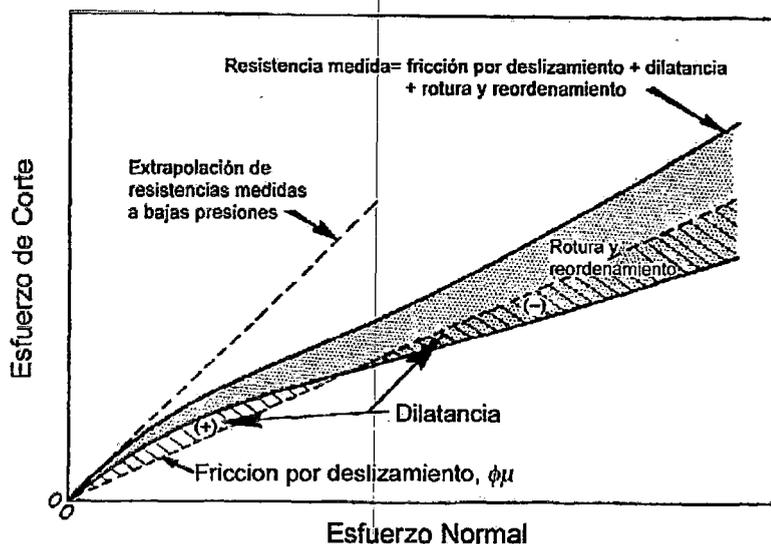


Figura 2.24: Contribución de la fricción por deslizamiento, dilatación, rotura y reordenamiento en la resistencia drenada del suelo. (Lee and Seed, 1967).

### 2.4.3. Cohesión

La cohesión se define como la resistencia al corte que presenta el suelo en ausencia de cualquier esfuerzo de compresión actuando sobre el esqueleto del suelo o en un plano de falla. Confirmar la existencia de la cohesión y su valor es difícil, ya que la proyección de la envolvente de falla hacia  $\sigma' = 0$  es incierta, debido a la curvatura de la envolvente de falla, a menos que los ensayos sean realizados a presiones de confinamiento menores a  $1 \text{ kg/cm}^2$  (Mitchell, 1993).

En suelos granulares limpios es usual asumir una cohesión nula. Pero el análisis retrospectivo de taludes en gravas, conduce a ángulos de fricción demasiado altos si no se considera la existencia de cohesión como resistencia al corte inicial. Además, en resultados de ensayos en gravas limpias a baja presiones de confinamiento se obtiene una componente de resistencia inicial, que no puede ser asociada a efectos de succión, adhesión entre partículas por agentes cementantes o arcilla (Musante et al. 1987).

Esta resistencia inicial o cohesión aparente puede ser interpretada como trabazón mecánica o interlocking de superficies rugosas, esta resistencia al corte se produce en ausencia de presión de confinamiento o esfuerzo normal sobre la superficie macroscópica. En la Figura 2.25 se puede observar la superficie macroscópica y la dirección de deslizamiento debido al corte aplicado, factores que interfieren en el desarrollo de la trabazón mecánica.

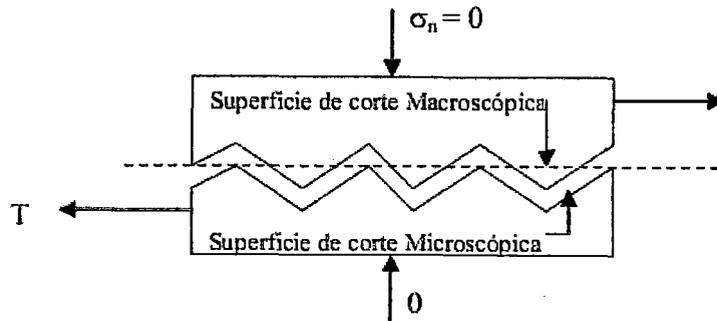


Figura 2.25: Trabazón Mecánica en superficie macroscópica (modificado de Mitchell, 1993).

#### 2.4.4. Envoltentes de falla.

Coulomb estableció que la resistencia al corte de un material granular está dada por la clásica ecuación lineal:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \quad \text{Ecuación 2.3}$$

La cual muestra que la resistencia al corte aumenta linealmente con la tensión normal y supone que tanto la cohesión como el ángulo de fricción son constantes para un suelo dado.

Pero en suelos granulares gruesos se ha observado que la ecuación de Mohr-Coulomb pierde sentido, ya que la resistencia al corte depende de factores como la rotura de partículas, dilatancia y encaje entre partículas, todos los cuales son dependientes de la presión de confinamiento. Esto en definitiva produce una curvatura de la envolvente de falla (Chávez, 2004).

Para definir la envolvente de falla en suelos granulares gruesos, tomando en cuenta la curvatura de esta, variados autores como de Mello (1977), Charles & Watts (1980) y Cea (1993), entre otros, han utilizado una ecuación parabólica del siguiente tipo:

$$\tau = a\sigma_n^b \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde  $\tau$  y  $\sigma_n$  son los esfuerzos de corte y normal efectivo, los parámetros  $a$  y  $b$  son obtenidos por medio de curvas de ajuste de los resultados de ensayos. El valor  $a$  varía entre 1.52 kPa hasta 7.44 kPa, y  $b$  varía entre 0.67 hasta 0.98, según los datos recopilados para enrocados por de Almeida (2001).

Se han desarrollado otras ecuaciones para caracterizar la curvatura de la envolvente de falla, por ello Douglas (2002) realizó una recopilación de criterios

de falla para enrocados, de la cual en la Tabla 2.1 se exponen algunos de estos criterios.

Tabla 2.1: Criterios de falla para suelos granulares (modificado de Douglas, 2002).

Referencia	Ecuación	Desarrollo
De Mello (1977) Charles & Watts (1980)	$\tau = a \sigma_n^b$	Envolvente de falla empírica
Indraratna et al (1993) Indraratna (1994)	$\frac{\tau}{\sigma_c} = a \left[ \frac{\sigma_n}{\sigma_c} \right]^b$	Forma adimensional de la ecuación (Ec. 2.8).
Sarac & Popovic (1985)	$\tau_{\max} = A \left( \frac{\sigma_n}{\sigma_0} \right)^B$	Desarrollada desde ensayo de corte directo a gran escala en gravas y enrocados
Indraratna et al (1998)	$\frac{\sigma_1'}{\sigma_3'} = a \sigma_3'^b$	Desarrollada empíricamente a partir de dos granulometrías de balasto ensayadas a $\sigma_3' = 0$
Doruk (1991)	$\sigma_1' = \sigma_3' + \left[ \frac{m \sigma_3'}{\sigma_c} \right]^a \sigma_c$	Desarrollado desde criterio de Hoek-Brown por ajuste de resistencia a compresión simple de enrocados.

Como se observa, estas ecuaciones no incluyen una componente de cohesión, la cual se considera en el diseño geotécnico de fundaciones superficiales, taludes, pilotes, etc. Además, los parámetros a y b de la envolvente parabólica no tienen significado físico. Es por ello que algunos investigadores como Maksimovic (1996), asignan diferentes envolventes de falla de Mohr – Coulomb para determinados diseños geotécnicos y niveles de tensiones, obteniendo así diferentes parámetros de resistencia al corte como se observa en la Figura 2.26.

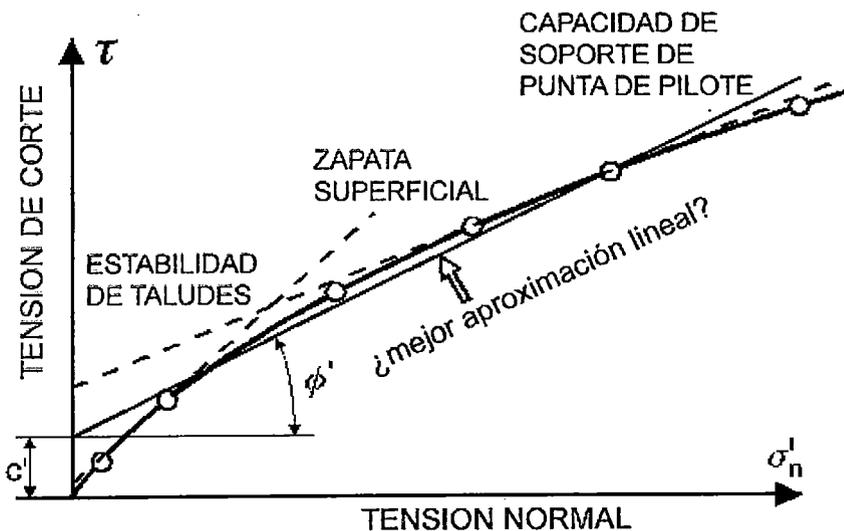


Figura 2.26: Selección de parámetros de resistencia al corte según fines de

diseño. (Maksimovic, 1996).

Los parámetros de resistencia al corte se ven afectados por diversos factores, como propiedades de las partículas (dureza, forma, rugosidad, nivel de rotura), propiedades de la muestra de ensayo (densidad, tamaño de las partículas, granulometría, fábrica) y nivel de tensiones. Estos factores y sus efectos son analizados a continuación.

#### 2.4.5. Nivel de Tensiones.

Todos los autores que han estudiado el efecto del nivel de tensiones en la resistencia al corte del suelo, concuerdan en que al aumentar la presión de confinamiento, el ángulo de fricción secante disminuye hasta alcanzar una constante para presiones mayores a 40 kg/cm<sup>2</sup>. Este hecho está asociado con la curvatura de la envolvente de falla, además, esta disminución del ángulo de fricción se ha atribuido al rompimiento de partículas, lo cual está directamente relacionado con la resistencia individual de cada partícula y la granulometría del suelo.

Leps (1970) realizó un compendio de 100 ensayos triaxiales realizados en 15 variedades de enrocados, pero este resumen solo sugiere vagamente la influencia de la densidad relativa, la granulometría y la resistencia del tamaño de partícula dominante del suelo. Este estudio arrojó como resultado la Figura 2.27, en la cual se grafican el ángulo de fricción secante en función de la tensión normal de falla, pero este gráfico no toma en cuenta otros factores como grado de saturación, densidad relativa y la influencia de la forma de las partículas, entre otros.

Indraratna en 1993, considerando los resultados de la grava de Contreras y la roca de Santa Fe junto con los datos del enrocado de Greywacke, propone otro límite de baja resistencia que es 3° más conservativo que el límite propuesto por Leps. Indraratna et al (1993) como se señala la Figura 2.27 realiza ensayos con partículas de tamaño máximo 38 mm y 25 mm para modelar la resistencia de un suelo de tamaño máximo de 50 mm, por lo cual no se considera un enrocado como tal sino que un suelo gravoso.

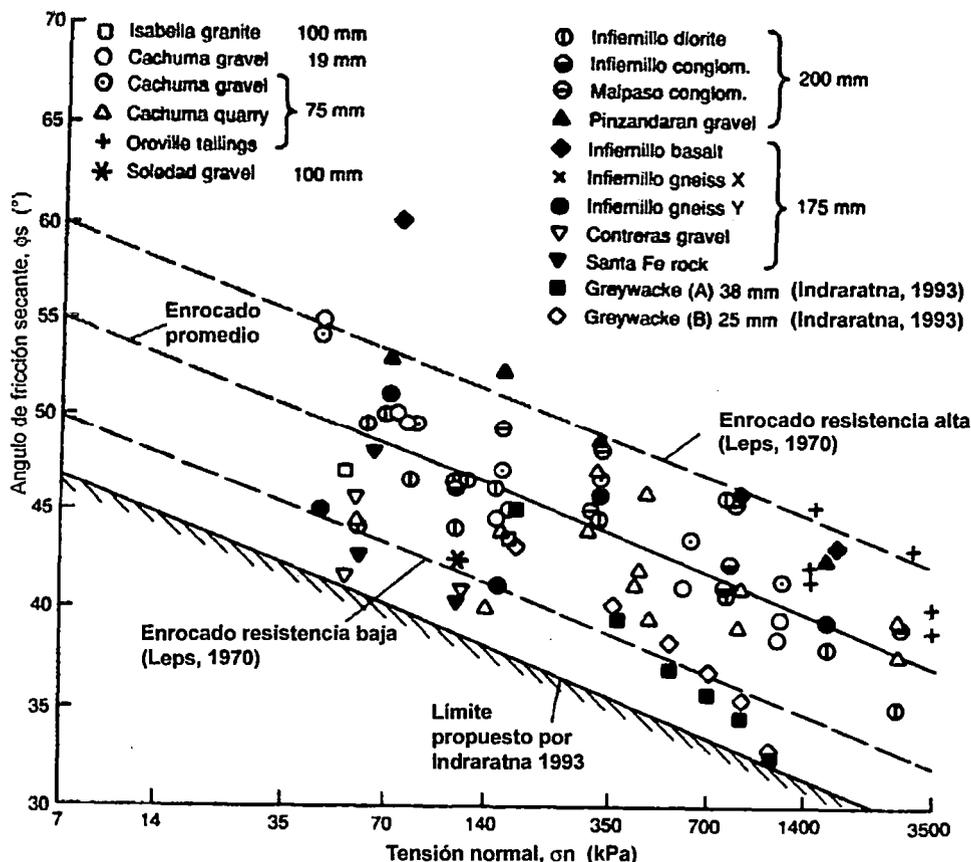
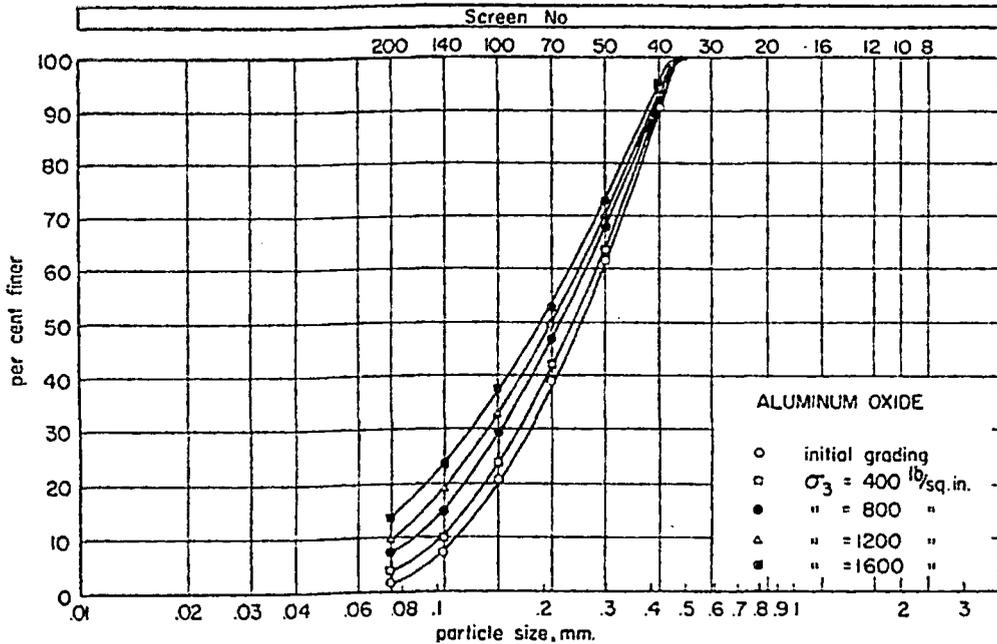


Figura 2.27: Recopilación de resultados de ensayos de diversos estudios. (Indraratna, 1993).

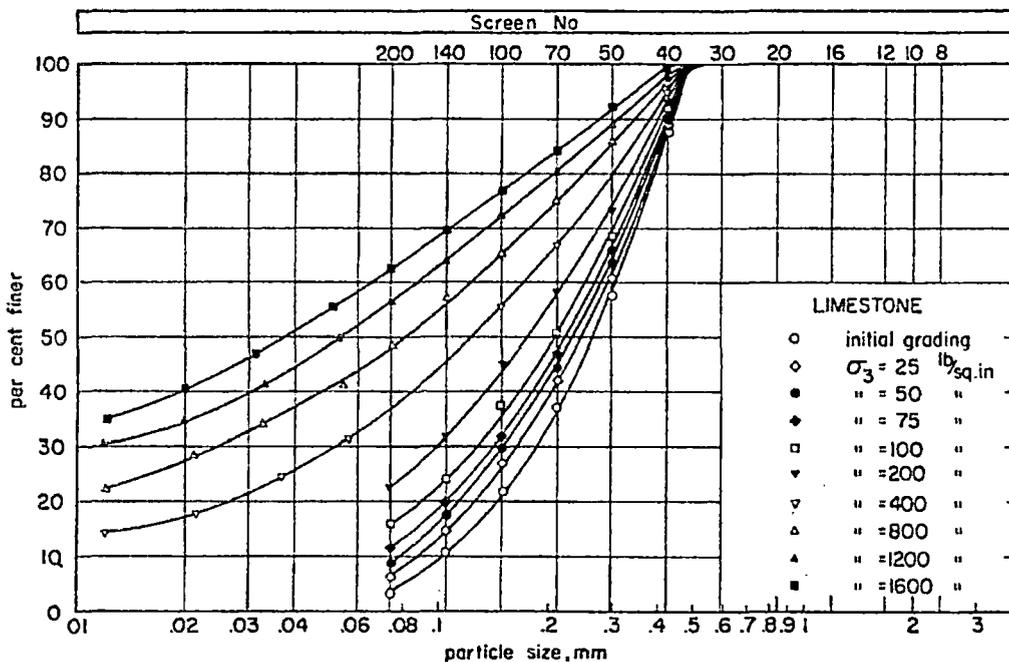
#### 2.4.6. Dureza de las partículas.

Las partículas de gran tamaño contienen micro-fisuras o vetillas que forman planos de debilidad a través de los cuales se produce la rotura. Estas irregularidades no se presentan en las partículas de menor diámetro, lo cual aumenta su resistencia como partícula individual. Si se centra el interés en la resistencia individual de las partículas de menor tamaño, Lo & Roy (1973) realizaron ensayos triaxiales drenados a compresión en tres tipos de materiales de similar granulometría inicial y de tamaño máximo 0.5 mm. Los materiales utilizados son óxido de aluminio (aluminum oxide), cuarzo (quartz) y piedra caliza (limostone), en orden decreciente de resistencia de partículas. Los ensayos triaxiales fueron realizados en un amplio rango de presiones de confinamiento desde 25 psi (1,8 kg/cm<sup>2</sup>) a 1600 psi (112.5 kg/cm<sup>2</sup>), para cada presión se presenta en la Figura 2.28a y Figura 2.28b las granulometrías después de ensayo para los materiales de óxido de aluminio de alta resistencia y piedra caliza de baja resistencia. La Figura 2.28 muestra las diferencias esperadas, es decir, el

material de baja resistencia presenta mayor rotura de partículas, lo que implica una mayor deformación volumétrica durante los ensayos. Pero si observamos los resultados presentado en la Figura 2.29 el óxido de aluminio presenta un ángulo de fricción más bajo que la piedra caliza, esto se atribuye a la gran reducción del índice de vacío resultante de la rotura de partículas en la muestra de piedra caliza.



(a)



(b)

Figura 2.28: Granulometrías post ensayo para (a) oxido de aluminio y (b) piedra caliza. (Lo & Roy, 1973).

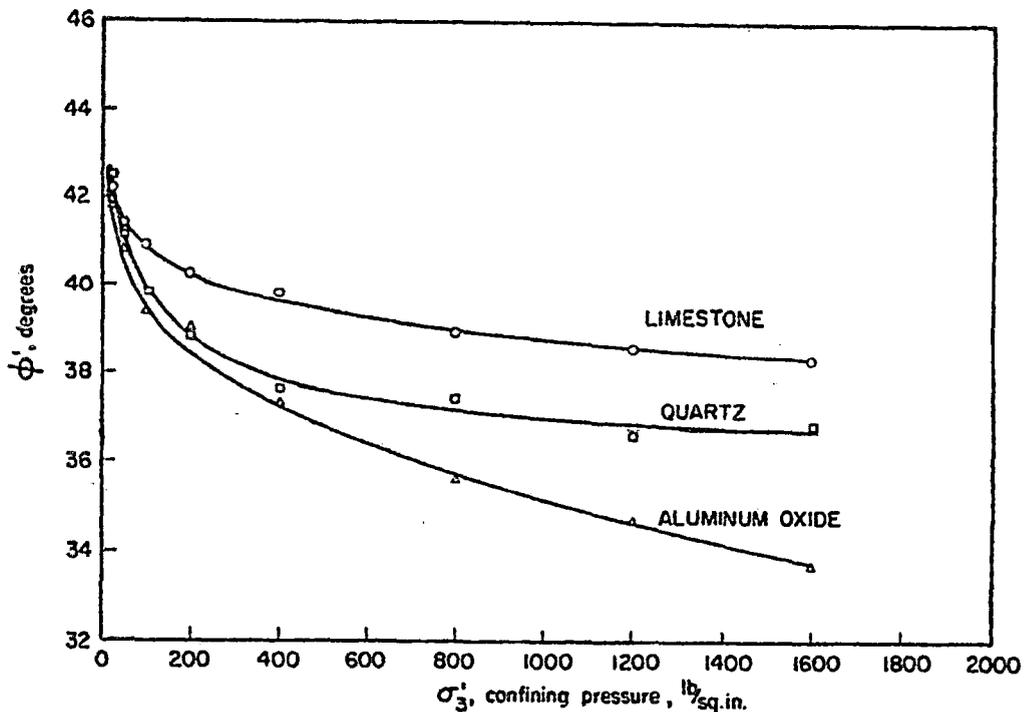


Figura 2.29: Degradación del ángulo de fricción a mayor presión de confinamiento. (Lo & Roy, 1973).

#### 2.4.7. Forma y rugosidad de las partículas.

El tamaño y la forma de las partículas reflejan la composición mineralógica del material, formación del grano y su liberación de la matriz del mineral, transporte y ambiente de depositación. La esfericidad y redondez puede ser estimada en forma visual al realizar comparaciones con gráficos, como el que se muestra en la Figura 2.30. Además, las imágenes digitales facilitan el análisis matemático de la forma de la partícula incluido el Análisis de Fourier, análisis de fractal y otras técnicas híbridas (Santamarina, 2004).

Lee & Farhoomand (1967) comprobaron que un suelo anguloso es más compresible que un suelo sub-redondeado, como se observa en la Figura 2.31, esto se debe a que su resistencia a la rotura es relativamente menor, pues en sus bordes angulosos se produce una mayor concentración de tensiones. No obstante, a presiones elevadas, el aumento de las fuerzas de contacto genera un intenso grado de fractura tanto en partículas angulosas como para redondeadas. Según los ensayos triaxiales con aplicación de vacío realizados

por Vallerga en 1957 en partículas de igual origen y granulometría uniforme, obtuvieron que las partículas angulosas desarrollan un ángulo de fricción interna mayor que las partículas sub-redondeadas, esto también es confirmado con los resultados de Koener (1970).

Además, Vallerga en 1957, realizaron ensayos triaxiales de las mismas características en bolitas de vidrio, las cuales fueron sumergidas en ácido para generar distintos niveles de rugosidad superficial, y se obtuvo como resultado que las partículas con mayor rugosidad superficial aumentan su ángulo de fricción interna hasta en  $8^\circ$  con respecto a las de superficie lisa.

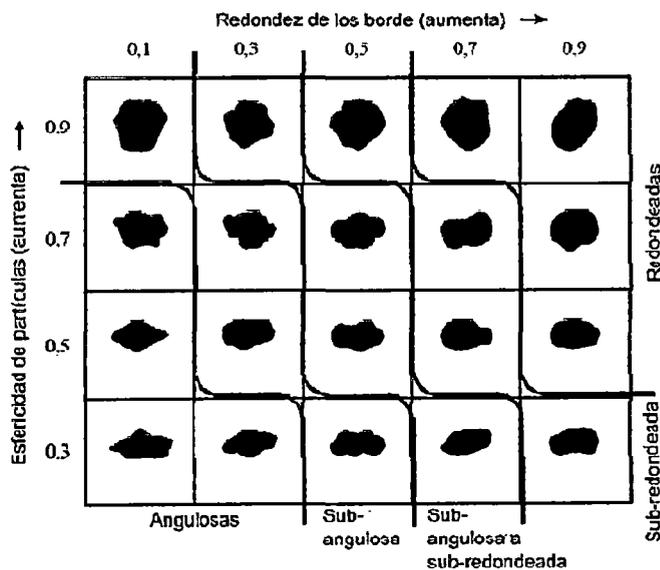


Figura 2.30: Determinación de esfericidad y redondez de partículas (adaptado de Krumbein y Sloss, 1963).

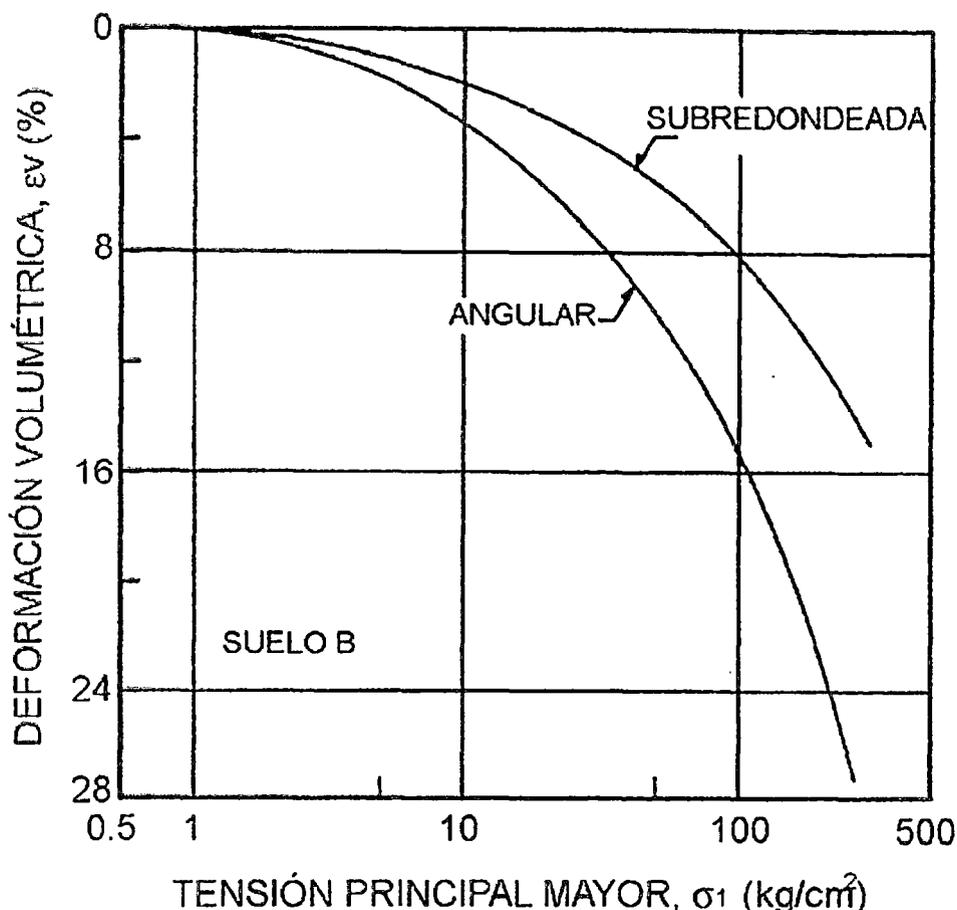
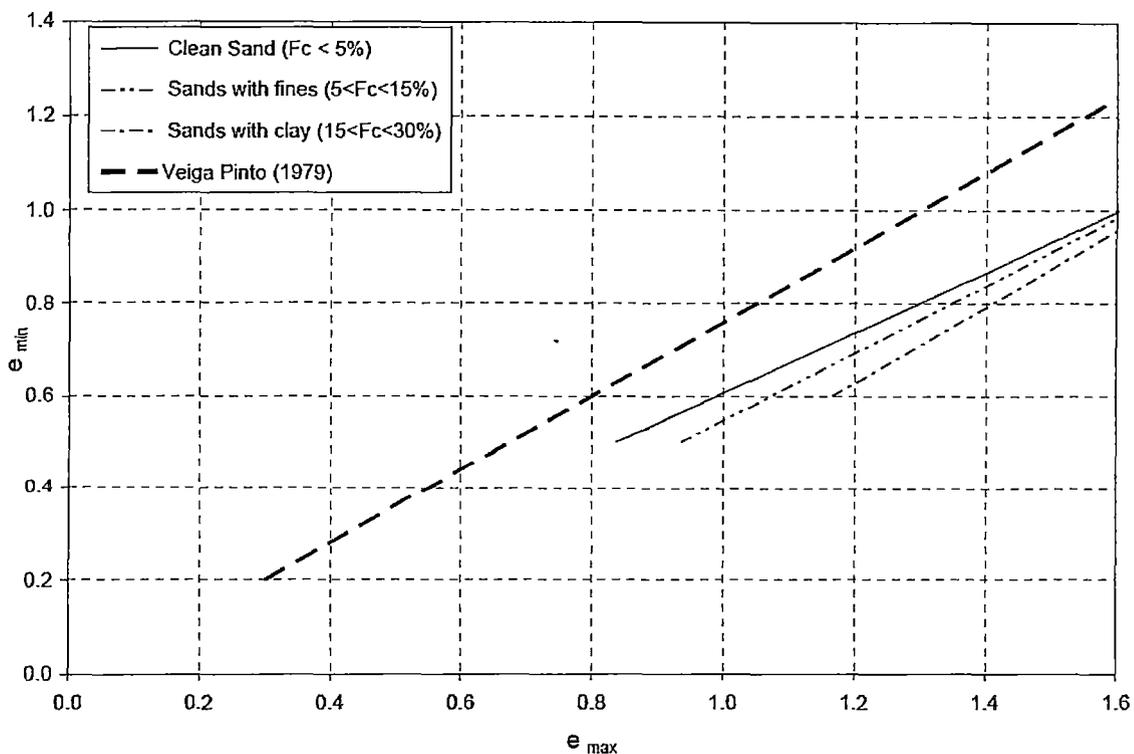


Figura 2.31: Deformación volumétrica para diferentes forma de partícula. (Lee & Farhoomand, 1967).

#### 2.4.8. Densidad inicial

El parámetro más utilizado para representar un grado de compactación de materiales no cohesivos es la densidad relativa,  $D_R$ . No obstante, debido al tamaño de las partículas de los enrocados, existen dificultades experimentales en la determinación de densidades máximas y mínimas de estos materiales. Una alternativa para controlar esta dificultad es la utilización de correlaciones entre el índice de vacío mínimo (de difícil determinación para enrocados) y otros parámetros de determinación más expedita (de Almeida, 2001). Por ejemplo en la Figura 2.32 se muestra la correlación entre el índice vacíos máximo y el índice de vacío mínimo para enrocados y arenas.



Tipo de suelo	Procedimiento de Ensayo	Ecuación
Clean sand ( $F_c < 5\%$ ) of japan (Cubrinovski & Ishihara, 2002)	JGS Standars	$e_{\min} = 0.65 e_{\max} - 0.047$
Sands with fines ( $5 < F_c < 15\%$ ) of japan (Cubrinovski & Ishihara, 2002)	JGS Standars	$e_{\min} = 0.73 e_{\max} - 0.182$
Sands with clay ( $15 < F_c < 30\%$ ) of japan (Cubrinovski & Ishihara, 2002)	JGS Standars	$e_{\min} = 0.83 e_{\max} - 0.364$
Enrocados de Veiga Pinto (1979)	No convencional	$e_{\min} = 0.80 e_{\max} - 0.040$

Figura 2.32: Relación entre  $e_{\min}$  y  $e_{\max}$  en suelos granulares gruesos (modificado de Almeida, 2001).

A mayor densidad inicial mayor es la resistencia máxima si se compara esta característica a la misma presión de confinamiento. Pero en el estado crítico, que se produce a un alto nivel de deformaciones, la resistencia es la misma para las diferentes densidades iniciales, como muestran los resultados de ensayos triaxiales drenados de Koener (1970) en arena de Ottawa. Además, según Vesic y Clough (1968), para un nivel elevado de presiones de confinamiento el ángulo de fricción secante es el mismo para cualquier densidad, esto se observa en la Figura 2.33. Esto se produce ya que a altos niveles de tensión la fractura de las partículas alcanza su mayor intensidad y los efectos de dilatación desaparecen, por ende la fricción por deslizamiento entre partículas es la que adquiere mayor relevancia y genera un valor aproximadamente constante de ángulo de fricción interna en arenas. En enrocados no se desarrolla este comportamiento, como se aprecia en la Figura 2.27.

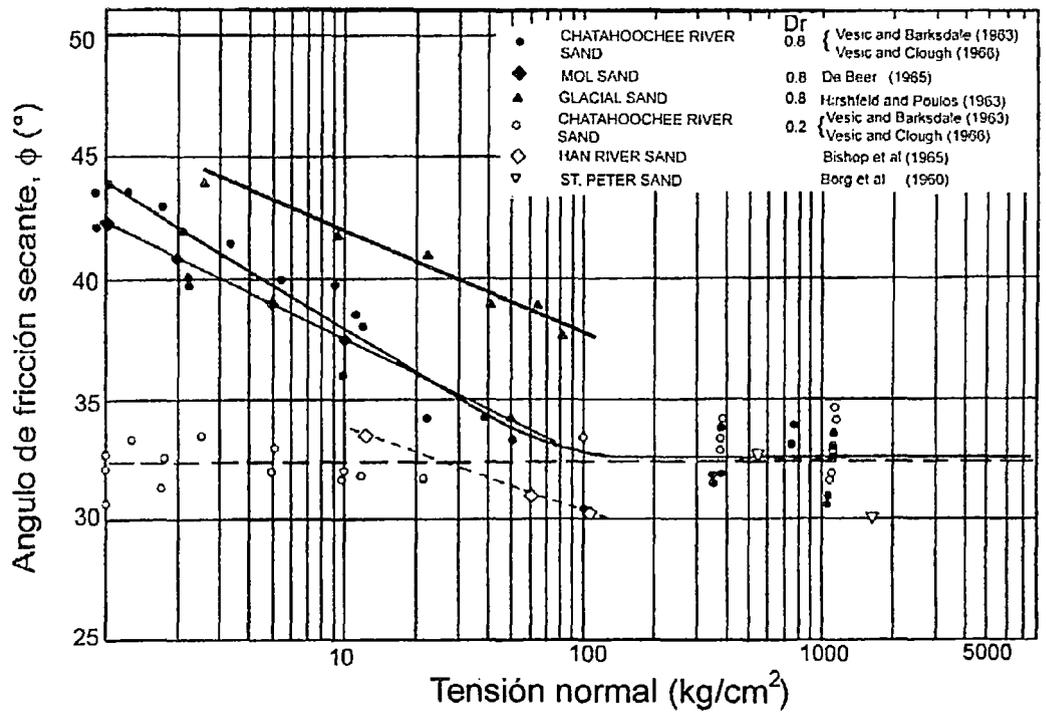


Figura 2.33: Degradación del ángulo de fricción secante en arenas. (Vesic & Clough, 1968).

#### 2.4.9. Tamaño de las partículas.

Esta característica ha sido estudiada por diferentes autores y han llegado a distintas conclusiones como se aprecia en la Tabla 2.2. Esto se debe a que han utilizado diferentes metodologías y base de comparación. Además, no se puede aislar el efecto del tamaño de partículas tan fácilmente, ya que la resistencia al corte depende de la mayor o menor uniformidad de la granulometría, forma, rugosidad y resistencia de las partículas. Leussink (1965) atribuye la reducción del ángulo de fricción con el incremento del tamaño de partículas en los resultados de Marsal, a que en las probetas de grandes dimensiones la carga es transmitida por los granos de mayor tamaño y los granos pequeños solo llenan los vacíos sin transmitir tensiones. Por ello en las partículas de mayor tamaño se concentran las tensiones y en consecuencia aumentan la rotura de estas.

Tabla 2.2: Efecto del tamaño de partícula en la resistencia al corte de enrocados.

Investigador	D <sub>100</sub> máximo [mm]	Ensayo	Metodología de ensayo	Conclusión
Marachi (1972)	152	Compresión triaxial drenada	Granulometrías paralelas	El ángulo de fricción disminuye con el aumento del tamaño de partículas.
Varadarajan et al. (2003)	80	Compresión triaxial drenada	Granulometrías paralelas	Para el embalse Ranjit Sagar el ángulo de fricción aumenta al incrementar el tamaño de partícula. Para el embalse Purulia el ángulo de fricción disminuye al incrementar el tamaño de la partícula.
Cea et al. (1994)	25	Compresión triaxial drenada	Granulometrías paralelas	El ángulo de fricción aumenta al incrementar el tamaño de partículas.
Frasconi et al. (1982)	35	Compresión triaxial drenada	Granulometrías paralelas	El ángulo de fricción disminuye ligeramente con el aumento del tamaño de partículas.
Thiers & Donovan (1981)	63,5	Compresión triaxial drenada	Granulometría paralela modificada para disminuir la cantidad de finos.	El ángulo de fricción disminuye con el aumento del tamaño de partícula.
Gesche (2002)	37,5	Compresión triaxial drenada	Granulometrías paralelas limitando el contenido de finos a un 10%	El efecto del tamaño máximo de las partículas sobre el ángulo de fricción interna es despreciable.
Marsal (1965)	200	Compresión triaxial drenada	Granulometrías con el mismo Cu	El ángulo de fricción disminuye con el aumento del tamaño de partículas.
Donaghe & Torrey (1979)	75	Compresión triaxial No drenada	Granulometría realizada por medio de Corte y reemplazo	El ángulo de fricción aumenta al incrementar el tamaño de partículas.
Zeller & Wullimann (1957)	100	Compresión triaxial drenada	Corte de granulometría original	El ángulo de fricción aumenta al incrementar el tamaño de partículas.
Al-Hussaini (1983)	76.2	Compresión triaxial drenada	Corte de granulometría original	El ángulo de fricción aumenta al incrementar el tamaño de partículas.

#### 2.4.10. Distribución granulométrica.

Según Terzaghi la granulometría ideal para un enrocado debe ser bien graduada, esto se atribuye a que en este tipo de granulometría el número de contactos entre partículas es alto, por ende las tensiones de contacto son menores. Si la granulometría es uniforme la fuerza de contacto es elevada ya que existe un menor número de contacto entre partículas, lo cual conlleva a un mayor grado de rotura de partículas. Lee & Fardhoomand (1967) ratifican con sus resultados, que se presentan en las Figuras. 2.34 y 2.35, que un suelo grueso de granulometría uniforme (A) es más compresible que un suelo bien gradado con el mismo tamaño máximo de partículas (F). Además, un suelo

grueso de granulometría uniforme (B) es más compresible que un suelo fino de gradación uniforme (C,D,E).

La granulometría se relaciona directamente con la densidad de los materiales granulares gruesos, y por ello diversos investigadores como Burmister (1938), Korfiatis et al. (1982) y Latham et al. (2001) han correlacionado ambos parámetros. Es así que Biarez (1994) desarrollo un gráfico que relacionan el índice de huecos mínimo con el coeficiente de uniformidad y la forma de las partículas para arenas con un contenido de finos menor al 10%, esto se aprecia en la Figura 2.36, en ella también se superpone el índice de hueco mínimo obtenidos para diferentes enrocados.

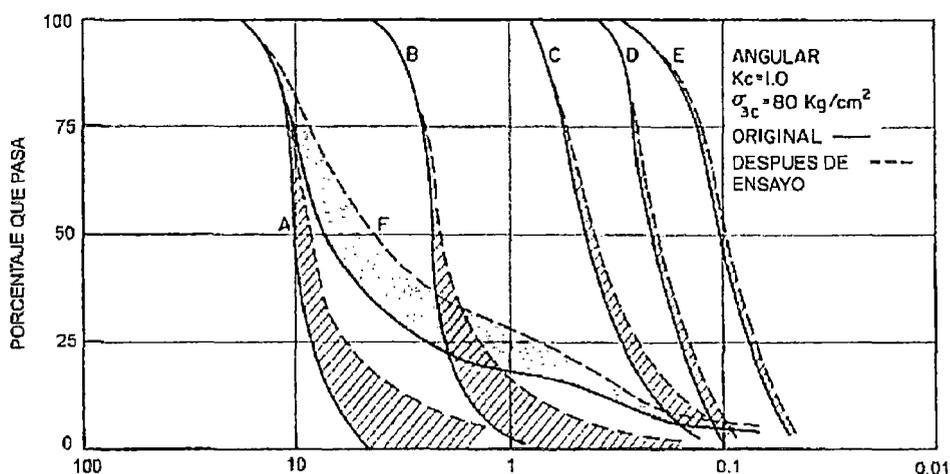


Figura 2.34: Efecto de granulometría en la rotura de partículas. (Lee and Farhoomand, 1967).

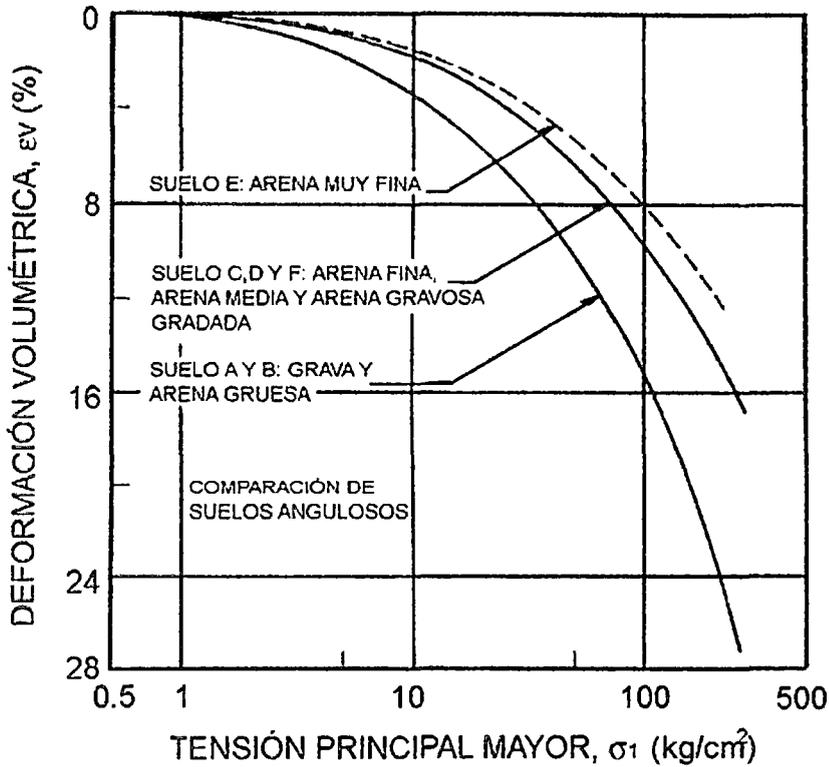


Figura 2.35: Efecto de granulometría en la compresibilidad del suelo. (Lee and Farhoomand, 1967).

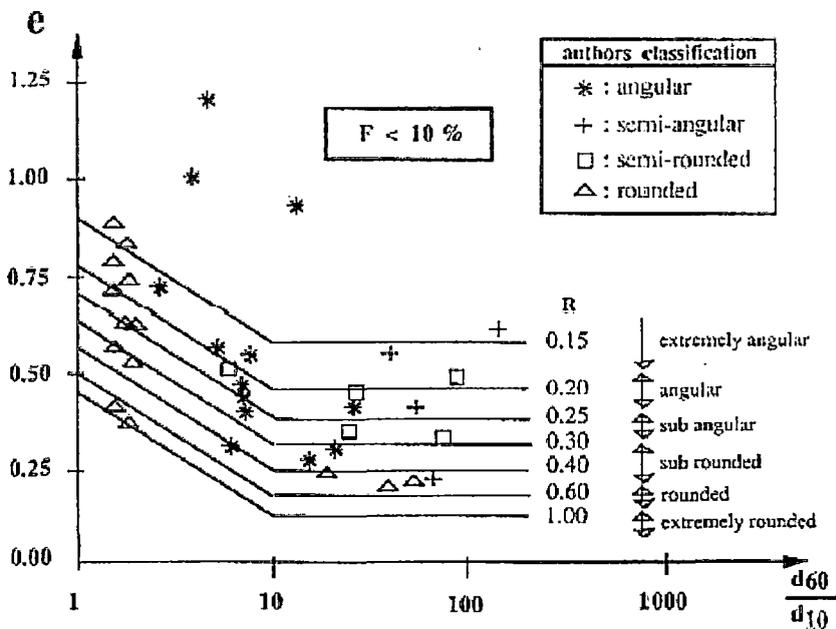


Figura 2.36: Medición del índice de vacío mínimo, e<sub>min</sub>, como función del coeficiente de uniformidad y angulosidad de partículas de enrocados (Biarez, 1994).

#### 2.4.11. Fábrica.

Los distintos métodos de confección de probetas producen diferentes fábricas y una anisotropía inducida que cambia el comportamiento tensión deformación para el mismo suelo. Ensayos triaxiales drenados a compresión de la Figura 2.37, realizados por Mitchell (1976), muestran el comportamiento tensión-deformación y cambio volumétrico es consistente con la fábrica observada. Esto es, el material más débil y menos dilatante fue preparado por lluvia seca, el material más resistente y dilatante fue preparado por vibrado húmedo. La fábrica cambia con el deslizamiento y rotación de los granos durante la compresión triaxial. Por ende, la deformación de arenas, gravas y enrocados es influenciada por la fábrica inicial.

Verdugo (1999) indica que el ordenamiento obtenido en probetas remoldadas que se observan en la Figura 2.38a a Figura 2.38c puede ser destruido a altos niveles de deformación y un nuevo ordenamiento es logrado durante la ocurrencia del estado último, por lo cual la resistencia última es independiente de la anisotropía inicial. Pero en el caso de muestras "inalteradas" donde se producen ordenamientos del estilo de la Figura 2.38d a Figura 2.38f, cualquier nivel de deformación no es capaz de crear un ordenamiento común y por ende en el estado último se alcanzan en diferentes condiciones.

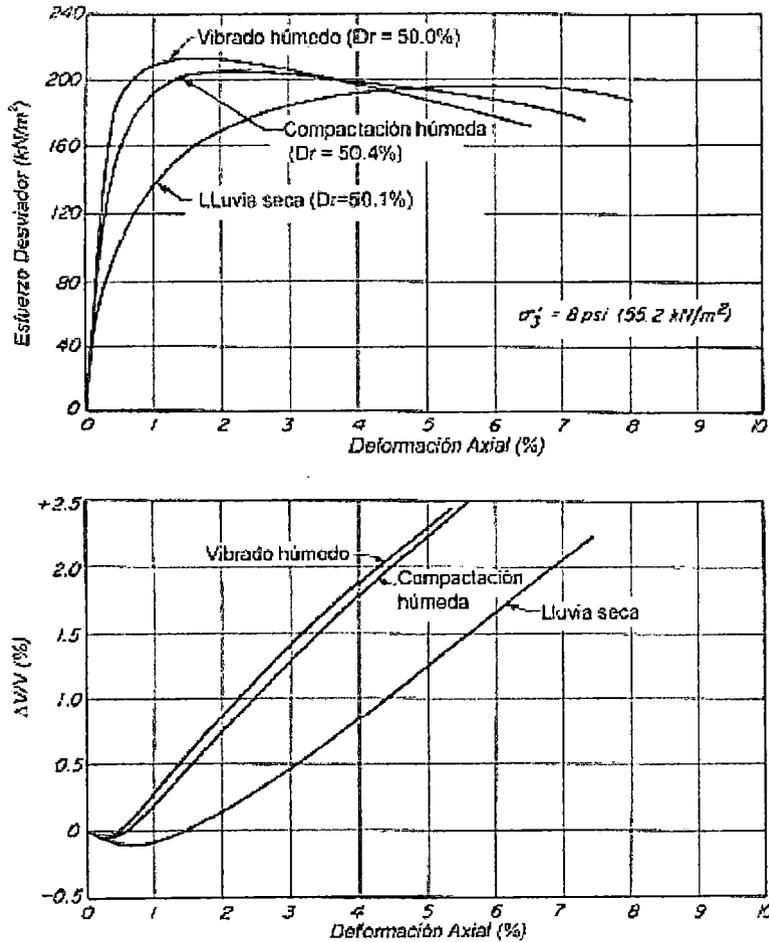


Figura 2.37: Ensayos triaxiales con diferentes métodos de confección de probetas. (Mitchell, 1976).

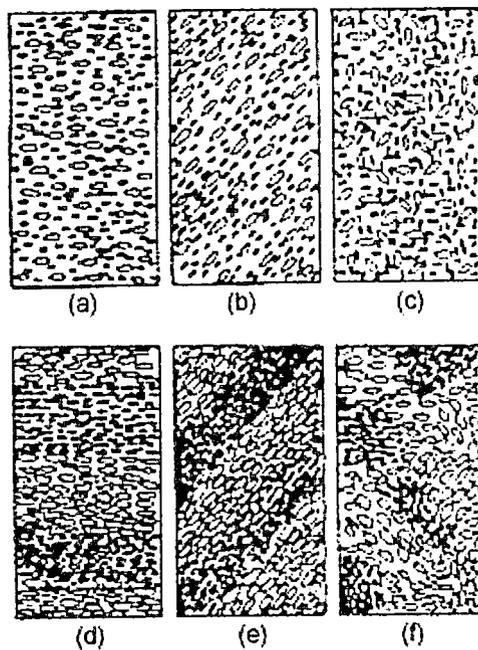


Figura 2.38: Diferentes ordenamientos de partículas. (Verdugo, 1999).

### CAPITULO III: INVESTIGACIONES REALIZADAS.

#### 3.1. INVESTIGACIONES REALIZADAS POR ROBERTO GESCHE <sup>1</sup>

Roberto Gesche (2002) utilizó el método de gradación paralela para estimar la resistencia al corte en materiales granulares gruesos. Dos de los materiales utilizados en su investigación (A-1 y M-1) se presentan a continuación considerando sus características y resultados de ensayos.

##### 3.1.1. Granulometría y densidades límites

El material A-1 proveniente del río Aconcagua ubicado en la Región de Valparaíso en Chile, corresponde a gravas arenosas de cantos redondeados, las cuales fueron extraídas del mismo lecho del río y cortadas en 1 ½". En el laboratorio se confeccionaron tres curvas homotéticas restringiéndose el porcentaje de finos a un 10%. El material M-1 corresponde a gravas angulosas del lecho del río Maipo ubicado en la Región de Santiago en Chile, las cuales sufrieron un proceso previo de chancado. Este material también fue cortado en un tamaño de 1 ½".

En las Figura 3-1 y 3-2 se muestran las curvas homotéticas, densidades mínimas y máximas de las granulometrías aplicadas a los materiales A-1 y M-1.

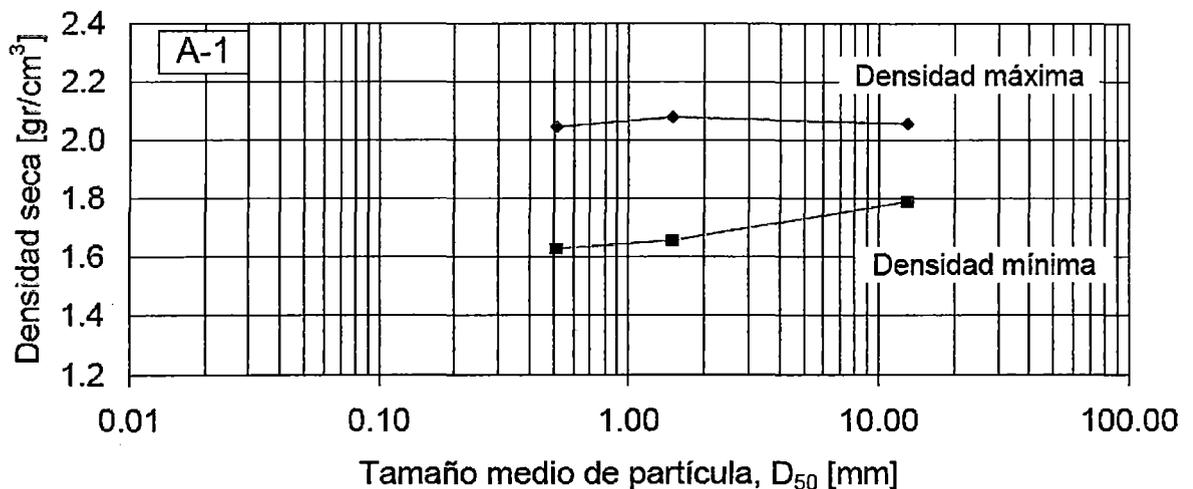


Figura 3.1: Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material A-1. Tomado de Gesche (2002).

<sup>1</sup> Metodología de evaluación de parámetros de resistencia al corte de suelos granulares gruesos Gesche Roberto. Tesis de Ingeniero Civil, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Chile - 2002.

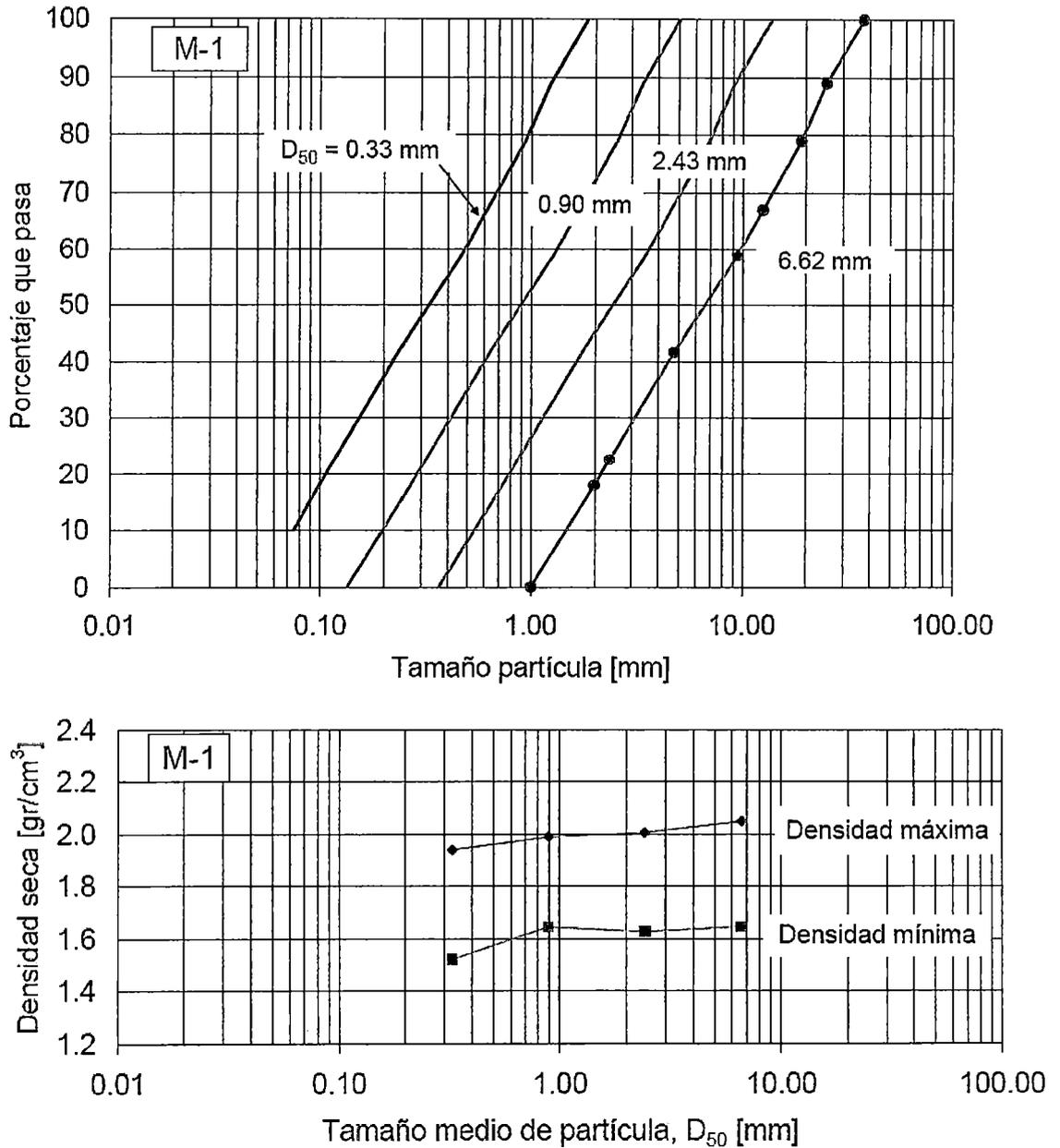


Figura 3.2: Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material M-1. Según Gesche (2002).

3.1.2. Resultados de ensayos de resistencia al corte.

Se realizaron una serie de ensayos triaxiales CID a granulometrías paralelas confeccionadas a los dos suelos A-1 y M-1. La densidad relativa de confección fue de un 80% y el nivel de confinamiento varió de 2.0 a 6.0 [kg/cm<sup>2</sup>]. Los resultados de resistencia al corte, módulo de deformación (E50) y ángulo de fricción peak para los niveles de confinamientos dados anteriormente se presentan desde la Figura 3-3 a la 3-6.

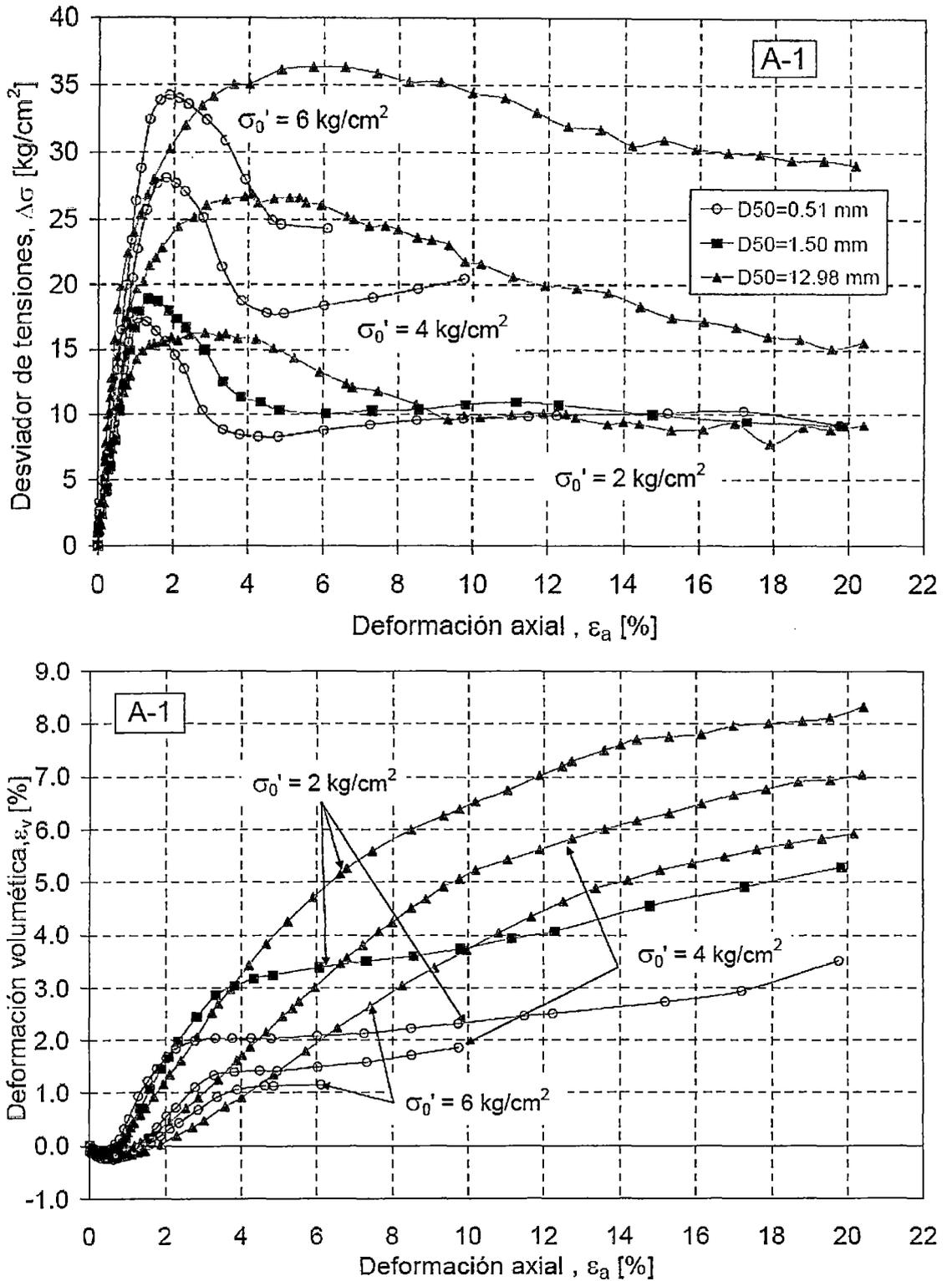


Figura 3.3: Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación axial Material A-1. Según Gesche (2002).

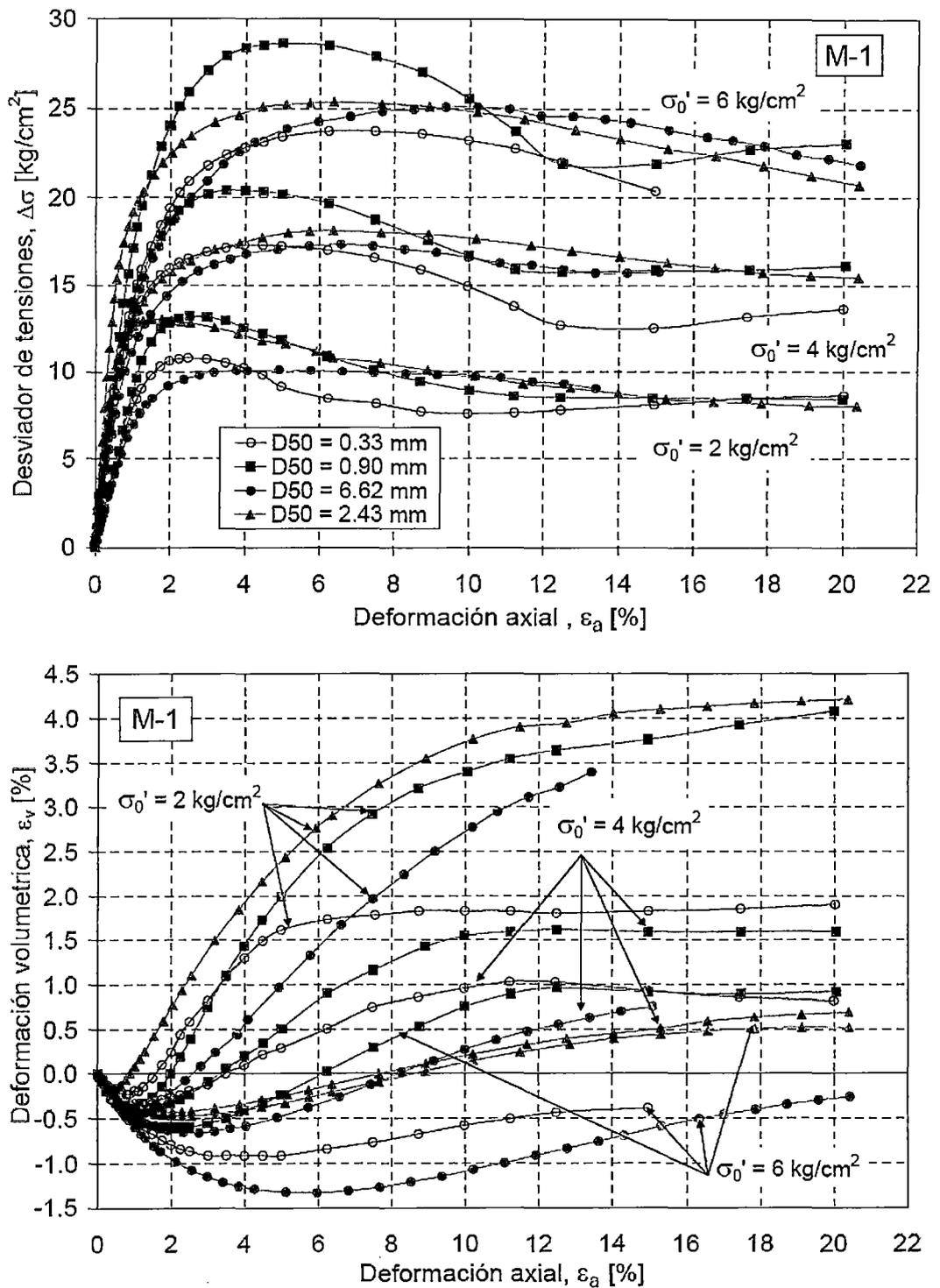


Figura 3.4: Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación axial, Material M-1. Según Gesche (2002).

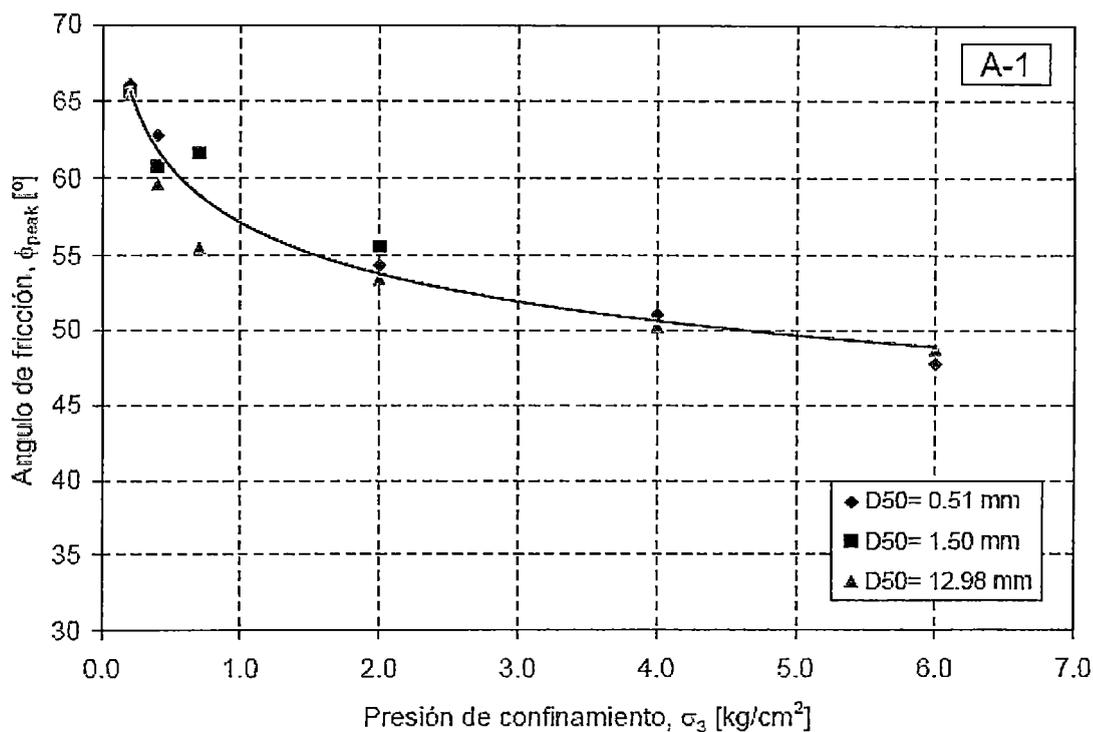


Figura 3.5: Ángulo de fricción peak v/s nivel de confinamiento Material A-1. Según Gesche (2002).

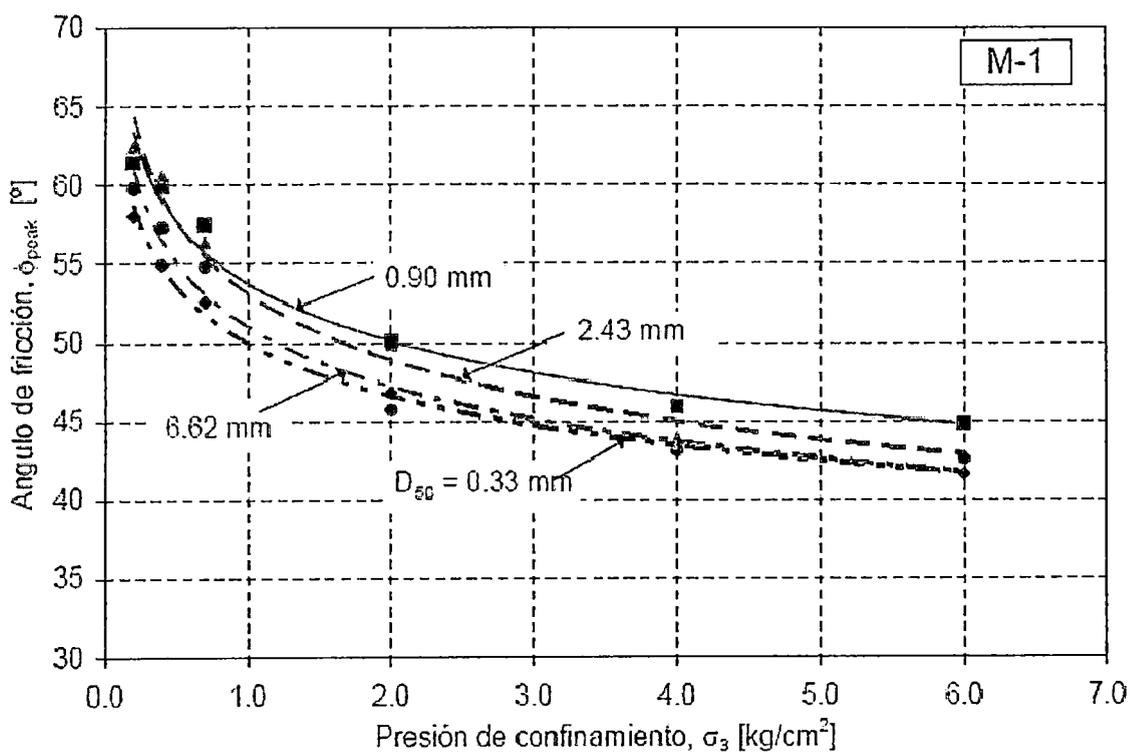


Figura 3.6: Ángulo de fricción interna v/s nivel de confinamiento, Material M-1. Según Gesche (2002).

Considerando los resultados anteriores, la resistencia al corte, es relativamente similar entre las curvas homotéticas para niveles de confinamiento de 2.0, 4.0 y 6.0 [kg/cm<sup>2</sup>] y el ángulo de fricción peak disminuye de forma logarítmica con el nivel de confinamiento en base a una correlación bastante cerrada para los dos materiales.

Roberto Gesche (2002) concluyó que el método de gradación paralela es apropiado para estimar la resistencia al corte de suelos granulares gruesos en el rango de partículas estudiado, incluso podría ser utilizada en la estimación de suelos granulares de mayor tamaño.

### 3.2. INVESTIGACIONES REALIZADAS POR KAREM LA HOZ <sup>2</sup>

Karem De la Hoz (2007) utilizó un material proveniente del lecho de Río Maipo ubicado en la Región de Santiago en Chile, con los cuales confeccionó dos muestras (M-2 y M-3), y además un material llamado Pumilla (P-1) para aplicar el método de gradación paralela. Estos suelos fueron cortados en 1", y las curvas homotéticas confeccionadas tienen una limitación de 10% de finos. Los materiales con sus características y resultados se detallan en seguida.

#### 3.2.1. Granulometría y densidades límites.

Los materiales M-2 y M-3 corresponden a gravas de origen fluvial provenientes del río Maipo. El suelo P-1 es un material gravo-arenoso de origen fluvial, que particularmente posee gravas con formas tabulares. Para cada una de las muestras M-2 y M-3 se confeccionaron tres curvas homotéticas, las cuales tienen tamaño máximo 1", ½", y malla N°4, y además, tienen la restricción de contenido de finos al 10%. El material P-1 fue utilizado en la confección de cuatro curvas homotéticas con tamaños máximos de 1", 1/2", 3/8", y malla N°4. Las características de estos tres materiales y sus propiedades se detallan a continuación.

---

<sup>2</sup> Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos, De La Hoz Karem, Tesis para optar grado de magister en ciencias de la ingeniería mención ingeniería geotécnica, Chile, enero 2007.

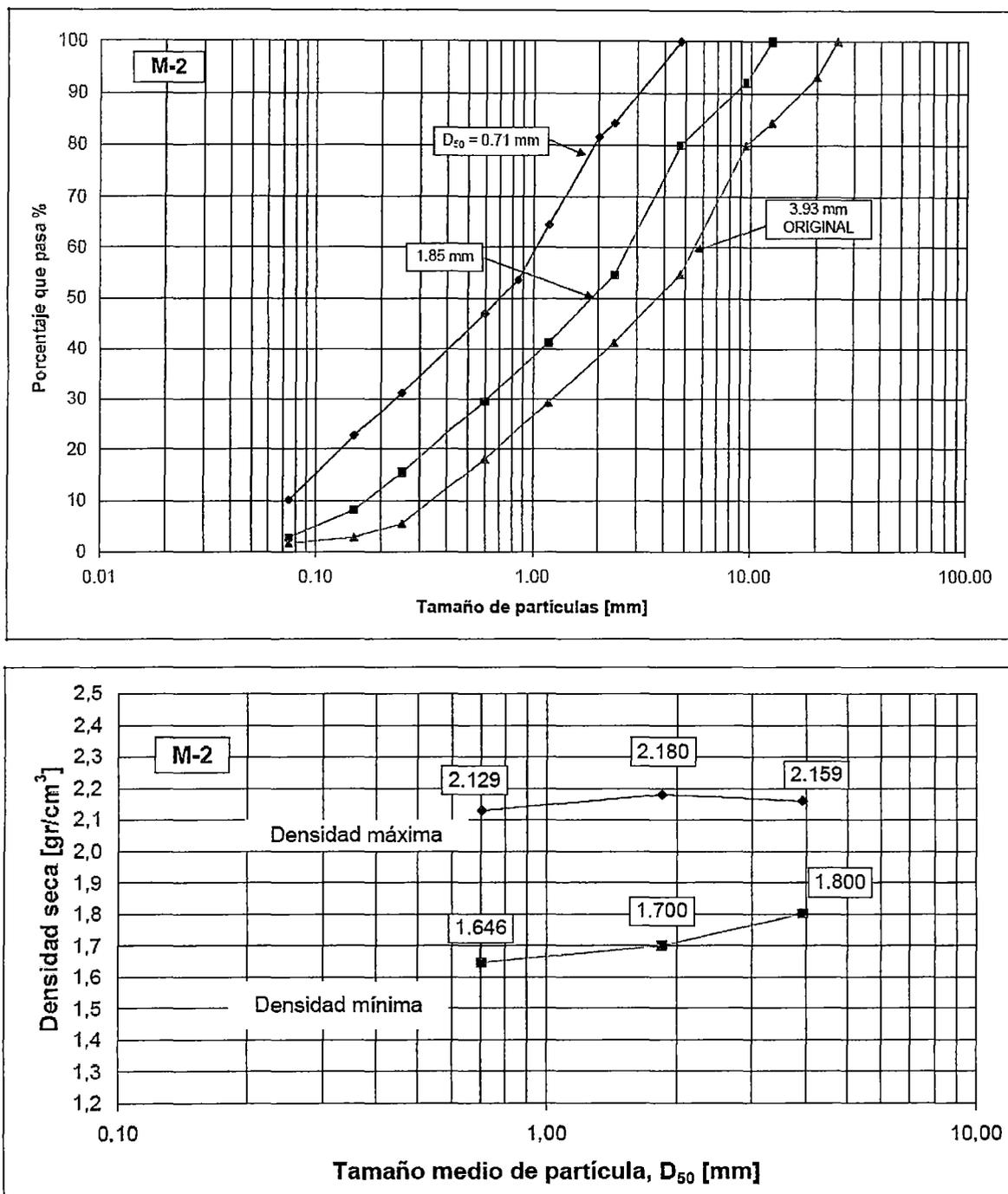


Figura 3.7: Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material M-2 según De la Hoz 2007.

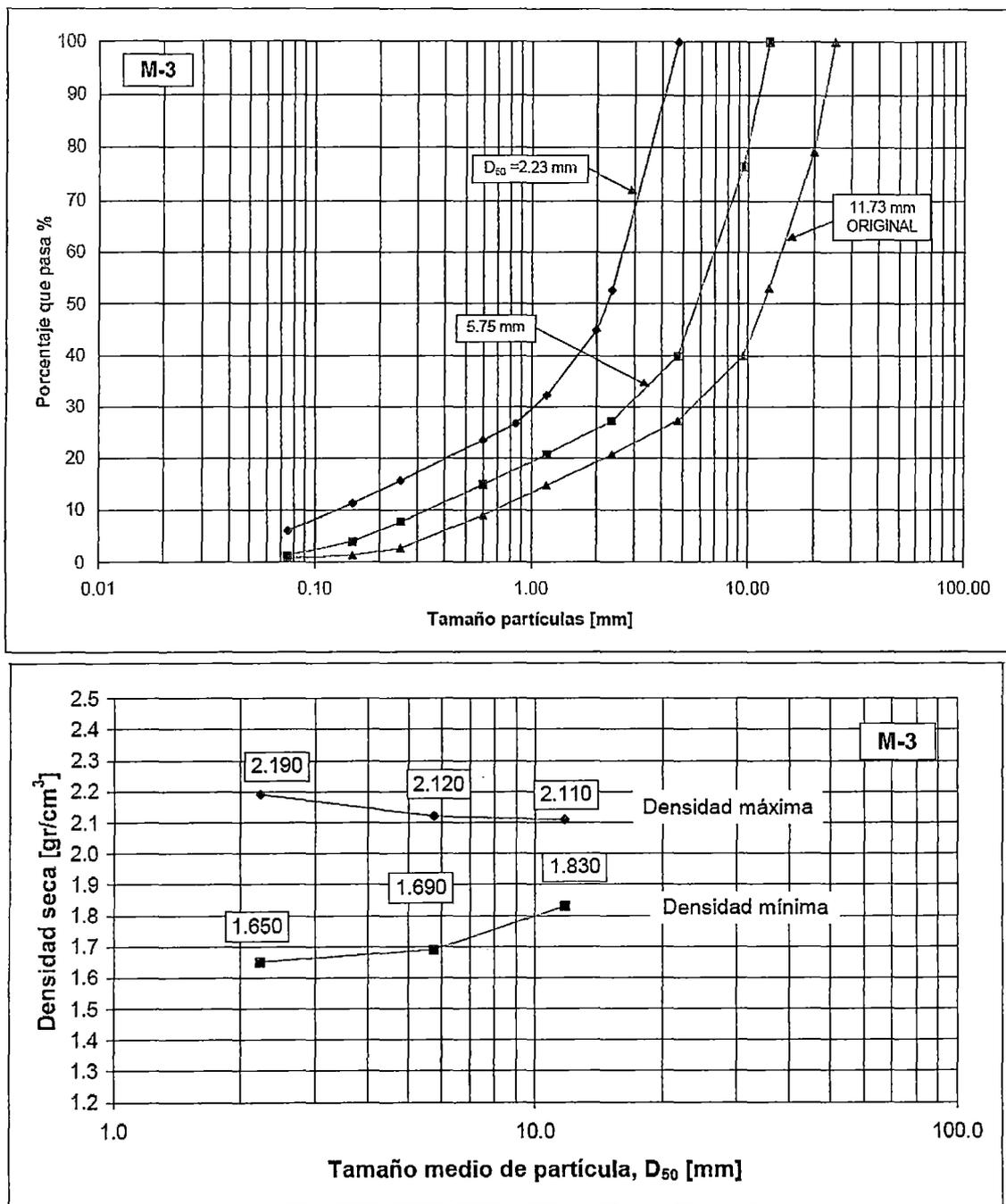


Figura 3.8: Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material M-3 según De la Hoz 2007.

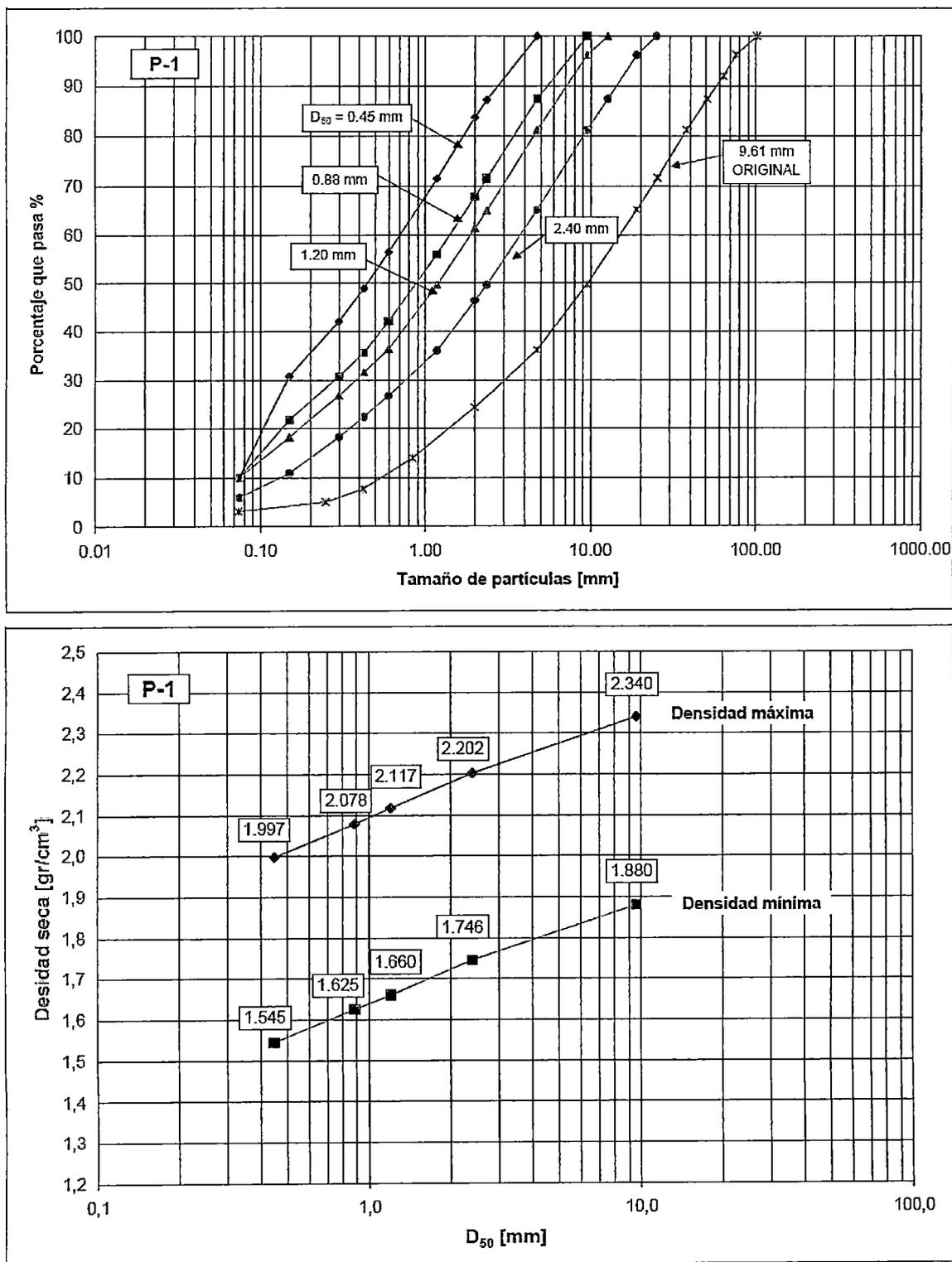


Figura 3.9: Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material P-1 según De la Hoz 2007.

### 3.2.2. Resultados de ensayos de resistencia al corte

Considerando los tres materiales descritos anteriormente (M-2, M-3 y P-1) los resultados de resistencia al corte y ángulo de fricción peak, en función del nivel de confinamiento, se muestran desde las Figuras 3-10 a la 3-15.

Al comparar los resultados de estos tres materiales se observa que en las muestras M-2 y M-3 el comportamiento de los suelos es bastante similar, e incluso las curvas tensión- deformación se confunden entre las curvas homotéticas para un nivel de confinamiento de 0.5, 1.0 y 3.0 [kg/cm<sup>2</sup>], lo cual da cuenta de la efectividad de método de gradación paralela. Finalmente, el ángulo de fricción peak disminuye con el nivel de confinamiento en base a una correlación bastante cerrada para estos dos materiales. Sin embargo, el material identificado como P-1 presenta una mayor resistencia a medida que aumenta el tamaño medio (D50) de partículas. La razón principal de esta diferencia radica en la variación de la forma de partículas, debido a que la parte fina de este material está conformada mayoritariamente de arenas subredondeadas, mientras que la parte gruesa corresponde a partículas de forma tabulares.

Por lo tanto, según los materiales M-2 y M-3 se observa un éxito en el uso de la metodología de gradación paralela, pero al considerar el material P-1 se concluye que la misma forma de partículas en las granulometrías escaladas juega un rol muy importante en la aplicación satisfactoria de esta metodología, para rangos de  $\sigma_c$  entre 0.5 a 3.0 [kg/cm<sup>2</sup>].

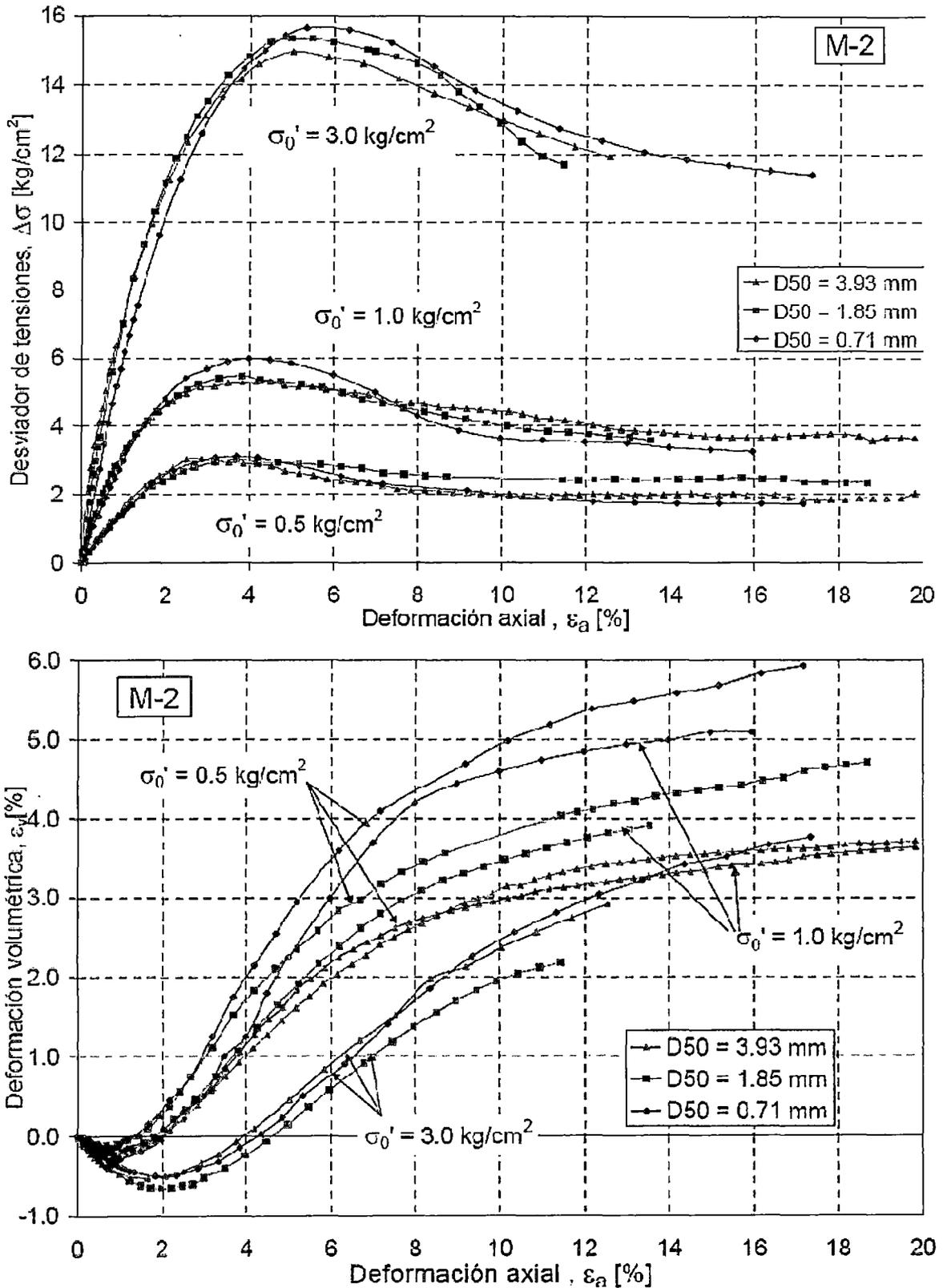


Figura 3.10: Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación, Material M-2. Según De la Hoz (2007).

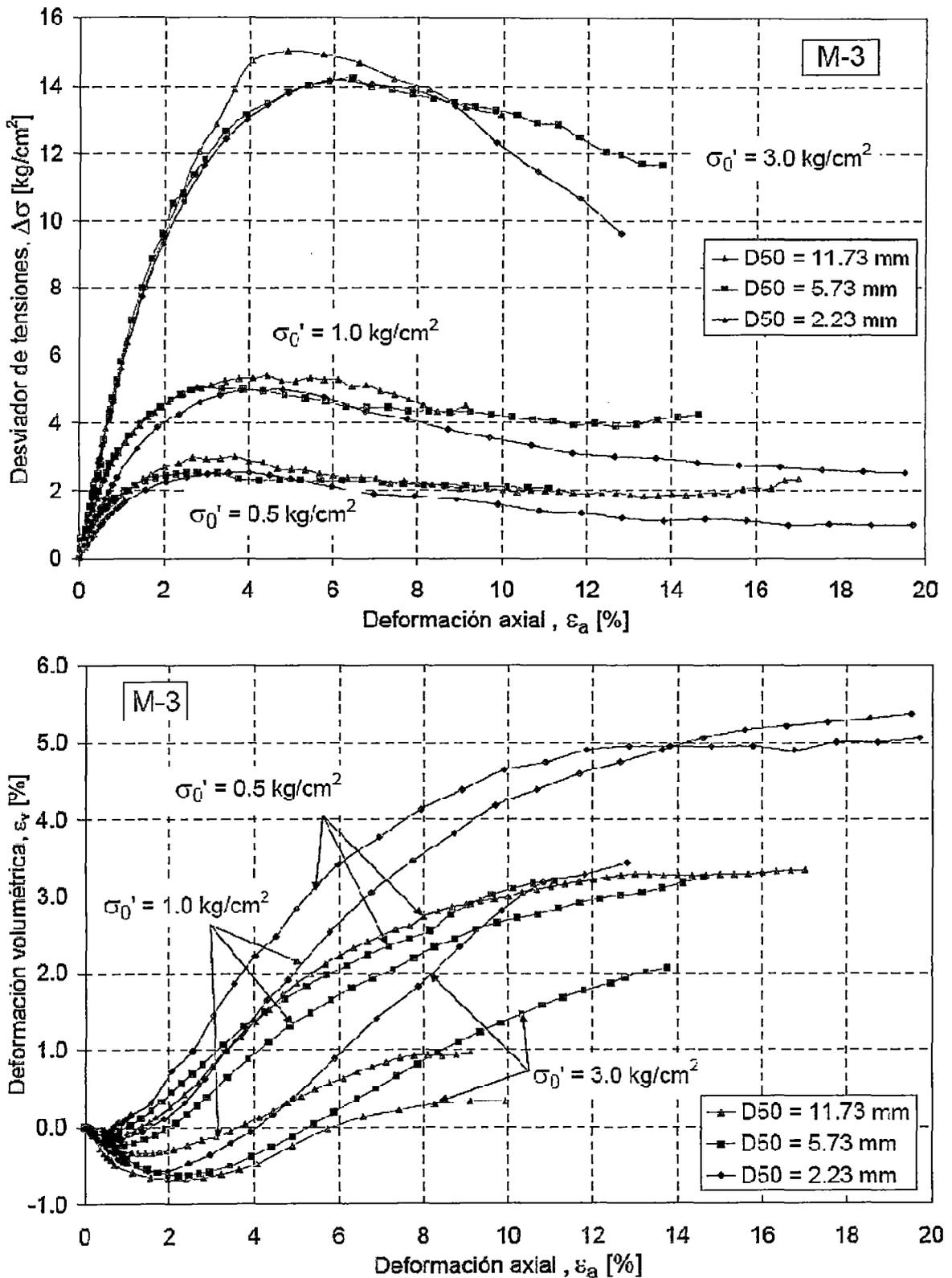


Figura 3.11: Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación, Material M-

3. Según De la Hoz (2007).

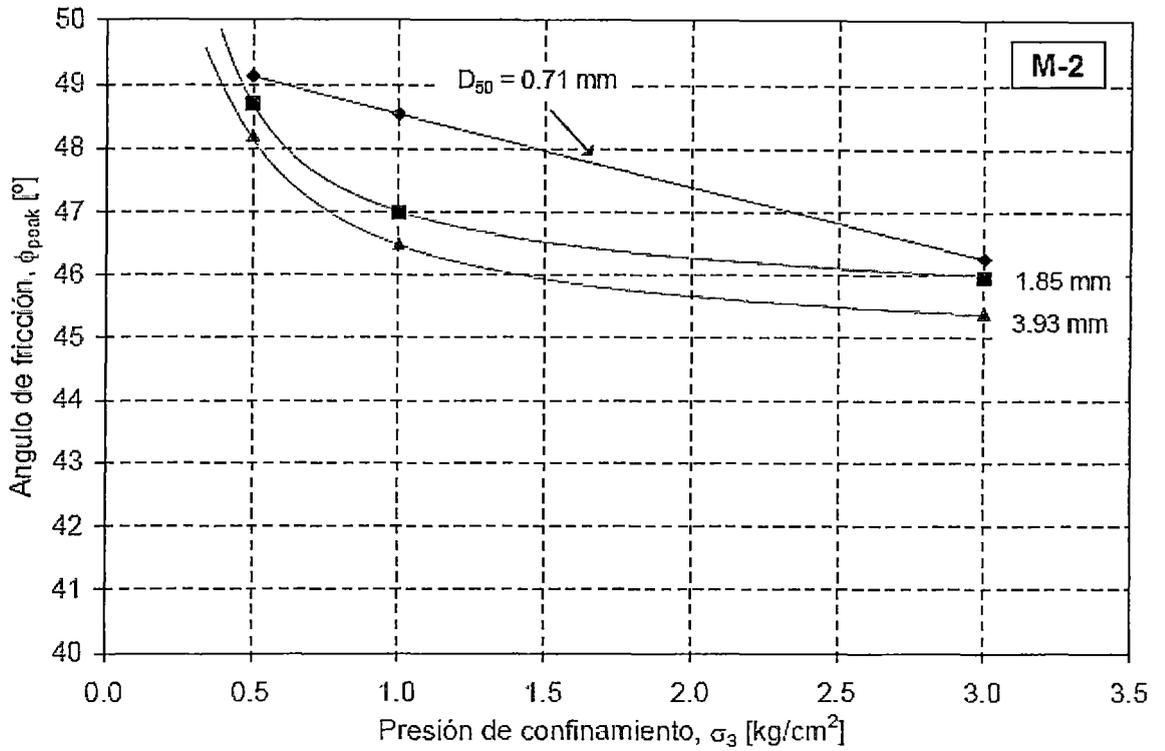


Figura 3.12: Ángulo de fricción interna v/s nivel de confinamiento, Material M-2. Según De la Hoz (2007).

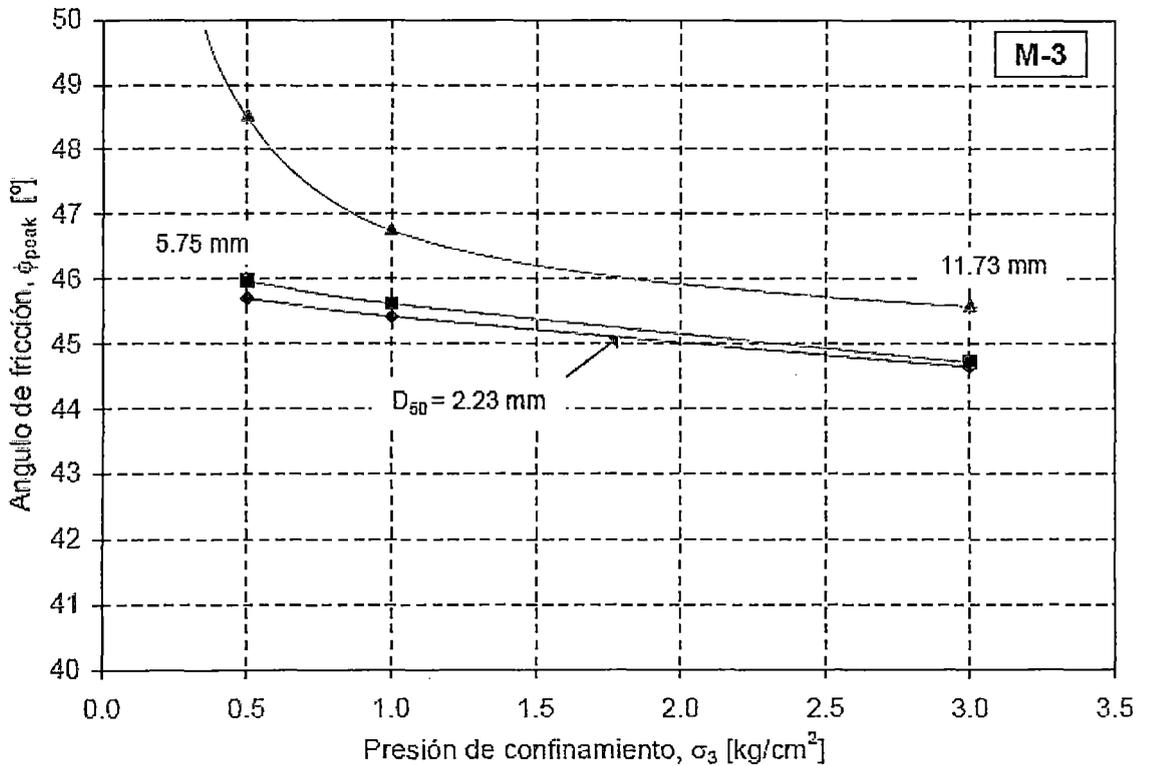


Figura 3.13: Ángulo de fricción interna v/s nivel de confinamiento, Material M-3. Según De la Hoz (2007).

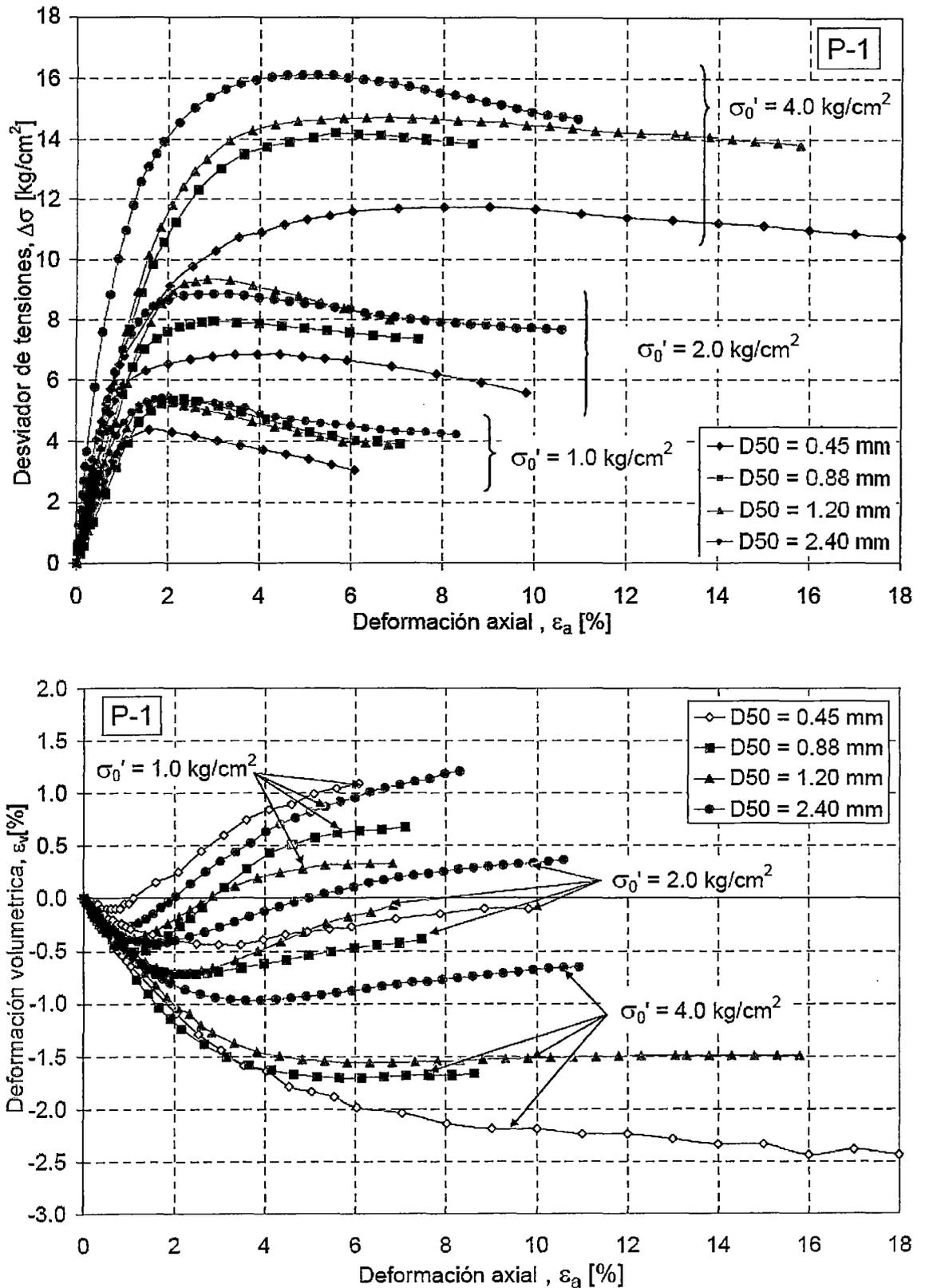


Figura 3.14: Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación, Material P-1. Según De la Hoz (2007).

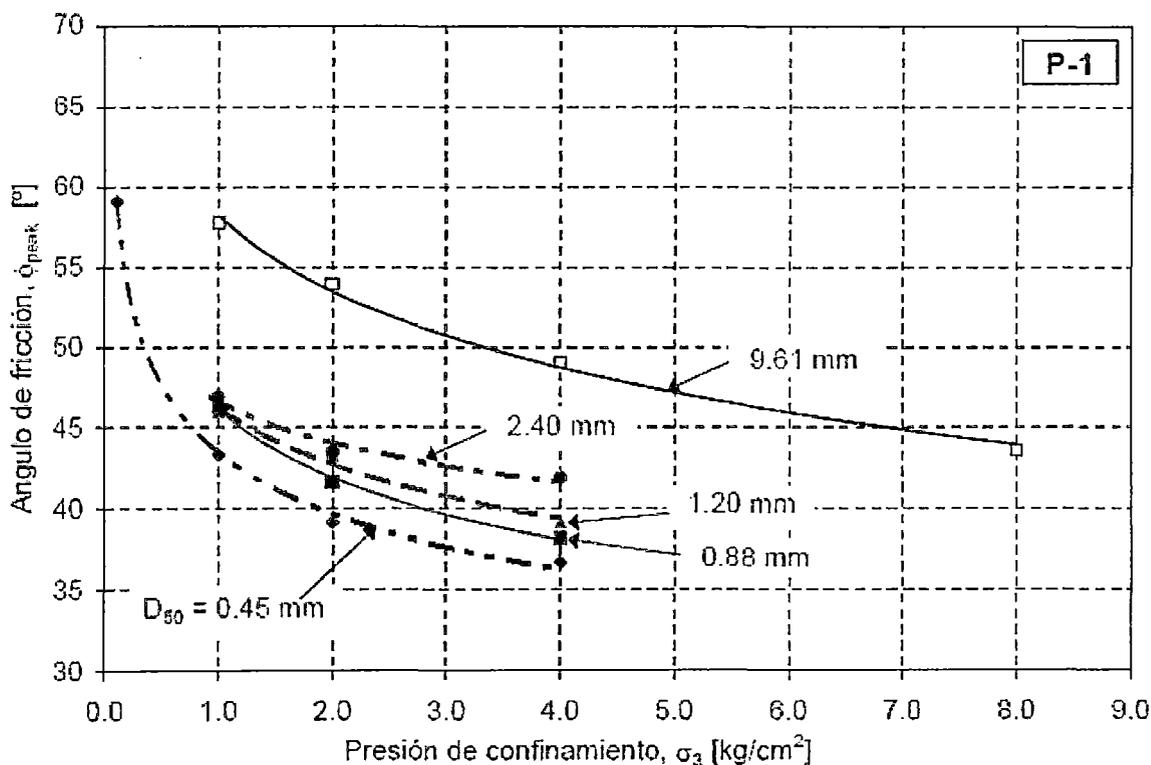


Figura 3.15: Ángulo de fricción interna v/s nivel de confinamiento, Material P-1. Según De la Hoz (2007).

### 3.3. INVESTIGACIONES REALIZADAS POR LEONARDO DORADOR<sup>3</sup>

Dorador (2010) analizó la efectividad del método de las curvas granulométricas homotéticas en suelos granulares gruesos al variar la dureza de las partículas de las muestras escaladas, en materiales que poseen partículas alteradas o meteorizadas.

Estudió los parámetros que permiten caracterizar la resistencia al corte de materiales granulares gruesos tales como gradación y densidad relativa de la muestra, junto con la dureza de las partículas. Cuantificando la influencia de cada uno de estos parámetros en la resistencia de suelos gruesos.

<sup>3</sup> "Análisis experimental de las metodologías de curvas homotéticas y corte en la evaluación de propiedades geotécnicas del suelo", Dorador Leonardo, Tesis para optar el grado de magister en ciencias de la ingeniería mención ingeniería geotécnica, Chile-2010.

Por otro lado analizó la efectividad del método de corte en la obtención de la resistencia y parámetros de deformación de suelos gruesos.

### 3.3.1. Suelos ensayados

#### a) Enrocado E.R para curvas homotéticas

El enrocado con partículas alteradas (Material E.R) proviene de una cantera cercana a la ciudad de Rancagua. Este material está compuesto por una andesita inalterada y por una andesita meteorizada. La resistencia a la ruptura de las partículas sanas es de aproximadamente 120 a 150 [kg/cm<sup>2</sup>], sin embargo, la resistencia de las partículas alteradas varía sólo entre 10 a 40 [kg/cm<sup>2</sup>].

La curva original de este enrocado tiene un tamaño máximo de 7" y un D50 de 37.5 mm. En base a la curva original, se confeccionaron cuatro curvas de granulometría paralela con tamaños máximos de 25 mm (1"), 12.7 mm (1/2"), 4.75 mm (malla N°4) y 2 mm (malla N°10). Además, se realizó una estimación visual y se concluyó que el porcentaje de partículas alteradas (meteorizadas) en estas 4 curvas varía en 40%, 45%, 60% y 70% respectivamente. Además, se estimó que el porcentaje de partículas meteorizadas en el enrocado original es de aproximadamente un 70%.

Las granulometrías de las muestras confeccionadas junto con las densidades mínimas y máximas se presentan en las Figura 3.16 y 3.17. La tabla con las propiedades de estas curvas granulométricas se muestra a continuación.

Tabla 3.1: Caracterización de curvas granulométrica de Material E.R.

Tamaño máximo	D50	Coefficiente Uniformidad	Coefficiente Curvatura	Clasificación
[mm]	[mm]	(CU)	(CC)	(SUCS)
175	37.5	4.36	0.77	GP
25	5.78	5.30	0.74	GP
12.5	2.55	5.09	0.73	GP
4.75	1.10	4.80	0.68	SP
2	0.49	5.58	0.60	SP

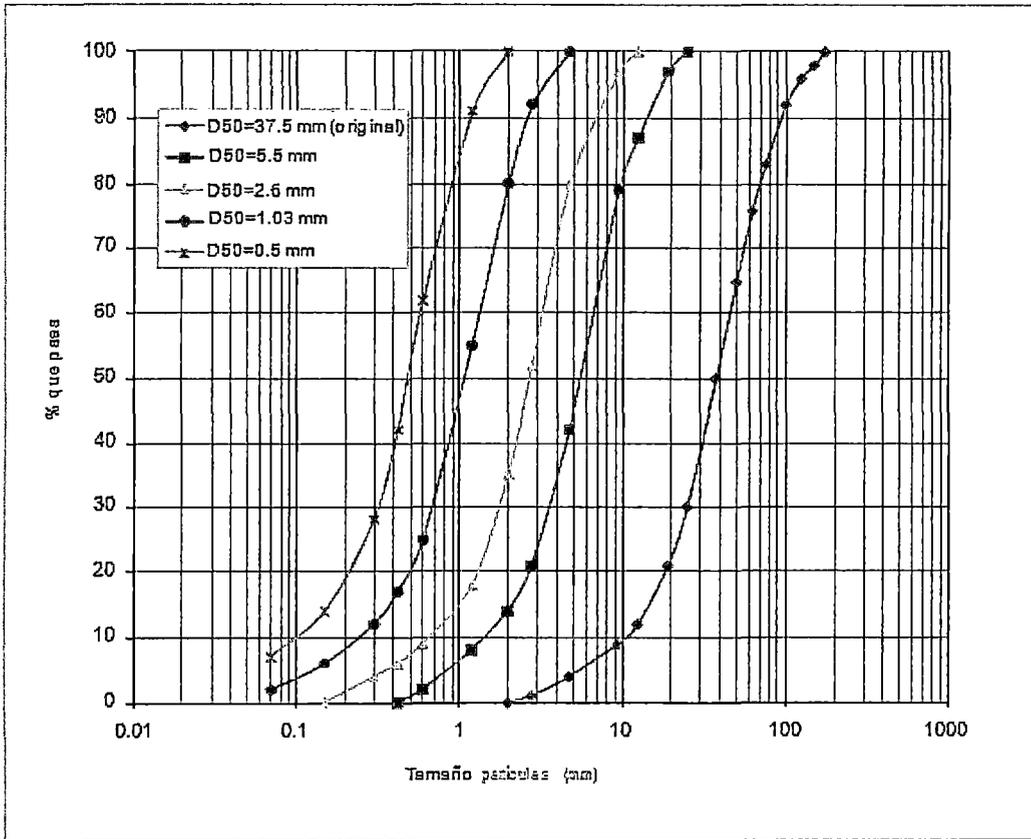


Figura 3.16: Granulometrías paralelas material E.R.

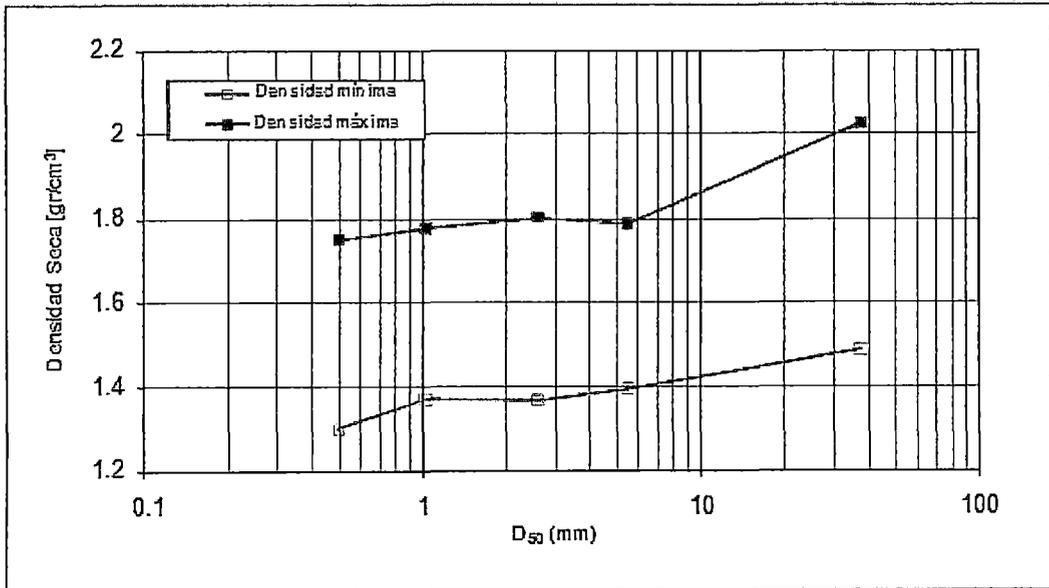


Figura 3.17: Densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas E.R.

El material E.R posee valores muy similares de densidad mínima y máxima para las cuatro curvas homotéticas confeccionadas. Sin embargo, para el tamaño D50 = 37.5 mm, la densidad mínima y máxima aumentan.

La densidad de confección de las probetas se tomó en base a una densidad relativa constante de DR = 80%.

b) Enrocado R.L para curvas homotéticas

El material analizado corresponde a un enrocado lixiviado. Se encuentra en un estado alterado con residuos arcilloso. Las partículas (origen granítico muy alterado) corresponden a la categoría de intrusivos intermedios. Al realizar una observación visual es posible advertir que los granos con menor tamaño tienen mayor alteración, y por lo tanto, menor resistencia. Por el contrario, al aumentar el tamaño de partículas especialmente desde 5 mm, se observa una mayor dureza de los granos. De hecho se ha obtenido que la resistencia de las partículas para tamaños de partículas de 3/8", varían entre 20 y 30 [kg/cm<sup>2</sup>], mientras que para tamaños de 1", la resistencia de los granos aumenta entre 60 y 80 [kg/cm<sup>2</sup>].

La curva granulométrica original posee un tamaño máximo de 6" y D50 de 15.23 mm. Luego, se confeccionaron 05 curvas de granulometría paralela con tamaños máximos de 25 mm (1"), 12.7 mm (1/2"), 9.52 (3/8"), 4.75 mm (malla N°4) y 2 mm (malla N°10). Estas curvas son graficadas en la Figura 3-18. Es importante añadir que debido a la restricción de 8% de finos que se ha impuesto en las granulometrías escaladas, las curvas con D50 de 0.31 mm y 0.63 mm no son totalmente homotéticas con respecto a la curva original y esta diferencia en el paralelismo comienza a ser notoria en un porcentaje pasante menor al 30%. En la tabla 3-02 se presentan las propiedades de estas curvas granulométricas.

Tabla 3.2: Caracterización de curvas granulométricas de material R.L.

Tamaño máximo		Coefficiente Uniformidad	Coefficiente Curvatura	Clasificación
[mm]	D50 [mm]	(CU)	(CC)	SUCS
152.4	15.23	90.66	0.1	GP
25	3.69	48.37	0.22	GP
12.5	1.75	25.13	0.39	GP
9.52	1.24	19.24	0.53	SP
4.75	0.63	10.85	1.09	SW
2.4	0.31	5.48	1.57	SP

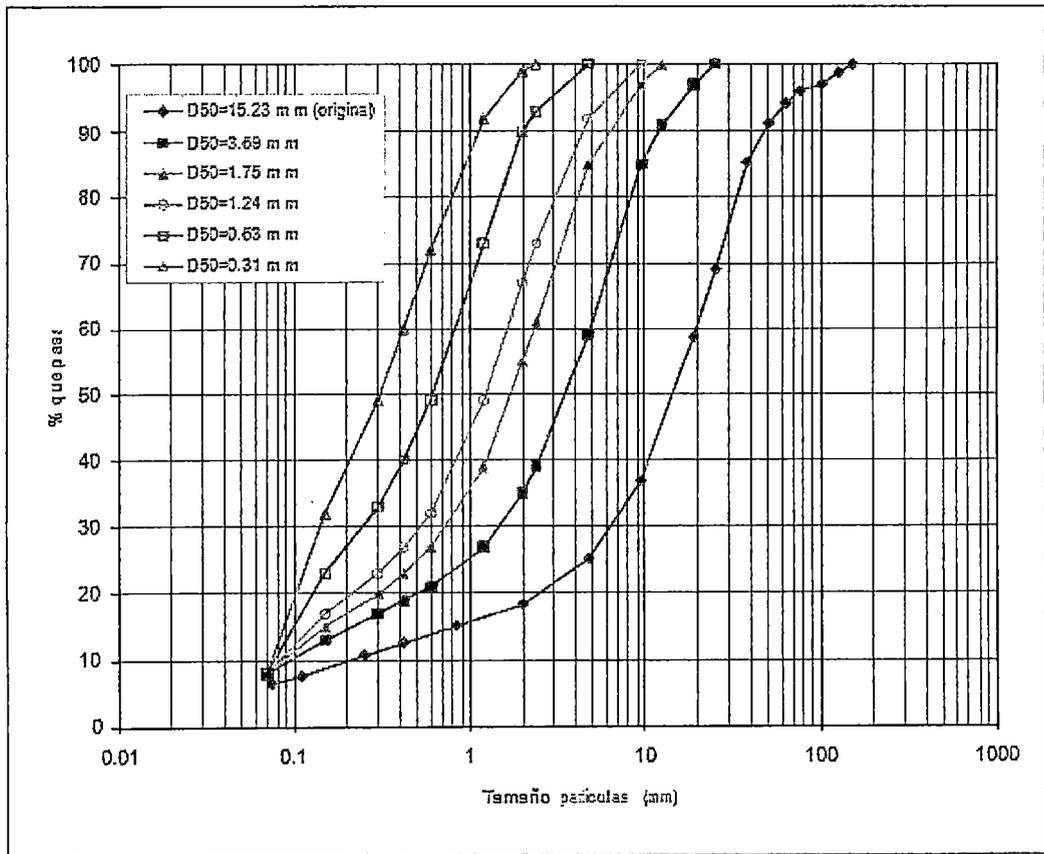


Figura 3.18: Granulometrías paralelas material R.L.

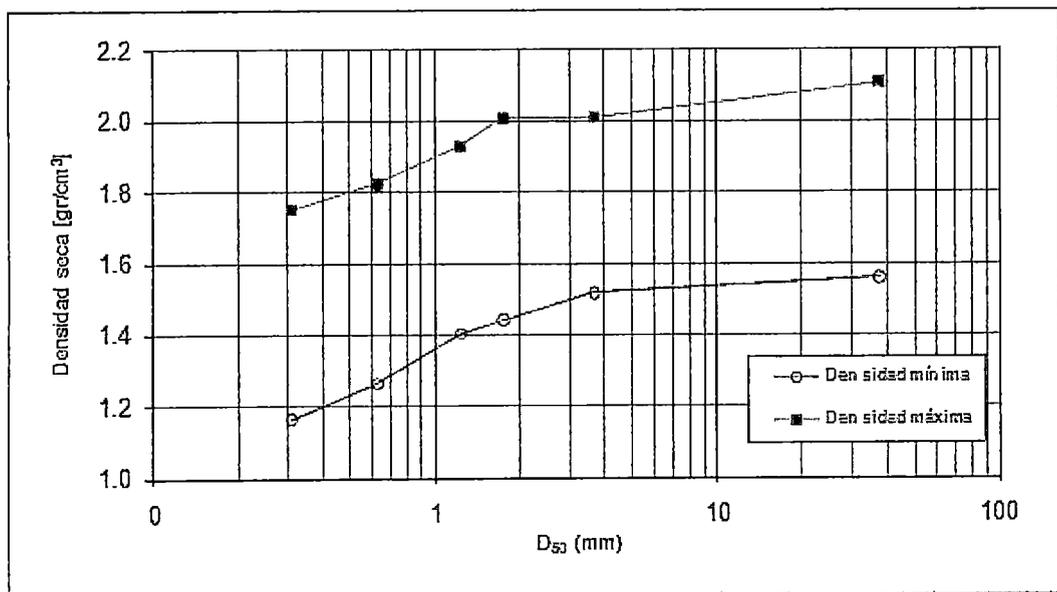


Figura 3.19 Densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas R.L.

Según la Figura 3-19, las densidades mínimas y máximas del material R.L experimentan un incremento al aumentar el tamaño medio de partículas (D50). La densidad de confección de las probetas fue obtenida en base a una densidad relativa del 60%.

c) Material río Aconcagua (A-2) para método de corte.

El material fluvial (A-2) corresponde a gravas subredondeadas del río Aconcagua en la ciudad de San Felipe en Chile. Se confeccionaron cinco granulometrías cortadas en el tamiz N°4 (0.45 mm), las cuales se diferencian por su porcentaje de sobre-tamaño. Las curvas granulométricas junto con las densidades mínimas y máximas de las muestras se presentan en las Figura 3-20 y 3-21.

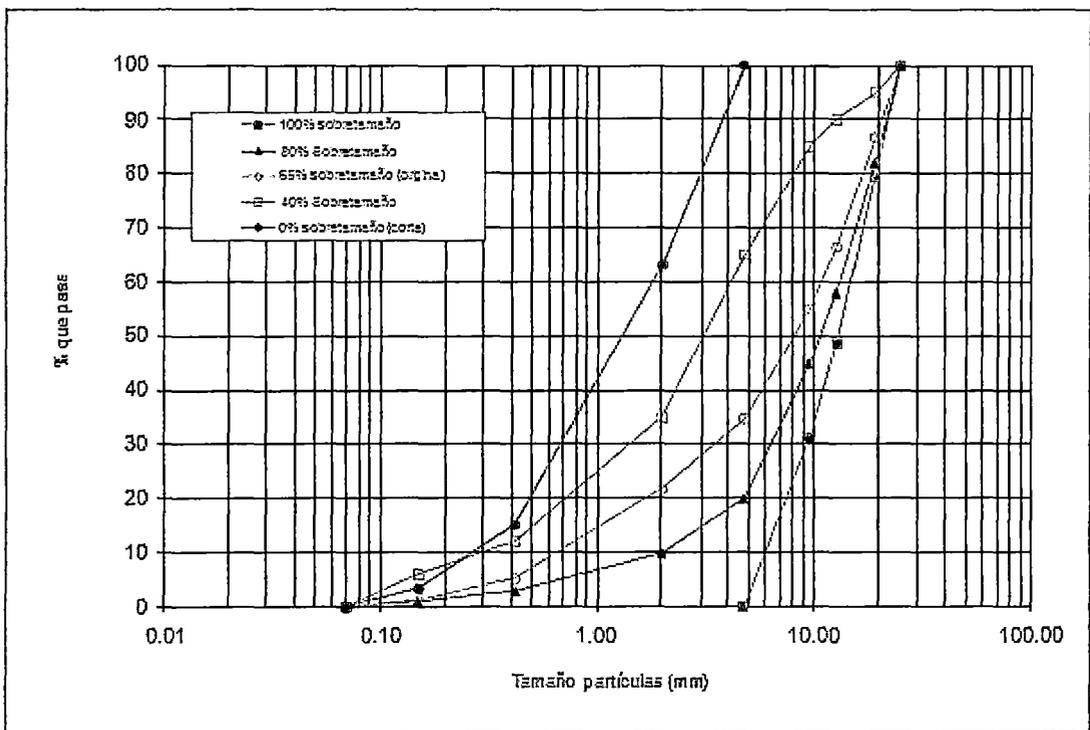


Figura 3.20: Curvas granulométricas utilizadas en material A-2.

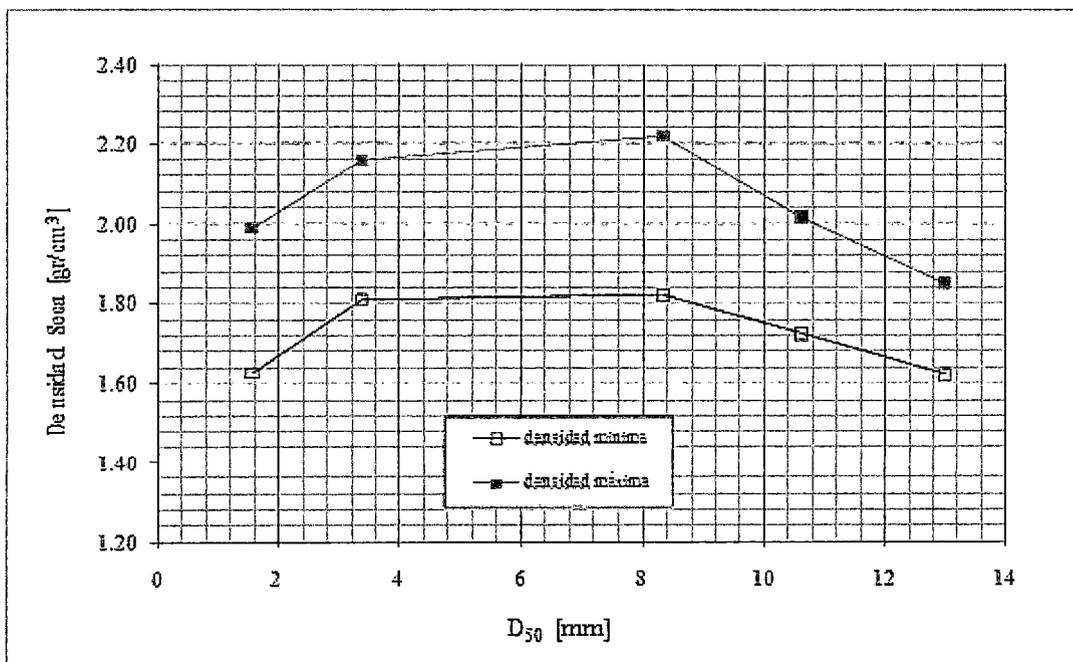


Figura 3-21: Densidades límites Material A-2.

Se realizaron ensayos triaxiales CID utilizando presiones de confinamiento de 1, 2, 4 y 6 [kg/cm<sup>2</sup>], y una densidad relativa del 75%. La Tabla 3.03 muestra los ensayos realiza base al sobre-tamaño de partículas y presión de confinamiento aplicada, y la Tabla 3-04 presenta las características granulométricas de las muestras de suelo.

Tabla 3.3: Presiones de Confinamiento- Material A-2.

Sobre - Tamaño	Presión de confinamiento (kg/cm <sup>2</sup> )			
	1	2	4	6
0%	1	2	4	6
40%	1	2	-	6
65%	1	2	4	6
80%	1	2	4	-
100%	1	2	-	6

Tabla 3.4: Caracterización de curvas granulométricas de Material A-2.

% Grava				
Sobre	D50	Coefficiente de	Coefficiente de	Clasificación
Tamiz N°4	(mm)	Uniformidad	Curvatura	SUCS
100%	12.99	2.38	1.08	GW
80%	10.74	6.53	0.59	GP
65%	8.33	15.9	0.61	GP
40%	3.38	14.05	0.56	GP
0%	1.57	6.62	1.13	SP

### 3.3.2. Resultados y análisis.

A continuación Leonardo Dorador presenta los resultados de investigaciones realizadas sobre los materiales presentados anteriormente, además analiza y cuantifica la influencia de ciertos parámetros que controlan la resistencia al corte tales como el coeficiente de uniformidad (CU) y densidad relativa (DR%), junto con la dureza de las partículas.

#### a) Método de gradación paralela – material E.R

A continuación se describen algunas variables intrínsecas tales como forma y dureza de las partículas.

- Forma, dureza de partículas y origen geológico.

El material E.R fue obtenido por voladura, y por lo tanto posee partículas de forma angulosa. Tal como fue señalado en la sección anterior, este material posee 2 tipos de granos los cuales corresponden a partículas de andesita sana y andesita meteorizada, siendo su dureza la principal diferencia entre ellas.

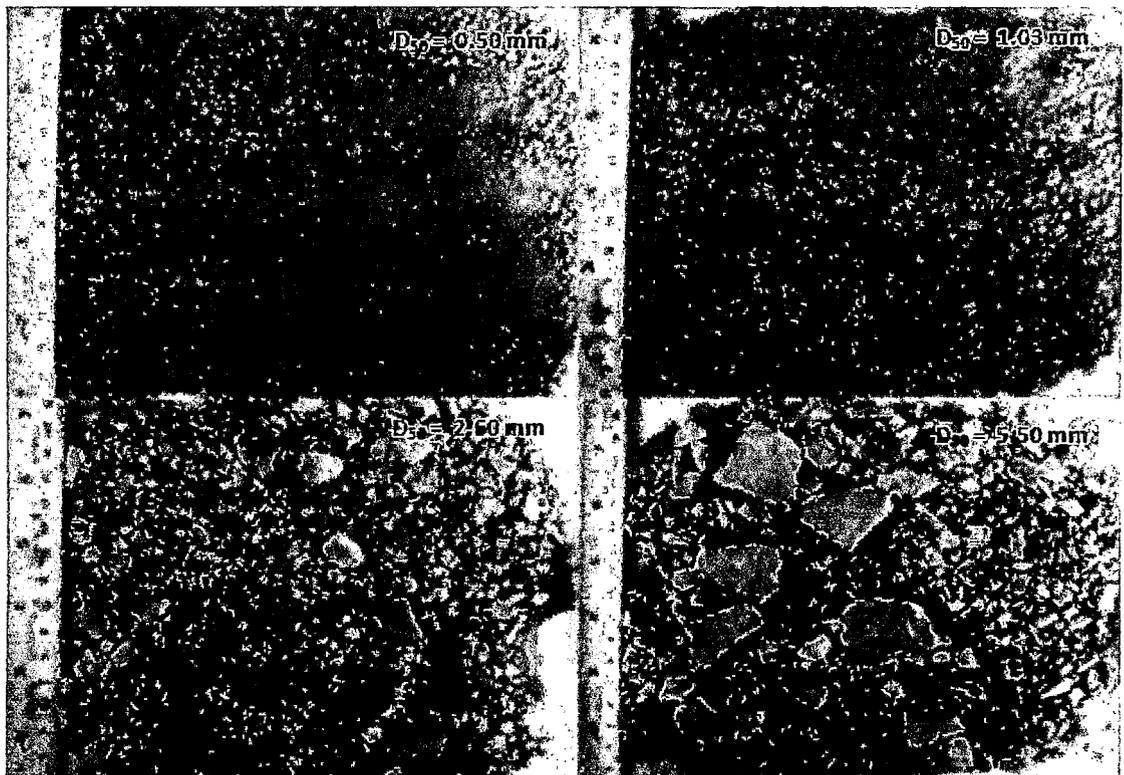


Figura 3.22: Muestras homotéticas Material E.R.

Según la Figura anterior es posible apreciar una diferencia en el color del material a medida que el tamaño de partículas aumenta. Para el tamaño de D50

= 0.5 mm la muestra presenta una alta cantidad de partículas color marrón claro (partículas meteorizadas). Sin embargo, a medida que aumenta el D50 es posible observar una mayor cantidad de partículas de color gris (andesitas sanas). Es importante señalar que si la dureza y mineralogía es diferente entre las curvas homotéticas, entonces el método de gradación paralela no debería funcionar.

- Relación tensión deformación.

El material grueso E.R tiene una resistencia muy particular debido a que se comporta de forma contractiva para tensiones de confinamiento mayores a 3 [kg/cm<sup>2</sup>] siendo ensayado a una densidad relativa del 80%. La principal razón de la compresibilidad de este suelo es el material alterado que posee, (andesita meteorizada), lo cual implica una rotura de las partículas alteradas bajo presiones de confinamiento de 3 a 6 [kg/cm<sup>2</sup>], y por consiguiente un impedimento de la dilatación. Es interesante señalar que Varadarajan (2003) analizando un material de rockfill llamado Ranjit Sagar también obtuvo comportamiento contractivo en ensayos triaxiales drenados a muestras con DR = 87% y con rangos de presiones de 3.5 a 14 [kg/cm<sup>2</sup>]. Varadajan también asocia esta compresión de suelo a la rotura y reacomodo de las partículas alteradas en la etapa de corte del ensayo triaxial.

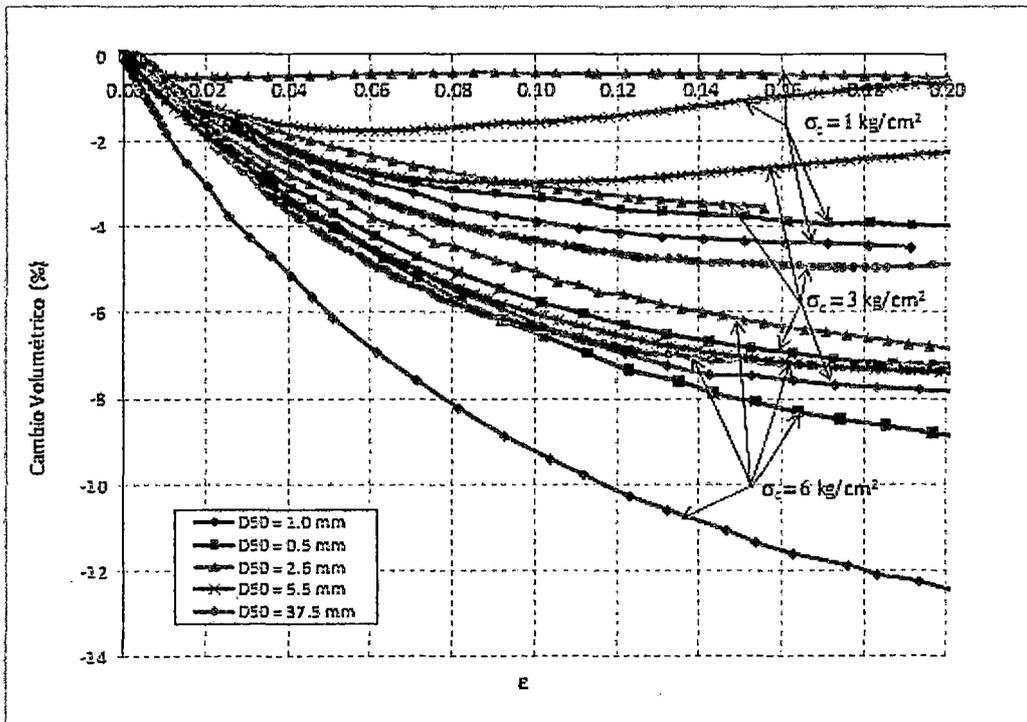
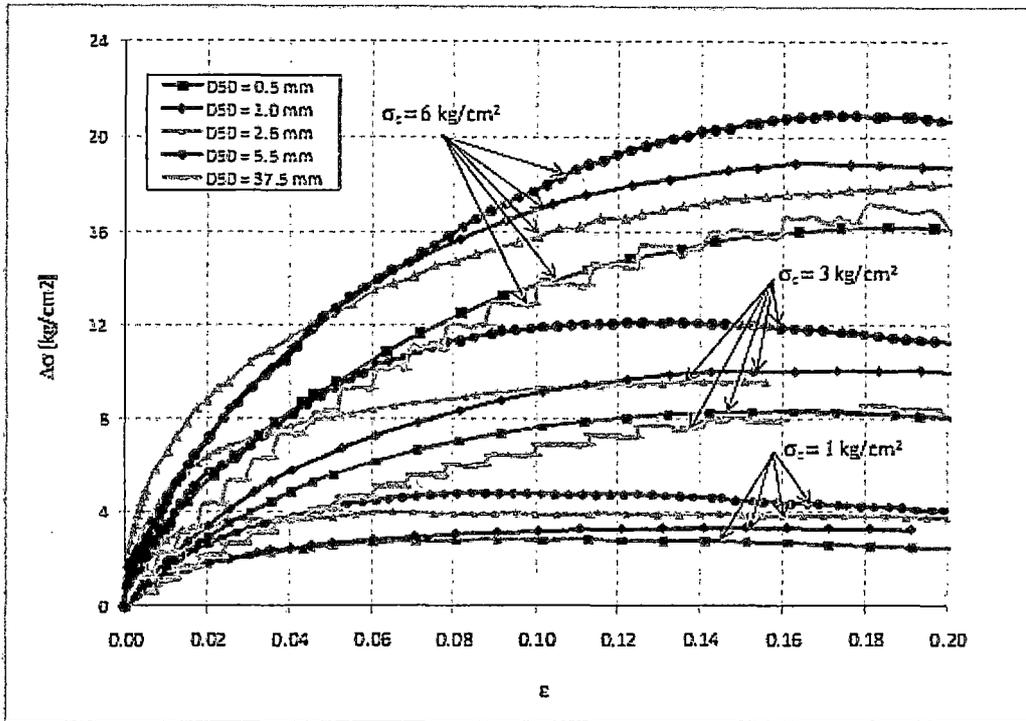


Figura 3.23: Relación Tensión-Deformación curvas homotéticas - Material E.R.

En general, para todas las curvas homotéticas del material E.R, el comportamiento tensión deformación es similar y la resistencia es un poco mayor para las curvas con  $D_{50}$  de 5.78 mm y 2.55 mm. Es necesario agregar que la

resistencia al corte de este material tiende a aumentar en función de su tamaño medio de partículas hasta muestras con D50 de 5.78 mm pero al analizar los resultados de ensayos triaxiales con D50 de 37.5 mm, la resistencia del enrocado tiene una disminución importante. Esta diferencia en los resultados de resistencia al corte podría ser explicada por los distintos porcentajes de partículas alteradas en las distintas curvas homotéticas.

- **Ángulo de fricción Peak.**

A continuación se presenta la variación del ángulo de fricción máximo en función de la presión de confinamiento. En general, se confirma la tendencia a la disminución del ángulo de fricción con el incremento de la tensión de confinamiento.

El material E.R para sus curvas homotética de menor tamaño de partículas (D50 = 0.5 y 1.0mm) posee un valor de ángulo de fricción peak que varía levemente con el nivel de confinamiento, pero se observa una fuerte caída para el material con D50 = 2.6 mm, y D50 = 5.5 mm. Además, al considerar el ensayo triaxial gigante con D50 = 37.5 mm, se observa un valor constante de  $\phi$  con el nivel de confinamiento. Estas diferencias de ángulo de fricción también estarían asociadas a la influencia de las partículas débiles en las muestras escaladas, ya que el material con menor cantidad de partículas alteradas (D50 = 5.5 mm) es la que posee la mayor resistencia en comparación a las otras muestras ensayadas, y las muestras con mayor porcentaje de partículas alteradas son las que poseen las menores resistencias (D50 = 0.5 mm y D50 = 37.5 mm).

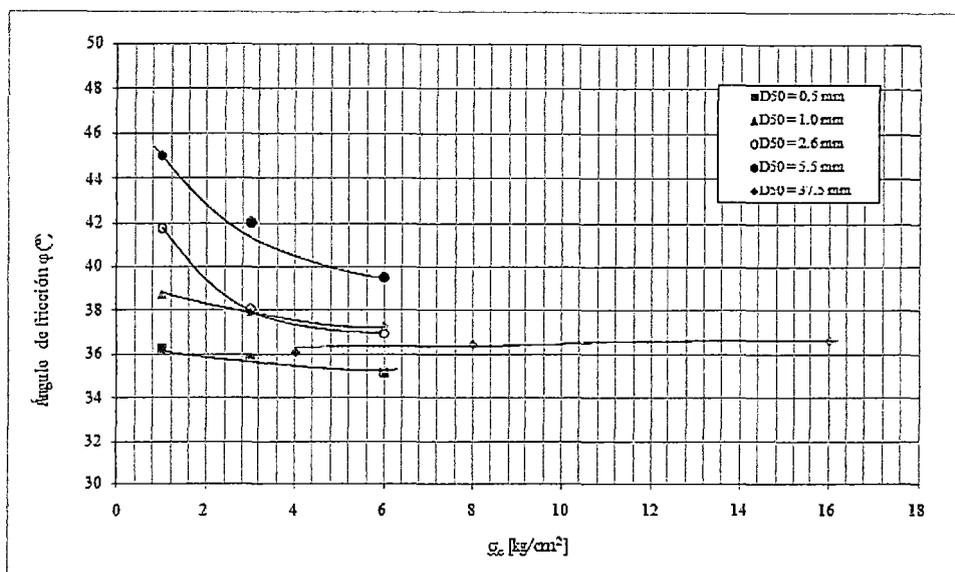


Figura 3.24. Ángulo de fricción peak v/s tensión de confinamiento - Material E.R.

- Envoltente de falla.

Envoltente lineal (Mohr Coulomb).

Los resultados de los parámetros de resistencia al corte del material E.R, basado en el criterio de Mohr - Coulomb, se presentan en la Tabla 3-05.

Tabla 3.5: Parámetros de resistencia-criterio de Mohr Coulomb Material R.L.

Envoltente de Mohr Coulomb- Material E.R			
D50 [mm]	Cohesión [kg/cm²]	Ángulo de fricción interna peak (°)	R2
0.5	0.09	34.86	0.9994
1.03	0.29	36.85	0.9979
2.6	0.47	36.01	0.9979
5.5	0.56	37.04	0.9946
37.5	0	36.1	0.9999

Al analizar la resistencia al corte del material E.R, se observa un aumento del ángulo de fricción y de la cohesión a medida que aumenta el tamaño medio de partículas. Sin embargo, para la muestra con D50 = 37.5 mm, la resistencia disminuye con respecto a los otros tamaños medios. Esta diferencia también

sería explicada por los distintos porcentajes de partículas alteradas en las muestras homotéticas.

b) Método de gradación paralela – material R.L.

- Forma, dureza de partículas y origen geológico.

El material lixiviado R.L tiene una dureza relativamente baja debido a su meteorización química, efecto que produce una mayor cantidad de poros en las partículas, no obstante, a medida que aumenta el tamaño de partículas es posible apreciar una mayor dureza, especialmente en tamaños de  $D_{50} = 5.5$  mm en adelante. Con respecto a su forma, éstas se pueden clasificar como angulares a sub angulares, debido a que su origen son enrocados chancados. Al igual que el material E.R es posible apreciar una diferencia de color a medida que el tamaño aumenta.

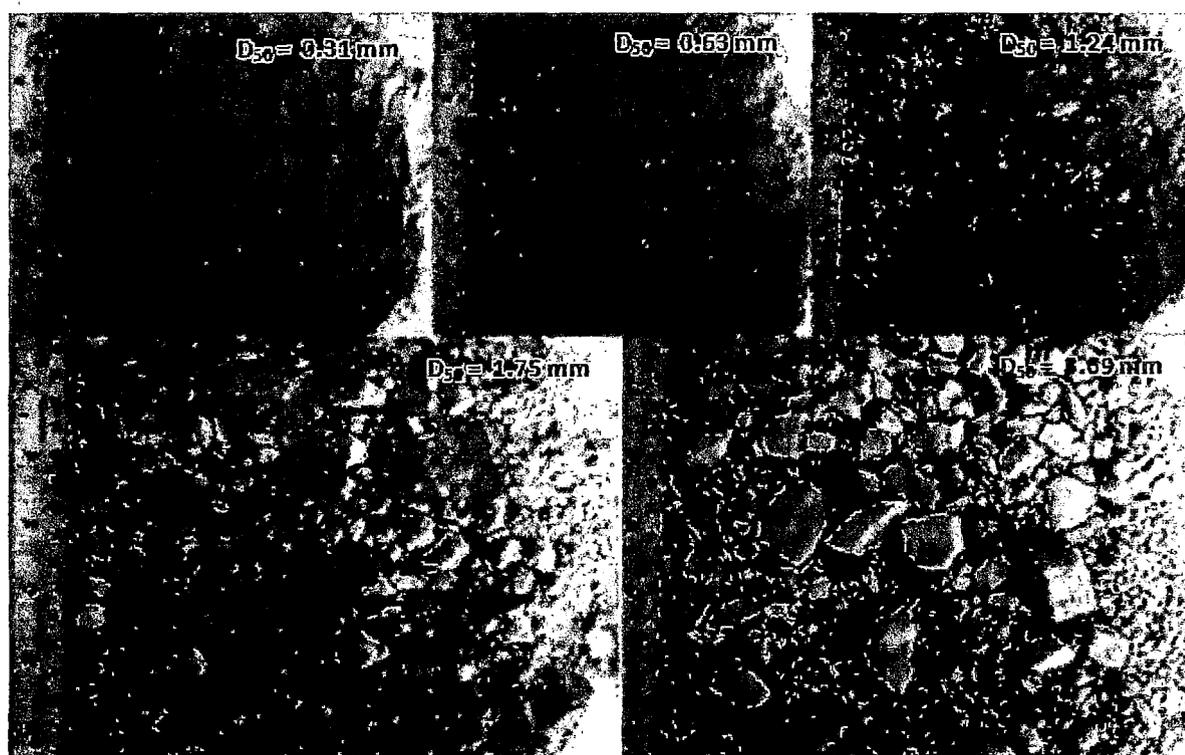
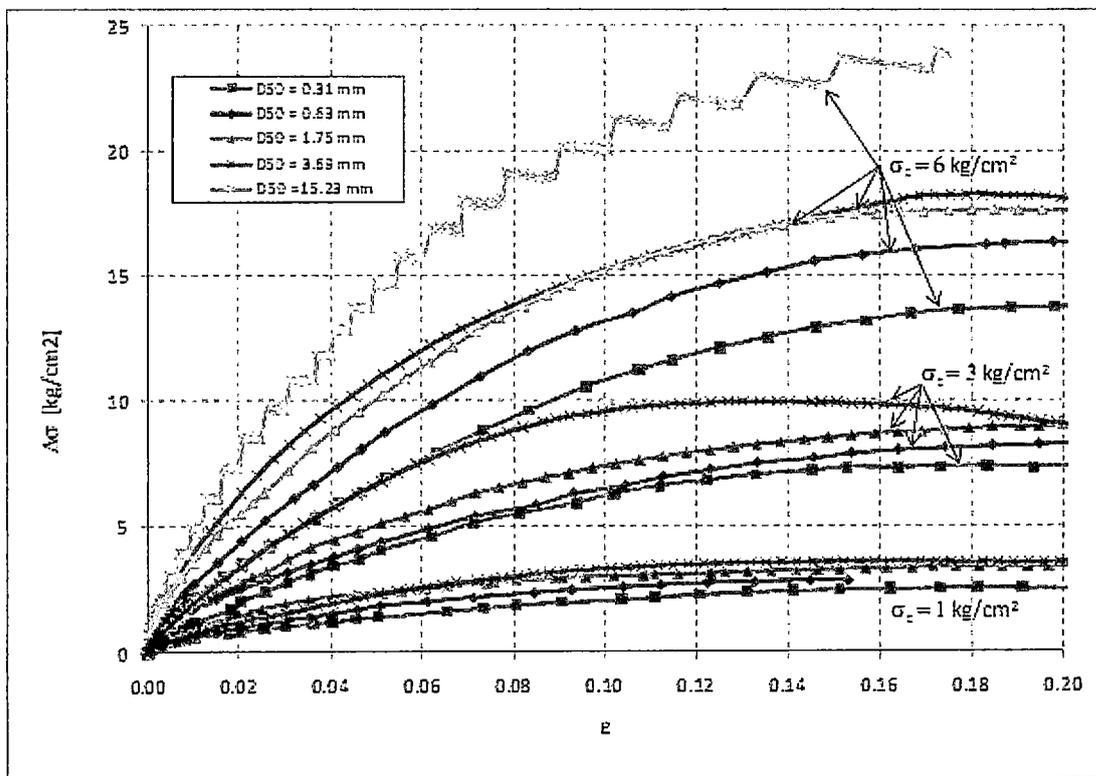


Figura 3.25: Muestras homotéticas material R.L.

- Relación tensión deformación.

El material R.L posee un comportamiento tal que la resistencia aumenta al incrementarse el tamaño de partículas, en particular se destaca fuertemente la alta resistencia del material de  $D_{50} = 15.23$  mm, el cual fue ensayado en el

aparato triaxial gigante. Sin embargo, al haber ensayado las muestras a un DR del 60% y debido a la alteración química del material (lixiviación) su compresibilidad tiende a ser mayor.



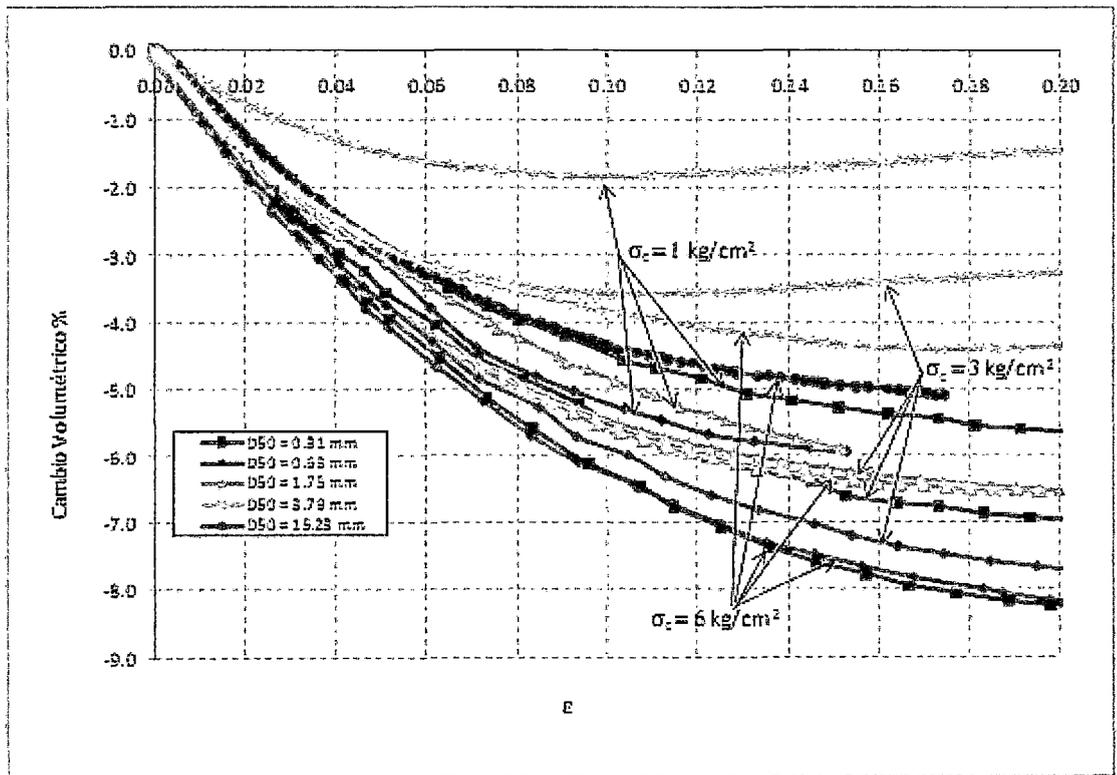


Figura 3.26: Relación Tensión-Deformación curvas homotéticas R.L.

- Ángulo de fricción peak

Para el material R.L, se observa claramente que a mayor tamaño de partículas se obtiene mayor ángulo de fricción peak, aunque, la razón por la cual varía la resistencia podría ser explicado por un cambio de la dureza de las partículas a medida que aumenta el tamaño de éstas. Las 4 granulometrías que van desde  $D_{50} = 0.31$  mm a  $D_{50} = 3.69$  mm poseen una disminución de  $\phi$  con el nivel de tensiones, no obstante, al considerar el ensayo triaxial gigante con  $D_{50} = 15.23$  mm, el ángulo de fricción peak se mantiene constante con el aumento en el nivel de confinamiento. Este último resultado junto con el obtenido para el material E.R con  $D_{50} = 37.5$  mm dan cuenta de una tendencia distinta a la propuesta por Leps (1970) sobre una disminución del ángulo de fricción con el nivel de tensiones.

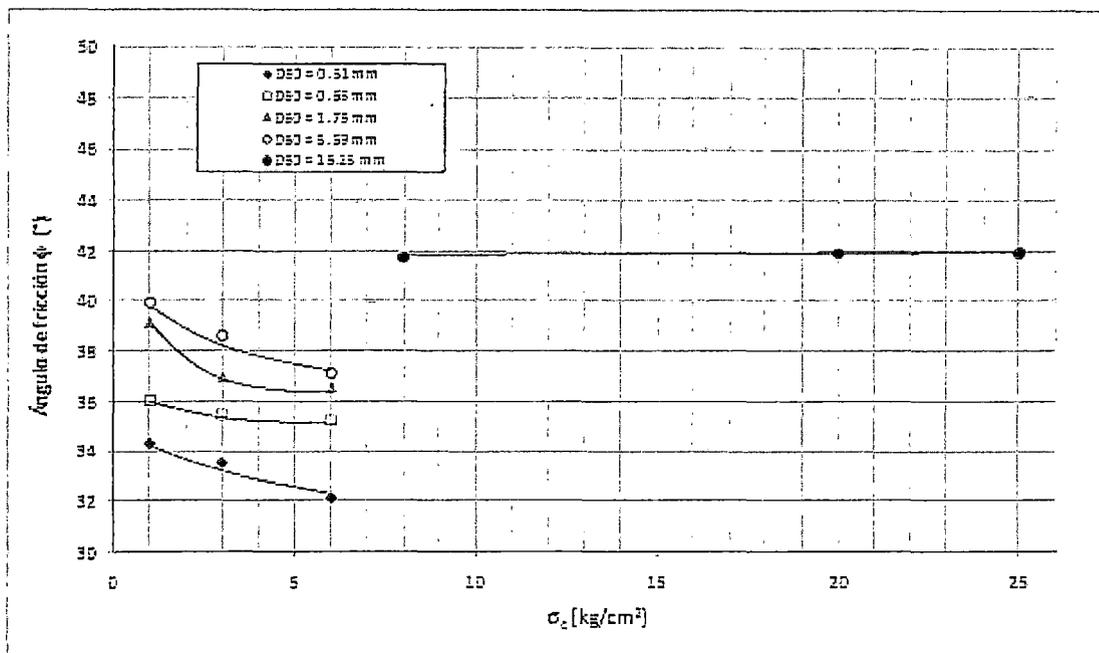


Figura 3.27: Ángulo de fricción peak v/s tensión de confinamiento Material R.L.

- Envoltente de falla.

Envoltente lineal (Mohr Coulomb)

Los resultados de los parámetros de resistencia al corte del material R.L, basado en el criterio de Mohr-Coulomb, se presentan en la Tabla 3-06.

Tabla 3.6: Parámetros de resistencia-criterio de Mohr Coulomb Material R.L.

Envoltente de Mohr Coulomb - Material R.L			
D50 [mm]	Cohesión [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ángulo de fricción peak (°)	R <sup>2</sup>
0.31	0.07	30.62	0.9995
0.63	0.02	35.17	0.9994
1.75	0.08	36.32	0.9997
3.69	0.19	37.37	0.9946

Para el material R.L se observa claramente un aumento de los parámetros de resistencia con el aumento del D50. Este resultado también podría estar fuertemente relacionado con el grado de alteración de las partículas, que a medida que las partículas aumentan de tamaño, ellas poseen menor alteración.

c) Método de corte –material A-2

En esta sección se considerarán los resultados obtenidos al material del río Aconcagua (A-2). A continuación se describen las características de las partículas para luego presentar los resultados de los ensayos triaxiales hechos a este suelo.

- Forma y dureza partículas.

En general, las gravas y arenas del material A-2 poseen una forma de partículas sub- redondeada a redondeada, debido principalmente al hecho de ser partículas erosionadas por arrastre de río. Sin embargo, no es posible asociar una dureza específica de las partículas, debido a que ellas poseen diferente origen de roca parental, aunque es importante señalar que ellas no presentaban partículas alteradas o meteorizadas. Las distintas muestras analizadas se presentan a continuación.

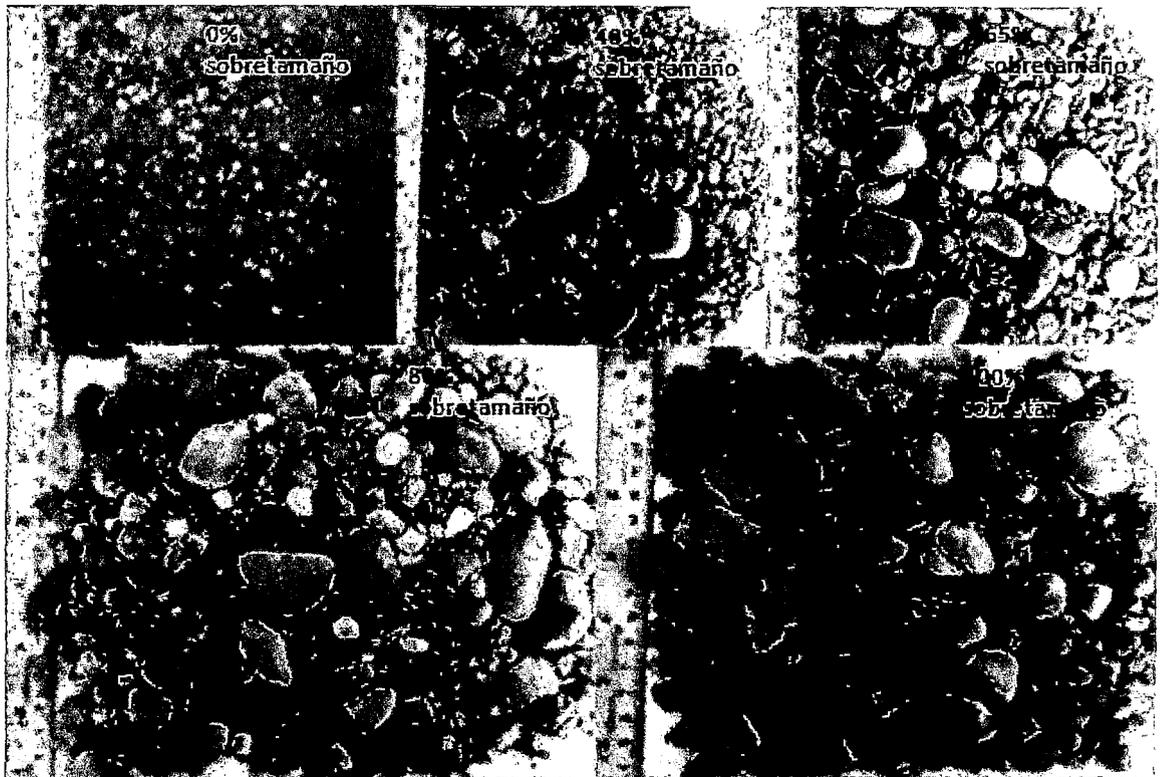


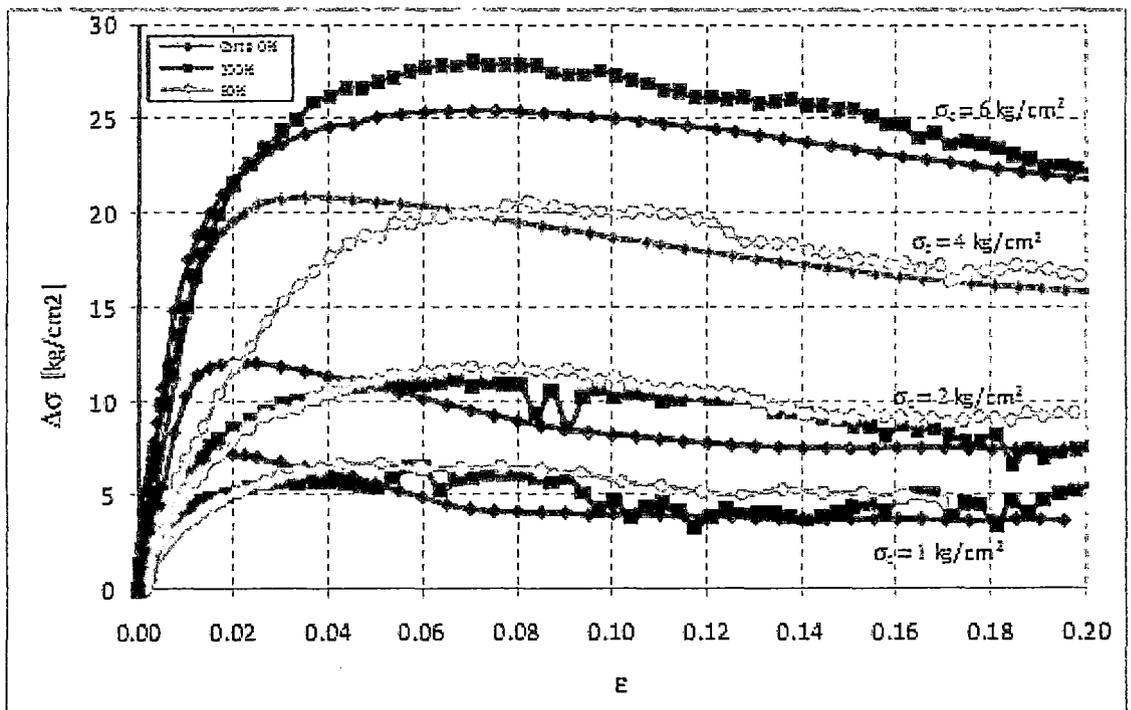
Figura 3.28: Muestras cortadas con 0%, 40%, 65%. 80% y 100% de sobre-tamaño. Material A-2.

- Relación tensión deformación.

Para la muestra analizada se observa que los mayores valores de resistencia al corte se obtienen para las partículas con sobre-tamaño entre 40 y 65% y además son las que poseen los mayores valores de coeficiente de Uniformidad (CU).

Debido a que todas las muestras se analizaron para una misma densidad relativa, aunque las densidades límites son distintas y aumentan en función de la gradación del material, entonces la densidad de confección de las muestras entre 40 y 65% de sobre-tamaño es mayor, lo cual aumenta el número de contactos y produce finalmente una mayor resistencia al corte. Además es necesario agregar que este rango de sobre-tamaño produce un comportamiento tensión-deformación muy similar.

Adicionalmente, según las Figura 3-29 y 3-30 a medida que se incrementa el nivel de tensiones, las muestras cortadas tienen una menor resistencia al corte que las muestras originales. El comportamiento tensión y cambio volumétrico versus deformación para los sobre-tamaños de 80% y 100% (Figura 3-29) es muy similar, lo cual comprueba el hecho de que las partículas de sobre-tamaño controlan la resistencia para este rango de partículas.



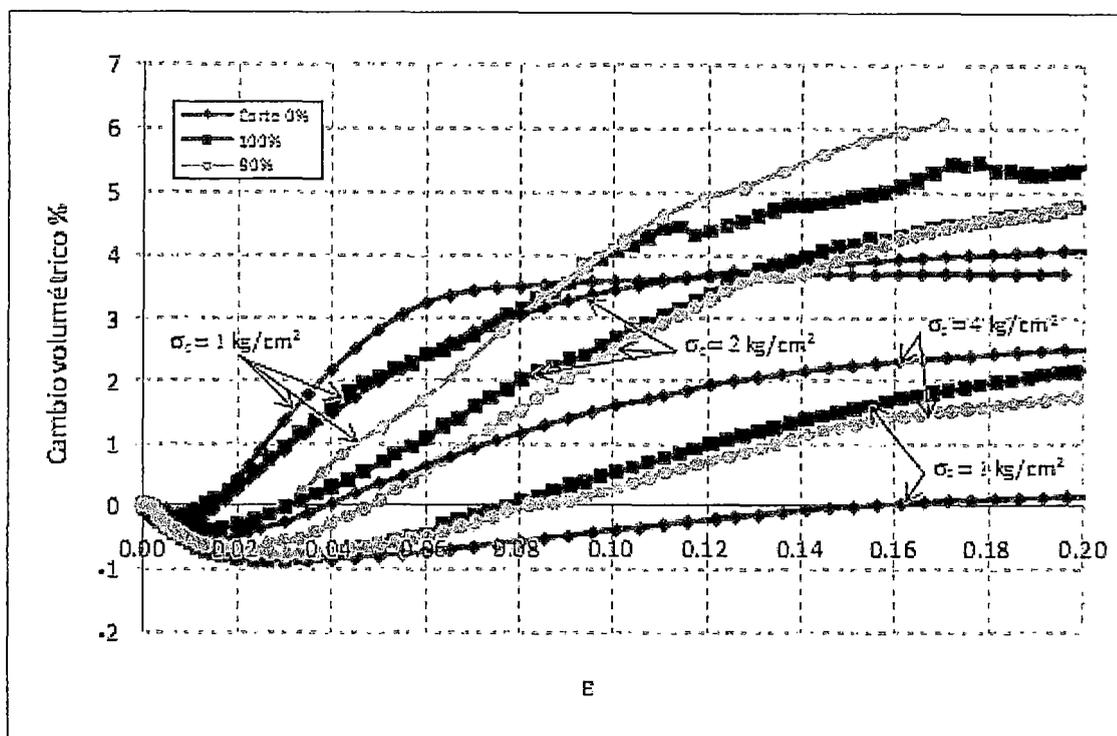
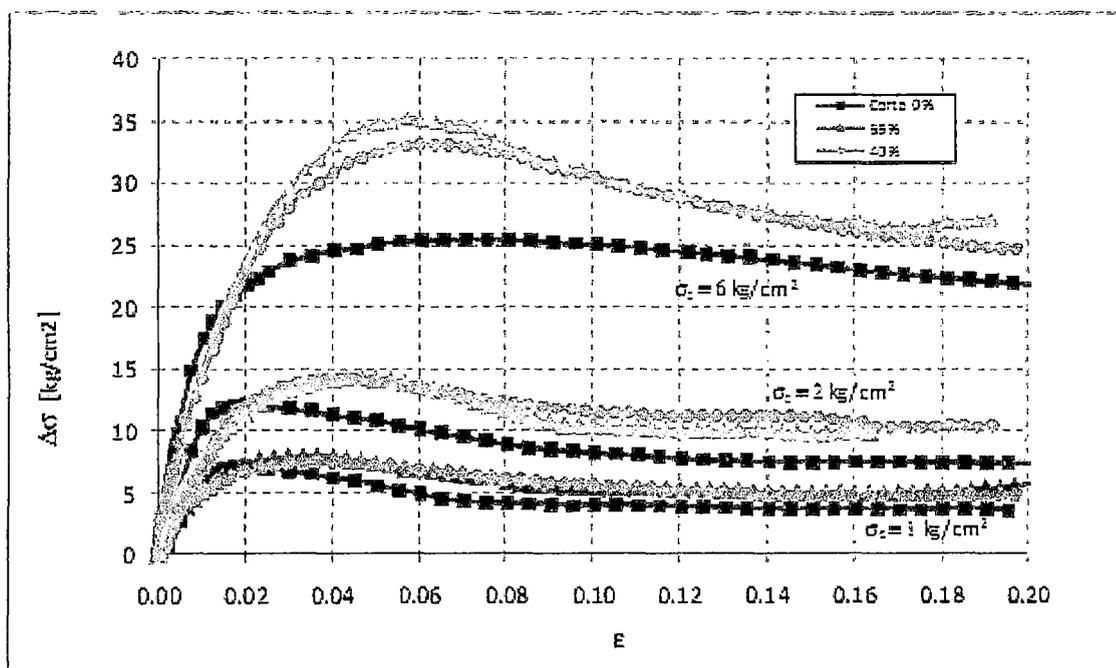


Figura 3.29: Relación tensión y cambio volumétrico v/s deformación unitaria axial. Material A-2 Corte 0%, 80% y 100% de sobre-tamaño.



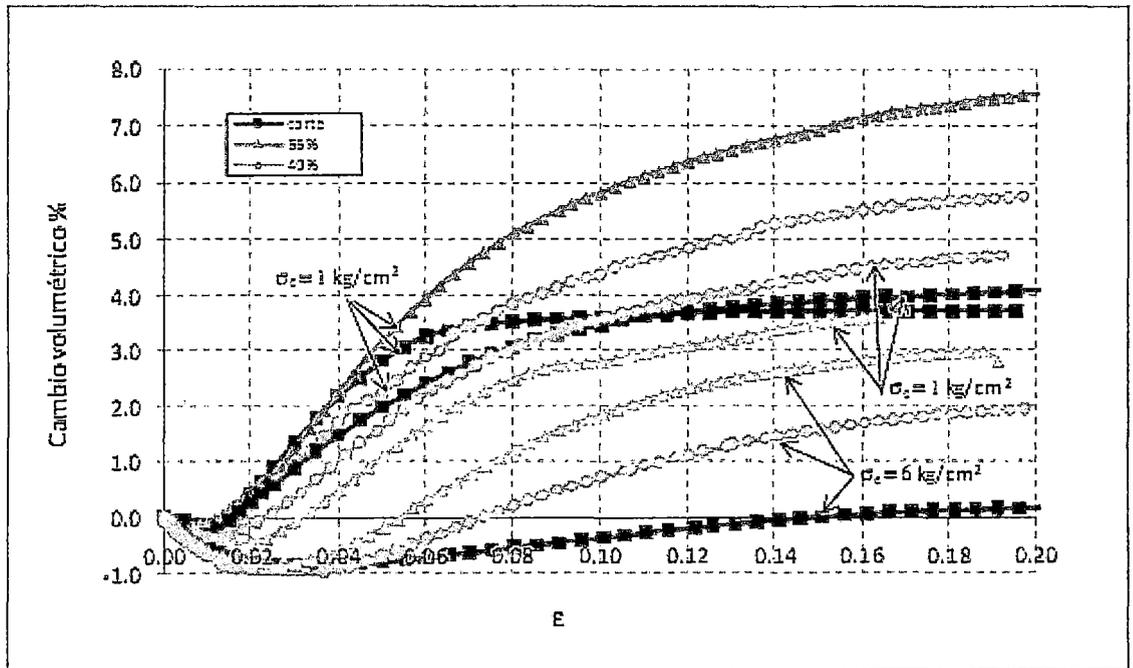


Figura 3.30: Relación tensión y cambio volumétrico v/s deformación unitaria axial. Material A-2 con 0%, 40% y 65% de sobre-tamaño.

- Ángulo de fricción peak.

Se analizaron los resultados del ángulo de fricción peak, el cual se obtiene en el momento de máxima resistencia del suelo. Según la Figura 3-35 y 3-36, la tendencia es que los materiales entre 40% y 65% de sobre-tamaño poseen los mayores ángulos de fricción superando entre 2 y 3 grados en promedio al material cortado. También, en estas 2 Figuras se confirma el hecho de que a mayor nivel de presiones, se obtienen menores valores de ángulo de fricción secante.

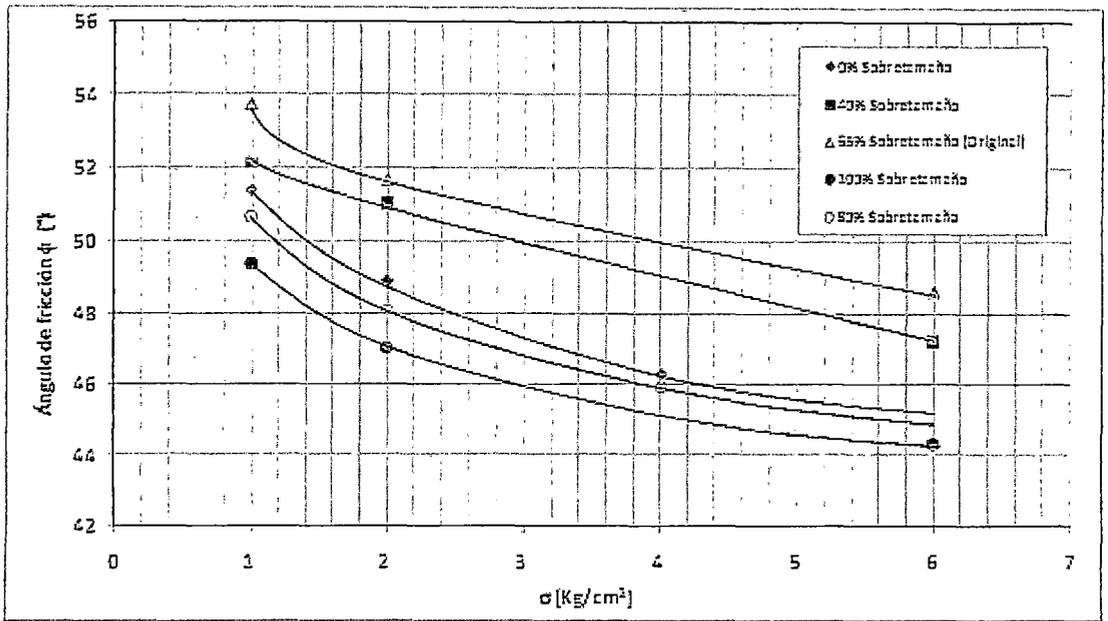


Figura 3.31: Ángulo de fricción peak v/s tensión de confinamiento material A-2.

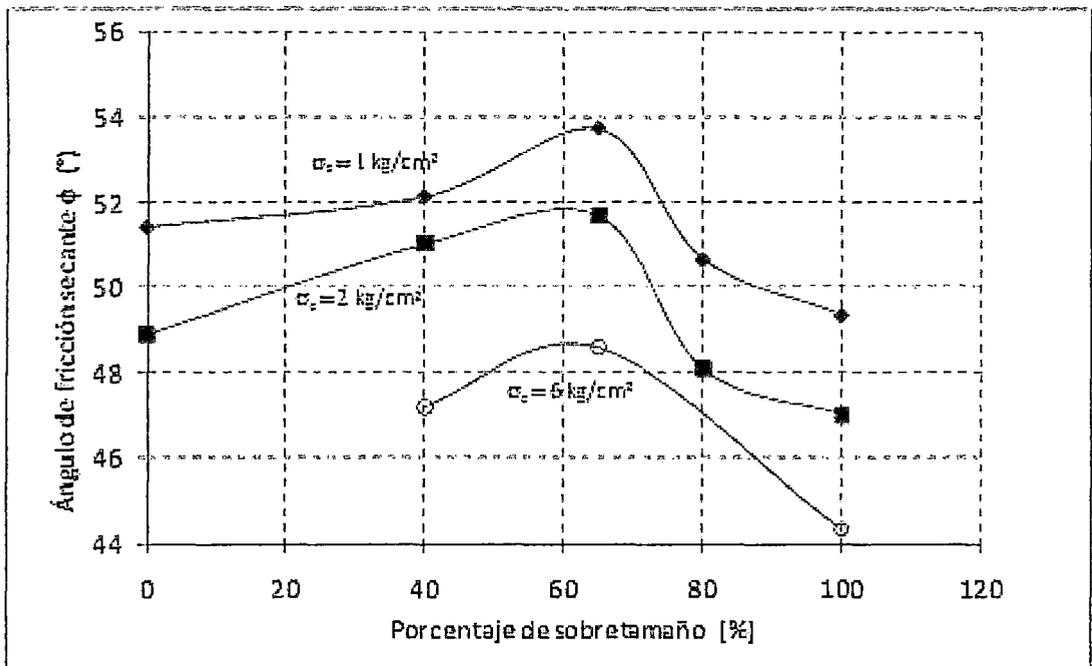


Figura 3-32: Ángulo de fricción peak v/s porcentaje de sobre-tamaño - Material A-2.

- Envoltente de falla.

Envoltente lineal (Mohr Coulomb)

Los resultados de los parámetros de resistencia al corte basados en el criterio Mohr-Coulomb se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 3.7: Parámetros de resistencia-criterio de Mohr Coulomb Material Río Aconcagua A-2.

Envoltorio de Mohr Coulomb- Material A-2			
Muestra	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de fricción interna peak (°)	R2
Corte (0%)	1.06	39.93	0.997
40%	1.12	44.18	1.000
65%	0.52	47.33	0.9999
80%	0.51	43.92	0.9999
100%	0.43	43.11	0.9993

Para el material A-2, las muestras consiguen diferentes valores de ángulo de fricción y cohesión especialmente entre la muestra original y cortada donde la diferencia para  $\phi$  y  $c$  es de  $8^\circ$  y  $0.52$  [kg/cm<sup>2</sup>] respectivamente.

Estos resultados de ángulo de fricción confirman el hecho de que el método de corte subestima la resistencia al corte.

### 3.4. LECCIONES DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS Y CONSIDERACIONES SOBRE LAS METODOLOGÍAS EXISTENTES.

#### 3.4.1. Lecciones de las investigaciones realizadas.

Gesche, Roberto, utilizó el método de curvas paralelas en materiales de origen fluvial, correspondientes a gravas arenosas con cantos rodados, materiales que por su origen tienen mineralogías diversas, geometría variable a medida que se varía el  $T_{max}$ , esto a la acción erosiva y de transporte ocasionado por el agua y otros factores inherentes al origen del material.

Se confeccionó muestras cortadas a partir de 1.5" de  $T_{max}$  y escalando a partir de esta, 03 muestras de 12.98, 1.50 y 0.51 mm de Tamaño medio, limitando su porcentaje de finos hasta un 10%. Se realizaron ensayos triaxiales CID con una densidad relativa de confección de 80% y presiones de confinamiento de 2 a 6 kg/cm<sup>2</sup> obteniéndose valores de resistencia al corte similares, concluyéndose que el método es adecuado en materiales granulares gruesos en el rango de partículas estudiado, sugiriéndose utilizar en el estudio de suelos de mayor tamaño.

Esta investigación no solo sugiere el estudio para materiales de mayor tamaño, sino en un rango de presiones mayores, materiales de origen diverso como aluvionales, materiales generados por la actividad minera, materiales de origen mineralógico similares entre otros.

Siguiendo la línea de investigación, De La Hoz, Karem, estudió diversas metodologías mediante el uso de muestras equivalentes de menor tamaño de partículas, definiendo las más apropiadas para la determinación de parámetros geomecánicos de un suelo granular grueso. El objetivo principal de esta investigación fue definir que características debe cumplir este tipo de suelo para que sea factible utilizar el método de granulometrías paralelas en la determinación de sus parámetros de resistencia al corte y al mismo tiempo proponer metodologías alternativas que puedan ser utilizadas en el caso que el suelo no cumpla con dichas características.

Se estudió 03 materiales M-2, M-3 y P-01 de origen fluvial de los cuales 02 son provenientes del río Maipo en Chile confeccionándose muestras con tamaño máximo de 1", 1/2", y malla N°4 con materiales de M-2, M-3 y 1", 1/2", 3/8", y malla N°4 para muestras de material de P-01. Se realizaron los ensayos correspondientes observándose que en las muestras M-2 y M-3 comportamientos de resistencia al corte similares en un rango de niveles de confinamiento de 0.5, 1.0 y 3.0 kg/cm<sup>2</sup> concluyéndose con la efectividad del método de curvas paralelas, por otro lado los resultados de la muestra P-01 presentan una mayor resistencia a medida que aumenta el tamaño medio de las partículas debido a que la parte fino de este material está conformada mayoritariamente de arenas subredondeadas, mientras que la parte gruesa corresponde a partículas de forma tabulares.

Las consideraciones a tener de esta experiencia son, para el caso de las muestras M-2 y M-3, es el paralelismo de las muestras escaladas, el porcentaje de finos limitado al 10%, la similitud de la forma de los clastos en las muestras.

Por otro lado Dorador, Leonardo investigó, la influencia de la dureza de las partículas en el uso del método de curvas paralelas y la efectividad del método de corte.

Los materiales estudiados fueron: enrocado E.R con partículas alteradas provenientes de cantera cercana a la ciudad de Rancagua en Chile compuesto por una andesita inalterada y andesita meteorizada; enrocado lixiviado R.L con partículas de origen granítico muy alterado y un material A-2 de origen fluvial proveniente del río Aconcagua en la ciudad de San Felipe Chile. Se utilizó el método de curvas paralelas para los 2 primeros materiales y el método de corte para el tercero.

Se realizaron los ensayos triaxiales y se concluyó la influencia de la dureza de las partículas durante el escalamiento de los materiales influye en la resistencia al corte en el método de curvas paralelas, sugiriéndose el uso del criterio mejorado de envolvente no lineal en que se considere la dureza de las partículas.

Esto sugiere tener en cuenta la dureza de los materiales durante la preparación de las muestras escaladas para esperar resultados acordes al material global.

#### 3.4.2. Consideraciones sobre las metodologías existentes.

Según las cuatro metodologías mencionadas en el capítulo 02, se ha comprobado que al utilizar el método de corte, se obtienen resultados de resistencia no acordes al material estudiado en ocasiones conservador y en otras con valores sobre estimados, Contreras Luis (2011). Sin embargo, debido a la simpleza de utilizar este método, su uso ha adquirido popularidad durante este último tiempo. De la Hoz (2007) recomienda utilizar este método con un porcentaje de extracción de partículas de sobre- tamaño de hasta un 20%.

El método de corte y reemplazo también presenta problemas al ser usado debido a la dificultad de cuantificar la disminución y aumento de la resistencia por el corte y reemplazo de material. Debido a las limitaciones anteriores, este método no ha sido investigado en la actualidad.

Considerando el método de la matriz, éste funciona adecuadamente para porcentajes de sobre- tamaño menores al 20%, siempre y cuando estas últimas se encuentren flotando en la matriz fina de suelo, obteniendo la densidad corregida de campo lejano, lo cual limita su utilidad.

Ahora, tomando en cuenta el método de gradación paralela, Gesche (2002) concluyó que este método es apropiado para estimar la resistencia al corte de suelos granulares densos en el rango de partículas estudiado e incluso podría ser utilizado en la estimación de suelos granulares de mayor tamaño. De la Hoz (2007) también concluyó que el método de las curvas homotéticas entrega parámetros de resistencia al corte y módulos de deformación equivalentes al suelo original, siempre y cuando se cumpla satisfactoriamente la similitud de CU y CC entre las granulometrías homotéticas, manteniendo la forma de las partículas en las muestras escaladas; limitando el contenido de finos en un 10% y finalmente manteniendo sin gran variación las densidades mínimas y máximas en las granulometrías paralelas.

Dorador Leonardo (2010), concluyó que la dureza de las partículas en la metodología de curvas homotéticas influye en la resistencia al corte, sugiriendo prestar importancia al cambio de la dureza y mineralogía de las partículas en las granulometrías escaladas, además analizó la efectividad del método de corte concluyendo usar solo hasta un 20% de partículas de sobre tamaño corroborando la investigación realizado por De la Hoz..

## **CAPITULO IV: APLICACIÓN EN MATERIALES GENERADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA.**

### **4.1.    APLICACIÓN EN STOCK PILES DE MINERAL.**

En una operación minera a tajo abierto, los destinos de los materiales generados por las voladuras se dividen en 02 grupos. Un grupo de los materiales económicamente rentables, que por su contenido de ley siguen el proceso de recuperación y obtención de los minerales en explotación, siendo necesario estructuras de almacenamientos de estos materiales tales como stock piles de mineral, rom pads, pads de lixiviación, depósitos de relaves entre otros. Un segundo grupo de materiales con ley económicamente no rentables, son almacenadas en estructuras denominadas depósitos de desmonte, estas a su vez se sub dividen en estructuras de almacenamiento de materiales generadores y no generadores de ácido, para un adecuado manejo de aguas contaminantes.

Los stock piles que almacenan materiales con ley económicamente rentables se subdividen en dos grupos. Un primer grupo al que se denomina temporales, sirven para abastecer el proceso cuando no se esté generando materiales en el tajo por razones de mantenimiento de flota de equipos, en algunos casos para realizar mezclas y obtener índices de producción según los planes de obtención de mineral. Un segundo grupo al que se les denomina permanente, que contienen material con leyes económicamente rentables con componentes contaminantes que desfavorecen la recuperación de mineral que se sigue en un proceso actual. Estos materiales se proveen para una recuperación posterior cuando se cambie el proceso de recuperación de minerales. En ambos casos las estructuras son muy importantes y necesarias en una operación minera.

Se realizó una primera aplicación en stock piles de mineral de una operación a tajo abierto que consistió en primer lugar en una revisión de la información existente sobre la caracterización geotécnica, seguidamente se realizó un plan de trabajos de campo y laboratorio con el fin de caracterizar geotécnicamente los materiales y comparar con los antecedentes. Los trabajos consistieron en una investigación de campo mediante excavación de calicatas y trincheras, muestreo de materiales, ensayos de laboratorio para conocer las propiedades físicas, mecánicas y parámetros geotécnicos. Se investigaron los stock piles denominados. SP-4035, SP-4090, SP-4050, SP-4121 y SP-4140.

#### 4.1.1. Antecedentes de los stocks piles.

Se presentan antecedentes del SP-4035 y SP-4140, con información de análisis granulométricos, propiedades índices y ensayos triaxiales no drenados CU en probetas de 6 pulgadas de diámetro de materiales con tamaño máximo de 1 pulgada, realizados a presiones de confinamiento entre 100 y 400 KPa, determinándose los parámetros geotécnicos de forma convencional.

Stock Pile 4035 denominado también "Stock Guaino", es un depósito permanente que almacena material con un alto contenido de carbón comprendido entre 0.5 y 1.5 % que le proporciona una coloración negra a oscura y presencia de sulfuros superior a 0.25%. La presencia del carbón y los sulfuros son contaminantes al proceso de recuperación del mineral. En general se almacenan rocas de tipo volcánicos, carbón y materiales que durante las voladuras se hayan podido contaminar. A continuación se muestran tablas con resultados de ensayos realizados en el laboratorio geotécnico de la empresa Ausenco Vector. En la tabla 4.1 se presenta un resumen de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales donde los parámetros de resistencia han sido obtenidos de forma convencional.

Se aprecia que el stock pile 4035, ha sido descrito como gravas arcillosas a limosas, mal gradadas, con porcentajes de gravas que superan el 50%, arenas que superan el 10%, finos hasta un 25% y un porcentaje de material de sobre tamaño de hasta 69% en una de las muestras, lo que nos indica la variabilidad del material en el depósito. El material fino está compuesto por arcillas en su mayoría y limos en un menor porcentaje. El material encontrado se encuentra en estado seco.

El material ensayado del stock pile 4035 no presenta cohesión y el ángulo de fricción del material está comprendido entre 28.7° y 33.9°. En la tabla 4.2 se presentan los parámetros de resistencia al corte del SP-4035 determinados a partir de ensayos triaxiales.

Stock Pile 4140 es un depósito temporal de material limpio libre de contaminantes. En general se almacenan rocas de tipo areniscas. A continuación se muestran tablas con resultados de ensayos realizados en el laboratorio geotécnico de la empresa Ausenco Vector. En la tabla 4.1 se presenta un resumen de las propiedades físicas y mecánicas.

El stock pile 4140, descrito como gravas arcillosas a limosas, mal gradadas, con porcentajes de gravas que superan el 45%, arenas entre 20% y 34% y finos hasta un 26%. El material fino está compuesto por arcillas en su mayoría y limos en un menor porcentaje. El material encontrado se encuentra en estado seco.

El material ensayado del stock pile 4140 no presenta cohesión y el ángulo de fricción del material es 33°. En la tabla 4.2 se presentan los parámetros de resistencia al corte del SP-4140 determinados a partir de ensayos triaxiales.

En el anexo C, se presentan los certificados de ensayos de laboratorio de los antecedentes de los stock piles de mineral.

Tabla 4.1 Análisis granulométrico de los stocks piles 4035 y 4140 – Antecedentes (Fuente: Elaboración propia).

Nomenclatura	Ubicación	Descripción	Clasificación SUCS	Porcentaje de sobretamaño >3'' (%)	Porcentaje de gravas (%)	Porcentaje de arenas (%)	Porcentaje de finos > #200 (%)	D10	D30	D60	Cu	Cc	LL %	LP %	IP %	Humedad %
SH-01	SP - 4140	Arenisca	GC	-	46.40	30.60	23.10	-	0.25	6.64	-	-	21.20	11.10	10.10	3.10
SH-02	SP - 4140	Arenisca / Limolita	GC	-	49.40	34.30	16.30	-	0.41	7.74	-	-	25.20	15.40	9.80	3.60
SH-03	SP - 4140	Arenisca / Limolita	GC-GM	-	43.90	34.80	21.30	-	0.22	5.88	-	-	19.20	12.80	6.40	2.90
SH-04	SP - 4140	Arenisca	GP-GM	-	62.20	31.20	6.70	0.14	2.71	12.09	84.28	4.24	NP	NP	NP	0.60
EWD-4090	SP - 4140	Desmante	GC	-	49.10	24.90	25.90	-	0.17	8.13	-	-	24.90	11.40	13.50	1.80
EWD-4090	SP - 4140-Ensayado.	Desmante	GC	-	39.91	29.51	30.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GU-01	Stock Guaino	Limolita carbonosa	GP-GC	18.30	77.30	13.60	9.10	0.10	10.01	36.61	352.29	26.35	26.70	16.40	10.30	2.10
GU-02	Stock Gualno	Limolita carbonosa	GC	-	54.70	20.90	24.40	-	0.25	14.43	-	-	35.80	23.30	12.50	8.40
GU-03	Stock Guaino	Limolita carbonosa	GC	-	62.70	19.90	17.40	-	1.24	24.06	-	-	28.70	19.80	8.90	3.70
GU-04	Stock Gualno	Limolita carbonosa	GP-GC	68.60	77.90	12.70	9.40	0.10	14.96	65.40	645.10	33.76	26.70	16.80	9.90	0.80
GU-05	Stock Guaino	Limolita carbonosa	GM	9.80	63.10	20.00	16.90	-	1.80	21.10	-	-	38.00	25.70	12.30	4.50
GU-03 Ensayado.	Stock Guaino	Limolita carbonosa	GC	-	39.25	32.41	28.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GU-05 Ensayado.	Stock Guaino	Limolita carbonosa	GM	-	42.86	30.90	26.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.2 Resultados de los ensayos triaxiales consolidados drenados en los stock piles 4035 y 4140 – Antecedentes (Fuente: Elaboración propia).

Nomenclatura	Ubicación	Descripción	Clasificación SUCS	Máxima densidad seca (Tn/m <sup>3</sup> )	Densidad seca al 90% MDS (Tn/m <sup>3</sup> )	Óptimo contenido de humedad	Gravedad específica	Cohesión C (KPa)	Fricción $\phi$ (°)	Cohesión efectiva C' (Kpa)	Fricción efectiva $\phi'$ (°)
EWD-4090	SP - 4140-Ensayado.	Desmante	GC	-	2.08	-	-	4.30	21.50	-	33.00
GU-03 Ensayado.	Stock Guaino	Limolita carbonosa	GC	-	1.65	-	-	-	11.00	-	28.70
GU-05 Ensayado.	Stock Guaino	Limolita carbonosa	GM	2.06	1.65	8.80	2.61	-	16.70	-	33.90

#### 4.1.2. Trabajos de campo.

Se realizaron excavaciones de calicatas y trincheras mediante excavadora y herramientas manuales en los stock piles de mineral mencionados. En la tabla 4.3 se presenta la relación de excavaciones y trincheras indicándose sus denominaciones y profundidades. Se realizó un muestreo de materiales para la realización de ensayos de laboratorio. En la tabla 4.4 se presentan la relación de muestras, procedencia y ensayos a realizar.

Tabla 4.3 Relación de calicatas y trincheras en stock piles de mineral (Fuente: Elaboración propia).

Stock Pile	Calicatas y Trincheras	Profundidad (m)
SP-4035	C-01	4.0
	C-02	4.0
	C-03	4.0
	C-04	4.0
SP-4090	C-01	4.0
	C-02	4.0
	C-03	4.0
	C-04	4.0
SP-4121	C-01	4.0
	C-02	4.0
	C-03	4.0
	C-04	4.0
SP-4050	T-01	-
	T-02	-
	T-03	-
	T-04	-
SP-4140	T-01	-
	T-02	-
	T-03	-
	T-04	-

Tabla 4.4 Relación de muestras para ensayos de laboratorio en stock piles (Fuente: Elaboración propia).

Stock Pile	Calicatas	Muestras
SP-4035	C-01	M-01
	C-02	M-02
	C-03	M-03
	C-04	M-04
SP-4090	C-01	M-01
	C-02	M-02
	C-03	M-03
	C-04	M-04
SP-4121	C-01	M-01
	C-02	M-02
	C-03	M-03
	C-04	M-04
SP-4050	T-01	M-01
	T-02	M-02
	T-03	M-03
	T-04	M-04
SP-4140	T-01	M-01
	T-02	M-02
	T-03	M-03
	T-04	M-04

En el anexo B se presentan imágenes de los trabajos de campo realizados en los stock piles de mineral.

#### 4.1.3. Trabajos de laboratorio.

Con el fin de conocer la distribución granulométrica global, propiedades físicas, mecánicas, parámetros geotécnicos y contrastar con información de los antecedentes se realizaron ensayos en el laboratorio geotécnico de la empresa Ausenco Vector. Los ensayos realizados fueron: análisis granulométrico según la norma ASTM D 422 a muestras de los SP - 4035, SP - 4050, SP - 4090, SP - 4121, SP - 4140, ensayos de proctor modificado según la norma ASTM D 1557 para estimar la máxima densidad seca por compactación y el óptimo contenido de humedad y a partir de estos datos calcular la densidad de remoldeo y ensayos triaxiales consolidados no drenados CU en probetas de 6 pulgadas de diámetro según la norma ASTM D 4767 en los SP - 4035 y SP - 4140. A continuación en la tabla 4.5 se presenta la relación de ensayos a realizar en las muestras.

Tabla 4.5 Relación de ensayos de laboratorio en los stocks piles (Fuente: Elaboración propia).

Stock Pile	Calicatas y trincheras	Muestras	Ensayos de laboratorio		
			Análisis Granulométrico	Ensayo Proctor Modificado	Ensayo Triaxial CU (6")
SP-4035	C-01	M-01	X		
	C-02	M-02	X		
	C-03	M-03	X	X	X
	C-04	M-04	X	X	X
SP-4090	C-01	M-01	X		
	C-02	M-02	X		
	C-03	M-03	X		
	C-04	M-04	X		
SP-4121	C-01	M-01	X		
	C-02	M-02	X		
	C-03	M-03	X		
	C-04	M-04	X		
SP-4050	T-01	M-01	X		
	T-02	M-02	X		
	T-03	M-03	X		
	T-04	M-04	X		
SP-4140	T-01	M-01	X		
	T-02	M-02	X		
	T-03	M-03	X	X	X
	T-04	M-04	X	X	X

#### 4.1.4. Resultados de laboratorio.

##### 4.1.4.1. Análisis granulométricos.

El Stock Pile 4035, está compuesto en su mayoría de gravas mal gradadas con limos o arcillas, las gravas son de geometría angulosa a sub angulosas, se aprecia también que el porcentaje de gravas supera el 60%, en promedio un porcentaje de finos de 10% y existe un porcentaje de material de sobre - tamaño que supera el 14%. La parte fina está compuesta por arcillas en su mayoría y limos en un menor porcentaje. El material encontrado se encuentra en estado seco. En la figura 4.1 se muestra las distribuciones granulométricas.

En la tabla 4.6 se presentan los resultados de análisis granulométricos realizados en el stock pile 4035.

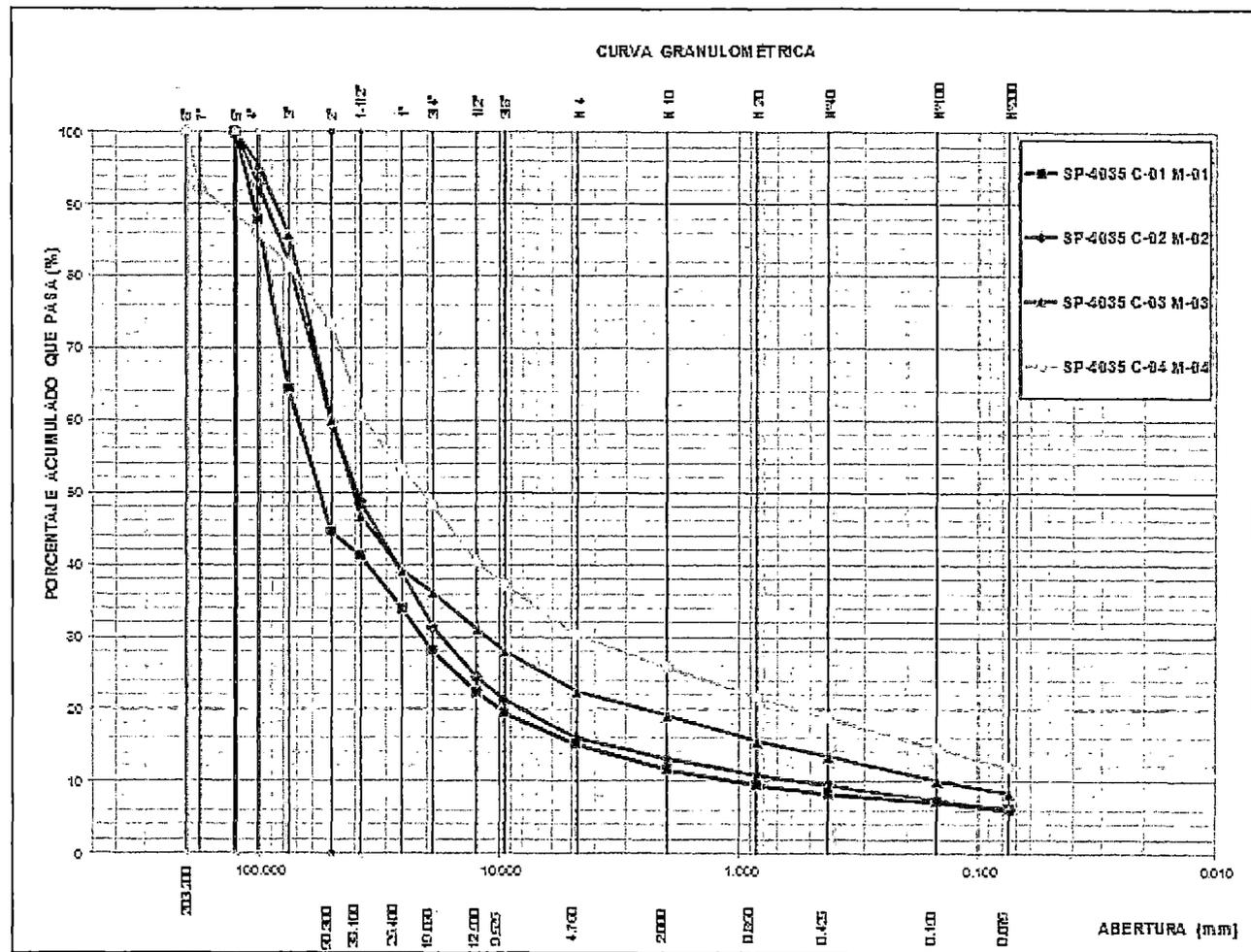


Figura 4.1 Curvas granulométricas globales Stock Pile 4035 (Fuente: Elaboración propia).

STOCK PILE 4090 está compuesto en su mayoría de gravas mal gradadas con limos o arcillas, se aprecia también que el porcentaje de gravas supera el 70%, en promedio un porcentaje de finos de 6% y que existe un porcentaje de material de sobre - tamaño comprendido entre 4 y 23.9%. Este material contiene un porcentaje de carbón comprendido entre 0.1 y 0.5 % de carbón que le da una coloración oscura. La fracción fina está compuesta por arcillas y limos en estado seco. En la figura 4.2 se muestra las curvas granulométricas de los materiales encontrados en las calicatas.

En la tabla 4.6 se presentan los resultados de análisis granulométricos realizados en el stock pile 4090.

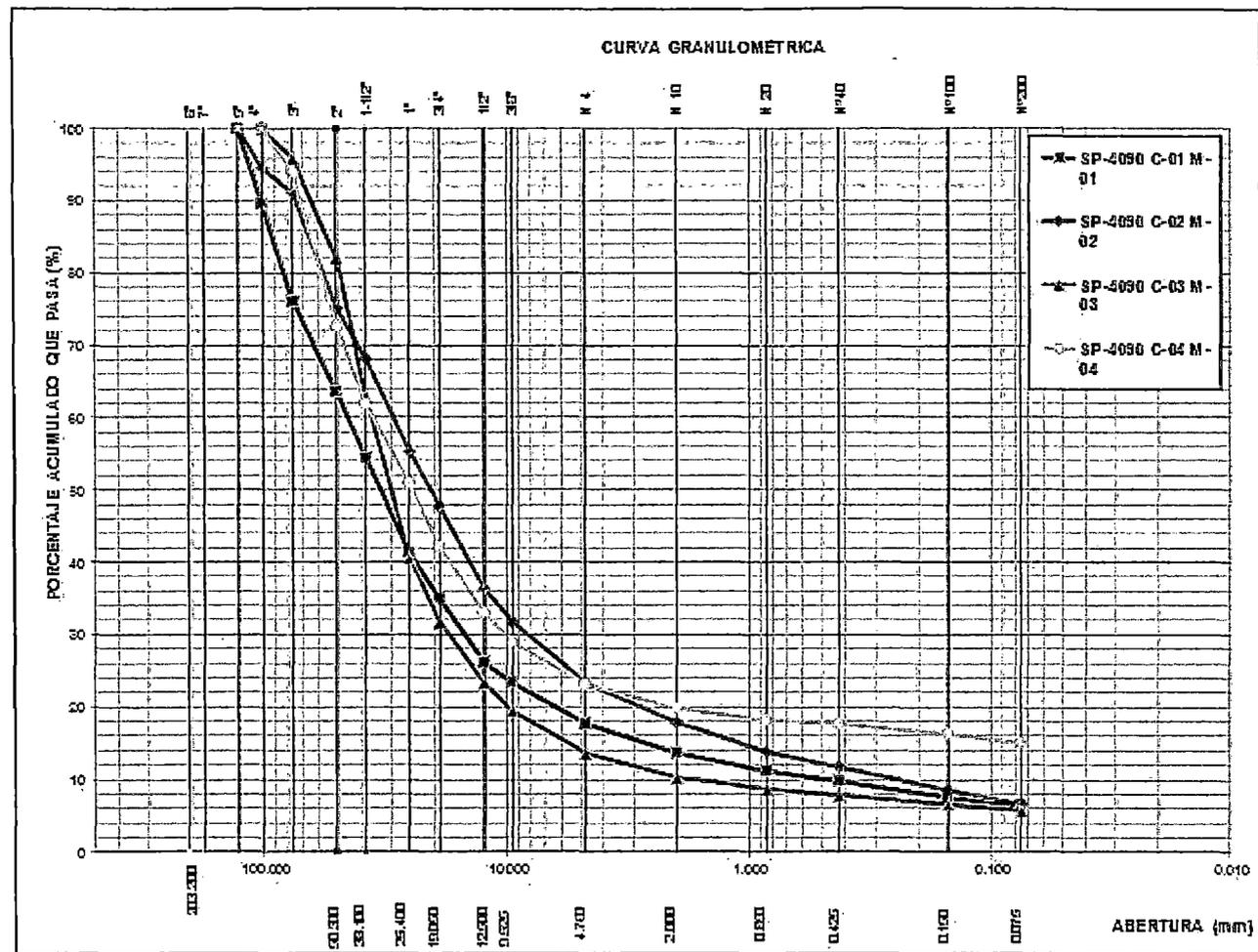


Figura 4.2 Curvas granulométricas globales Stock Pile 4090 (Fuente: Elaboración propia).

STOCK PILE 4121 está compuesto en su mayoría de gravas mal gradadas con arcillas, se aprecia también que el porcentaje de gravas supera el 69%, arenas comprendido entre 4% y 21%, un porcentaje de finos de hasta 10% y que existe un porcentaje de material de sobre - tamaño comprendido entre un 14 a 48.5% de hasta 6" de T<sub>máx</sub>. La fracción fina está compuesta por arcillas. El material se encuentra en estado seco. En la figura 4.3 se muestra las curvas granulométricas de los materiales encontrados en las calicatas. En la tabla 4.6 se presentan los resultados de análisis granulométricos realizados en el stock pile 4121.

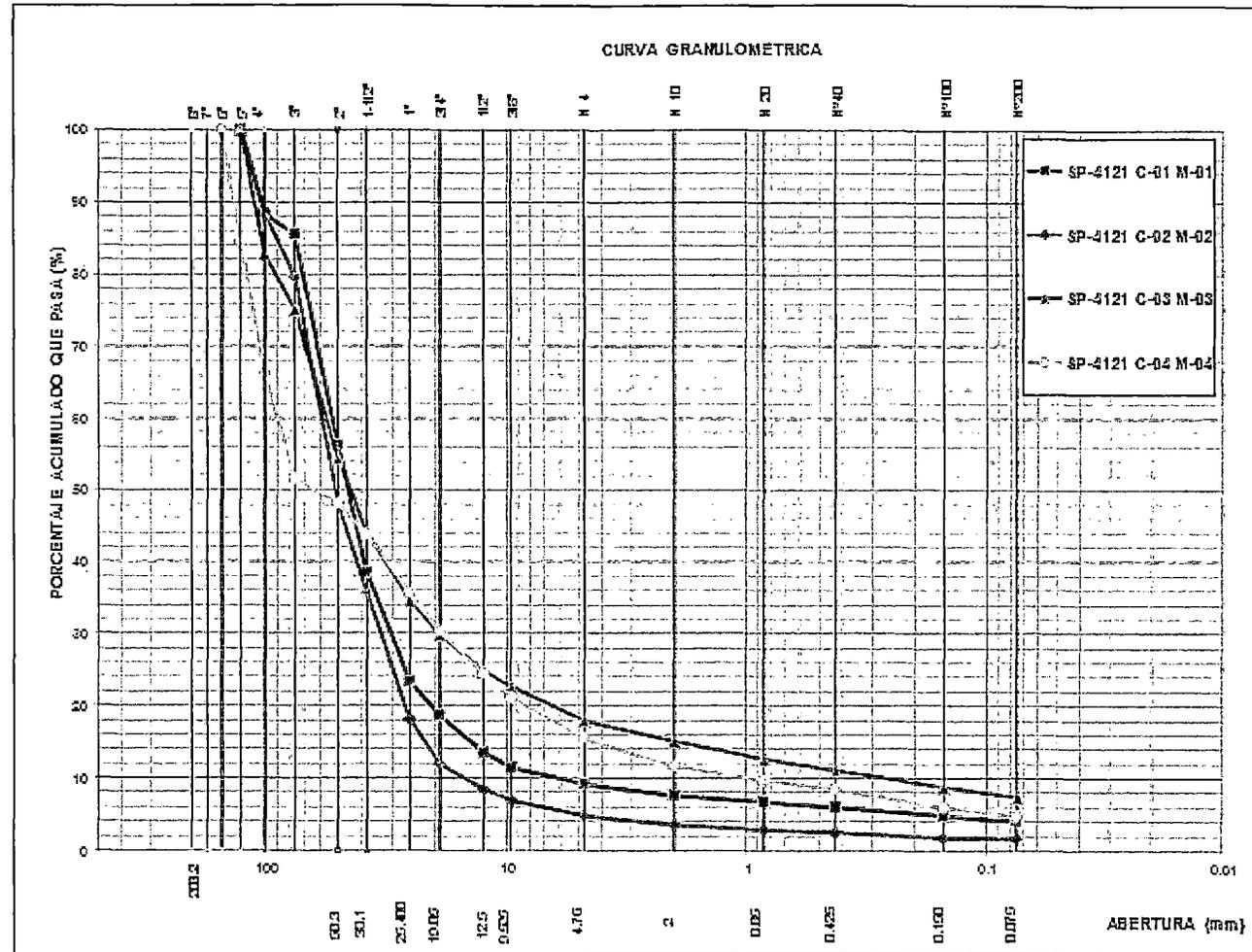


Figura 4.3 Curvas granulométricas globales Stock Pile 4121 (Fuente: Elaboración propia).

STOCK PILE 4050 está compuesto en su mayoría de gravas mal gradadas con arcillas y gravas bien gradadas, se aprecia también que el porcentaje de gravas supera el 80%, en promedio un porcentaje de finos de 4.6% y que existe un porcentaje de material de sobre - tamaño comprendido entre un 34 a 47.9% de hasta 6" de T<sub>máx</sub>. Este material presenta un contenido de sulfuros mayor e igual a 0.4 %. La fracción fina está compuesta por arcillas. El material se encuentra en estado seco. En la figura 4.4 se muestra las distribuciones granulométricas de los materiales encontrados en las trincheras.

En la tabla 4.6 se presentan los resultados de análisis granulométricos realizados en el stock pile 4050.

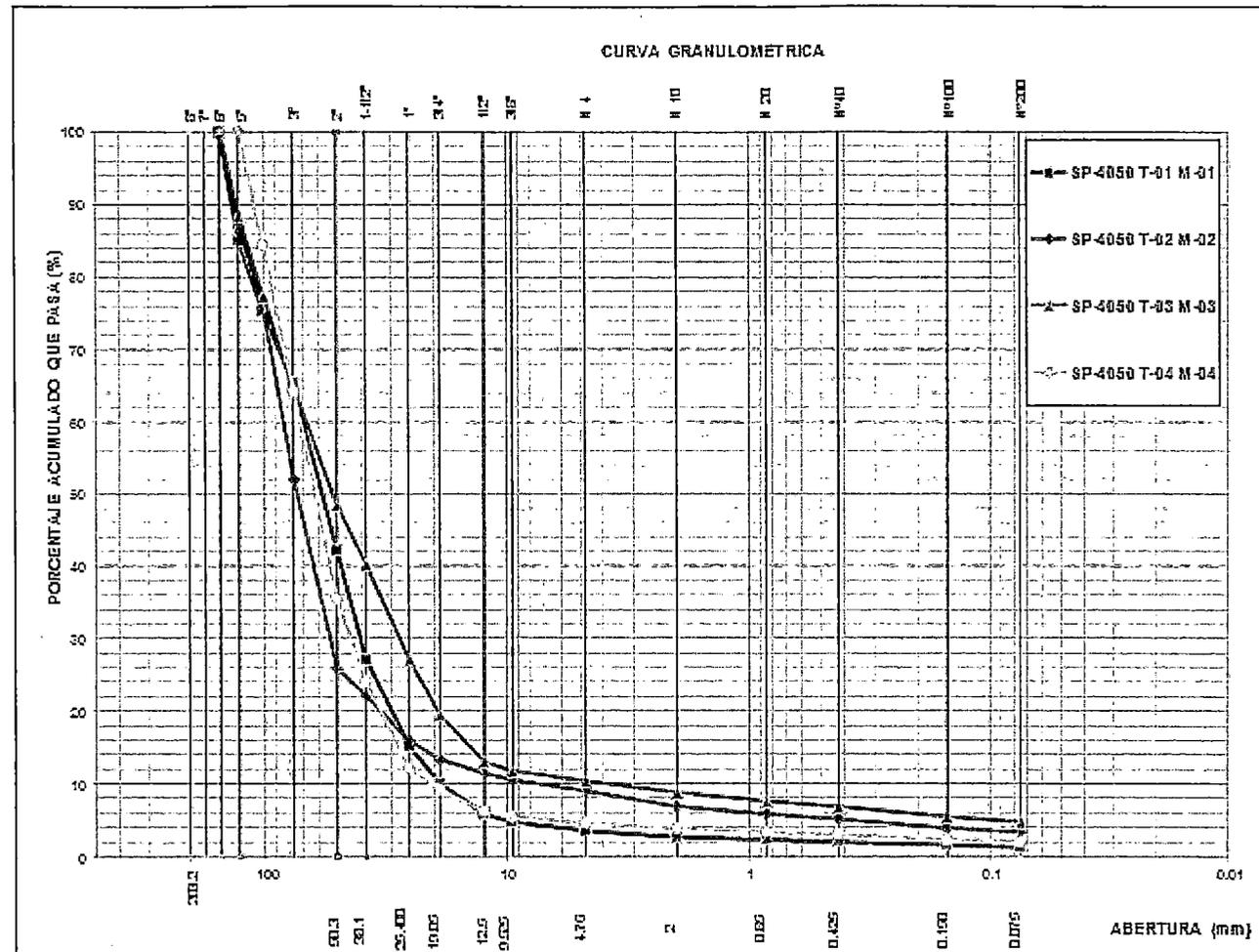


Figura 4.4 Curvas granulométricas globales Stock Pile 4050 (Fuente: Elaboración propia).

STOCK PILE 4140 está compuesto en su mayoría de gravas mal gradadas, se aprecia también que el porcentaje de gravas supera el 75%, un porcentaje de finos en promedio de 2.9% y que existe un porcentaje de material de sobre - tamaño comprendido entre un 35 a 57.4% de hasta 8" de T<sub>máx</sub>. La fracción fina está compuesta por arcillas. El material se encuentra en estado seco. El material se encuentra en estado seco. En la figura 4.5 se muestra las distribuciones granulométricas de los materiales encontrados en las trincheras.

En la figura 4.5 cabe resaltar que la distribución granulométrica del material encontrado en la trinchera T-04 es diferente a las demás curvas, debido a una inadecuada elección de la ubicación de la excavación y muestreo de campo. Sin embargo se decidió utilizar en la investigación con el fin de mostrar las diferencias que se pueden obtener al usarlos.

Se ha confeccionado la figura 4.6 con el fin de mostrar las distribuciones granulométricas de todas las muestras encontradas en la investigación y mostrar las similitudes y diferencias apreciables.

En la tabla 4.6 se presentan los resultados de análisis granulométricos realizados en el stock pile 4050.

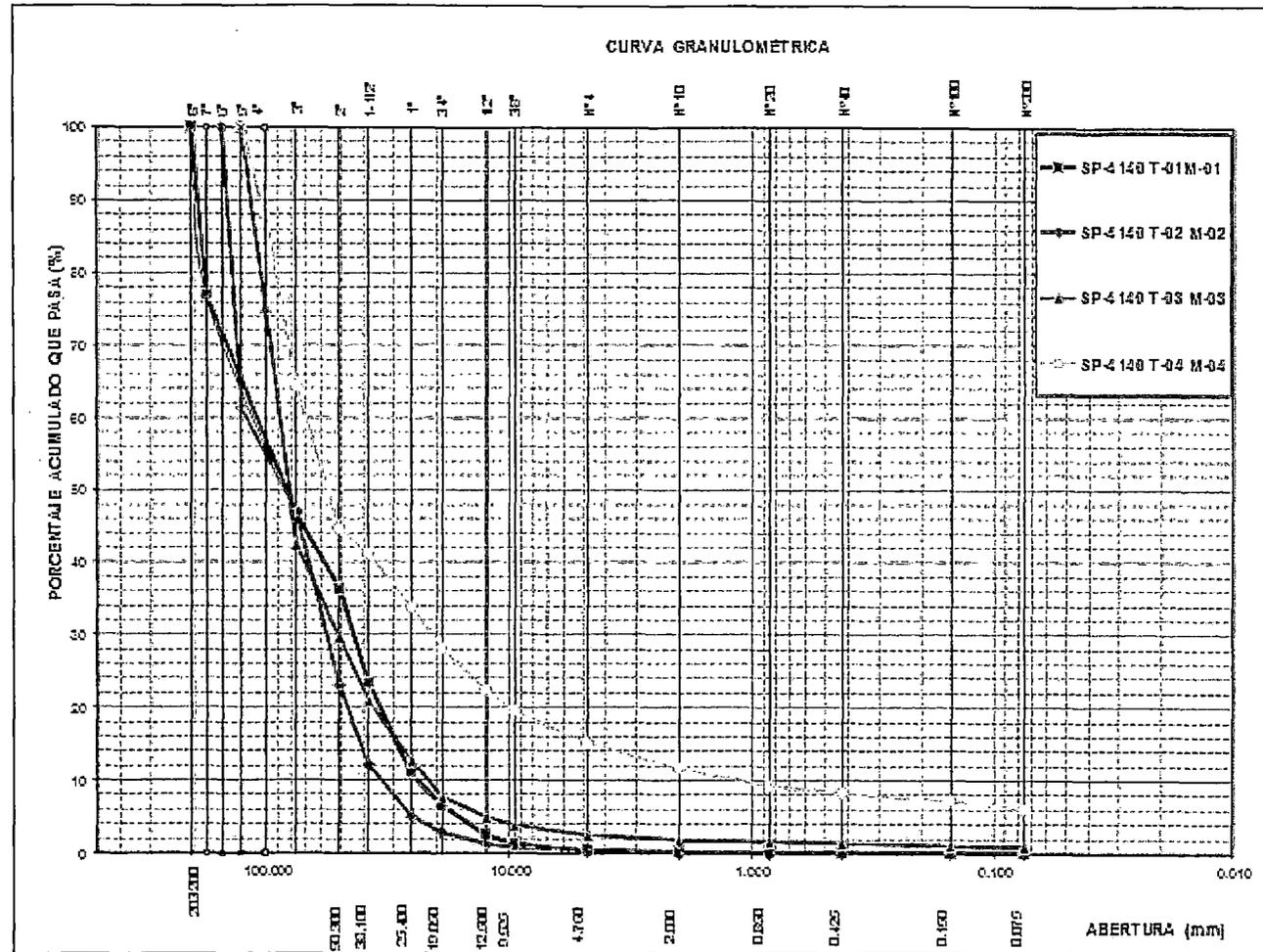


Figura 4.5 Curvas granulométricas globales Stock Pile 4140 (Fuente: Elaboración propia).

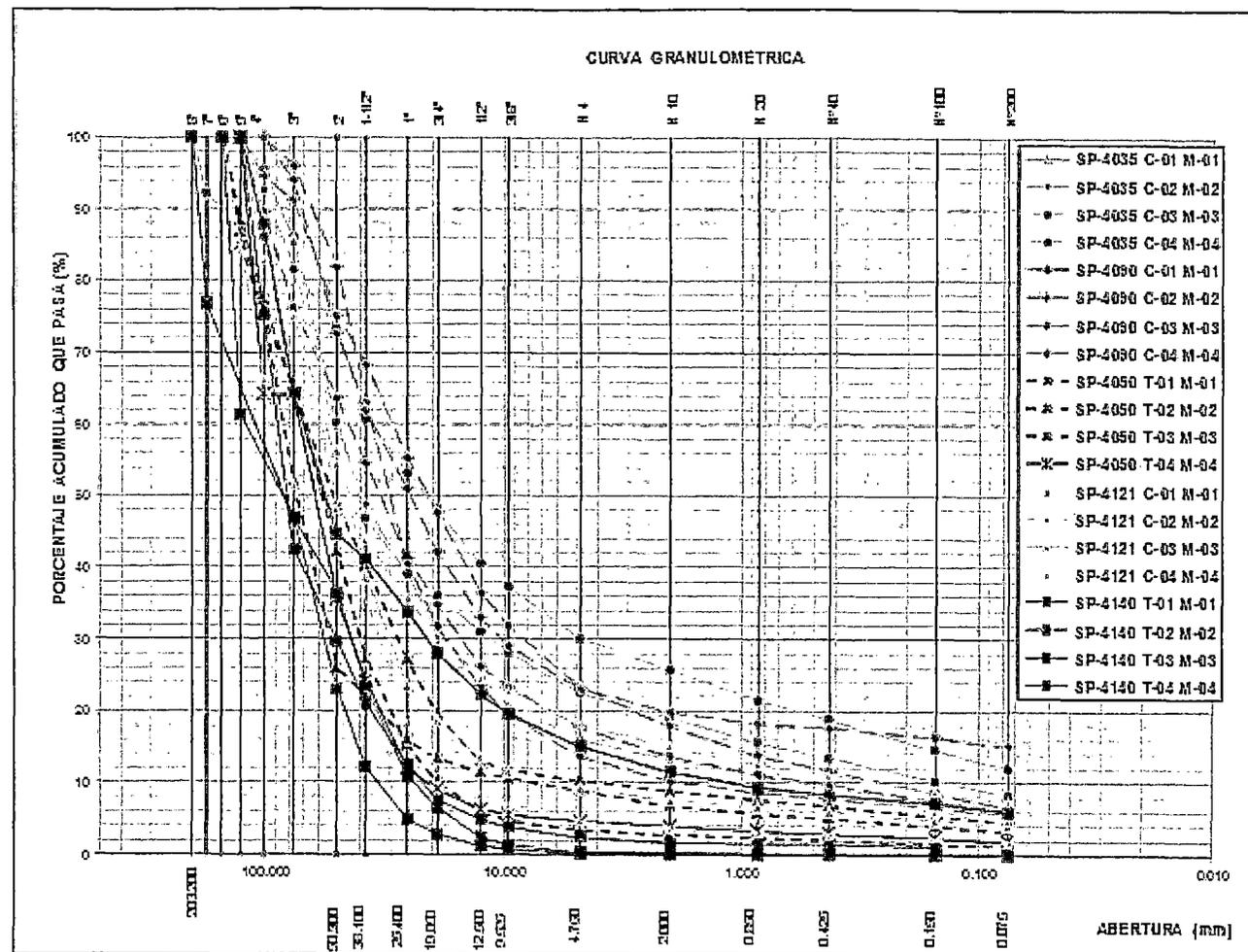


Figura 4.6 Curvas granulométricas globales Stock Piles (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 4.6 Análisis granulométricos de los stock piles de mineral (Fuente: Elaboración propia).

Nomenclatura	Ubicación	Descripción	Clasificación SUCS	Porcentaje de sobretamaño >3" (%)	Porcentaje de gravas (%)	Porcentaje de arenas (%)	Porcentaje de finos > #200 (%)	D10	D30	D60	Cu	Cc	LL %	LP %	IP %	Humedad %
SP-4035 C-01 M-01	Stock Pile Guaino	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	19.30	76.70	14.70	8.50	0.16	9.16	32.83	209.99	16.36	30.00	19.00	11.00	0.80
SP-4035 C-02 M-02	Stock Pile Guaino	Grava mal gradada con limo	GP-GM	17.30	80.50	12.00	7.50	0.23	12.91	39.19	171.29	18.59	NP	NP	NP	0.70
SP-4035 C-03 M-03	Stock Pile Guaino	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	14.10	73.90	16.40	9.60	0.08	7.21	45.71	554.76	13.82	25.00	15.00	10.00	2.30
SP-4035 C-04 M-04	Stock Pile Guaino	Grava arcillosa	GC	18.60	63.00	22.40	14.70	-	1.53	19.84	-	-	27.00	17.00	10.00	3.00
SP-4050 T-01 M-01	Stock Pile 4050	Grava bien gradada	GW	34.60	94.70	3.30	2.00	13.50	29.57	57.70	4.26	1.13	31.00	19.00	12.00	0.30
SP-4050 T-02 M-02	Stock Pile 4050	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	47.90	82.90	10.30	6.30	0.50	25.12	65.69	130.32	19.05	28.00	14.00	14.00	0.20
SP-4050 T-03 M-03	Stock Pile 4050	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	35.40	84.00	8.90	7.30	0.34	18.93	36.39	107.80	29.19	31.00	15.00	16.00	0.30
SP-4050 T-03 M-04	Stock Pile 4050	Grava bien gradada	GW	35.90	92.80	4.20	3.00	13.36	32.40	64.58	4.94	1.24	29.00	19.00	10.00	0.20
SP-4090 C-01 M-01	Stock Pile 4090	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	23.90	76.70	15.10	8.30	0.16	9.04	29.11	178.92	17.26	20.00	14.00	6.00	0.30
SP-4090 C-02 M-02	Stock Pile 4090	Grava mal gradada con limo	GP-GM	8.80	74.50	18.30	7.20	0.18	6.65	24.87	136.87	9.77	18.00	14.00	4.00	0.20
SP-4090 C-03 M-03	Stock Pile 4090	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	4.00	85.80	8.10	6.00	1.41	16.53	34.64	24.52	5.58	21.00	14.00	7.00	0.20
SP-4090 C-04 M-04	Stock Pile 4090	Grava arcillo limosa	GC-GM	6.00	75.50	8.50	16.00	-	8.69	31.09	-	-	18.00	13.00	5.00	0.10
SP-4121 C-01 M-01	Stock Pile 4121	Grava mal gradada	GP	14.40	89.40	5.80	4.80	3.54	26.97	55.12	15.55	3.72	20.00	15.00	5.00	0.20
SP-4121 C-02 M-02	Stock Pile 4121	Grava mal gradada	GW	20.30	94.10	4.10	1.90	11.83	29.02	62.40	5.27	1.14	18.00	11.00	7.00	0.10
SP-4121 C-03 M-03	Stock Pile 4121	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	24.90	78.10	14.00	9.90	0.08	9.32	39.96	523.11	28.48	22.00	14.00	8.00	0.40
SP-4121 C-04 M-04	Stock Pile 4121	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	48.50	69.90	21.00	9.10	0.10	4.73	19.60	205.98	12.00	21.00	14.00	7.00	0.30
SP-4140 T-01 M-01	Stock Pile 4140	Grava mal gradada	GP	53.20	99.30	0.90	-	15.82	28.20	45.84	2.90	1.10	NP	NP	NP	0.20
SP-4140 T-02 M-02	Stock Pile 4140	Grava mal gradada	GP	53.00	99.70	0.30	-	24.72	41.89	65.83	-	1.08	NP	NP	NP	-
SP-4140 T-03 M-03	Stock Pile 4140	Grava bien gradada	GW	57.40	94.40	3.40	2.20	10.70	25.67	49.94	4.67	1.23	NP	NP	NP	0.10
SP-4140 T-04 M-04	Stock Pile 4140	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	35.90	78.60	14.10	9.40	0.10	9.25	33.15	344.41	26.81	18.00	11.00	7.00	0.50
SP-4035 C-03 M-01 & M03	Stock Pile Guaino	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	-	60.67	29.66	9.67	0.09	7.44	31.86	359.35	19.61	23.00	16.00	7.00	1.00
SP-4035 C-04 M-01 & M04	Stock Pile Guaino	Grava mal gradada con limo	GC-GM	-	58.80	23.70	17.50	-	0.95	17.67	-	-	24.00	18.00	6.00	2.00
SP-4140 T-03 M-01 & M04	Stock Pile 4140	Grava mal gradada	GW	-	84.20	15.80	-	3.11	7.89	16.09	5.18	1.25	NP	NP	NP	17.70
SP-4140 T-04 M-01 & M04	Stock Pile 4140	Grava bien gradada con limo	GW-GM	-	74.50	20.40	5.10	1.17	6.03	14.33	12.25	2.17	NP	NP	NP	14.80

#### 4.1.4.2. Ensayos triaxiales consolidados no drenados CU.

Se realizaron 03 ensayos triaxiales consolidados no drenados en probetas de 6 pulgadas de diámetro con muestras escaladas, bajos los criterios del método de curvas paralelas u homeotéticas en stock piles 4035 y 4140 en el laboratorio geotécnicos de la empresa Ausenco Vector con el fin de determinar parámetros de resistencia al corte "cohesión y fricción" y compararlos con los parámetros de los antecedentes. Este método consiste en replicar una muestra de semejante forma, distribución granulométrica y litología con el fin de poder realizar ensayos a una menor escala con equipos de laboratorio convencional y poder determinar las propiedades de los materiales en estudio. Se sugiere que para estimar parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos, la muestra no debe contener un porcentaje de finos superior al 10%, similar distribución granulométrica, similar geometría de las partículas y tipo de material. En muestras de los stock piles de mineral se encontraron gravas mal gradadas de geometría angulosa a sub angulosa producto de las voladuras, con porcentajes de finos que no superan el 10% y con litologías similares. El escalamiento de las muestras se realizó a partir de las granulometrías globales manteniendo un paralelismo y limitando el contenido de finos hasta un 10%.

Stock pile 4035.- se escalaron 01 muestra, promedio de las granulometrías globales, denominada "SP-4035 C-03 M-01 & M03" y se realizó un ensayo triaxial CU en una probeta de 6 pulgadas de diámetro. En la figura 4.7 se presenta las granulometrías globales y la escalada.

A continuación en la tabla 4.7 se presenta los porcentajes de material utilizados en la muestra escalada con un tamaño máximo de 1 pulgada. Se realizó un ensayo de proctor modificado según la norma ASTM D 1557 cuyos valores se muestran en la tabla 4.9 con el fin de estimar la máxima densidad seca de la muestra y a partir de ello estimar la densidad de remoldeo del material que para el caso se asumió un 90% y poder comparar con los antecedentes.

Tabla 4.7 Porcentajes de la muestra escalada SP-4035 (Fuente: Elaboración propia).

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado	% Parcial Retenido
		pasa	
3"	76.200	100.0	0.0
2"	50.300	100.0	0.0
1 1/2"	38.100	100.0	0.0
1"	25.400	100.0	0.0
3/4"	19.050	91.3	8.7
1/2"	12.500	73.2	18.2
3/8"	9.525	58.5	14.7
Nº4	4.760	39.3	19.2
Nº10	2.000	25.2	14.2
Nº20	0.850	18.4	6.7
Nº40	0.425	15.7	2.8
Nº100	0.150	11.8	3.8
Nº200	0.075	9.7	2.2
Platillo	0.075	0.0	9.7

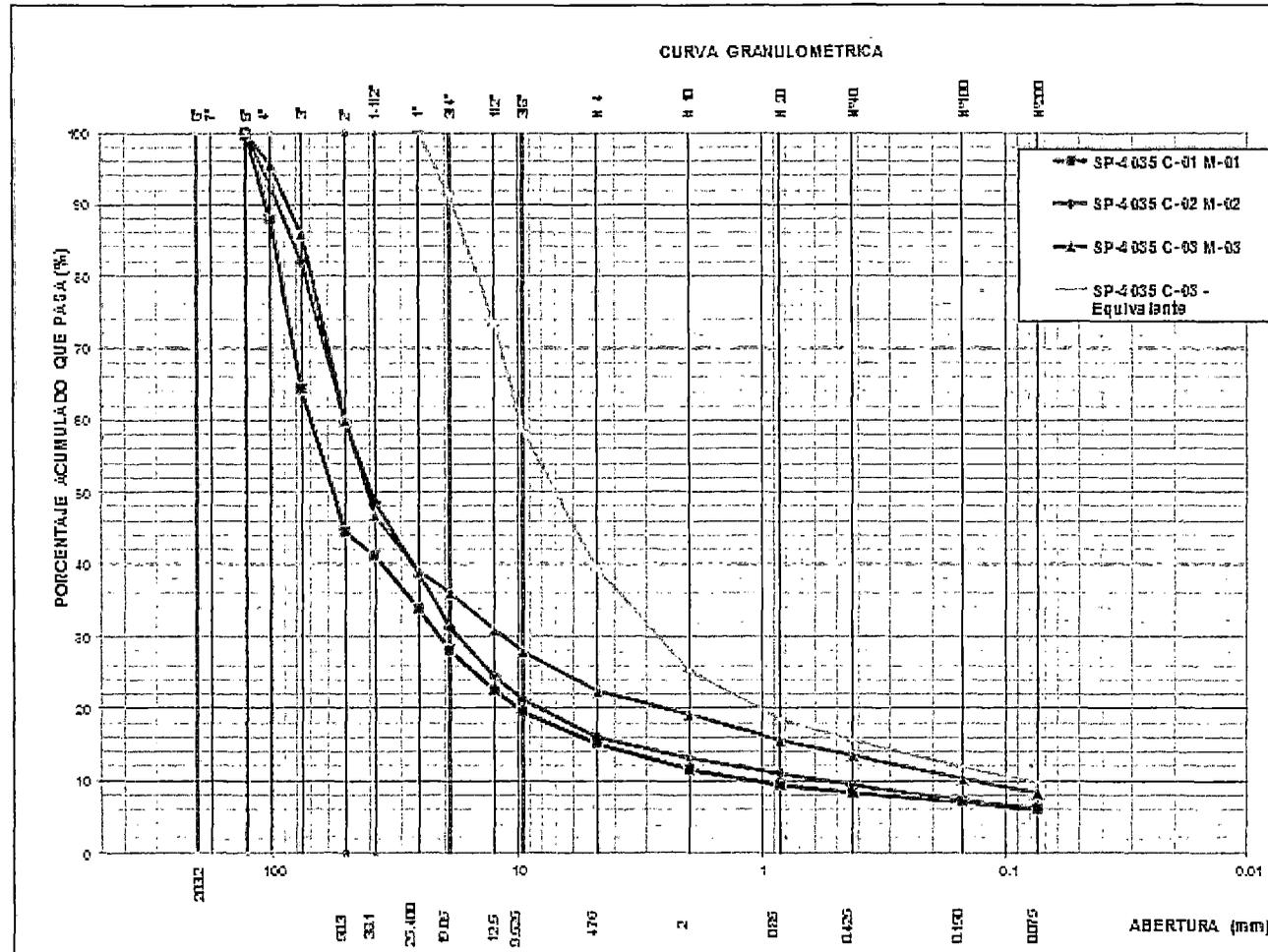


Figura 4.7 Curvas granulométricas globales y escalada a 1 pulgada de T<sub>max</sub> en el Stock Pile 4035 (Fuente: Elaboración propia).

Conocidas los porcentajes de material de la muestra SP-4035 C-03 M-01 & M03 escalada y la densidad se confeccionaron 03 probetas de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura, estas se colocaron en celdas con presiones de confinamiento de 100, 200 y 400 KPa con el fin de realizar ensayos triaxiales no drenados según la norma ASTM D 4767.

En la figura 4.8, se muestra la tendencia del esfuerzo vs deformación de la muestra SP-4035 C-03 M-01 & M03.

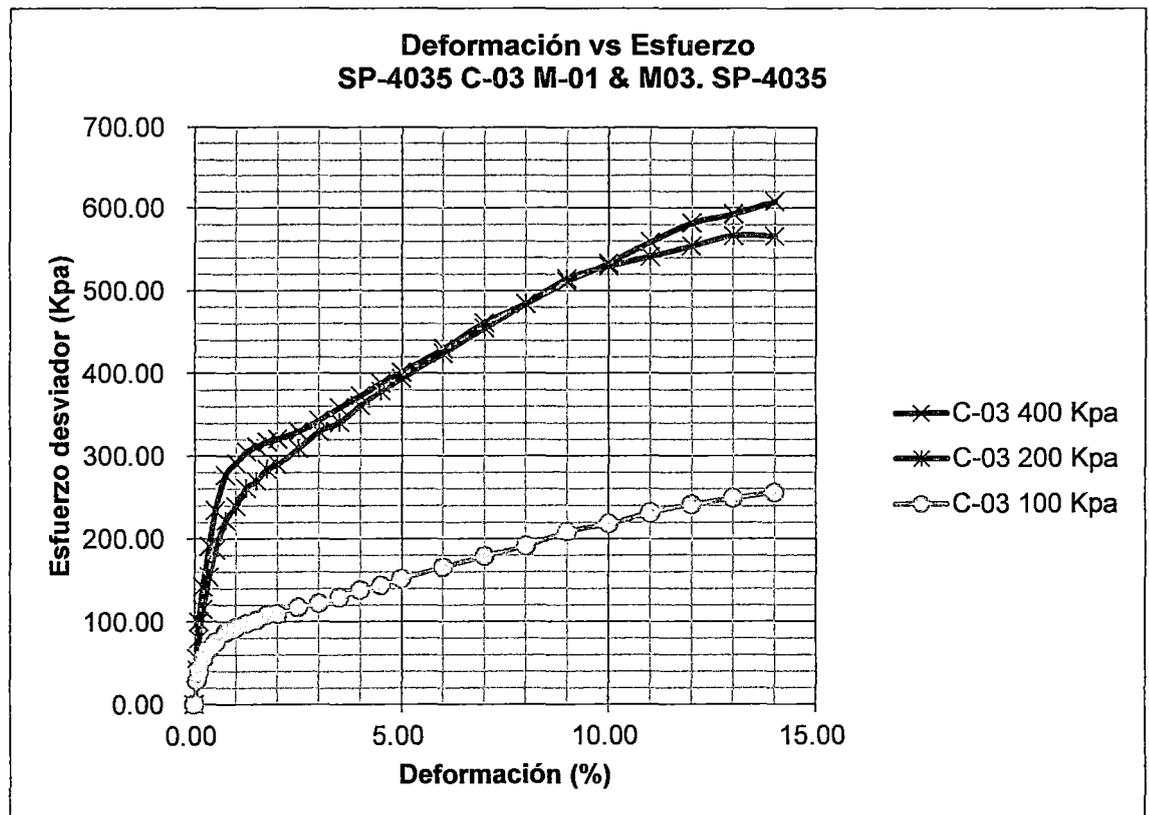


Figura 4.8 Esfuerzo vs Deformación SP – 4035 (Fuente: elaboración propia).

En el anexo A se presentan los certificados de ensayos de laboratorio realizados en el stock pile 4035.

Stock pile 4140.- se escalaron 02 denominadas "SP-4140 EQUIVALENTE T03" y "SP-4140 EQUIVALENTE T04". La primera a partir de las curva granulométricas globales similares encontrados en el stock pile y la segunda a partir de la curva granulométrica global del material encontrado en la trinchera T-04, esta última con el fin de mostrar que resultados se obtienen en muestras escaladas no siguiendo los criterios. En ambas muestras se realizaron ensayos triaxiales no drenados "CU" en probetas de 6 pulgadas de diámetro. En la figura 4.9 y 4.10 se presentan las granulometrías globales y las escaladas.

En la tabla 4.8 se presenta los porcentajes de material utilizados en la muestras escaladas con un tamaño máximo de 1 pulgada. Se realizó un ensayo de proctor modificado según la norma ASTM D 1557 cuyos valores se muestran en la tabla 4.9 con el fin de estimar la máxima densidad seca de la muestra y a partir de ello estimar la densidad de remoldeo del material que para el caso se asumió un 90% y poder comparar con los antecedentes.

Tabla 4.8 Porcentajes de la muestra escalada SP-4140 (Fuente: Elaboración propia).

MUESTRAS ESCALADAS		SP-4140 EQUIVALENTE T03		SP-4140 EQUIVALENTE T04	
Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado Pasa	% Parcial Retenido	% Acumulado Pasa	% Parcial Retenido
1"	25.400	100.00	-	100.00	-
3/4"	19.050	70.30	29.70	83.10	16.90
1/2"	12.500	45.60	24.70	50.20	32.90
3/8"	9.525	35.30	10.30	38.70	11.50
Nº4	4.760	15.80	19.50	25.50	13.20
Nº10	2.000	4.00	11.80	12.20	13.30
Nº20	0.850	1.60	2.40	8.70	3.50
Nº40	0.425	0.20	1.40	7.00	1.70
Nº100	0.150	-	0.20	5.60	1.40
Nº200	0.075	-	-	5.10	0.50
Platillo	-	-	-	-	5.10

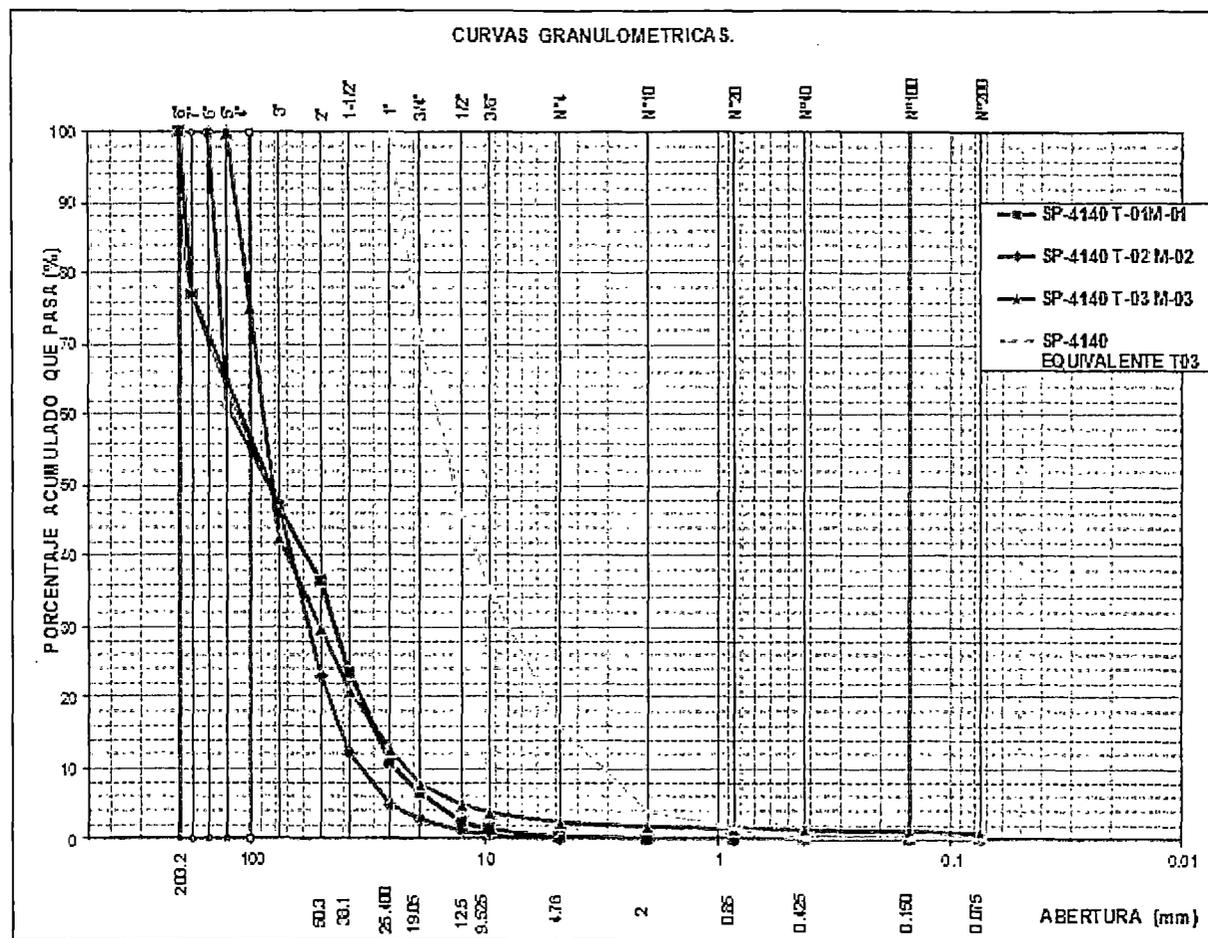


Figura 4.9 Curvas granulométricas globales y escalada SP-4140 EQUIVALENTE T03 (Fuente: elaboración propia).

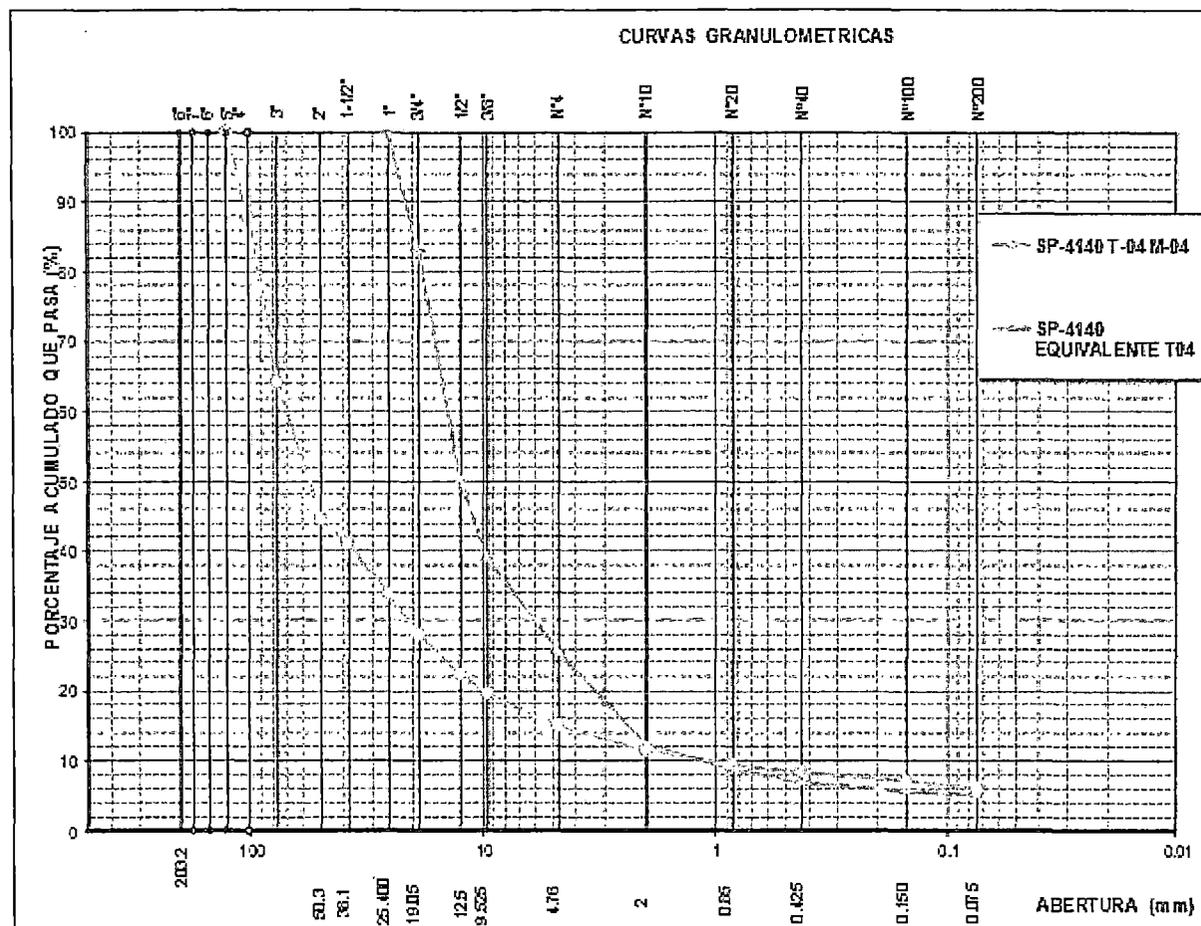


Figura 4.10 Curvas granulométricas globales SP-4140 EQUIVALENTE T04 (Fuente: Elaboración propia).

Con los porcentajes de material de las muestras escaladas y la densidad se confeccionaron 06 probetas de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura, estas se colocaron en celdas con presiones de confinamiento de 100, 200 y 400 kPa con el fin de realizar ensayos triaxiales consolidados no drenados según la norma ASTM D 4767.

En la figuras 4.11 y 4.12, se muestran el esfuerzo vs deformación de la muestra SP-4140 EQUIVALENTE T03 y SP-4140 EQUIVALENTE T04.

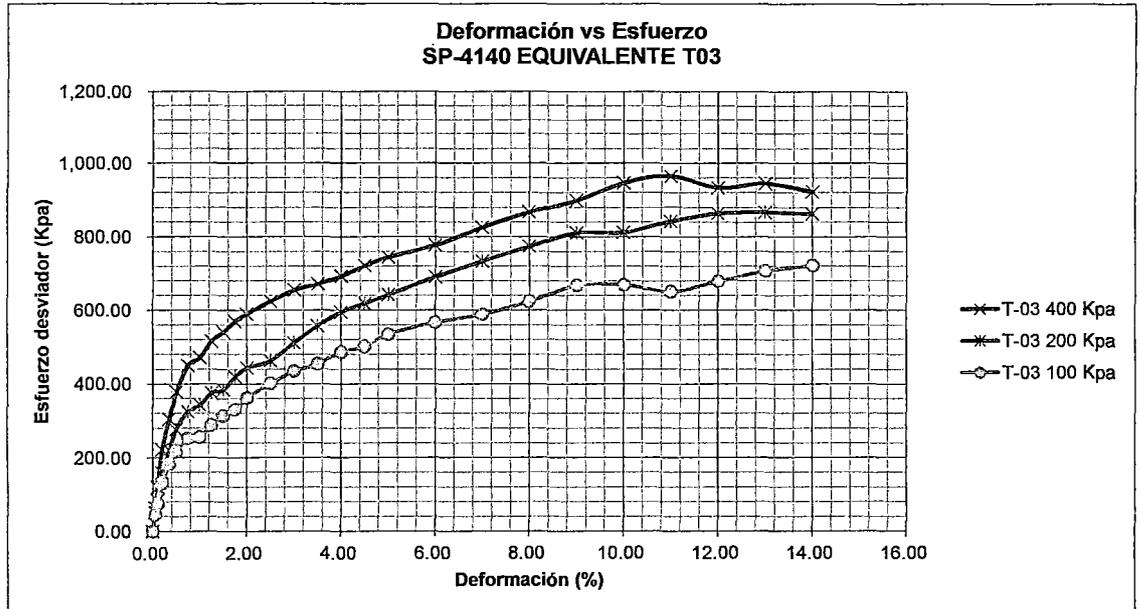


Figura 4.11 Esfuerzo vs Deformación de la muestra SP-4140 EQUIVALENTE T03 (Fuente: Elaboración propia).

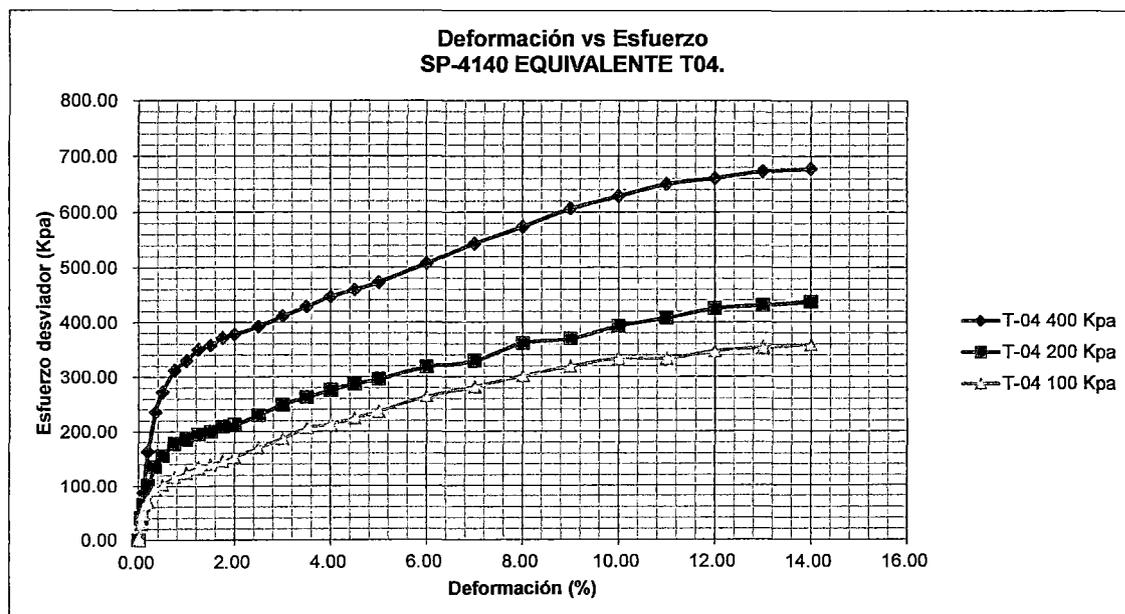


Figura 4.12 Esfuerzo vs Deformación de la muestra SP-4140 EQUIVALENTE T04 (Fuente: Elaboración propia).

De los gráficos de esfuerzo deformación se determinan los parámetros de resistencia al corte al 12% de deformación unitaria que se presentan en la tabla 4.9.

En el anexo A, se presentan los certificados de ensayos de laboratorio realizados en los stock piles de mineral.

Tabla 4.9 Resultados de los ensayos triaxiales consolidados no drenados en los stocks piles 4035 y 4140 (Fuente: Elaboración propia).

Nomenclatura	Ubicación	Descripción	Clasificación SUCS	Máxima densidad seca (Tn/m <sup>3</sup> )	Densidad seca al 90% MDS (Tn/m <sup>3</sup> )	Óptimo contenido de humedad (%)	Gravedad específica	Cohesión C (KPa)	Fricción $\phi$ (°)	Cohesión efectiva C' (Kpa)	Fricción efectiva $\phi'$ (°)
SP-4035 C-03 M-01 & M03	Stock Pile Guaino	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	2.31	1.88	3.90	-	48.00	20.70	2.00	41.50
SP-4140 T-03 M-01 & M04	Stock Pile 4140	Grava mal gradada	GW		1.69	4.50	-	234.00	16.70	51.00	36.90
SP-4140 T-04 M-01 & M04	Stock Pile 4140	Grava bien gradada con limo	GW-GM	2.31	1.77	4.50	-	80.00	20.40	-	44.50

#### 4.1.5. Análisis de resultados en los Stock Piles de Mineral.

En la presente sección se realizó una comparación de las distribuciones granulométricas y ensayos triaxiales CU en los stock piles SP-4035 y SP-4140 con información de los antecedentes y resultados de la presente investigación.

En las figuras 4.13 y 4.14 se aprecian varias diferencias comunes: el material real difiere del material muestreado en campo, el tamaño máximo y el porcentaje que representa como material de sobre tamaño es diferente en ambos. Usualmente se muestrea material que se va a utilizar en laboratorio incurriendo en un error de muestreo; el material muestreado de manera convencional a su vez tamizado en una malla de 1 pulgada con el fin de realizar ensayos triaxiales CU apreciándose que la fracción fina es cada vez mayor. Se puede esperar que el muestreo y la preparación de la muestras para ensayos triaxiales genera distorsiones en la estimación de parámetros del material original. El método de curvas paralelas u homotéticas busca mantener las proporciones de porcentajes de material grueso, arenas y finos y a partir de ello determinar parámetros que representen el material de campo. En la presente investigación se escaló el material original de campo hasta un tamaño máximo de 1 pulgada con el fin de realizar ensayos triaxiales de tipo "CU" según la norma ASTM D7467 en probetas de 6 pulgadas de diámetro siguiendo el criterio de que el tamaño máximo de material sea la sexta parte del diámetro de la probeta.

El material original del stock pile 4035 es definido como una grava mal gradada con arcillas, sub anguloso, densa con un tamaño máximo del material original de 5 pulgadas y a partir de este material se han obtenido muestras y ensayando usualmente mediante métodos convencionales que no necesariamente son los adecuados. En el siguiente párrafo se exponen algunas de las diferencias.

Las muestras GU-03 ensayado y GU-05 ensayado, que son parte de los antecedentes contienen porcentajes de gravas entre 39 y 42 %, porcentaje de arenas entre 30 y 32 % y porcentaje de finos entre 26 y 28% que al comparar con el material GU-03, GU-05 del que fue muestreado y el original tienen diferentes proporciones que no representa al material que se desea estudiar. Se aprecia que el contenido de finos es mayor cada vez que se reduce el tamaño máximo de la muestra. Por tal motivo se usó el método de curvas paralelas para crear un material escalado como el que se muestra en la figura 4.13 donde se aprecia un paralelismo entre las muestras originales SP-4035-C01, C02, C03 y la muestra escalada SP-4035-C03- Equivalente, se aprecia también que el material

equivalente tiene un porcentaje de gravas de 60%, arenas 29% y finos 9%, valores dentro del rango del material original, por otro lado el porcentaje de finos no supera el 10% tanto en el material original como el escalado.

De manera similar el material original del stock pile 4140 está conformado por una grava mal gradada con arcillas, sub anguloso, densa, con un tamaño máximo del material original de 8 pulgadas. Usualmente en campo se han extraído de forma convencional para ser ensayado en laboratorio mediante métodos que no necesariamente son los adecuados y obteniendo propiedades que no representan al material real. En la figura 4.13 se visualizan algunos errores que se analizan en la presente sección.

La muestra EWD-4090 ensayado, forma parte de los antecedentes del stock pile 4140 y se compone de 40 % de grava, 29 % de arenas y 31% de finos, que comparando con el material EWD-4090 del que fue muestreado y el material original tienen también diferentes proporciones. De forma semejante al stock pile 4035 se usó el método de curvas paralelas para crear un material escalado (ver figura 4.13) donde se aprecia una distribución granulométrica paralela entre las muestras originales SP-4140-T01, T02, T03 y la muestra escalada SP-4140-T03-Equivalente, el material escalado tiene un porcentaje de gravas de 84%, arenas 16% y no presenta fracción fina, valores que están en proporción al material original. Caso que no sucede con la muestra SP-4140-T04- Equivalente que fue escalada a partir de la granulometría de la trinchera T-04, esta presenta 74.5% de gravas, 20.40% de arenas y 5.10% de finos, radicando la diferencia en que fue escalado a partir de una muestra que no presenta un distribución granulométrica similar a la mayoría de las muestras. Es importante señalar que el escalamiento se debe hacer al promedio o a un rango de materiales con el fin de representar mejor al material original. Esta diferencia muestra la importancia de realizar varios análisis granulométricos.

Tanto en el stock pile 4035 y 4140 la diferencia entre la proporción de componentes en el material que se utiliza para conocer los parámetros geotécnicos del stock pile arrojaran valores que no reflejan al material. Esta primera aplicación muestra esta diferencia a partir de análisis granulométricos y se comprobará mediante ensayos triaxiales CU haciendo uso del método de curvas paralelas como una técnica alternativa que se permite el uso de equipos convencionales.

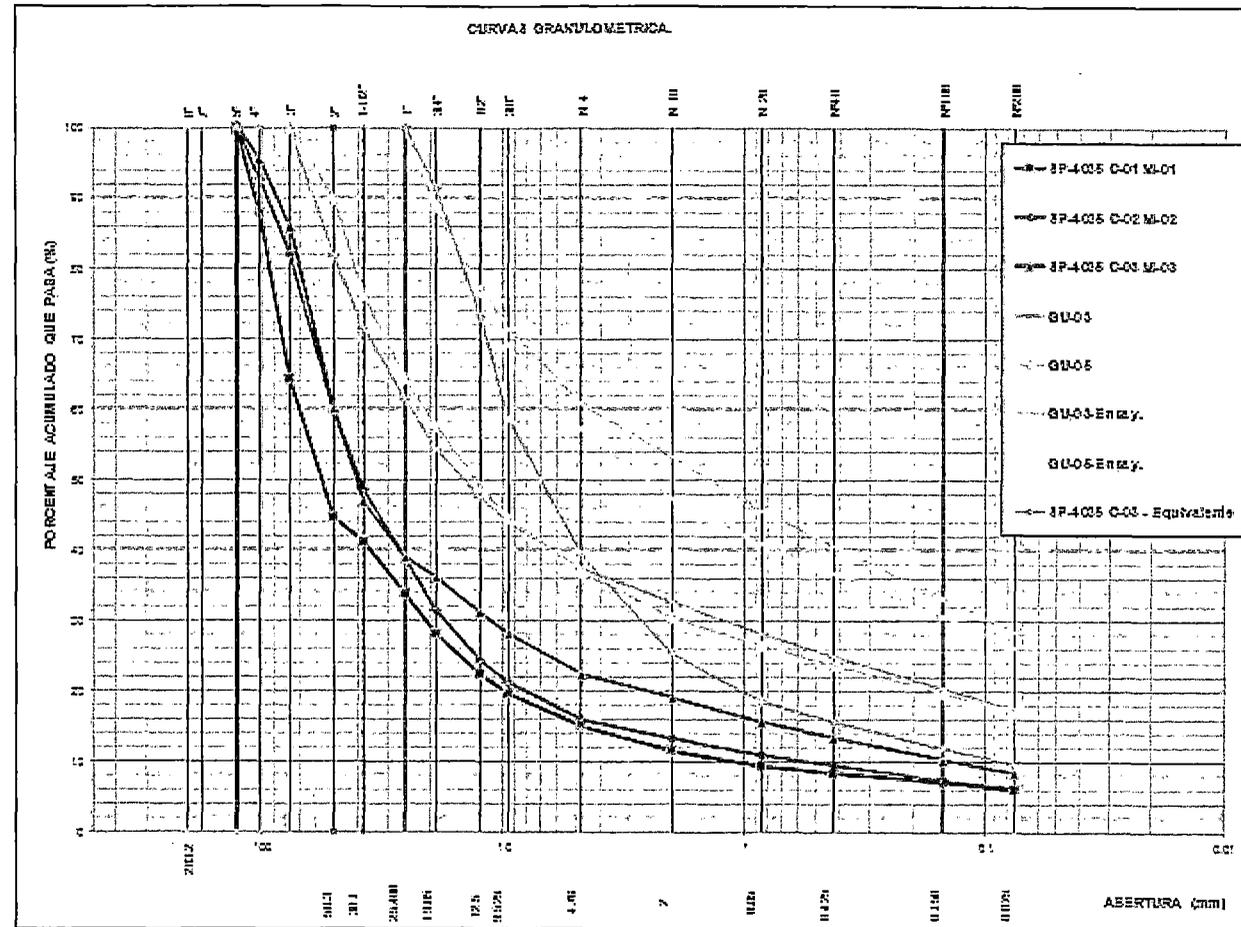


Figura 4.13 Comparación de Curvas granulométricas Stock Pile 4035 (Fuente: Elaboración propia).

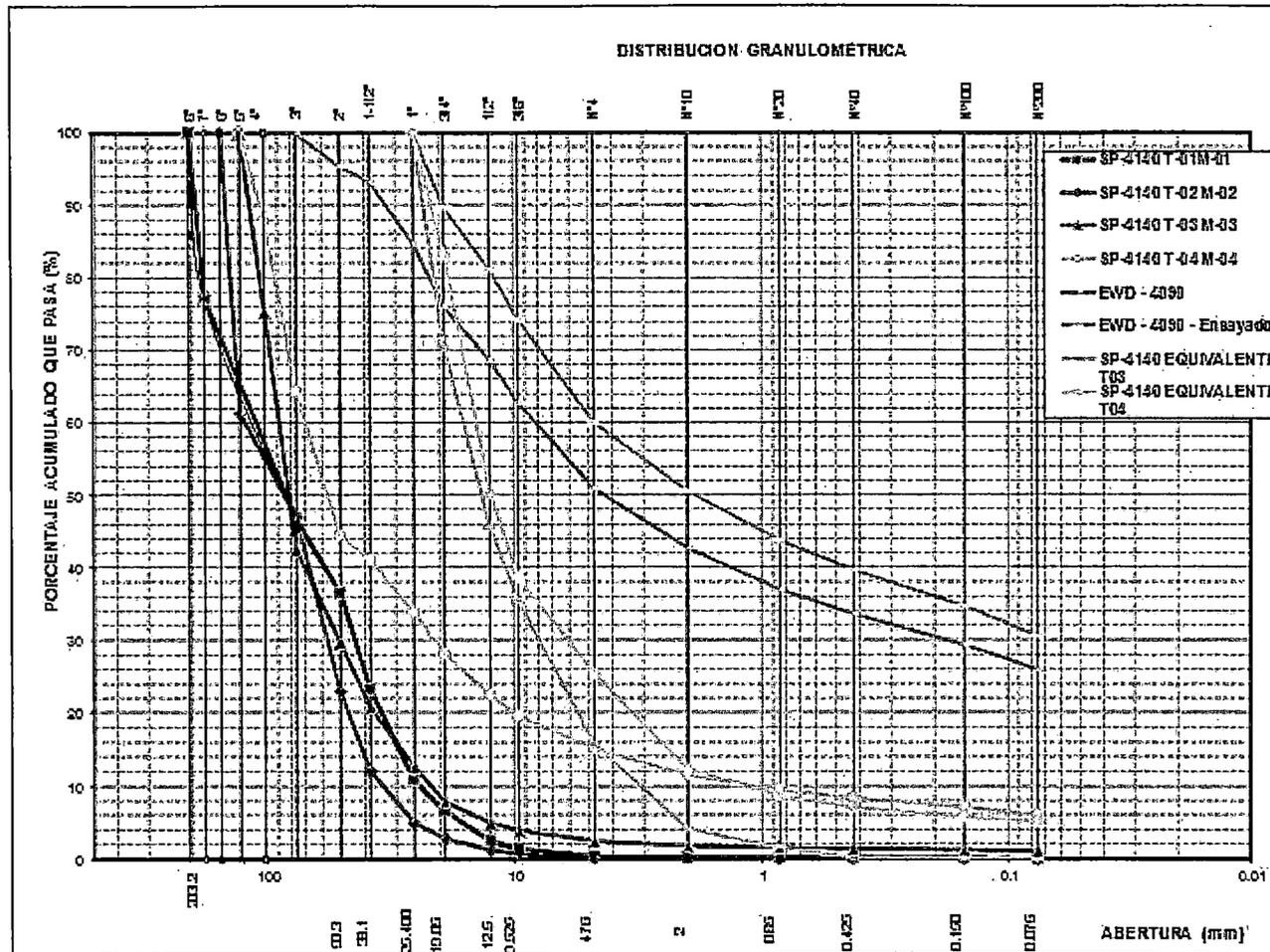


Figura 4.14 Comparación de curvas granulométricas Stock Pile 4140 (Fuente: Elaboración propia).

Por otro lado la muestra SP-4140-T04- Equivalente presenta una mayor fracción de arenas y a diferencia de la muestra SP-4140-T03- Equivalente fue escalado a partir de un material bien gradado y convertido en uno bien gradado. Esto último ha ocasionado un cambio en la distribución granulométrica y forma de granos y como consecuencia de ello una diferencia en la fricción del material.

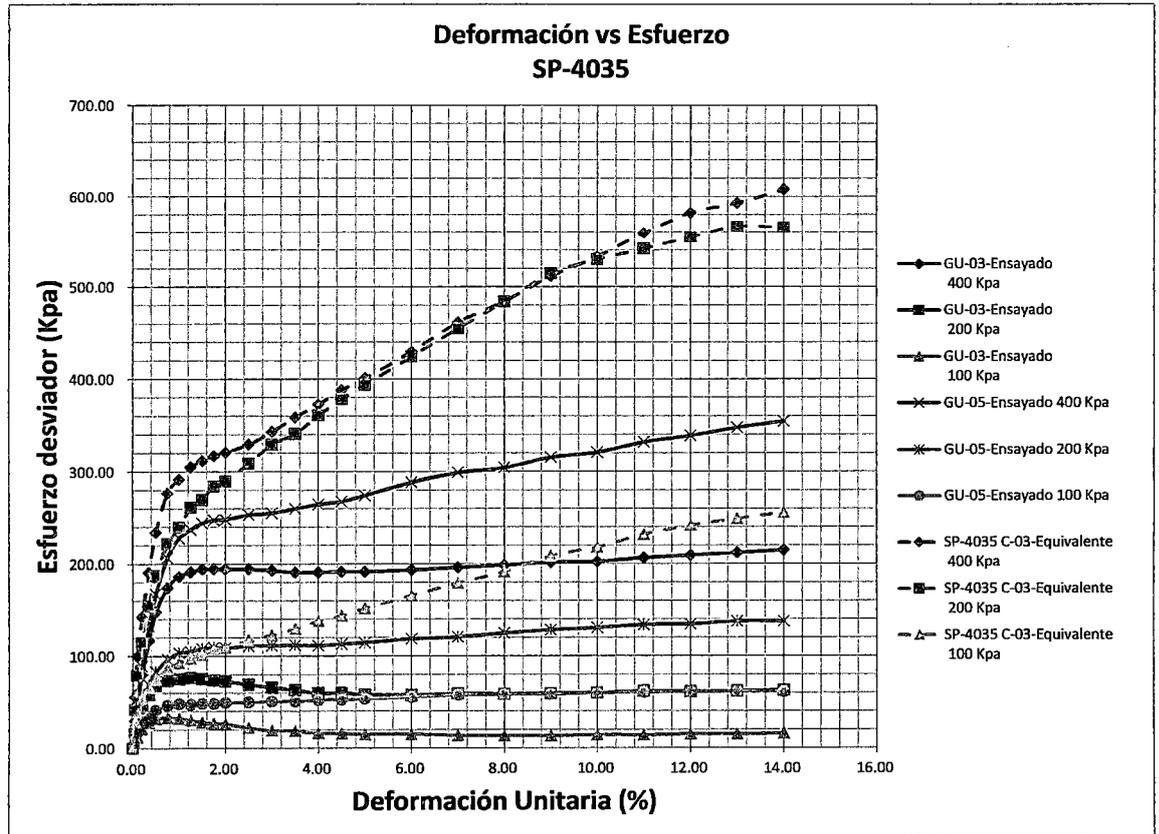


Figura 4.15 Comparación de esfuerzo vs deformación unitaria en el Stock Pile 4035 (Fuente: Elaboración propia).

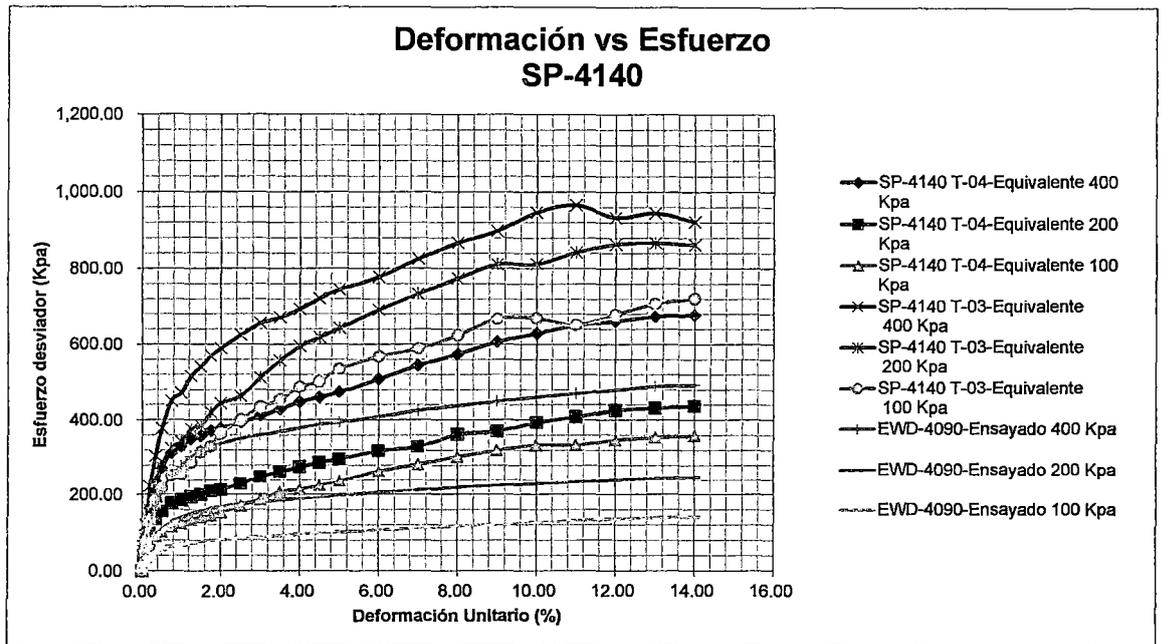


Figura 4.16 Comparación de esfuerzo vs deformación unitaria en el Stock Pile 4140 (Fuente: Elaboración propia).

En las figuras 4.15 y 4.16 se aprecian las diferencias entre las tendencias del esfuerzo vs deformación de las muestras ensayadas de manera convencional y las muestras escaladas. Las muestras escaladas presentan un esfuerzo pico máximo muy superior a las muestras ensayadas de manera convencional y como consecuencia de ello los parámetros geotécnicos tienen valores superiores. Esto se explica debido a que las muestras escaladas contienen porcentajes de gravas y arenas superiores a las muestras de los antecedentes. En la tabla 4.10 se comparan los parámetros de resistencia al corte al 12% de deformación unitaria, observándose que el material escalado presenta valores superiores y que si reflejan las propiedades del material real. Al comparar estos valores con la figura elaborada por Indraratna (figura 2.27) esta pertenece a un rango de enrocado promedio, corroborando los resultados.

Tabla 4.10 Comparación de parámetros de resistencia al corte (Fuente: Elaboración propia).

Nomenclatura	Ubicación	Descripción	Clasificación SUCS	Cohesión C (KPa)	Fricción $\phi$ (°)	Cohesión efectiva C' (Kpa)	Fricción efectiva $\phi$ (°)
SP-4035 C-03 M-01 & M03	Stock Pile Guaino	Grava mal gradada con arcilla	GP-GC	48.00	20.70	2.00	41.50
SP-4140 T-03 M-01 & M04	Stock Pile 4140	Grava mal gradada	GW	234.00	16.70	51.00	36.90
SP-4140 T-04 M-01 & M04	Stock Pile 4140	Grava bien gradada con limo	GW-GM	80.00	20.40	-	44.50

En el stock pile 4035, se observa una diferencia de  $5.2^\circ$  en las muestras GU-03-ensayado y GU-05-ensayado, de los antecedentes, ambos obtenidos de forma convencional, debido a que en el primer caso la fracción fina que filtró la malla de 1 pulgadas está compuesto por arcillas, mientras que en el segundo está conformado por limos además de una ligera diferencia de 6% en la fracción fina sin considerar la litología de los clastos que es una fuente principal de error durante el remoldeo del material. Por otro lado se aprecia una diferencia de hasta  $12.8^\circ$  entre la muestra GU-03-ensayada y la muestra escalada SP-4035-C-03-Equivalente. Esta diferencia está asociada entre otros factores al muestreo del material, al método de ensayos, a la variabilidad de litología del material, geometría de las partículas y a la preparación del material en laboratorio.

En el stock pile 4140, la muestra EWD-4090- ensayada no tiene cohesión y presenta un ángulo de fricción interna de  $33^\circ$ . Esta muestra difiere en  $3.9^\circ$  a  $11.5^\circ$  de las muestras escaladas debido a que de manera similar al caso anterior, la fracción fina que filtró la malla de 1 pulgada está compuesto por 30% de arcillas. Por otro lado se explica esta diferencia en el muestreo del material; puesto la muestra escalada no contiene fracción fina y el porcentaje de gravas es superior en un 44%. Otras diferencias se encuentran en el método de ensayo la variabilidad de litología del material, geometría de las partículas y a la preparación del material en laboratorio.

La muestra T-04 tiene mejor distribución granulométrica bien gradada que la muestra T-03, es decir una mejor distribución de las partículas y por ello tendrá una mejor resistencia cortante.

Finalmente se observa que el método de curvas paralela arroja valores de parámetros de resistencia al corte acorde al material original por ende se concluye que este método es adecuado para la caracterización geotécnica de materiales granulares gruesos en el rango de las presiones de confinamiento en estudio.

#### 4.2. APLICACIÓN A MATERIALES DE ROCK FILL.

MWH Perú S.A, viene desarrollando trabajos de supervisión de la construcción de la Presa de Relaves en la Mina Cerro Corona de Gold Fields ubicado en el Distrito de Hualgayoc a 80 km de la ciudad de Cajamarca en la región del mismo nombre a una altitud de 3600 m.s.n.m - Perú. Como parte de su responsabilidad social apoya una investigación en materiales de Rock Fill del dique de la presa de relaves.

Se define como material rock fill, aquel que se dispone en los espaldones de las presas, cuyo objetivo es la contención, razón por la cual este material es de granulometría gruesa. En las operaciones mineras es usual recurrir a canteras de rocas o material proveniente de las voladuras para la explotación de este tipo de materiales. En la operación Cerro Corona el material destinado para el espaldón de la presa de relaves está conformado por 02 tipos de material denominados "Placed Zona 2" y "Placed Zona 2B" que difieren en la granulometría y provienen de una cantera de calizas denominada "Cantera - Facilidades". Este material es explotado mediante voladura y transportado en camiones de carga denominados "ticos" hasta el espaldón de la presa, conformándose en capas de 01 metros de espesor con tractores, motoniveladoras y compactados con el mismo peso de los camiones. Este material presenta características particulares que se presentan en la tabla 4.11 y se visualiza en la figura 4.17.

Tabla 4.11 Uso granulométrico del material de Rock Fill (Fuente: MWH-Perú, Proyecto Cerro Corona).

MATERIAL ROCK FILL		Zona 2B		Zona 2	
Tamaño	(mm)	Esp. Min	Esp. Max	Esp. Min	Esp. Max
36"	914	100	100	100	100
24"	610	70	100	70	100
12"	305	50	100	50	100
6"	152	35	95	35	83
3"	76	25	80	25	70
1"	25.4	10	55	10	40
1/2"	12.50	0	42	0	30
1/4"	6.35	0	29	0	20
Nº 4	4.76	0	25	0	16
Nº 10	2.000	0	18	0	10
Nº 20	0.841	0	14	0	7
Nº 40	0.420	0	14	0	7
Nº 60	0.250	0	12	0	7
Nº100	0.149	0	11	0	7
Nº 200	0.074	0	10	0	5

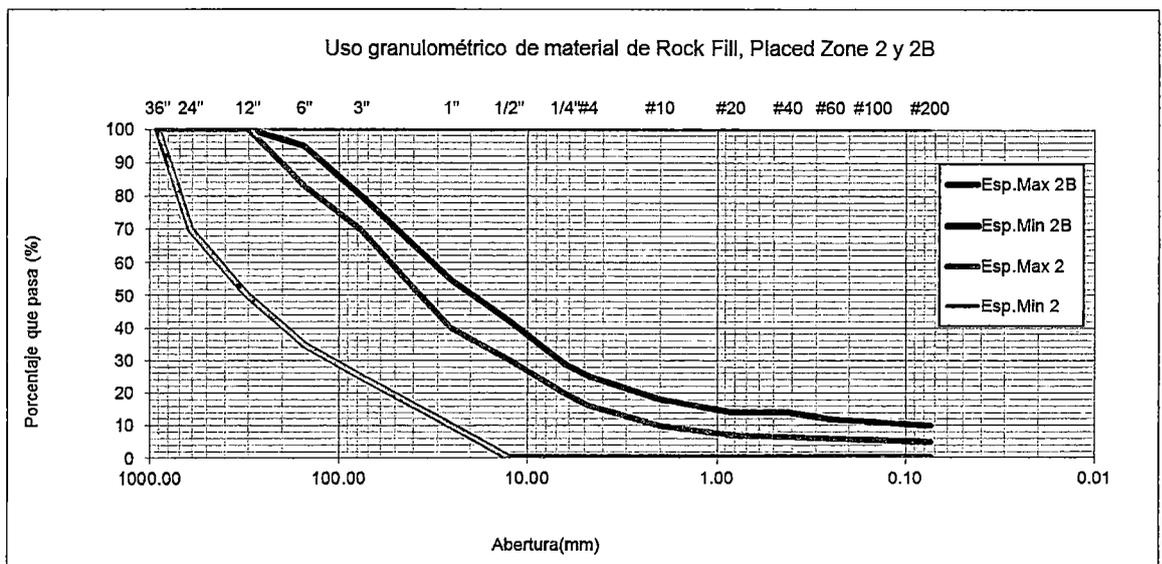


Figura 4.17 Uso granulométrico de materiales de Rock Fill (Fuente: MWH-Perú, Proyecto Cerro Corona).

El tamaño máximo del material es de 36 pulgadas, el porcentaje de material fino no debe superar el 10%, las arenas no exceden el 15%, las gravas hasta un 55% y finalmente el material superior a 3" denominado materiales de sobre tamaño está comprendido entre un 20 y 75% siendo una fracción importante. De este primer análisis podemos inferir que el material presenta una fracción gruesa muy representativa que es difícil de practicar ensayos de laboratorio debido al tamaño de las partículas por lo tanto es necesario conocer y aplicar método alternativos que es el objetivo de esta aplicación y determinar propiedades geotécnicas que represente al material real.

Como parte del control de la calidad de construcción de las plataformas del dique de la presa de relaves, se realizan ensayos de densidad in situ por reemplazo de agua, análisis granulométricos globales y ensayos de permeabilidad de carga variable in situ, cuyos resultados se muestran en el anexo C. En promedio la densidad seca del material es de  $2.178 \text{ gr/cm}^3$ , el contenido de humedad es de 1.65% y el coeficiente de permeabilidad del material es de  $1.495 \text{ cm/s}$ . También presentan una resistencia a la compresión uniaxial no confinada de 92 Mpa, realizada en roca, equivalente a una resistencia "R4", "roca resistente", determinada a partir de ensayos de carga puntual (ver anexo A – resultados de ensayo de carga puntual).

Hasta la actualidad se han conformado un gran número de plataformas en la construcción del dique de la presa de relaves cuya distribución granulométrica ha

sido compilada en la figura 4.18. Se visualiza que todos los materiales están dentro de los límites del uso granulométrico y presentan una misma tendencia de distribución granulométrica. En promedio los materiales conformados se componen de 3% finos, 9% de arenas, 37 % de gravas y un 45% de partículas de 3 a 36 pulgadas. El material es definido como una grava bien gradada, muy densa, seca, angulosa a sub angulosa.

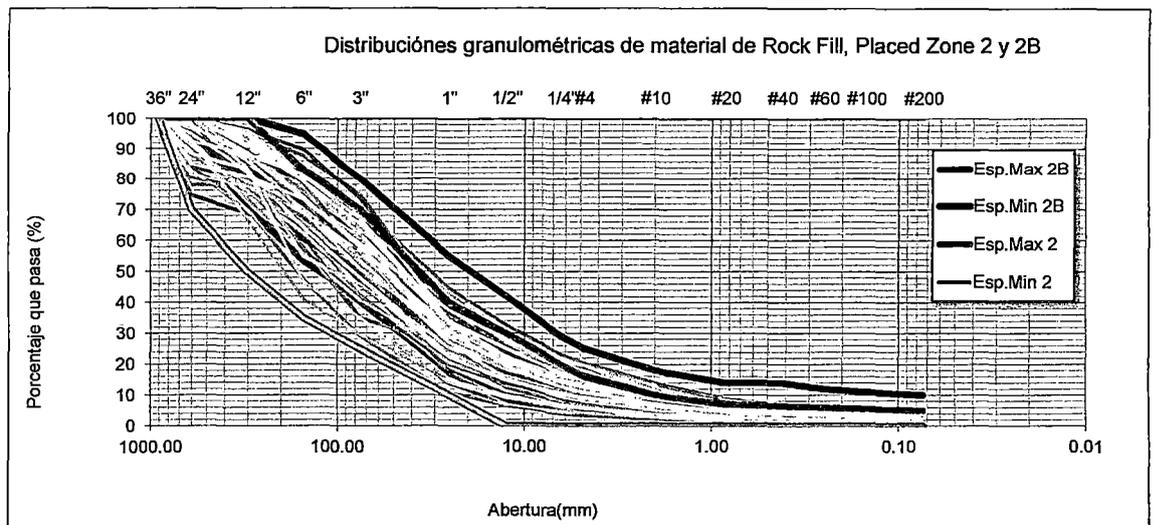


Figura 4.18 Distribuciones granulométricas de materiales de Rock Fill (Fuente: MWH-Perú, Proyecto Cerro Corona).

No se cuenta con información de ensayos realizados para determinar los parámetros de resistencia al corte.

En esta sección se presentan los trabajos de campo ejecutados entre el 23 y 25 de enero del 2012 en la operación minera, como aplicación de la investigación.

Se realizó 01 excavación de calicata en la presa de relaves sector

las Águilas de la presa de relaves y realizar un ensayo de densidad in situ por reemplazo de agua, análisis granulométrico global y muestreo de materiales para la realización de ensayos Triaxiales Consolidados Drenados con el fin de determinar los parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos mediante métodos alternativos.

En el anexo C se aprecia el plano de ubicación en planta y en corte del material de tipo rock fill en la presa de relaves de la mina Cerro Corona.

#### 4.2.1. Calicata.

Se realizó una excavación a cielo abierto de 1.00 m de profundidad con excavadora con dimensiones establecidas para la realización de un ensayo de densidad in situ por reemplazo de volumen de agua, realizar un ensayo de

permeabilidad de carga variable in situ, análisis granulométrico global y muestrear material para ensayos triaxiales.

Tabla 4.12 Ubicación de calicata en dique de presa de relaves (Fuente: Elaboración propia).

N°	Calicata	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Profundidad (m)
1.0	C - 1	9252509	760599	3693.8	1.0

En el anexo B se adjunta imágenes de la excavación de la calicata.

#### 4.2.2. Ensayo Densidad de campo.

Se realizó un ensayo de densidad de campo por reemplazo de volumen de agua de acuerdo a la norma ASTM D 030, con el fin de determinar la densidad seca de la capa de material tipo 2B conformado en el espaldón las Águilas capa N°89 talud aguas debajo del dique de la Presa de Relaves con material proveniente de la cantera de calizas denominada Facilidades.

Tabla 4.13 Resultados de ensayo de densidad de campo in situ (Fuente: Elaboración propia).

N° Calicata	Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )
C-1	2.363	0.62	2.348

De acuerdo a los resultados el material se encuentra muy denso.

En el anexo A se adjunta hoja de datos y cálculo de ensayo de densidad de campo.

En el anexo B se adjunta imágenes del ensayo.

#### 4.2.3. Muestreo de Materiales.

Se realizó el muestreo de materiales alterados para la realización de 02 ensayos Triaxiales Consolidados Drenados en probetas de 6 y 4 pulgadas de diámetro. Las muestras fueron seleccionadas del material extraído de la excavación de calicata, colocados en sacos y debidamente etiquetados para ser enviados al laboratorio geotécnico de la empresa Ausenco Vector y al laboratorio de ensayo de materiales de SENCICO en la ciudad de Lima.

Tabla 4.14 Relación de Muestras (Fuente: Elaboración propia).

N°	Calicata	Muestra	Profundidad (m)
1.0	C - 1	M - 1	0.00 - 1.00
2.0	C - 1	M - 2	0.00 - 1.00

#### 4.2.4. Análisis Granulométrico Global.

Se realizó un ensayo de análisis granulométrico global in situ, según la norma ASTM D6913, con el fin de conocer la distribución de tamaño de partículas que conforman el material encontrado en la calicata "C - 1". Este ensayo se realiza como parte del control de calidad de la conformación de plataformas en el espaldón de la presa de relaves y comparar la granulometría con el uso granulométrico. El material encontrado en la calicata C - 1 se visualiza en la figura 4.19 y se observa que el material se encuentra dentro del uso granulométrico Placed Zone 2B, se puede concluir que este material es un material grueso.

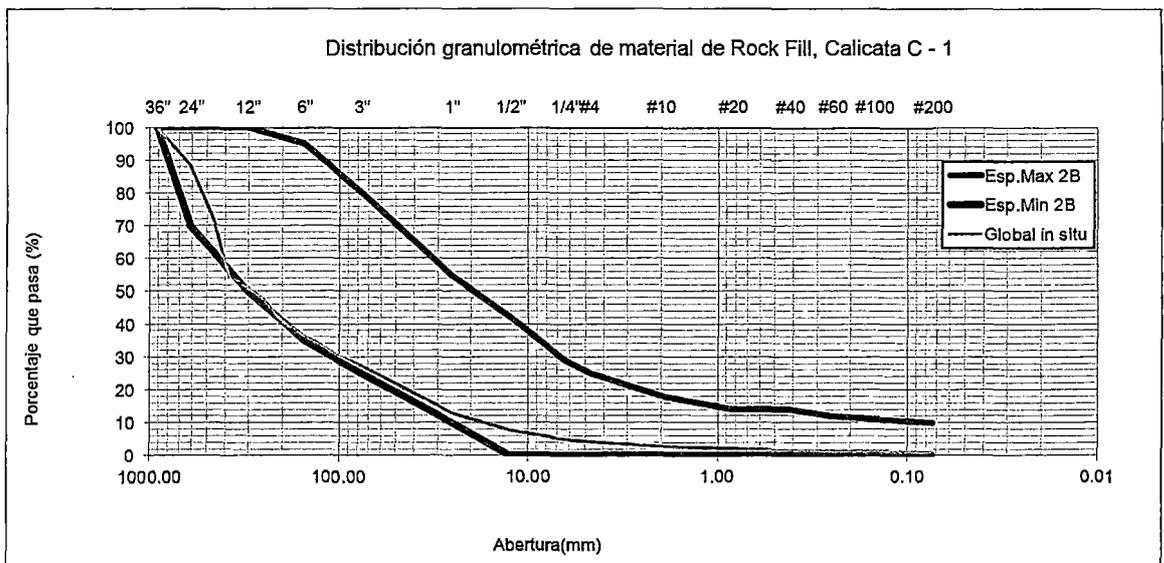


Figura 4.19 Análisis granulométrico realizado in Situ calicata C - 1 (Fuente: Elaboración propia).

En el anexo A se adjunta hoja de datos, cálculo del ensayo de análisis granulométrico global.

En el anexo B se adjunta imágenes del ensayo in situ.

#### 4.2.5. Trabajos de laboratorio.

Los materiales del rock fill encontrados en el dique de la presa de relaves son materiales granulares gruesos que presentan características que hacen posible

el uso del método de curvas paralelas para la determinación de parámetros de resistencia al corte “cohesión y fricción”. Por tanto se ha confeccionado 02 muestras escaladas a partir de una muestra original promedio con densidad relativa de 95% calculada a partir de ensayos de densidades máximas, mínimas e in situ practicadas en las muestras. Las muestras fueron M-1 de un tamaño máximo de 1 pulgada y M-2 de un tamaño máximo de 0.5 pulgadas.

#### 4.2.6. Preparación de muestras.

Se prepararon las muestras M-1 y M-2 a partir de la muestra original promedio siguiendo los criterios del método de curvas paralelas que se menciona a continuación.

Criterios para la preparación de muestras:

- Granulometría escalada de la muestra global.
- Similar tendencia de distribución granulométrica.
- Partículas de geometría semejante a la granulometría original.
- Partículas del mismo origen litológico.
- Semejante proporción entre componentes de partículas.
- Porcentajes de finos limitado al 10%.
- Densidades máximas y mínimas de similares tendencias entre muestras escaladas.

En la figura 4.20 se muestra las distribuciones granulométricas de las muestras originales de campo y las escaladas.

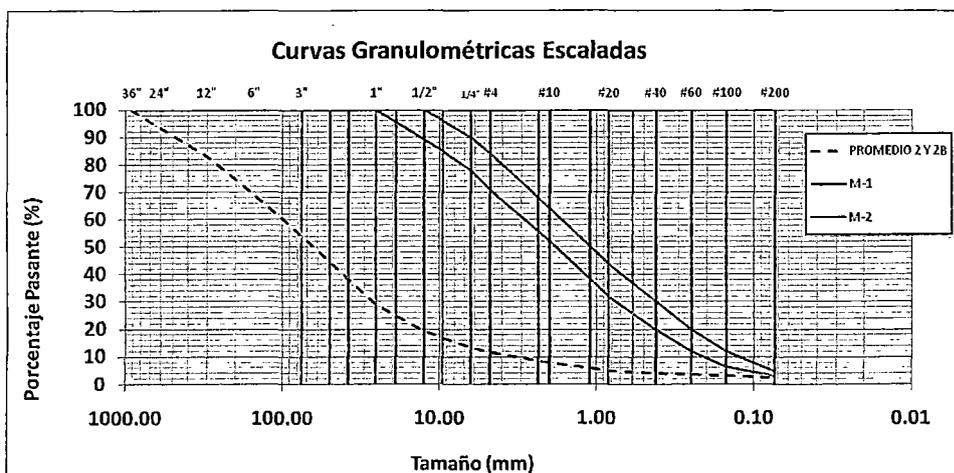


Figura 4.20 Curvas granulométricas de las muestra escaladas (Fuente: Elaboración Propia).

Muestra M-1, es una arena bien gradada, densa, seca, de geometría angulosa a sub angulosa conformada por un 29 % de gravas, 68% de arenas y un 3% de

finos. Presenta un coeficiente de uniformidad de 15 y coeficiente de curvatura de 0.82.

Muestra M-2, también es una arena bien gradada, densa, seca, de geometría angulosa a sub angulosa, conformada por 16 % de gravas, 79.5% de arenas y un 5% de finos. Presenta un coeficiente de uniformidad de 14.4 y coeficiente de curvatura de 0.72.

En la tabla 4.14 se presenta la distribución granulométrica y los porcentajes de material a utilizar en la confección de las muestras escaladas.

Tabla 4.15 Análisis granulométricos y porcentajes de material en muestras escaladas M-1 y M-2 (Fuente: Elaboración propia).

Muestras escaladas		M - 1		M - 2	
Tamiz	(mm)	% Pasa	% Retenido	% Pasa	% Retenido
1"	25.4	100	0	100	0
3/4"	19.05	95.5	4.5	100	0
1/2"	12.5	89	6.5	100	0
3/8"	9.525	85	4	96	4
1/4"	6.35	78	7	90	6
Nº 4	4.76	71	7	84	6
Nº 10	2	52	19	64	20
Nº 20	0.841	32	20	44	20
Nº 40	0.42	20	12	30	14
Nº 60	0.25	12	8	20	10
Nº100	0.149	6.5	5.5	12	8
Nº 200	0.074	3	3.5	4.5	7
Platillo	-		3		5

En el anexo B se muestran imágenes de la preparación de muestras en laboratorio.

#### 4.2.7. Densidades Máximas y Mínimas.

Con el fin de determinar una densidad de remoldeo de las muestras escaladas se realizaron ensayos de densidades máximas y mínimas de acuerdo a la normas ASTM D 4254 -91 y ASTM D 4253 en el laboratorio de ensayo de materiales de SENCICO.

En la tabla 4.33, se presentan los resultados de laboratorio para las muestras a remoldear, se observa que la densidad máxima y mínima se incrementa con la disminución del tamaño máximo de las muestras esto debido a que se cubren mayor espacio de vacíos.

Según los resultados de campo el material se encuentra muy denso y el rango de densidad relativa comprende entre 85 y 100%. Para el caso se utilizará una densidad relativa del 95% que puede remoldearse en laboratorio y que es lo más próximo a la densidad obtenida en campo. A partir de este datos se calcularan las densidad de remoldeo de las muestras escaladas y se procederá a confeccionar la probetas en laboratorio.

Las densidades para la confección de las muestras a una densidad relativa del 95% se muestran en la tabla 4.16.

Tabla 4.16 Densidades Máximas, Mínimas y de remoldeo a una DR=95% de muestras escaladas M-1 y M-2 (Fuente: Elaboración propia).

Muestra	Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Mínima (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> ) DR = 95%
M - 1	2.149	1.719	2.122
M - 2	2.290	1.738	2.254

Conocidos los porcentajes de muestras a ensayar y la densidad de remoldeo, se procedió a confeccionar las probetas de 6 y 4 pulgadas para los ensayo triaxiales drenados con muestras M-1 y M-2 respectivamente. Los resultados serán comparados para verificar la validez del método de curvas paralelas en la determinación de parámetros de resistencia al corte en materiales de Rock Fill de la presa de relaves de la mina Cerro Corona. Es importante mencionar que se mantienen constantes las variables de geometría de materiales, origen de materiales, tendencia de distribución granulométrica, coeficientes de uniformidad, curvaturas, presiones de confinamiento, densidad relativa y se varía el tamaño máximo del material con el fin de verificar el uso del método.

#### 4.2.8. Ensayos triaxiales consolidados drenados "CD".

Se realizaron 02 ensayos triaxiales consolidados drenados "CD" con presiones de confinamiento de 150, 300 y 600 kPa. Se usaron probetas de 6 y 4 pulgadas de altura en el remoldeo de muestras escaladas M-1 y M-2 respectivamente. Los ensayos fueron ejecutados en el laboratorio geotécnico de la empresa ausenco vector usando el método de curvas paralelas.

Se confeccionó la muestra escalada M-1, con los porcentajes retenido en cada malla que separaron distintos tamaños de partículas de las muestras originales, homogenizándola por volteo y colocándolas en 5 capas de igual altura de forma

manual en 3 probetas hasta alcanzar una densidad de  $2.122 \text{ gr/cm}^3$  la cual corresponde a una densidad relativa del 95%. El control de la compactación se realizó midiendo las alturas de las capas con una regla bien graduada. Luego de compactada las probetas fueron transportadas a un pedestal de la cámara triaxial colocándoles una piedra porosa en la parte superior e inferior, se cubrió con una membrana latex y se aplicó vacío para mantenerlas estables. Una vez aplicado el vacío y colocadas las membranas, se ajusta los moldes, se colocan en una cámara y se llenan de agua.

De forma similar se confeccionaron 03 probetas con muestras escaladas M-2 a una densidad de  $2.254 \text{ gr/cm}^3$  que también corresponde a una densidad relativa de 95%.

En las figura 4.21, 4.22, 4.23 y 4.24 se presenta los resultados de los ensayos triaxiales CD realizados en las muestras M-1 y M-2.

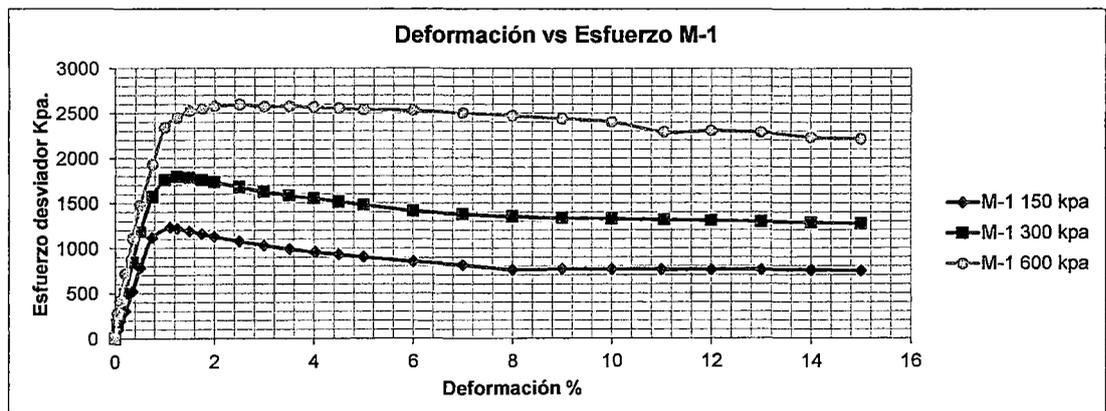


Figura 4.21 Deformación vs Esfuerzo M-1 (Fuente: Elaboración Propia).

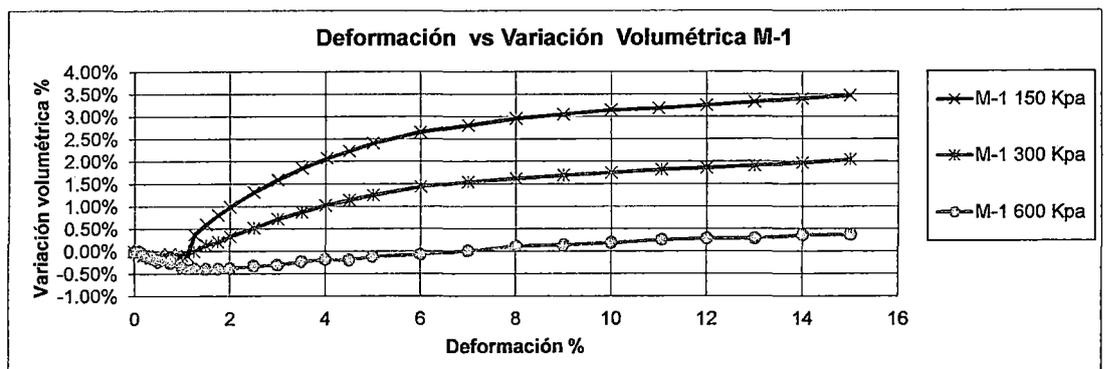


Figura 4.22 Deformación vs Variación volumétrica M-1 (Fuente: Elaboración Propia).

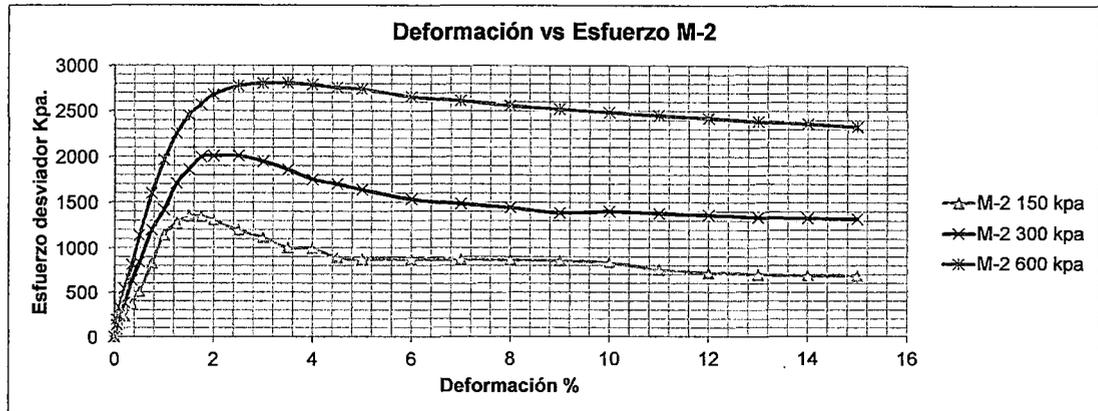


Figura 4.23 Deformación vs Esfuerzo M-2 (Fuente: Elaboración Propia).

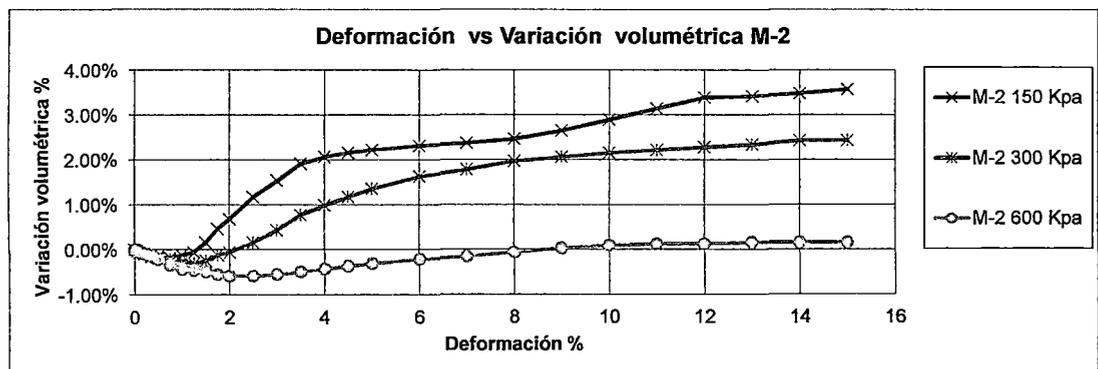


Figura 4.24 Deformación vs Variación volumétrica M-2 (Fuente: Elaboración Propia).

Los parámetros de resistencia al corte obtenidos de los ensayos al 12% de deformación unitaria para la muestra M-1 son cohesión efectiva 63 kPa y ángulo de fricción interna efectiva 39°, para la muestra M-2 cohesión efectiva 42 KPa y ángulo de fricción interna efectiva 40.8°. Se observa valores son similares para las muestras M-1 y M-2.

#### 4.2.9. Análisis de los resultados en el Rock Fill.

En esta sección se analizarán los resultados de los ensayos triaxiales drenados realizado en las muestras M-1 y M-2 y verificar la validez del método de curvas paralelas en materiales de Rock Fill.

En la figura 4.27 y 4.28 se observa que las muestras M-1 y M-2 presentan similar comportamiento esfuerzo deformación y cambio volumétrico.

En la figura 4.25 se observa que las curvas granulométricas de las muestras M-1 y M-2 presentan coeficientes de uniformidad y curvatura similares y son paralelas, por tanto existe homotecia perfecta con la cual se verifica que las

muestras se han preparado adecuadamente para la ejecución de ensayo posteriores.

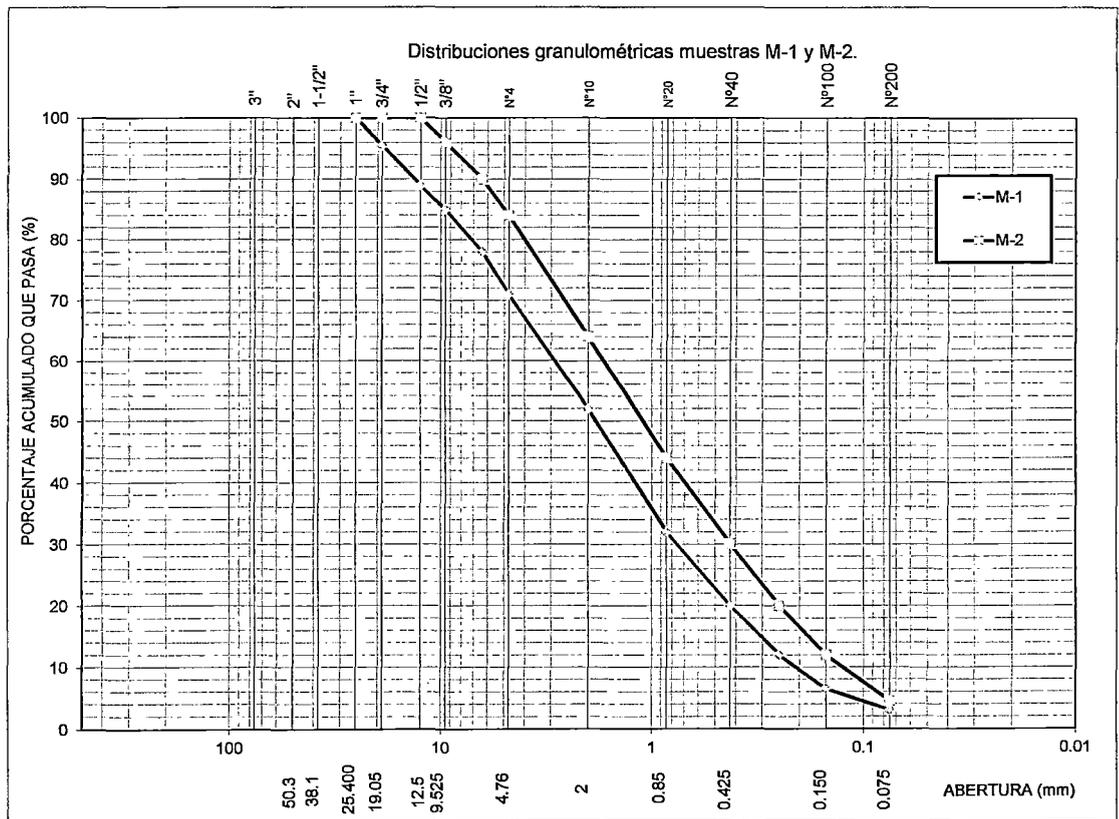


Figura 4.25 Distribuciones granulométricas de muestras escaladas (Fuente: Elaboración Propia).

En la figura 4.26 se aprecia que a medida que se disminuye el tamaño de las muestras las densidades máximas y mínimas aumentan. Esto explica que la muestra M-2 tenga parámetros geotécnicos ligeramente superiores a la muestra M-1.

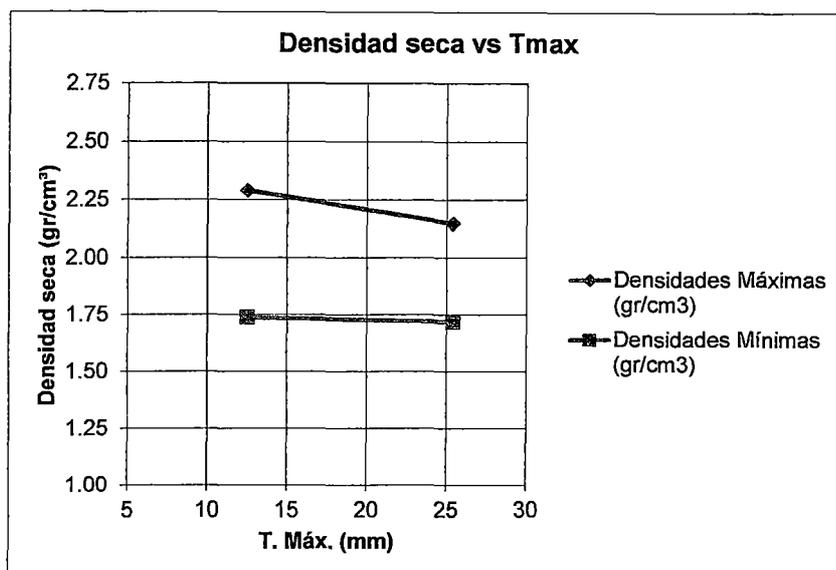


Figura 4.26 Densidades vs tamaño máximo de partículas en muestras M-1 y M-2 (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 4.27 se observa que la rigidez inicial y las resistencias máximas son similares para ambas muestras en las diferentes probetas. Para deformaciones unitarias axiales superiores al 6% las resistencias casi se confunden a lo largo de la trayectoria.

En la figura 4.28 se observa que el cambio volumétrico de las muestras M-1 y M-2 son similares y el comportamiento inicial en la zona contractiva también similar. Para deformaciones unitarias axiales superiores al 5% los cambios volumétricos casi se confunden a lo largo de la trayectoria.

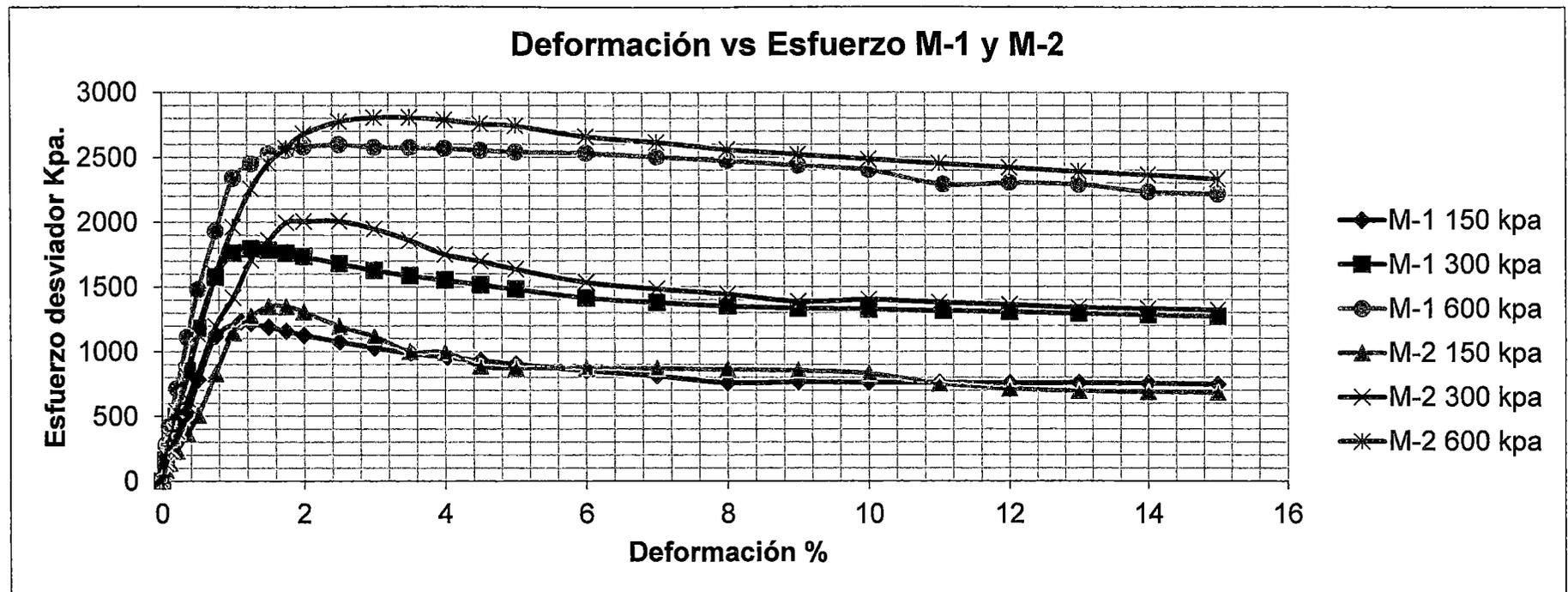


Figura 4.27 Comparación de deformación vs esfuerzo en muestras M-1 y M-2 (Fuente: Elaboración propia).

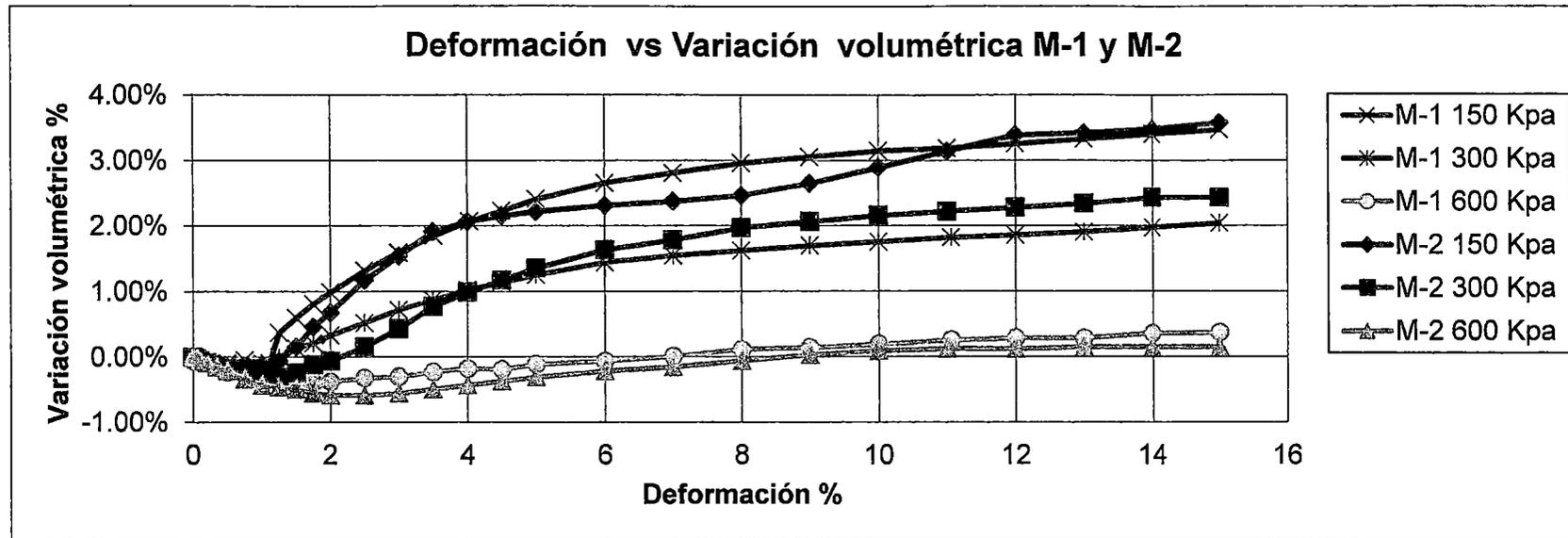


Figura 4.28 Comparación de variación volumétrica vs deformación M-1 y M-2 (Fuente: Elaboración propia).

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **5.1. CONCLUSIONES.**

- En el país no existen equipos a gran escala de ensayo triaxial y tampoco se hacen uso de métodos alternativos para ensayar materiales mayores a 3 pulgadas de diámetro. Es usual recurrir a ensayos de corte directo in situ, tamizar material que es posible usar en equipos convencionales mediante métodos que no necesariamente representan al material que se estudia.
- En el medio usualmente se estudian los materiales granulares gruesos de forma convencional, que consiste en tamizar muestras obtenidas en campo y usar la fracción menos gruesa. Se ha constatado que se cuenta con equipo de ensayo triaxial para materiales de fracciones hasta 1 pulgada de tamaño máximo. Este equipo es usado para la determinación de parámetros de resistencia al corte, obteniendo valores que pueden ser sub estimados o sobre estimados en algunos casos.
- Existen métodos alternativos tales como: método de corte, método de corte y remplazo, método de las mezclas y el método de las curvas paralelas u homotéticas que hacen uso de equipos convencionales y la fracción menos gruesa. Esto hace posible determinar parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos.
- El método de curvas paralelas u homotéticas es el más usado y adecuado para determinar parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos. Este método ha dado resultados que reflejan el comportamiento de los materiales, siempre y cuando se siga estrictamente las condiciones y restricciones de su uso. Investigadores como Roberto Gesche, Karem De la Hoz y Leonardo Dorador han tenido éxito al hacer uso de este método en los materiales que han estudiado.
- El método de curvas paralelas u homotéticas es adecuado usar en la estimación de parámetros de resistencia al corte en materiales generados por la actividad minera. Puesto que usualmente son materiales que provienen de las voladuras, y en su mayoría son granulares gruesos, el contenido de finos es menor y se hace uso de estos para la construcción de distintas estructuras tales como diques de presas de agua, relaves, depósitos de desmonte entre otras.
- En la aplicación a materiales de stock piles, de mineral, se constató que la información de los análisis granulométricos anteriores en los stocks piles 4035

y el SP-4140 el muestreo de materiales y la preparación de muestras para los ensayos triaxiales genera distorsiones del material original. Como consecuencia de esto se obtuvieron parámetros de resistencia al corte que no correspondieron al material original

- Los materiales presentes en los stock piles de mineral se caracterizan por tener porcentaje de finos limitado al 10%, geometría semejante de partículas, fracción granular gruesa predominante y condiciones que hacen posible el uso del método de curvas paralelas u homotéticas en la estimación de los parámetros de resistencia al corte. Del mismo modo los materiales de tipo Rock Fill, que son utilizados en los espaldones de las presas para contención, tienen la particularidad de ser granulares gruesos y de tener limitado contenido de finos, menor a 10%. Esta característica permite que el material RockFill funcione como dren. En consecuencia es posible hacer uso del método de curvas paralelas.
- En los stock piles se verificó que determinar parámetros de resistencia al corte mediante métodos convencionales resulta en valores sub estimados. Se usó el método de curvas paralelas y determinó parámetros de resistencia al corte a esfuerzos efectivos mediante ensayos triaxiales consolidados no drenados en probetas de 6 pulgadas de diámetro en materiales de 1 pulgada de  $T_{max}$ , a presiones de confinamiento de 100, 200 y 400 kPa y se comparó con los obtenidos de forma convencional, resultando lo siguiente: En el stock pile de mineral SP-4035 se obtuvieron valores de cohesión de 2 kPa y ángulo de fricción de  $41.5^\circ$ , superior en  $12.8^\circ$  a los obtenidos convencionalmente; del mismo modo en el stock pile SP-4140 se obtuvieron valores de cohesión de 51kPa y ángulo de fricción de  $36.9^\circ$ , también superiores en  $3.9^\circ$  a los obtenidos de forma convencional.
- Al comparar los resultados de ensayos triaxiales consolidados no drenados, en las muestras escaladas SP-4140-T03- Equivalente y SP-4140-T04- Equivalente del SP-4110, se observan comportamientos y resultados diferentes. Esto advierte que un inadecuado escalamiento del material puede influir negativamente y dar parámetros erróneos.
- Se concluye que el método de curvas paralelas es adecuado para la caracterización geotécnica de materiales granulares gruesos presentes en los stock piles de mineral, en el rango de las presiones de confinamiento estudiadas.

- En la aplicación a materiales de Rock Fill, como parte de la investigación del material, se encontró que la calicata C-1 en la presa de relaves de la mina cerro corona, es una grava bien gradada, densa a muy densa, seca, angulosa a sub angulosa, en promedio contiene un 37% de grava menores a 3 pulgadas, 9% de arenas, 3% de finos y un 45% de partículas de hasta 36 pulgadas de tamaño máximo). Estas características definen a la muestra como un material granular grueso. En campo se estimó que la densidad seca por el método de remplazo de agua es  $2.178 \text{ g/cm}^3$  y el coeficiente de permeabilidad  $k=1.495 \text{ cm/s}$  calculado a partir de un ensayo de carga variable in situ.
- Como el material de Rock Fill presentó condiciones para hacer uso del método de curvas paralelas, se confeccionaron 02 muestras M-1 con tamaño máximo de 1 pulgada y M-2 con tamaño máximo de 0.5 pulgada. Fueron escaladas a partir de una muestra promedio de los materiales globales, remodeladas a una densidad relativa del 95%. Se ejecutaron 02 ensayos triaxiales drenados en probetas de 6 y 4 pulgadas de diámetro respectivamente, observándose el éxito del uso de la metodología de gradación paralela en las muestras M-1 y M-2, para rangos de presiones de confinamiento entre 150 a 600 [kPa].
- Se concluye que las muestras de Rock Fill escaladas M-1 y M-2 presentan comportamientos similares de deformación unitaria vs esfuerzo desviador y deformación unitaria vs deformación volumétrica.
- Se determinó los parámetros de resistencia al corte para el Rock Fill, resultando una cohesión de 42 kPa y ángulo de fricción de  $39^\circ$ .
- Se sugiere el uso del método de gradación paralela para estimar los parámetros de resistencia al corte de suelos granulares gruesos de Rock Fill, en el rango de partículas y presiones de confinamiento investigado.

## 5.2. RECOMENDACIONES.

- Antes de definir los puntos de investigación en una estructura, se recomienda realizar una evaluación visual global con el fin de definir el material representativo del área en estudio.
- En la selección del método alternativo para la determinación de parámetros de resistencia al corte se debe tener en cuenta las condiciones y

restricciones de su uso con el fin de determinar valores acordes al material investigado.

- Para que el método de granulometrías paralelas determine parámetros de resistencia al corte y módulos de deformación próximos a la muestra original, se recomienda cumplir con las siguientes características:

Los coeficientes de uniformidad y curvatura,  $C_u$  y  $C_c$ , deben ser similares entre granulometrías homotéticas.

La forma geométrica predominante de las partículas de la muestra original se debe mantener en las granulometrías escaladas.

Los materiales escalados deben tener la misma litología del material original.

El contenido de finos debe ser menor a 10% para todas las curvas homotéticas, sin necesidad de ajustar las curvas granulométricas.

Las densidades máximas y mínimas no deben sufrir una gran variación al cambiar el tamaño medio de partículas.

No cumplir con las condiciones puede llevar a obtener resultados erróneos como se ha podido comprobar en la aplicación a stock piles de mineral.

- La preparación de las muestras escaladas involucra una selección del material semejante al global tanto en granulometría, resistencia, litología y distribución granulométrica.
- Se recomienda realizar una serie de análisis granulométricos en puntos convenientemente ubicados, para conocer la distribución granulométrica de los materiales en una estructura de material granular grueso., Evaluar la variabilidad que existe entre las distintas curvas, estudiar la distribución de partículas, la fracciones de las componentes de tipo finos, arenas, gravas y material de sobre tamaño.
- El método de curvas paralelas es recomendable usar en el estudio de los parámetros de resistencia al corte en los materiales de Rock Fill. Este material es definido como granular grueso con un peso tal que servirá de contención, además el contenido de la fracción fina es limitada a un 10% lo que ayudará en caso de filtraciones, Drenando sin comprometer la estabilidad de la estructura.
- Se recomienda realizar investigaciones similares en materiales granulares gruesos que se disponen en estructuras como pads de lixiviación, rom pads, depósitos de desmonte u otras estructuras.

- Se recomienda investigar el comportamiento de resistencia al corte de las muestras escaladas a mayores presiones de confinamiento. Esta condición permitirá simular situaciones de estructuras de gran altura que se presentan en las operaciones mineras.

### BIBLIOGRAFÍA.

- AI-HUSSAINI, Mosaid. Effect of particle size and strain conditions on the strength of crushed basalt. *Canadian Geotechnical Journal*. 20(4) páginas 706-717 (1983).
- BARTON, Nick. Shear strength of rockfill, interfaces and rock joints and their points of contact in rock dump design, paper *Rock Dumps*, Australian Centre for Geomechanics, Perth – Australia (2008).
- DE LA HOZ, Karem. Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos, Tesis de Ingeniero Civil y Magister. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (2007).
- DE LA HOZ, Karem. Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos. III Conferencia Sudamericana de Ingenieros Geotécnicos Jóvenes, Córdoba, Argentina (2009).
- DOUGLAS, Kurt. J. The shear strength of rock masses. Tesis Doctoral. The University of New South Wales, School of Civil and Environmental Engineering. Sydney, Australia (2002).
- DORADOR, Leonardo. Análisis experimental de las metodologías de curvas homotéticas y corte en la evaluación de propiedades geotécnicas de los suelos, Tesis de Ingeniero Civil y Magister. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (2010).
- GESCHE, Roberto. Metodología de evaluación de parámetros de resistencia al corte de suelos granulares gruesos. Tesis de Ingeniero Civil, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (2002).
- LEE, K. L. y SEED, H. B. Drained strength characteristics of sands. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 93(6), páginas 117-141. (1967).
- LEE, Young. Strength and deformation characteristics of rockfill. *Asian Institute of Technology*, Bangkok – Tailand (1986).
- LEPS, Thomas. Review of Shearing strength of rockfill. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*. 96(4), páginas 1159-1170 (1970).
- LINERO, S. PALMA, C. APABLAZA, R. Geotechnical Characterization of Waste Material in Very High Dumps with Large Scale Triaxial Testing, Congreso Internacional de Estabilidad de Taludes, Australia (2007).
- VERDUGO, Ramón. Seismic response of a saturated cohesionless soil mass. *Revista Ciencia Abierta*, Universidad de Chile, Vol. 8. (1999).
- VERDUGO, Ramón., PETERS G. y BEJARANO Ivan. Evaluación de parámetros geomecánicos de suelos gruesos. VI Congreso Chileno de Geotecnia, Valparaíso Chile (2007).
- VERDUGO, Ramón. y DE LA HOZ, Karem. Strength and stiffness of coarse granular soils. *Geotechnical Symposium*, Roma (2006).

- ZELLER, J. y WULLIMANN, D. The shear strength of the shell materials for the Göschenenealp Dam, 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, páginas 399-415 , Switzerland. – Londres (1957).

## ANEXOS

## ANEXO A:

Resultados de laboratorio.

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto: ... N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación: .... Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4035 C-01 M-01 Fecha: 02-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 4" (%) 9,3  
Partículas > 3" (%) 10,1

Grava (%) : 76,7 D10 : 0,16  
Arena (%) : 14,8 D30: 9,16  
Limos y Arcillas (%): 8,5 Cu: 209,99  
Cc: 16,36

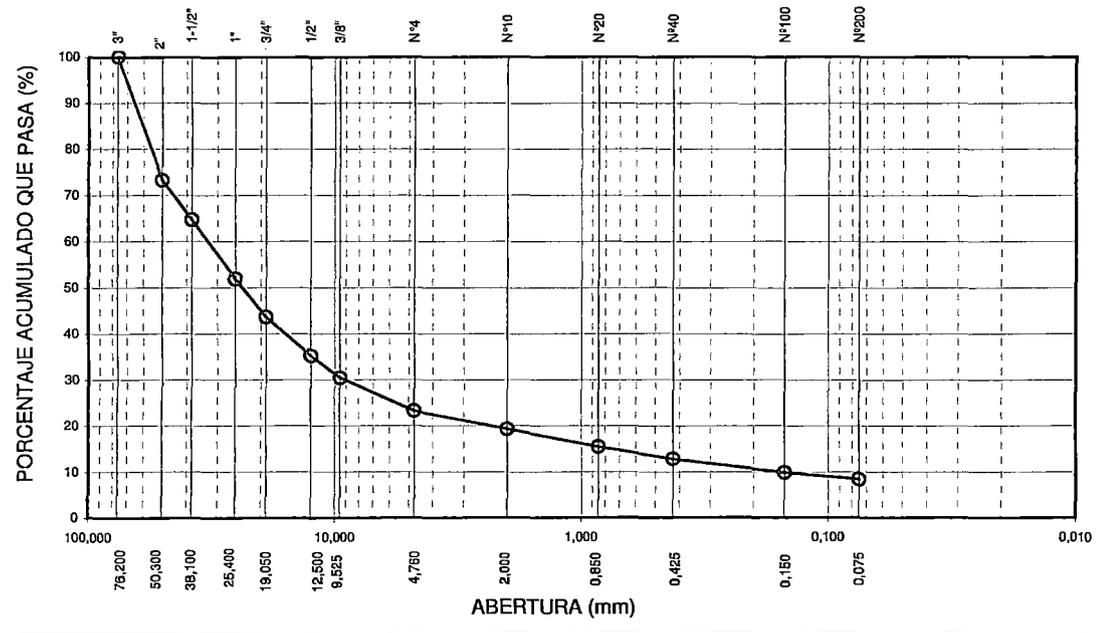
Límites de Atterberg: LL (%) : 30  
LP (%) : 19  
IP (%) : 11

Humedad (%) : 0,8  
Clasificación SUCS : GP-GC

Grava mal gradada con arcilla

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	73,3
1 1/2"	38,100	64,7
1"	25,400	51,9
3/4"	19,050	43,6
1/2"	12,500	35,2
3/8"	9,525	30,4
Nº4	4,760	23,3
Nº10	2,000	19,3
Nº20	0,850	15,5
Nº40	0,425	12,8
Nº100	0,150	9,9
Nº200	0,075	8,5

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: JET      Ingresado por: TOM      Revisado por: CSM      Laboratorio: AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación: Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4035 C-01 M-01 Fecha: 02-Dic-10

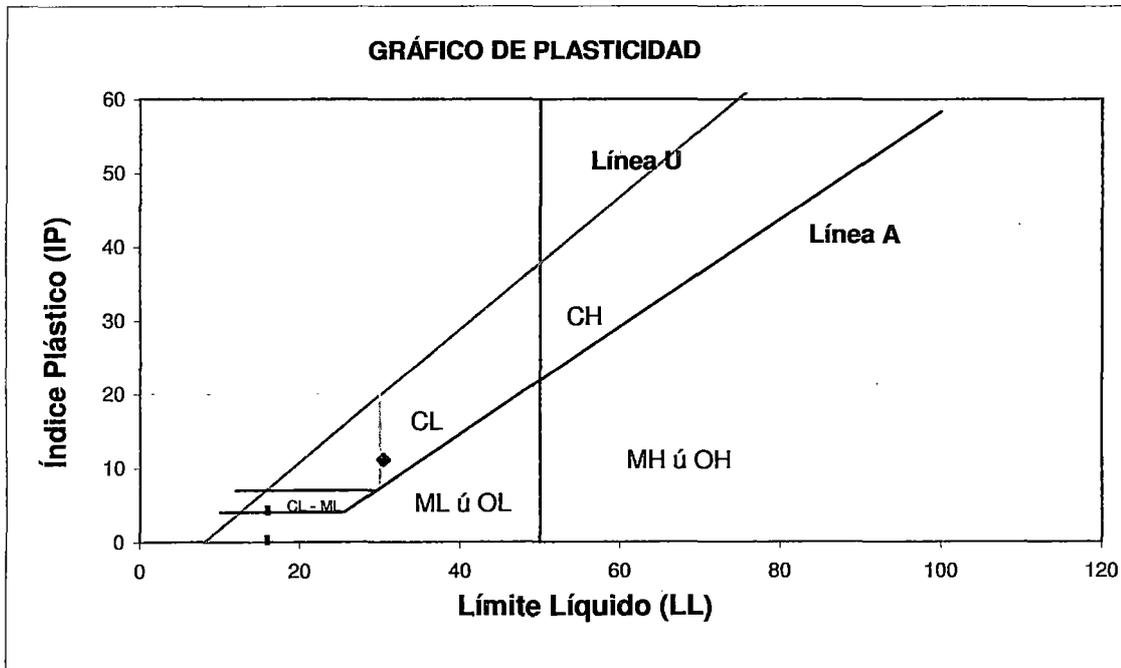
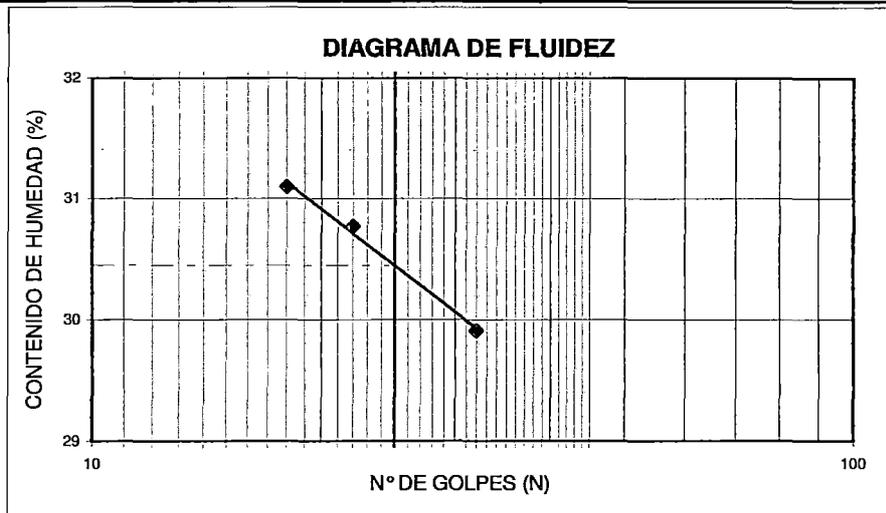
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

LL (%): 30

LP (%): 19

IP (%): 11



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
JET

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES  
Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación: Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4035 C-02 M-02 Fecha: 02-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 4" (%) 7,3

Partículas > 3" (%) 10,7

Grava (%) : 80,5

Arena (%) : 12,0

Limos y Arcillas (%) : 7,5

D10 : 0,23

D30: 12,91

D60: 39,19

Cu: 171,29

Cc: 18,59

Límites de Atterberg: LL (%) : NP

LP (%) : NP

IP (%) : NP

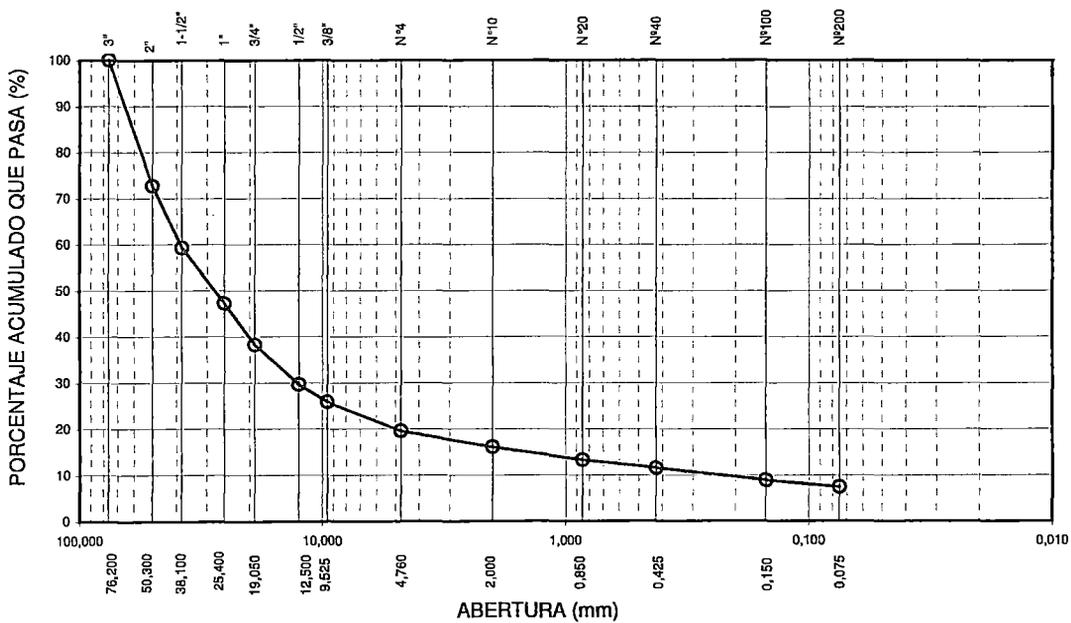
Humedad (%) : 0,7

Clasificación SUCS : GP-GM

Grava mal gradada con limo

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	72,7
1 1/2"	38,100	59,3
1"	25,400	47,2
3/4"	19,050	38,2
1/2"	12,500	29,7
3/8"	9,525	25,8
Nº4	4,760	19,5
Nº10	2,000	16,1
Nº20	0,850	13,3
Nº40	0,425	11,5
Nº100	0,150	8,9
Nº200	0,075	7,5

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
JET

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra:

SP-4035 C-03 M-03

Fecha:

02-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 4" (%) 4,5

Partículas > 3" (%) 9,6

Grava (%) : 73,9

Arena (%) : 16,4

Limos y Arcillas (%) : 9,7

D10 : 0,08

D30: 7,21

D60: 45,71

Cu: 554,78

Cc: 13,82

Límites de Atterberg: LL (%) : 25

LP (%) : 15

IP (%) : 10

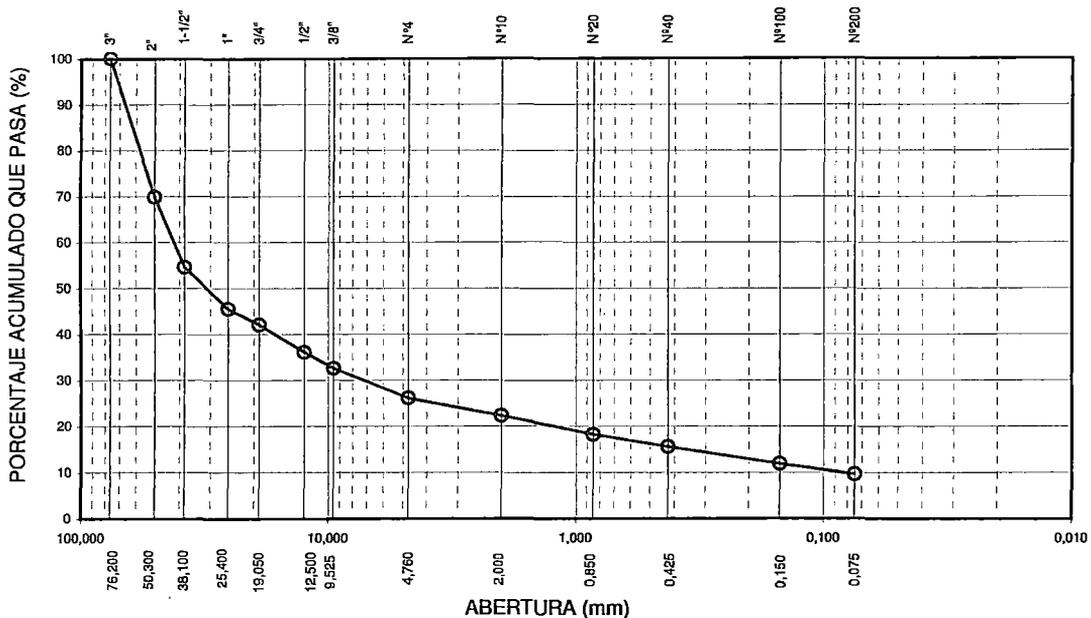
Humedad (%) : 2,3

Clasificación SUCS : GP-GC

Grava mal gradada con arcilla y arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	69,9
1 1/2"	38,100	54,5
1"	25,400	45,4
3/4"	19,050	42,0
1/2"	12,500	36,1
3/8"	9,525	32,6
Nº4	4,760	26,1
Nº10	2,000	22,3
Nº20	0,850	18,2
Nº40	0,425	15,6
Nº100	0,150	11,9
Nº200	0,075	9,7

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JET

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES  
Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación: Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4035 C-03 M-03 Fecha: 02-Dic-10

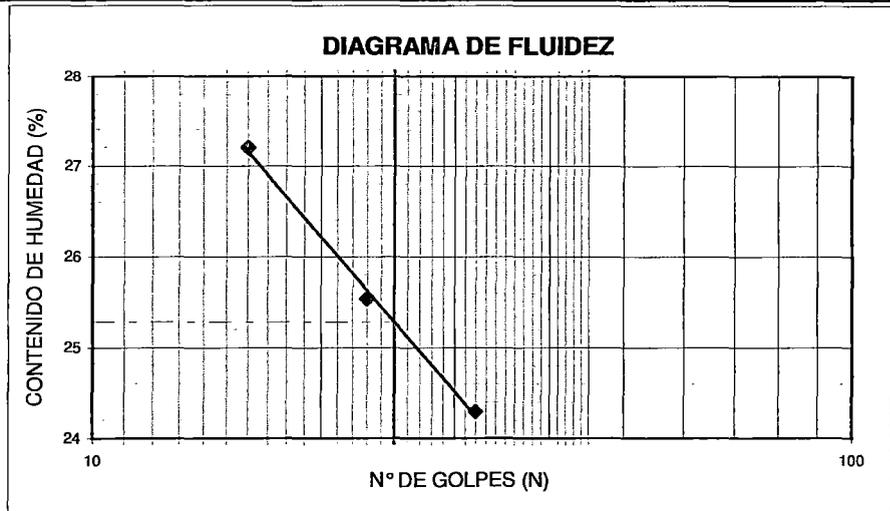
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

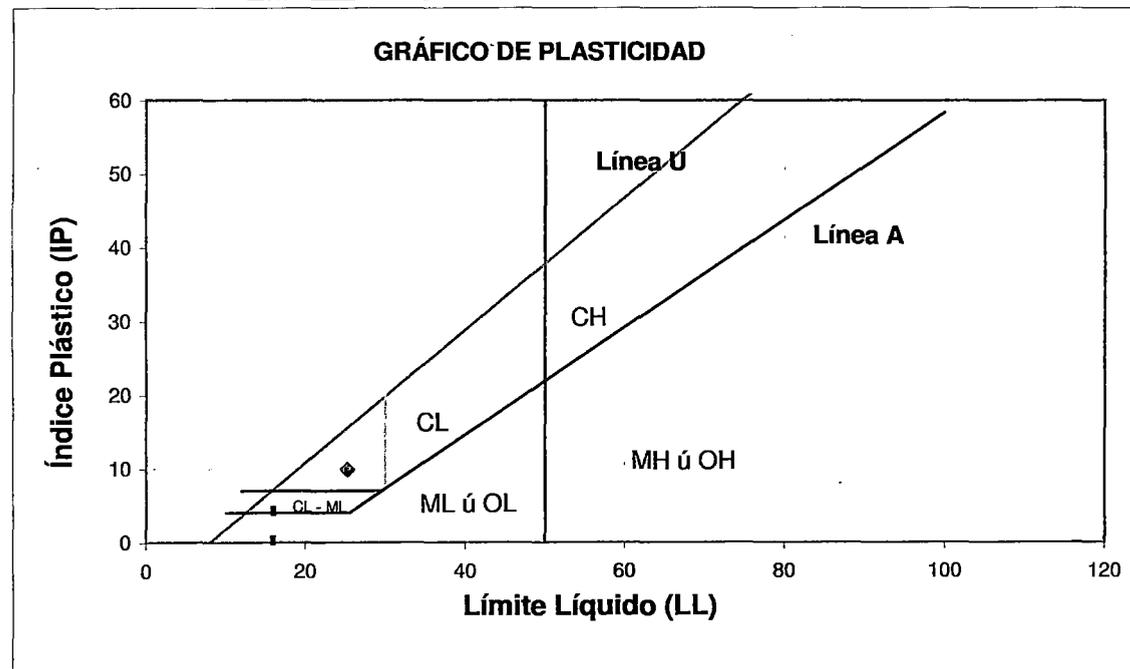
LL (%): 25

LP (%): 15

IP (%): 10



**GRÁFICO DE PLASTICIDAD**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JET

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra:

SP-4035 C-04 M-04

Fecha:

02-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 7" (%) 7,9  
Partículas > 4" (%) 6,1  
Partículas > 3" (%) 4,6

Grava (%) : 63,0  
Arena (%) : 22,4  
Limos y Arcillas (%) : 14,7

D10 :

D30: 1,53

D60: 19,84

Cu:

Cc:

Límites de Atterberg: LL (%) : 27  
LP (%) : 17  
IP (%) : 10

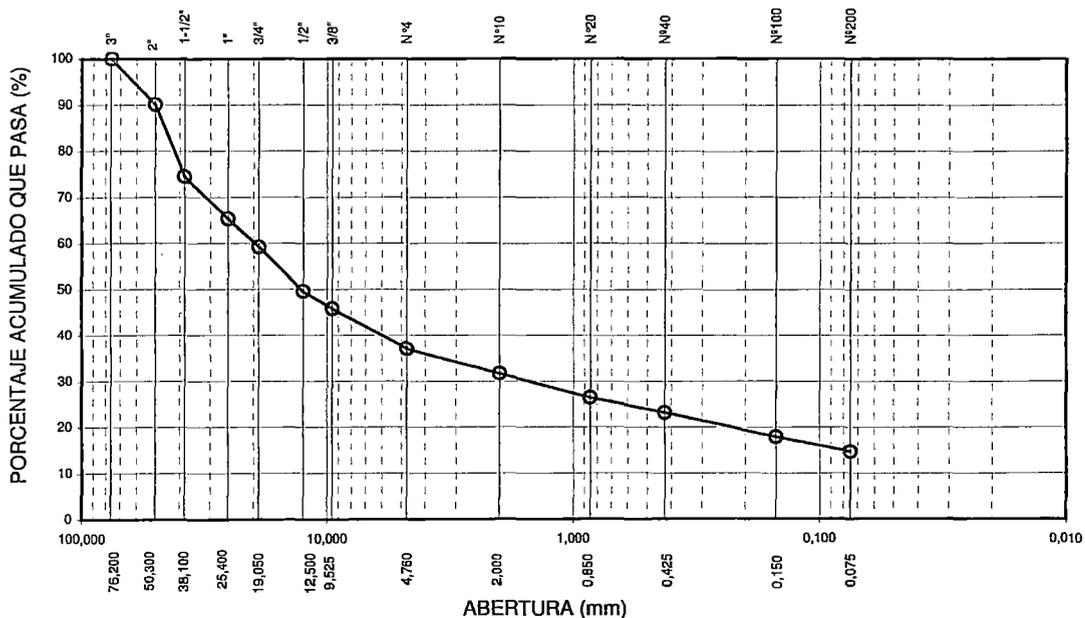
Humedad (%) : 3,0

Clasificación SUCS : GC

Grava arcillosa con arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	90,0
1 1/2"	38,100	74,5
1"	25,400	65,3
3/4"	19,050	59,1
1/2"	12,500	49,6
3/8"	9,525	45,7
Nº4	4,760	37,0
Nº10	2,000	31,6
Nº20	0,850	26,4
Nº40	0,425	23,1
Nº100	0,150	17,9
Nº200	0,075	14,7

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JET

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Ciente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra: SP-4035 C-04 M-04

Fecha:

02-Dic-10

Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

LL (%): 27

LP (%): 17

IP (%): 10

DIAGRAMA DE FLUIDEZ

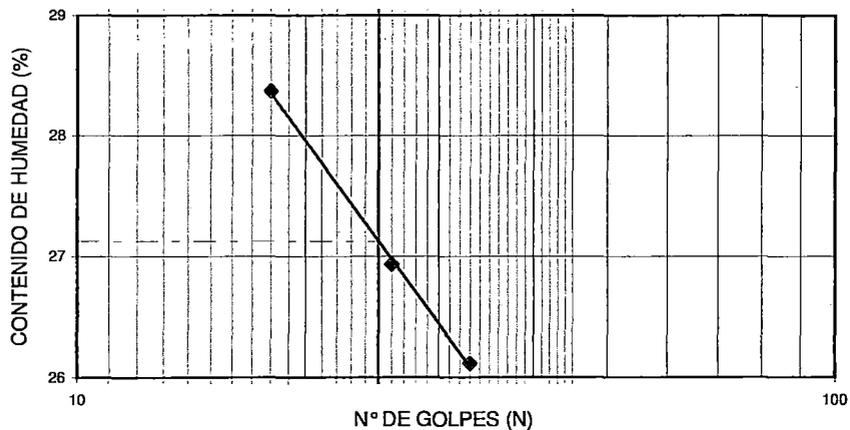
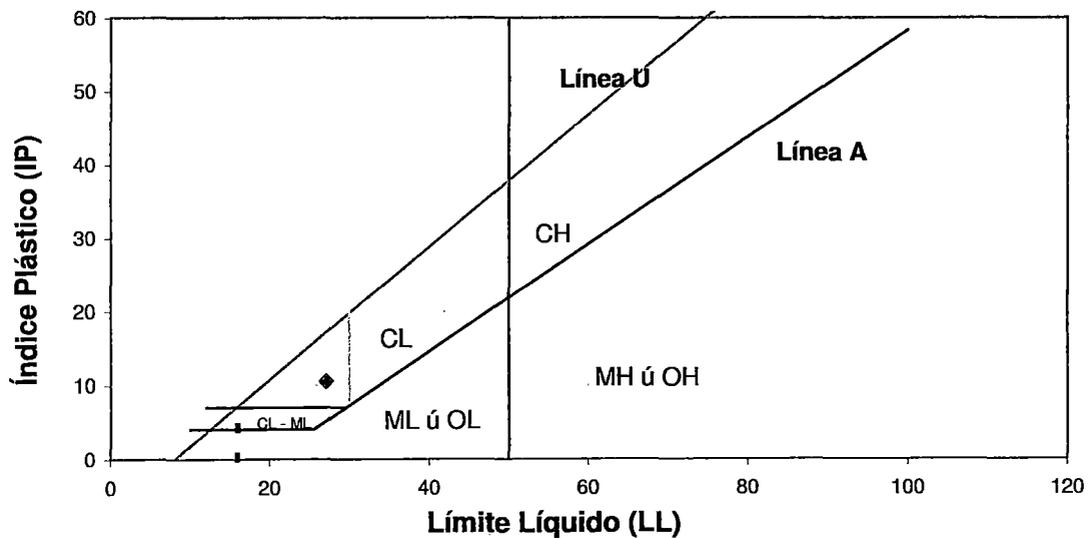


GRÁFICO DE PLASTICIDAD



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JET

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : **AV-243-10E**  
 Ubicación: Solicitado por: **W. Guzman**

N° de muestra: **SP-4050 T-01 M-01** Fecha: **13-Dic-10**  
 Descripción / Zona:

Partículas > 5" (%) 15,1  
 Partículas > 4" (%) 9,7  
 Partículas > 3" (%) 9,8

Grava (%) : 94,7  
 Arena (%) : 3,3  
 Limos y Arcillas (%) : 2,0

Límites de Atterberg: LL (%) : 31  
 LP (%) : 19  
 IP (%) : 12

Humedad (%) : 0,3

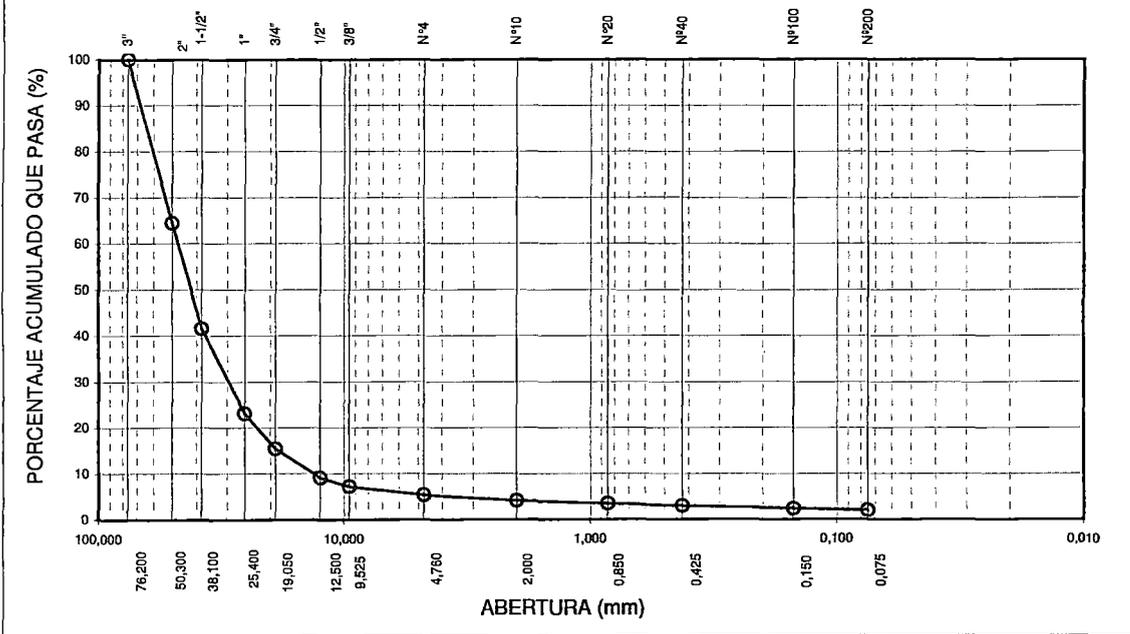
Clasificación SUCS : **GW**

**Grava bien gradada**

D10 : 13,50  
 D30: 29,57  
 D60: 57,50  
 Cu: 4,26  
 Cc: 1,13

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	64,5
1 1/2"	38,100	41,5
1"	25,400	23,1
3/4"	19,050	15,4
1/2"	12,500	9,0
3/8"	9,525	7,2
Nº4	4,760	5,3
Nº10	2,000	4,1
Nº20	0,850	3,5
Nº40	0,425	3,0
Nº100	0,150	2,4
Nº200	0,075	2,0

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **DT/CG** Ingresado por: **TOM** Revisado por: **CSM** Laboratorio: **AV-243-10E**

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES  
 Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación: Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4050 T-01 M-01 Fecha: 11-Dic-10

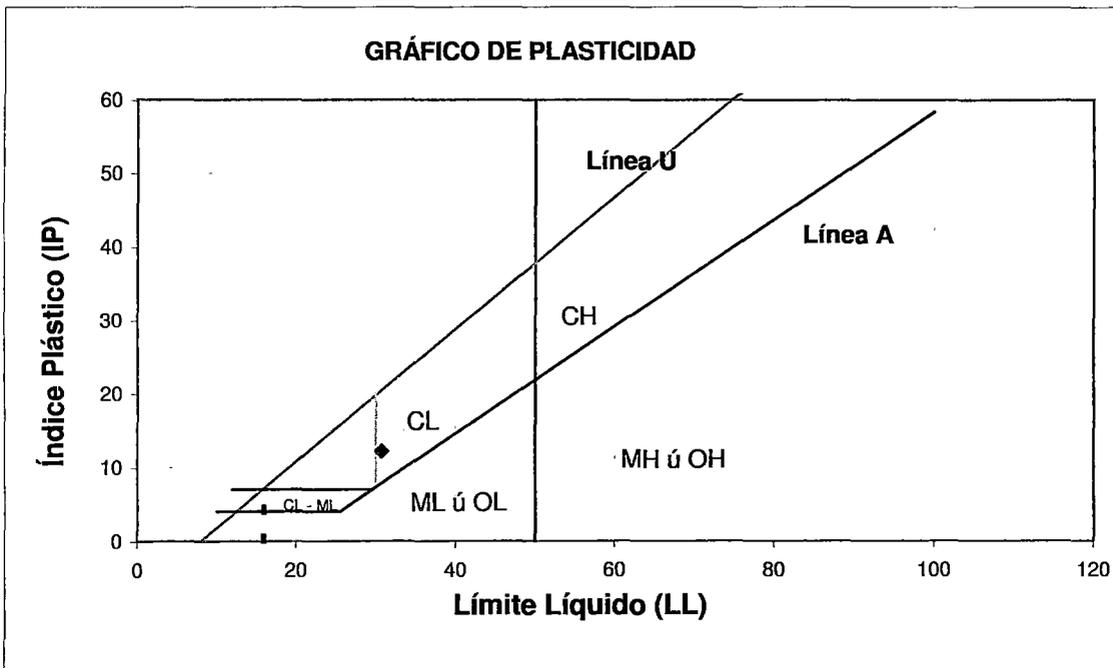
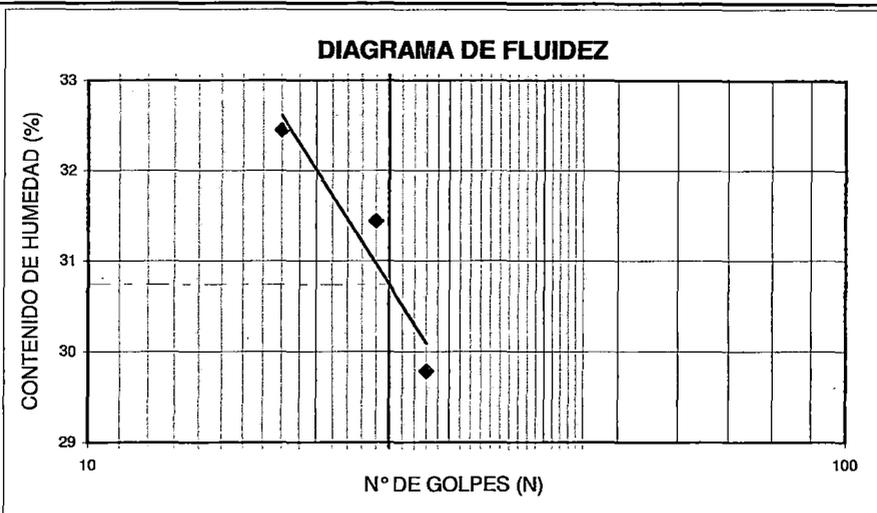
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

LL (%): 31

LP (%): 19

IP (%): 12



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
JET

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra:

SP-4050 T-02 M-02

Fecha:

13-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 5" (%) 13,1  
Partículas > 4" (%) 11,2  
Partículas > 3" (%) 23,6

D10 : 0,50

Grava (%) : 82,9

D30: 25,12

Arena (%) : 10,8

D60: 65,69

Limos y Arcillas (%) : 6,3

Cu: 130,32

Cc: 19,05

Límites de Atterberg: LL (%) : 28

LP (%) : 14

IP (%) : 14

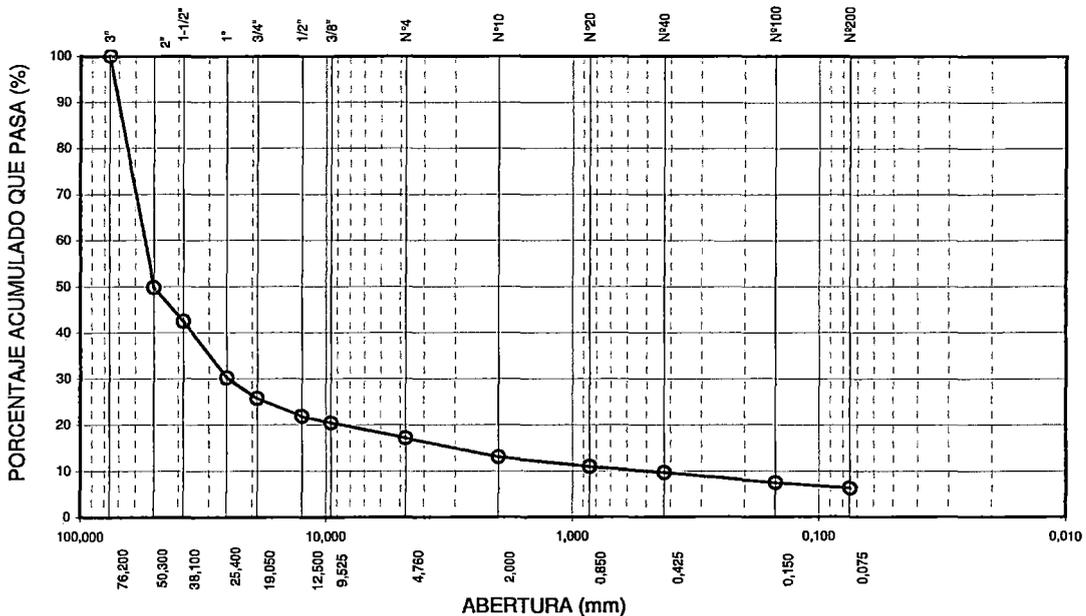
Humedad (%) : 0,2

Clasificación SUCS : GP-GC

Grava mal gradada con arcilla

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	49,7
1 1/2"	38,100	42,4
1"	25,400	30,2
3/4"	19,050	25,7
1/2"	12,500	21,9
3/8"	9,525	20,4
Nº4	4,760	17,1
Nº10	2,000	13,0
Nº20	0,850	11,0
Nº40	0,425	9,7
Nº100	0,150	7,5
Nº200	0,075	6,3

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

DT

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : **AV-243-10E**

Ubicación: Solicitado por: **W. Guzman**

N° de muestra: **SP-4050 T-02 M-02** Fecha: **11-Dic-10**

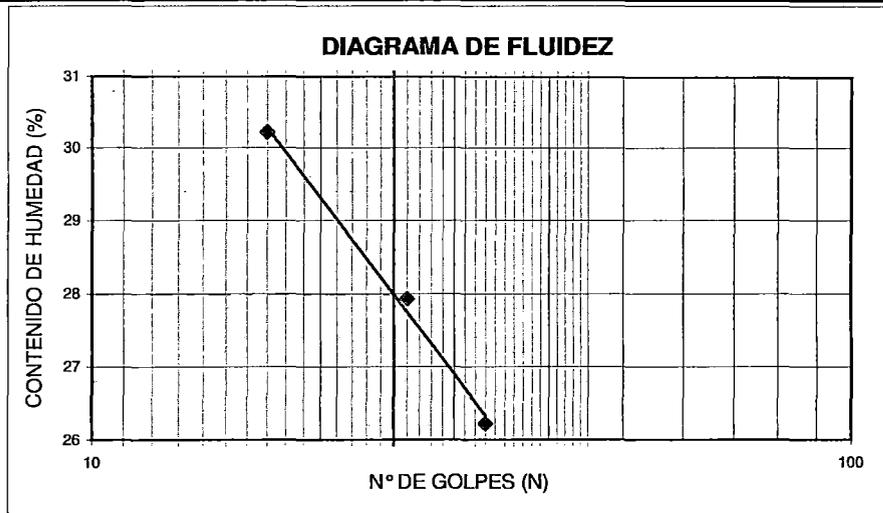
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

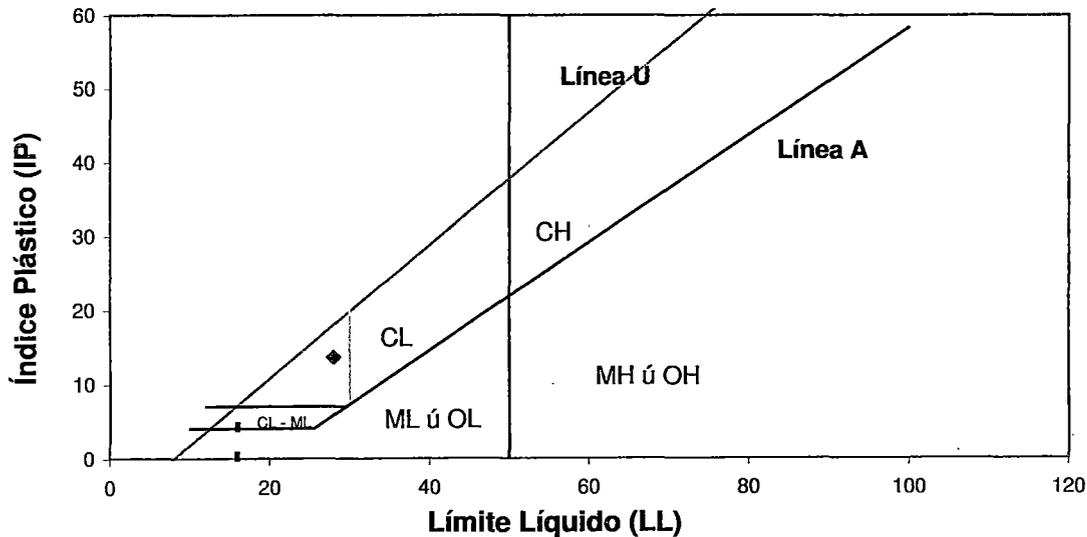
LL (%): 28

LP (%): 14

IP (%): 14



**GRÁFICO DE PLASTICIDAD**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
JET

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación: Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4050 T-03 M-03 Fecha: 13-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 5" (%) 11,5  
 Partículas > 4" (%) 11,2  
 Partículas > 3" (%) 12,7

Grava (%) : 84,0 D10 : 0,34  
 Arena (%) : 8,8 D30: 18,93  
 Limos y Arcillas (%): 7,3 Cu: 107,80  
 Cc: 29,19

Límites de Atterberg: LL (%) : 31  
 LP (%) : 15  
 IP (%) : 16

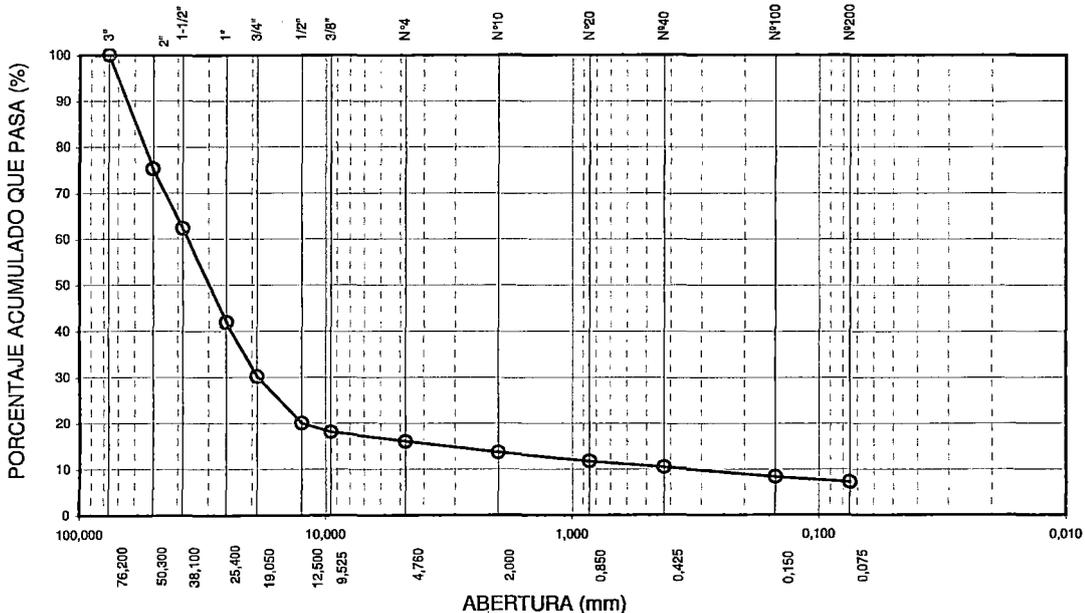
Humedad (%) : 0,3

Clasificación SUCS : GP-GC

Grava mal gradada con arcilla

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	75,2
1 1/2"	38,100	62,3
1"	25,400	41,9
3/4"	19,050	30,2
1/2"	12,500	20,0
3/8"	9,525	18,1
Nº4	4,760	16,0
Nº10	2,000	13,7
Nº20	0,850	11,8
Nº40	0,425	10,5
Nº100	0,150	8,4
Nº200	0,075	7,3

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
DT

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES  
Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : AV-243-10E

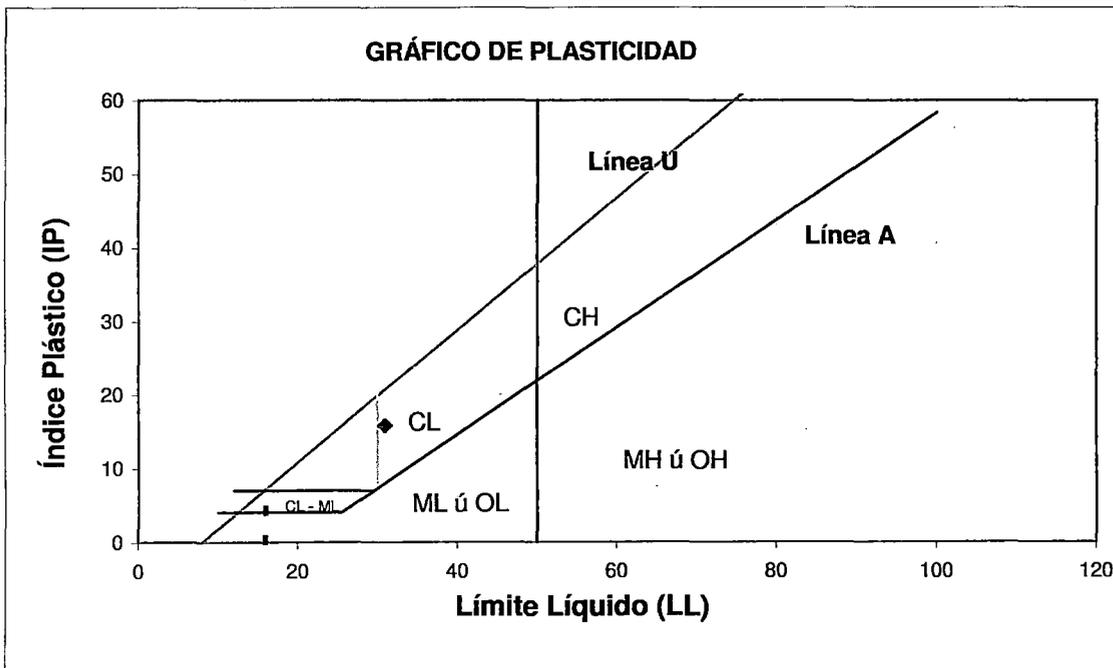
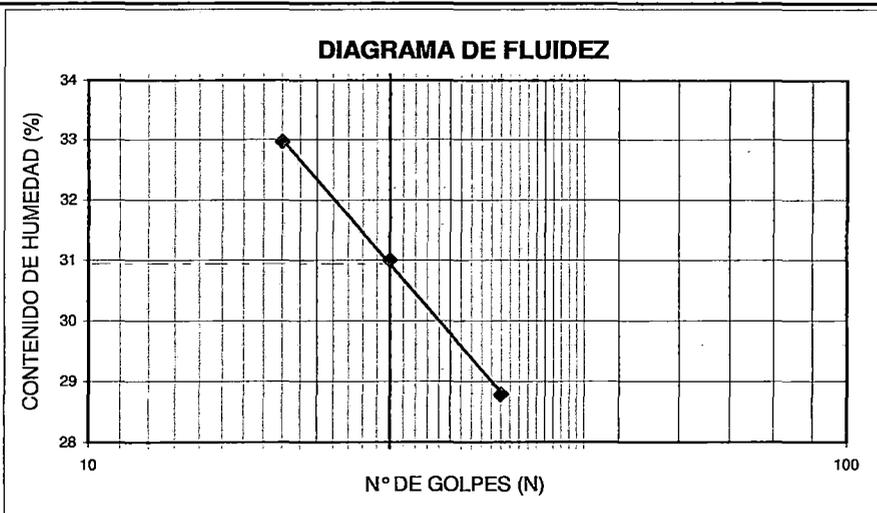
Ubicación: Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4050 T-03 M-03 Fecha: 11-Dic-10

Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

LL (%): 31  
LP (%): 15  
IP (%): 16



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
JET

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : **AV-243-10E**

Ubicación: Solicitado por: **W. Guzman**

N° de muestra: **SP-4050 T-04 M-04** Fecha: **13-Dic-10**

Descripción / Zona:

Partículas > 4" (%) **35,9**

Grava (%) : **92,8**

Arena (%) : **4,2**

Limos y Arcillas (%) : **3,0**

D10 : **13,06**

D30 : **32,40**

D60 : **64,58**

Cu : **4,94**

Cc : **1,24**

Límites de Atterberg: LL (%) : **29**

LP (%) : **19**

IP (%) : **10**

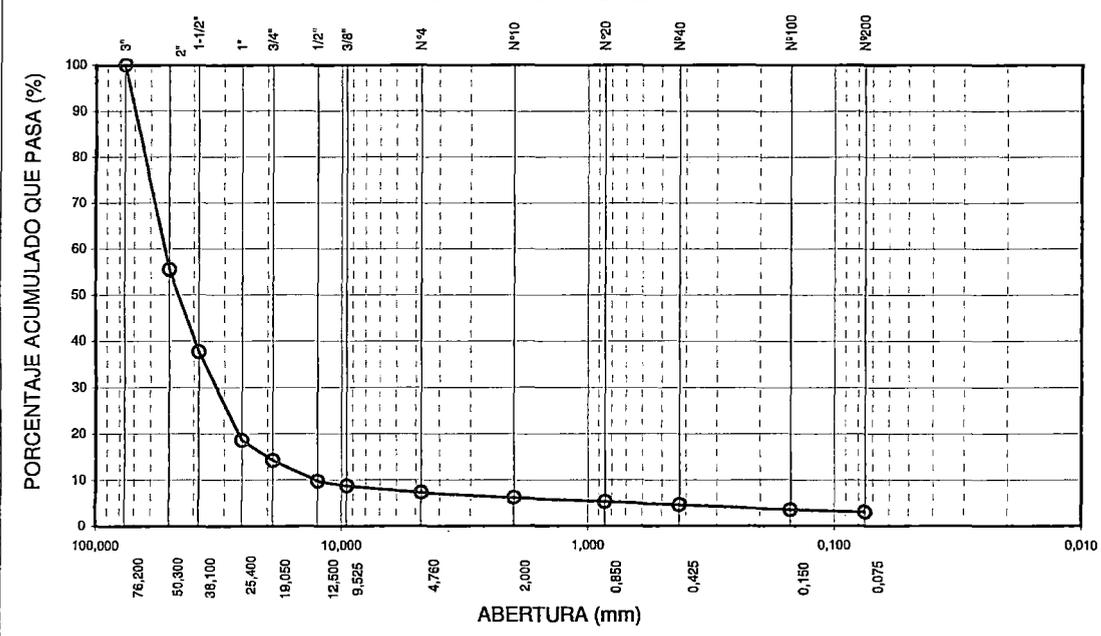
Humedad (%) : **0,2**

Clasificación SUCS : **GW**

Grava bien gradada

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	55,5
1 1/2"	38,100	37,6
1"	25,400	18,6
3/4"	19,050	14,2
1/2"	12,500	9,7
3/8"	9,525	8,6
Nº4	4,760	7,2
Nº10	2,000	6,1
Nº20	0,850	5,2
Nº40	0,425	4,6
Nº100	0,150	3,6
Nº200	0,075	3,0

### CURVA GRANULOMÉTRICA



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
DT

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra:

SP-4050 T-04 M-04

Fecha:

11-Dic-10

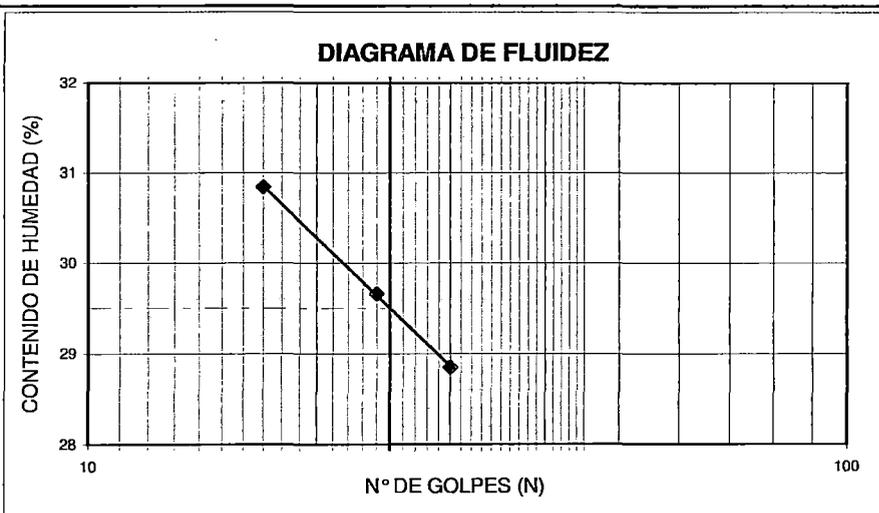
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

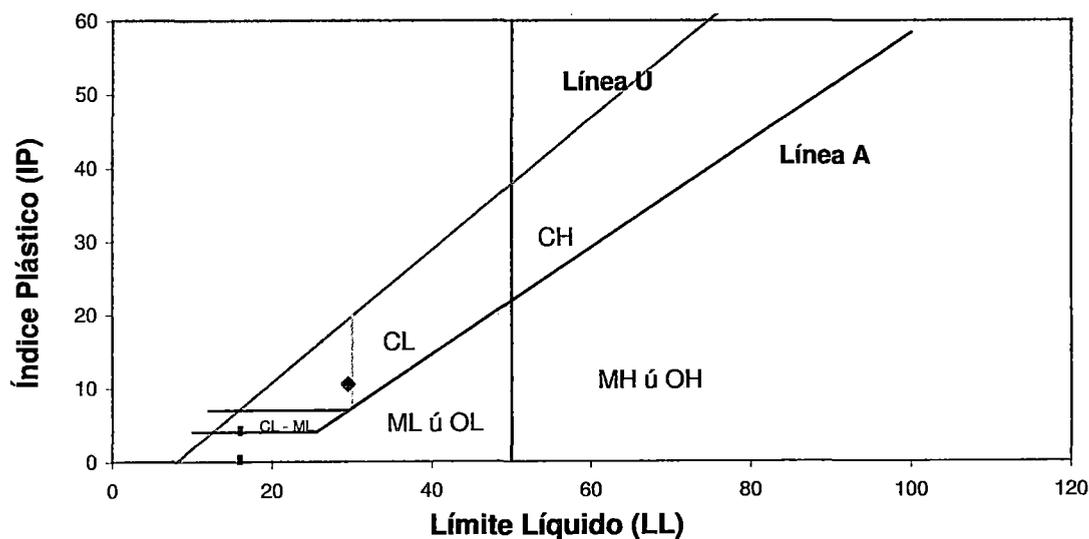
LL (%): 29

LP (%): 19

IP (%): 10



**GRÁFICO DE PLASTICIDAD**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
JET

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : **AV-243-10E**

Ubicación: Solicitado por: **W. Guzman**

N° de muestra: **SP-4090 C-01 M-01** Fecha: **11-Dic-10**

Descripción / Zona:

Partículas > 4" (%) **10,4**  
 Partículas > 3" (%) **13,5**

Grava (%) : **76,7** D10 : **0,16**  
 Arena (%) : **15,1** D30: **9,04**  
 Limos y Arcillas (%) : **8,3** Cu: **178,92**  
 Cc: **17,26**

Límites de Atterberg: LL (%) : **20**  
 LP (%) : **14**  
 IP (%) : **6**

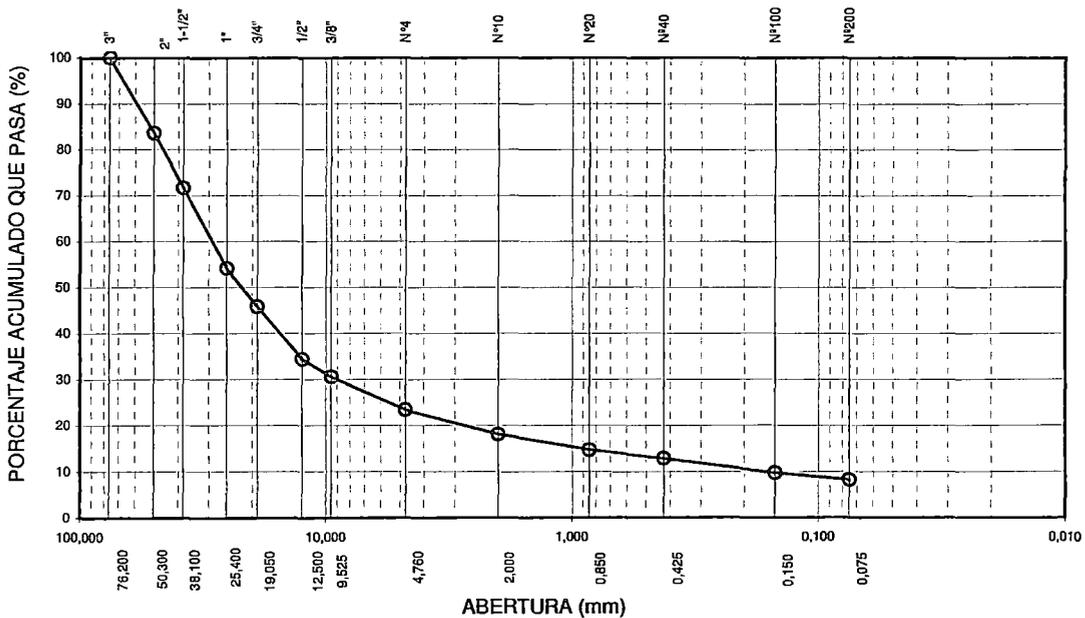
Humedad (%) : **0,3**

Clasificación SUCS : **GP-GC**

**Grava mal gradada con arcilla y limo con arena**

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	83,5
1 1/2"	38,100	71,6
1"	25,400	54,1
3/4"	19,050	45,8
1/2"	12,500	34,4
3/8"	9,525	30,5
Nº4	4,760	23,3
Nº10	2,000	18,0
Nº20	0,850	14,7
Nº40	0,425	12,8
Nº100	0,150	9,8
Nº200	0,075	8,3

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **DT** Ingresado por: **TOM** Revisado por: **CSM** Laboratorio: **AV-243-10E**

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra:

SP-4090 C-01 M-01

Fecha:

11-Dic-10

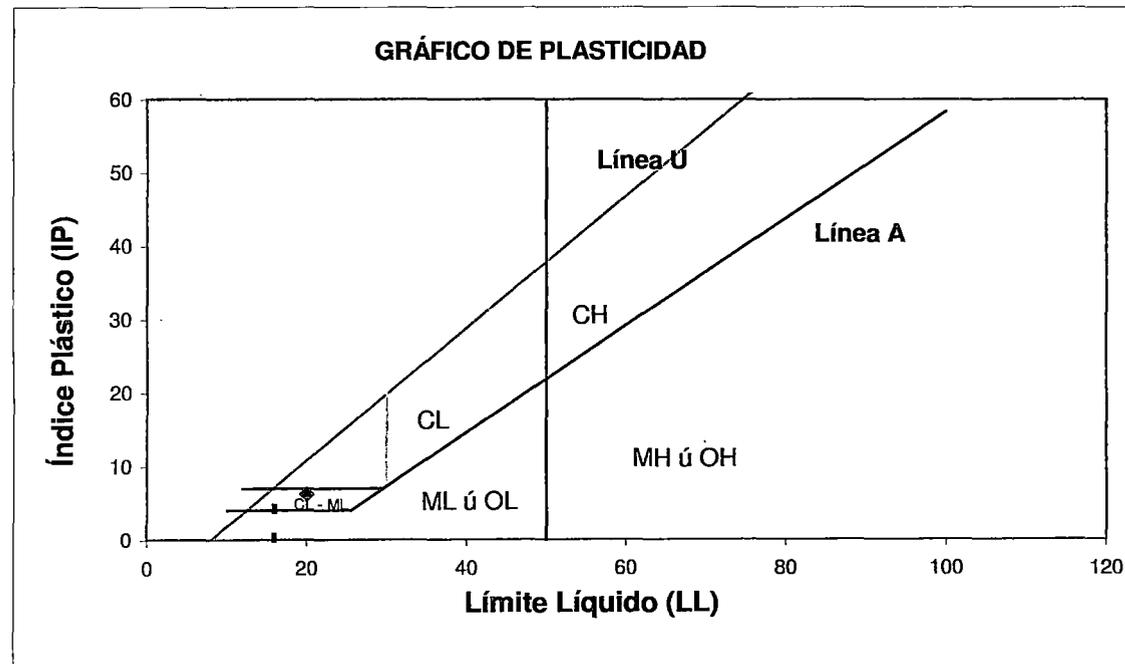
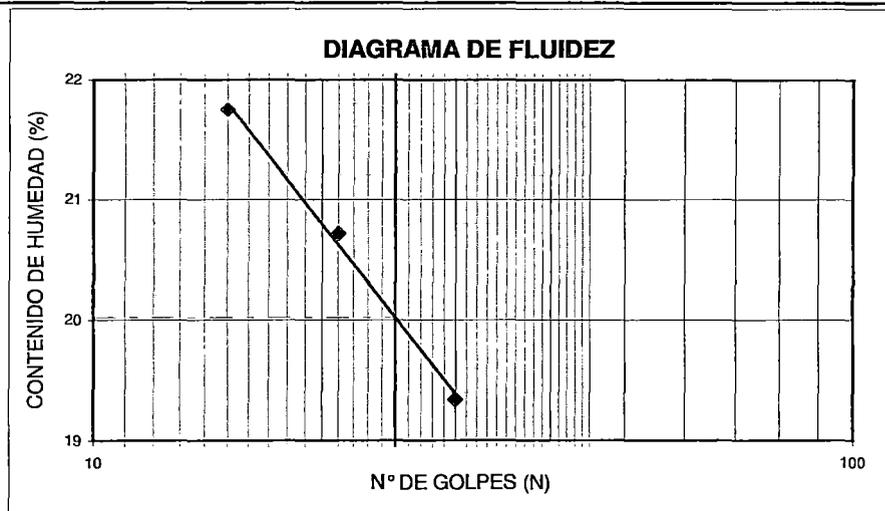
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

LL (%): 20

LP (%): 14

IP (%): 6



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JET

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra:

SP-4090 C-02 M-02

Fecha:

13-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 4" (%) 5,4

Partículas > 3" (%) 3,4

Grava (%) : 74,5

Arena (%) : 18,3

Limos y Arcillas (%) : 7,2

Límites de Atterberg: LL (%) : 18

LP (%) : 14

IP (%) : 4

Humedad (%) : 0,2

Clasificación SUCS : GP-GM

Grava mal gradada con limo con arena

D10 : 0,18

D30 : 6,65

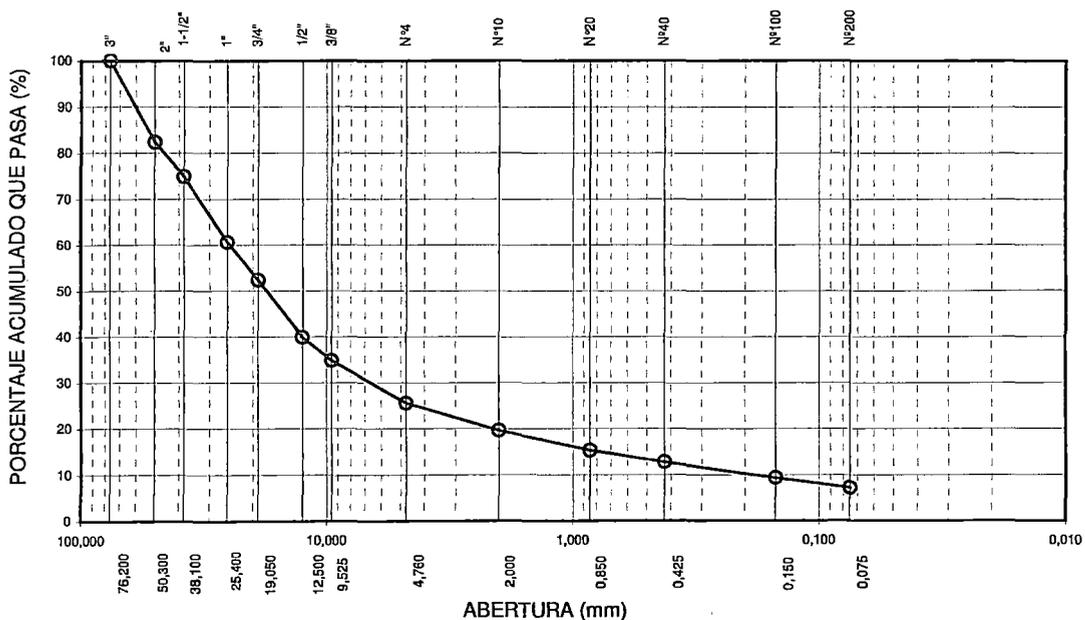
D60 : 24,87

Cu : 136,77

Cc : 9,77

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	82,3
1 1/2"	38,100	74,8
1"	25,400	60,6
3/4"	19,050	52,3
1/2"	12,500	39,9
3/8"	9,525	34,8
Nº4	4,760	25,5
Nº10	2,000	19,6
Nº20	0,850	15,2
Nº40	0,425	12,8
Nº100	0,150	9,4
Nº200	0,075	7,2

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

DT

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4090 C-02 M-02

Fecha: 11-Dic-10

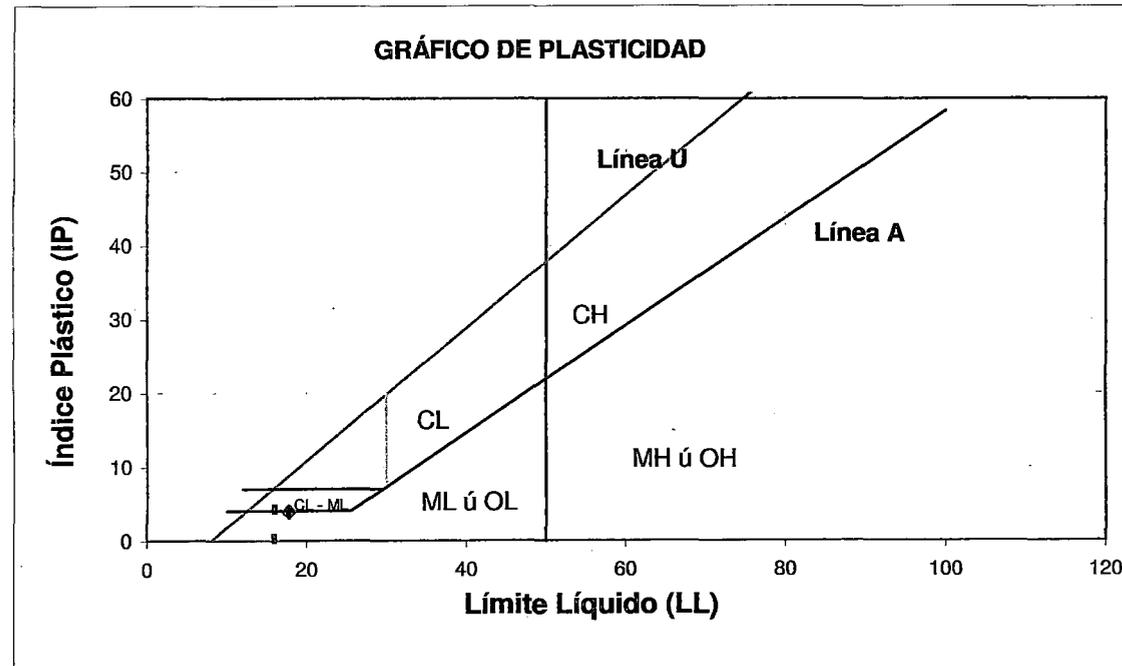
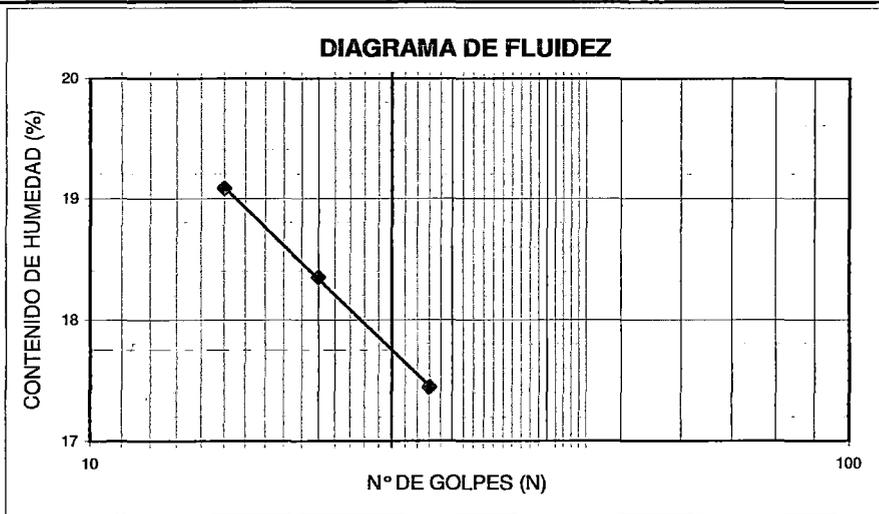
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

LL (%): 18

LP (%): 14

IP (%): 4



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
JET

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4090 C-03 M-03

Fecha: 13-Dic-10

Descripción / Zona:

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	85,4
1 1/2"	38,100	65,5
1"	25,400	42,2
3/4"	19,050	33,1
1/2"	12,500	24,3
3/8"	9,525	20,2
Nº4	4,760	14,2
Nº10	2,000	10,7
Nº20	0,850	9,0
Nº40	0,425	8,1
Nº100	0,150	6,9
Nº200	0,075	6,0

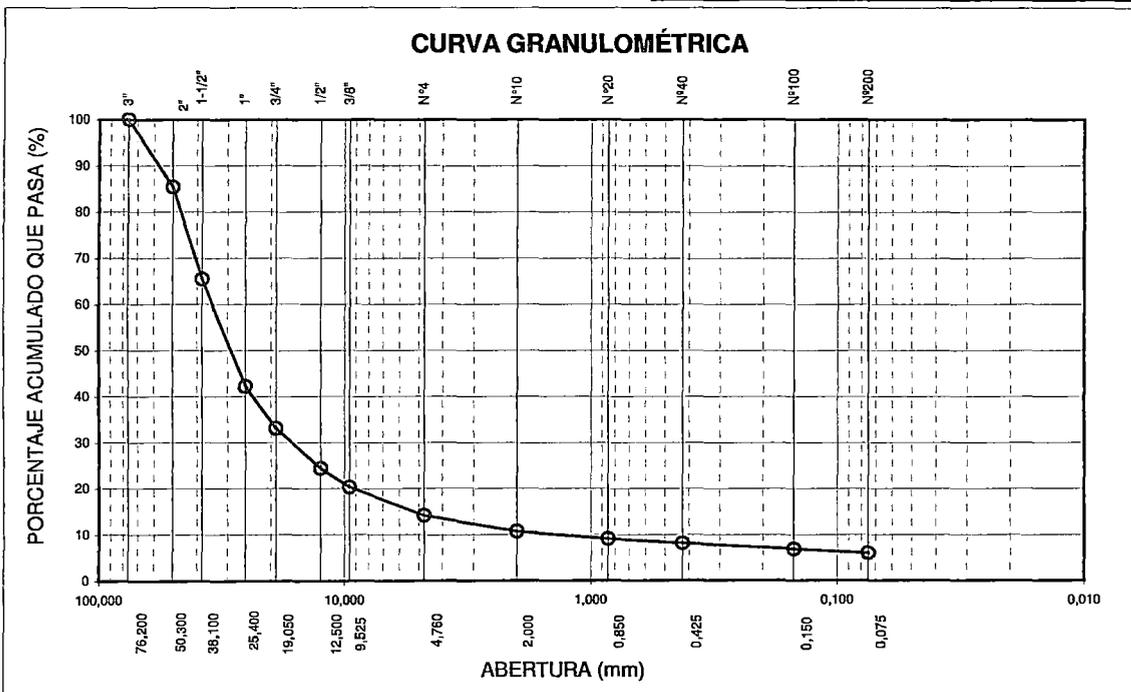
Partículas > 3" (%)	4,0	D10 :	1,41
Grava (%) :	85,8	D30:	16,53
Arena (%) :	8,1	D60:	34,64
Limos y Arcillas (%) :	6,0	Cu:	24,52
		Cc:	5,58

Límites de Atterberg: LL (%) : 21  
 LP (%) : 14  
 IP (%) : 7

Humedad (%) : 0,2

Clasificación SUCS : GP-GC  
 Grava mal gradada con arcilla y limo



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

DT

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra:

SP-4090 C-03 M-03

Fecha:

11-Dic-10

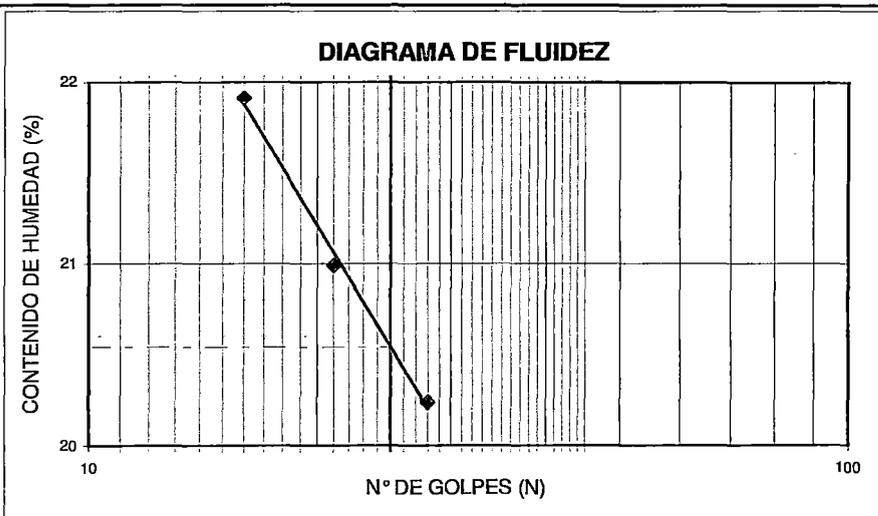
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

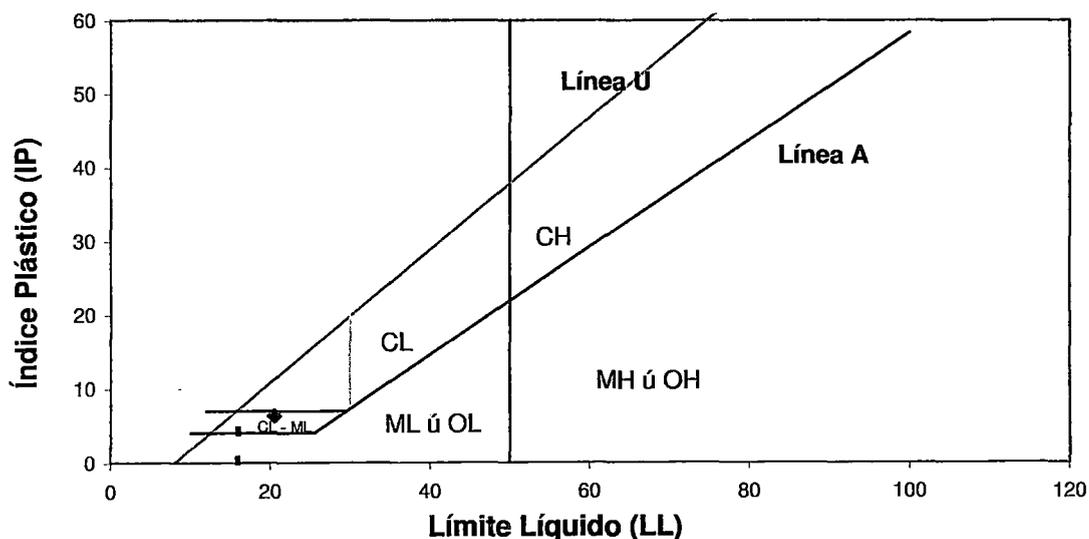
LL (%): 21

LP (%): 14

IP (%): 7



**GRÁFICO DE PLASTICIDAD**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JET

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4090 C-04 M-04

Fecha: 13-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 3" (%) 6,0

Grava (%) : 75,5

Arena (%) : 8,5

Limos y Arcillas (%) : 16,0

Límites de Atterberg: LL (%) : 18

LP (%) : 13

IP (%) : 5

Humedad (%) : 0,1

Clasificación SUCS : GC-GM

Grava arcillo-limosa

D10 :

D30: 8,69

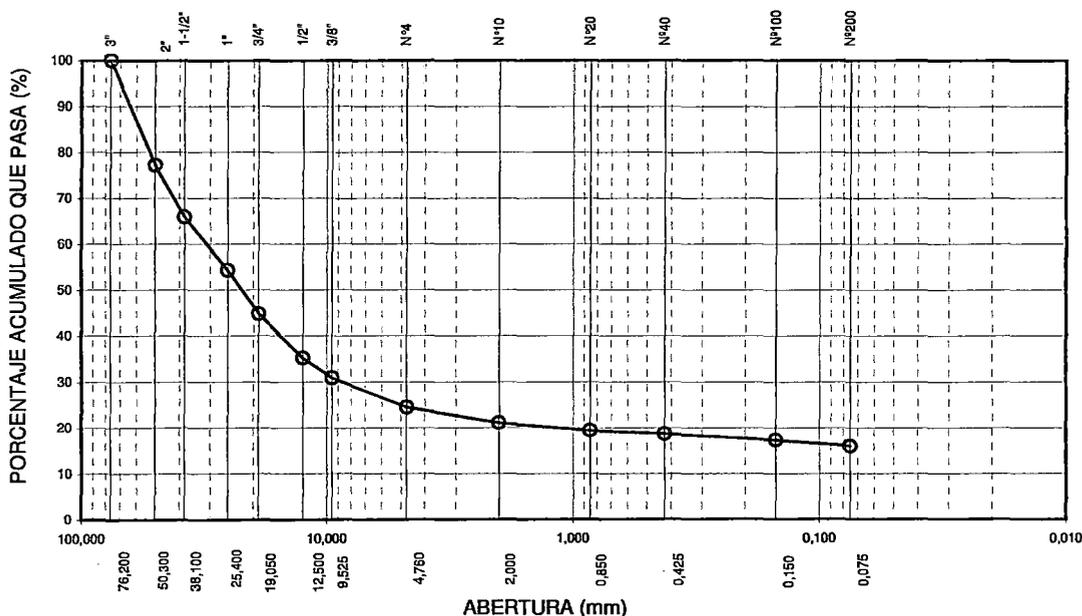
D60: 31,09

Cu:

Cc:

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	77,2
1 1/2"	38,100	65,8
1"	25,400	54,2
3/4"	19,050	44,8
1/2"	12,500	35,1
3/8"	9,525	30,8
Nº4	4,760	24,5
Nº10	2,000	21,1
Nº20	0,850	19,4
Nº40	0,425	18,7
Nº100	0,150	17,3
Nº200	0,075	16,0

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

DT

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4090 C-04 M-04

Fecha: 11-Dic-10

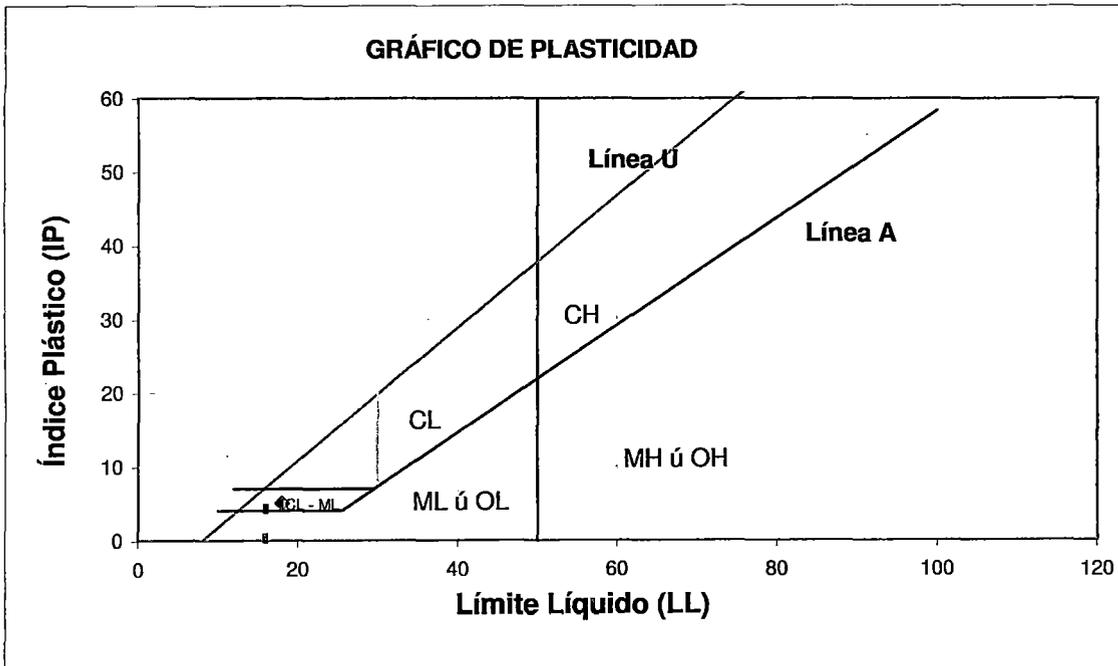
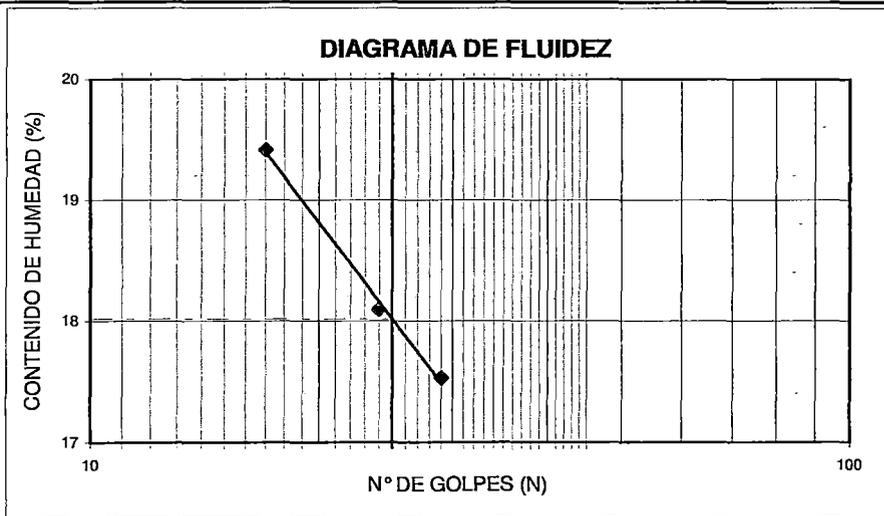
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

LL (%): 18

LP (%): 13

IP (%): 5



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
JET

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra:

SP-4121 C-01 M-01

Fecha:

11-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 4" (%) 11,6  
Partículas > 3" (%) 2,8

Grava (%) : 89,4  
Arena (%) : 5,8  
Limos y Arcillas (%) : 4,8

D10 : 3,54  
D30 : 26,97  
D60 : 55,12  
Cu : 15,55  
Cc : 3,72

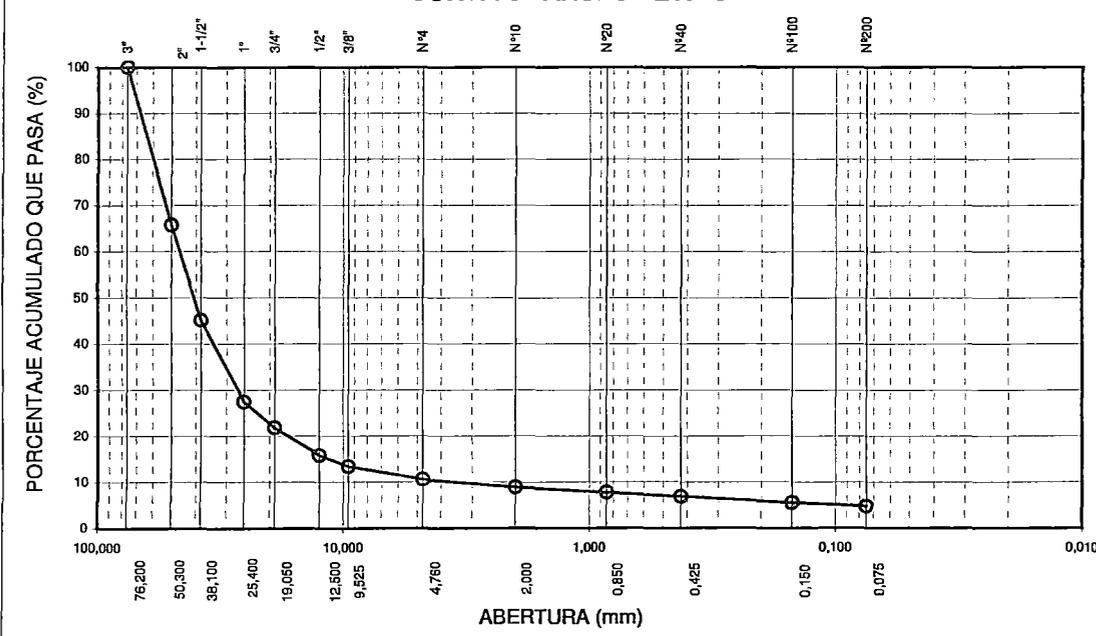
Límites de Atterberg: LL (%) : 20  
LP (%) : 15  
IP (%) : 5

Humedad (%) : 0,2  
Clasificación SUCS : GP

Grava mal gradada

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	65,7
1 1/2"	38,100	45,0
1"	25,400	27,4
3/4"	19,050	21,8
1/2"	12,500	15,8
3/8"	9,525	13,4
Nº4	4,760	10,6
Nº10	2,000	8,9
Nº20	0,850	7,7
Nº40	0,425	6,9
Nº100	0,150	5,6
Nº200	0,075	4,8

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
DT

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra:

SP-4121 C-01 M-01

Fecha:

11-Dic-10

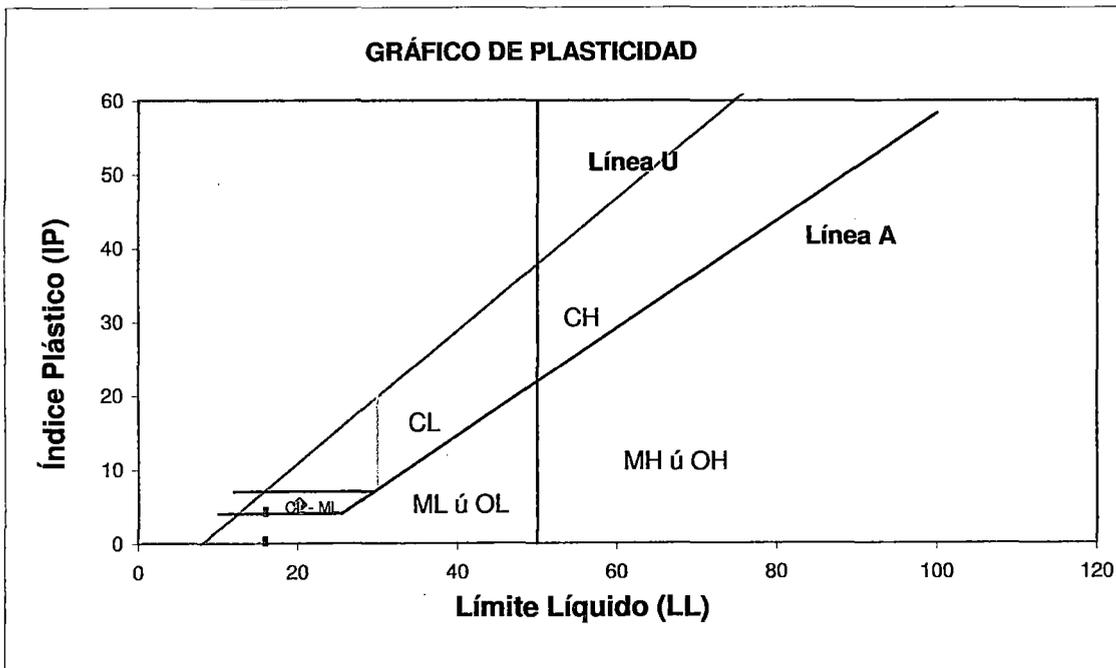
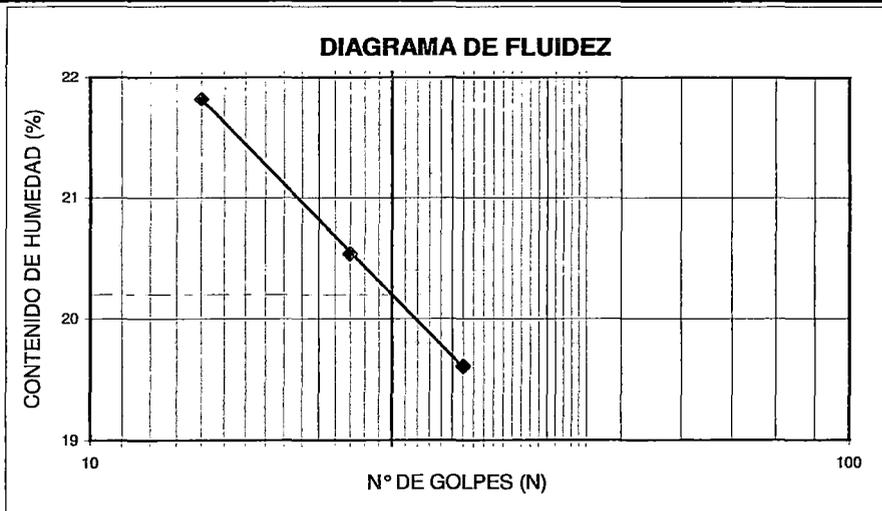
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

LL (%): 20

LP (%): 15

IP (%): 5



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
JET

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4121 C-02 M-02

Fecha: 11-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 4" (%) 11,4  
Partículas > 3" (%) 8,9

Grava (%) : 94,1 D10 : 11,83  
Arena (%) : 4,1 D30 : 29,02  
Limos y Arcillas (%) : 1,9 D60 : 62,40  
Cu : 5,27  
Cc : 1,14

Límites de Atterberg: LL (%) : 18  
LP (%) : 11  
IP (%) : 7

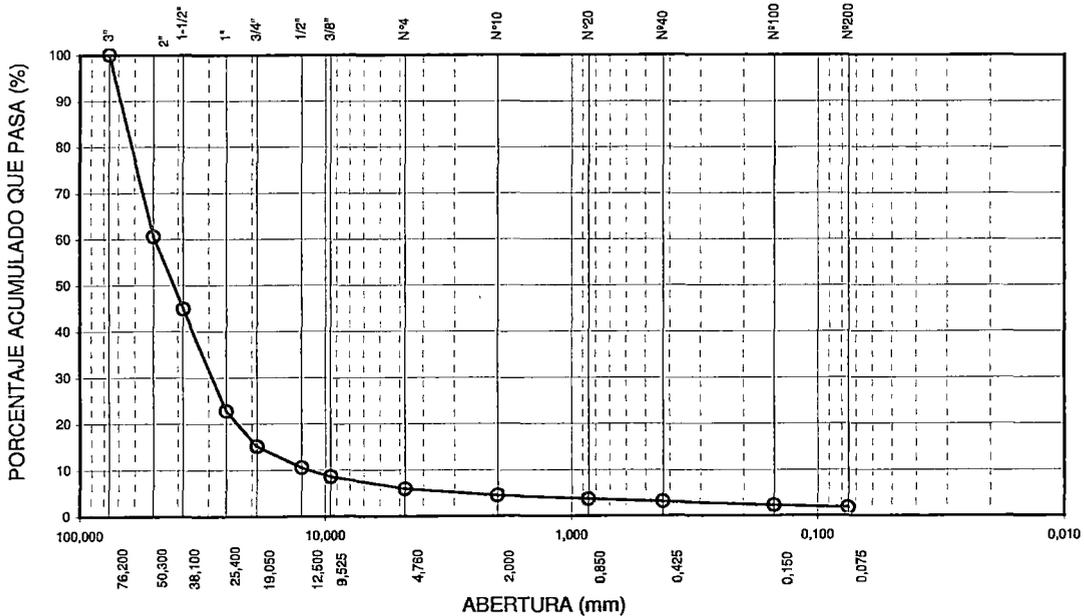
Humedad (%) : 0,1

Clasificación SUCS : GW

Grava bien gradada

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	60,5
1 1/2"	38,100	44,8
1"	25,400	22,7
3/4"	19,050	15,1
1/2"	12,500	10,5
3/8"	9,525	8,6
Nº4	4,760	5,9
Nº10	2,000	4,4
Nº20	0,850	3,6
Nº40	0,425	3,1
Nº100	0,150	2,3
Nº200	0,075	1,9

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

DT/CG

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4121 C-02 M-02

Fecha: 11-Dic-10

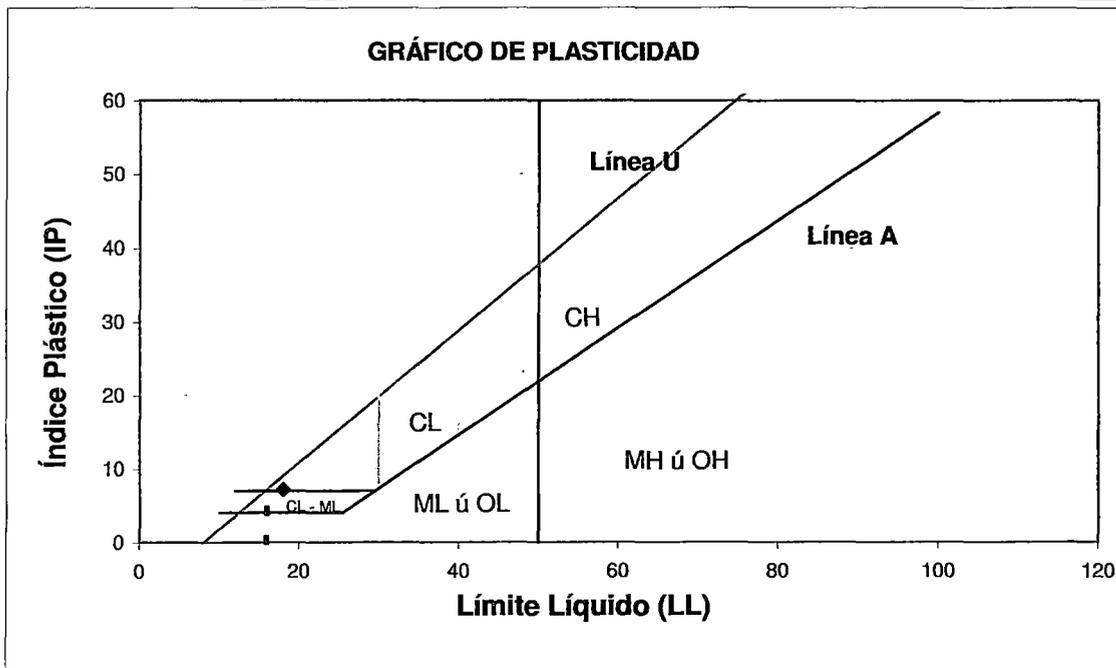
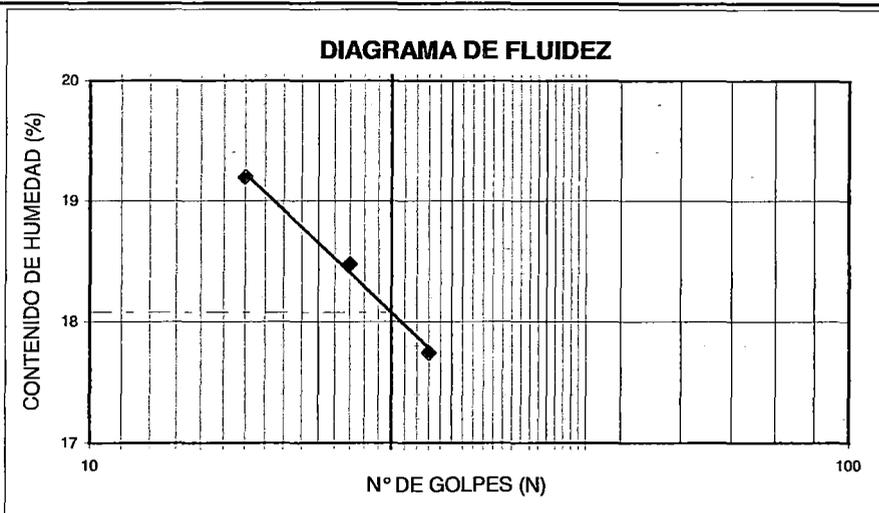
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

LL (%): 18

LP (%): 11

IP (%): 7



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
JET

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra:

SP-4121 C-03 M-03

Fecha:

11-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 4" (%) 17,2  
Partículas > 3" (%) 7,7

Grava (%) : 76,1  
Arena (%) : 14,0  
Limos y Arcillas (%) : 9,9

D10 : 0,08  
D30: 9,32  
D60: 39,96  
Cu: 523,11  
Cc: 28,48

Límites de Atterberg: LL (%) : 22  
LP (%) : 14  
IP (%) : 8

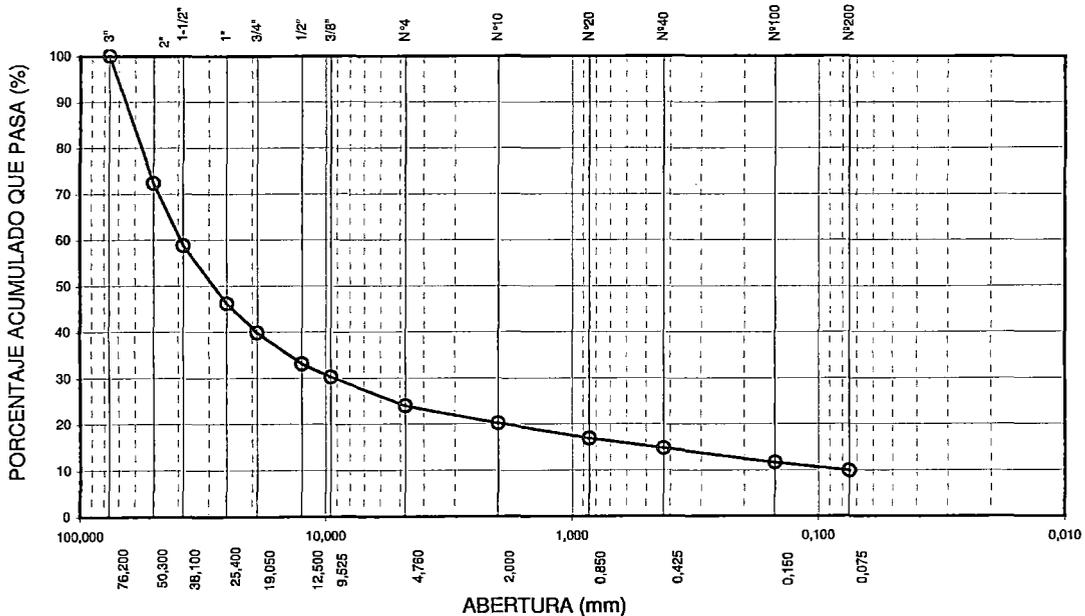
Humedad (%) : 0,4

Clasificación SUCS : GP-GC

Grava mal gradada con arcilla

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	72,3
1 1/2"	38,100	58,7
1"	25,400	46,1
3/4"	19,050	39,8
1/2"	12,500	33,0
3/8"	9,525	30,2
Nº4	4,760	23,9
Nº10	2,000	20,1
Nº20	0,850	16,8
Nº40	0,425	14,8
Nº100	0,150	11,6
Nº200	0,075	9,9

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

DT/CG

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E



Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab :

AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por:

W. Guzman

N° de muestra:

SP-4121 C-04 M-04

Fecha:

11-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 5" (%) 15,7  
Partículas > 4" (%) 18,2  
Partículas > 3" (%) 14,6

Grava (%) : 69,9  
Arena (%) : 21,0  
Limos y Arcillas (%) : 9,1

Límites de Atterberg: LL (%) : 21  
LP (%) : 14  
IP (%) : 7

Humedad (%) : 0,3

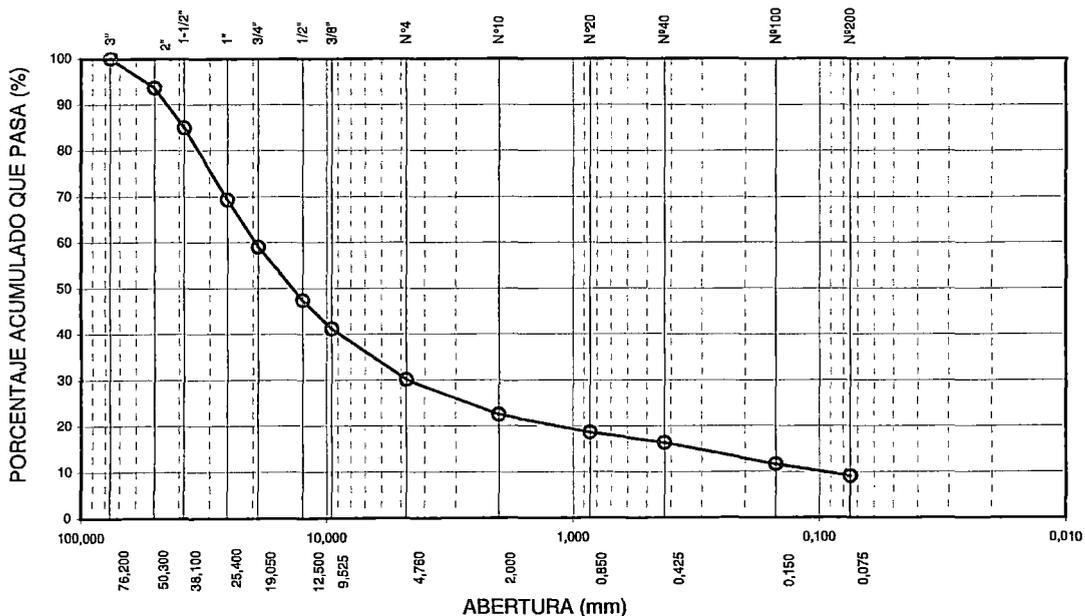
Clasificación SUCS : GP-GC

Grava mal gradada con arcilla y limo con arena

D10 : 0,10  
D30 : 4,73  
D60 : 19,60  
Cu : 205,98  
Cc : 12,00

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	93,5
1 1/2"	38,100	84,9
1"	25,400	69,3
3/4"	19,050	59,0
1/2"	12,500	47,4
3/8"	9,525	41,1
Nº4	4,760	30,1
Nº10	2,000	22,5
Nº20	0,850	18,6
Nº40	0,425	16,4
Nº100	0,150	11,7
Nº200	0,075	9,1

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

DT/CG

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES  
 Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4121 C-04 M-04

Fecha: 11-Dic-10

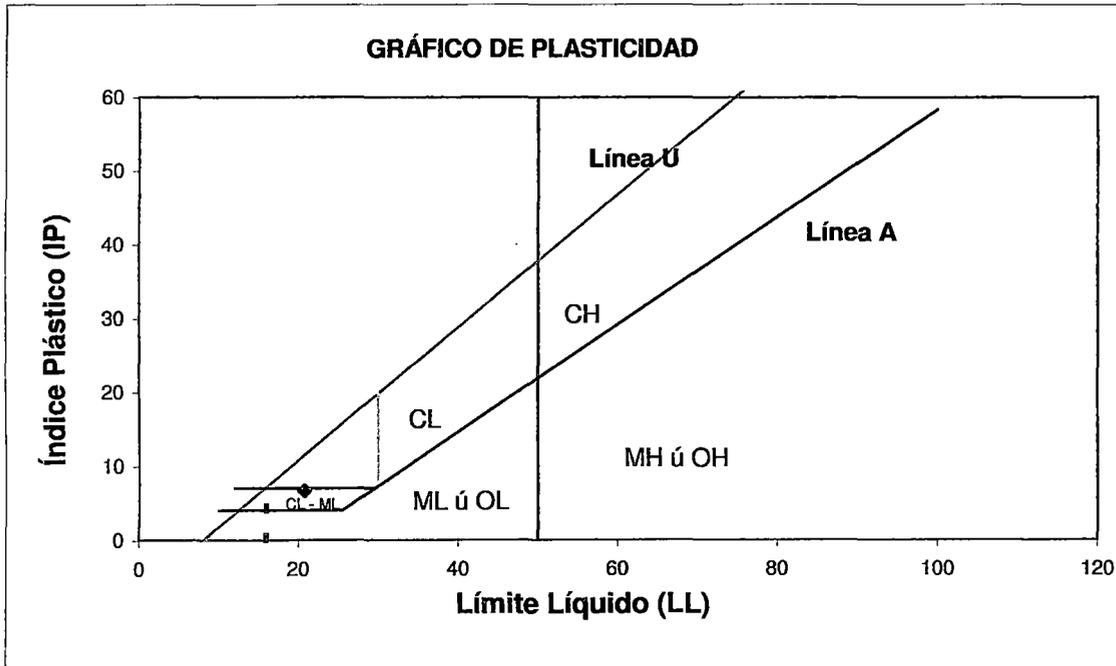
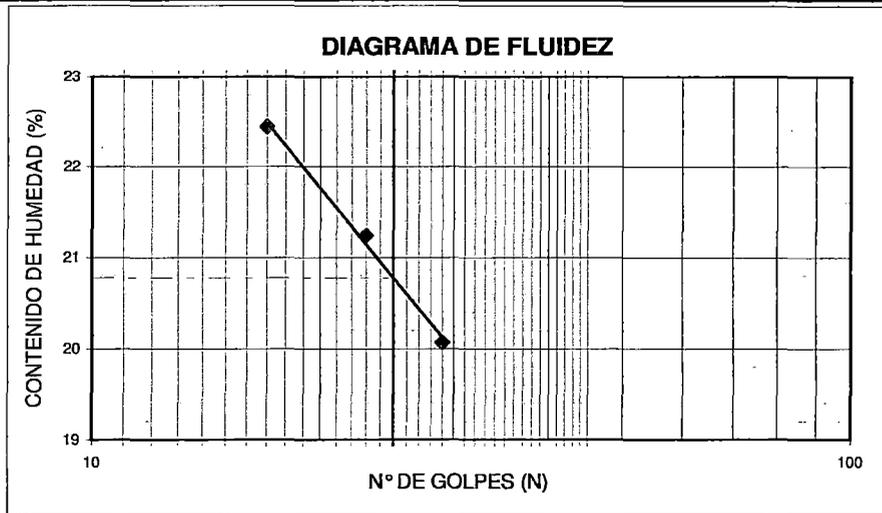
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

LL (%): 21

LP (%): 14

IP (%): 7



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JET

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab : **AV-243-10E**

Ubicación:

Solicitado por: **W. Guzman**

N° de muestra: **SP-4140 T-01 M-01**

Fecha: **02-Dic-10**

Descripción / Zona:

Partículas > 7" (%) **23,1**  
Partículas > 3" (%) **30,1**

Grava (%) : **99,3**  
Arena (%) : **0,7**  
Limos y Arcillas (%) : **0,0**

D10 : **15,82**  
D30 : **28,20**  
D60 : **45,84**  
Cu : **2,90**  
Cc : **1,10**

Límites de Atterberg: LL (%) : **NP**  
LP (%) : **NP**  
IP (%) : **NP**

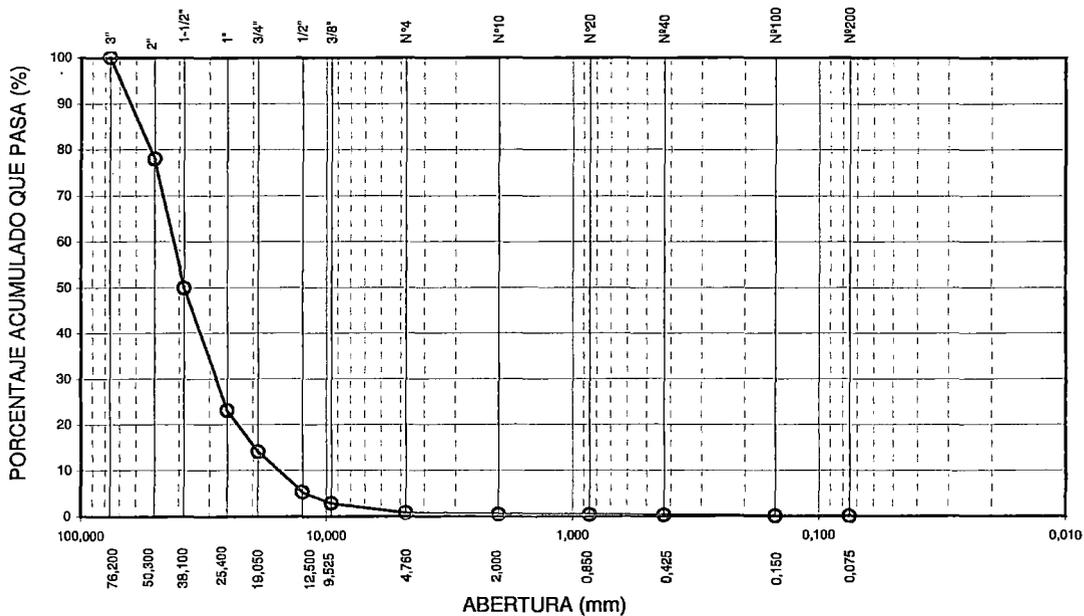
Humedad (%) : **0,2**

Clasificación SUCS : **GP**

**Grava mal gradada**

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	77,9
1 1/2"	38,100	49,8
1"	25,400	23,1
3/4"	19,050	14,0
1/2"	12,500	5,2
3/8"	9,525	2,8
Nº4	4,760	0,7
Nº10	2,000	0,4
Nº20	0,850	0,3
Nº40	0,425	0,3
Nº100	0,150	0,1
Nº200	0,075	0,0

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
**JET**

Ingresado por:  
**TOM**

Revisado por:  
**CSM**

Laboratorio:  
**AV-243-10E**

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : **AV-243-10E**

Ubicación: Solicitado por: **W. Guzman**

N° de muestra: **SP-4140 T-02 M-02** Fecha: **02-Dic-10**

Descripción / Zona:

Partículas > 5" (%) **38,7**  
 Partículas > 3" (%) **14,3**

Grava (%) : **99,7** D10 : **24,72**  
 Arena (%) : **0,3** D30 : **41,89**  
 Limos y Arcillas (%) : **0,0** D60 : **65,83**  
 Cu: **2,66**  
 Cc: **1,08**

Límites de Atterberg: LL (%) : NP  
 LP (%) : NP  
 IP (%) : NP

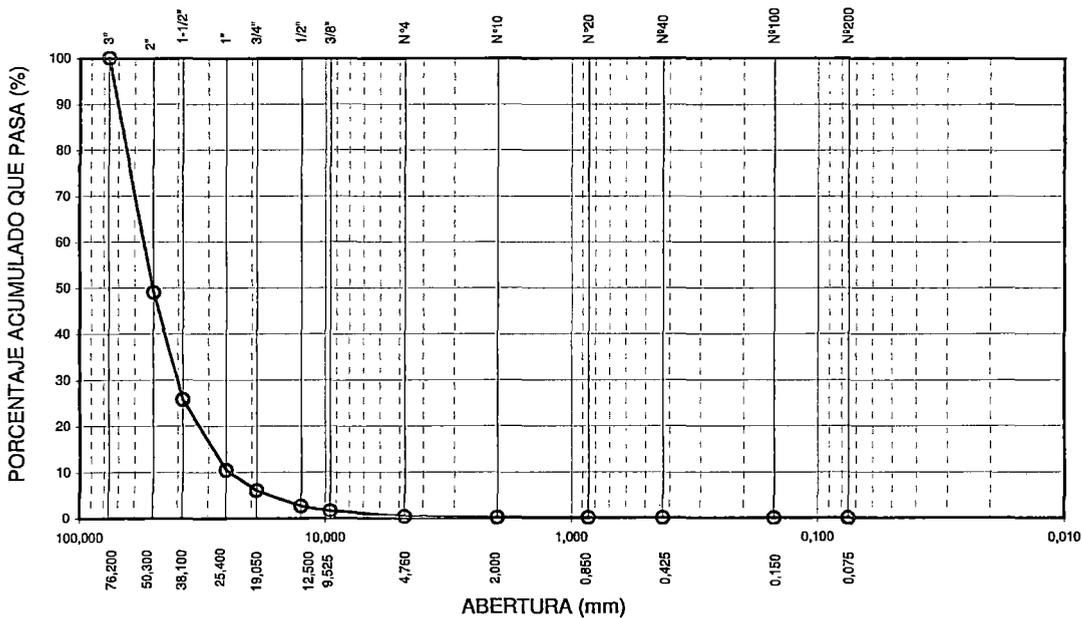
Humedad (%) : **0,0**

Clasificación SUCS : **GP**

**Grava mal gradada**

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	48,9
1 1/2"	38,100	25,7
1"	25,400	10,4
3/4"	19,050	6,0
1/2"	12,500	2,6
3/8"	9,525	1,5
Nº4	4,760	0,3
Nº10	2,000	0,1
Nº20	0,850	0,0
Nº40	0,425	0,0
Nº100	0,150	0,0
Nº200	0,075	0,0

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
**JET**

Ingresado por:  
**TOM**

Revisado por:  
**CSM**

Laboratorio:  
**AV-243-10E**

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : **AV-243-10E**

Ubicación: Solicitado por: **W. Guzman**

N° de muestra: **SP-4140 T-03 M-03** Fecha: **02-Dic-10**

Descripción / Zona:

Partículas > 4" (%) 24,8  
 Partículas > 3" (%) 32,6

Grava (%) : 94,4  
 Arena (%) : 3,4  
 Limos y Arcillas (%) : 2,2

D10 : 10,70  
 D30: 25,67  
 D60: 49,94  
 Cu: 4,67  
 Cc: 1,23

Límites de Atterberg: LL (%) : NP  
 LP (%) : NP  
 IP (%) : NP

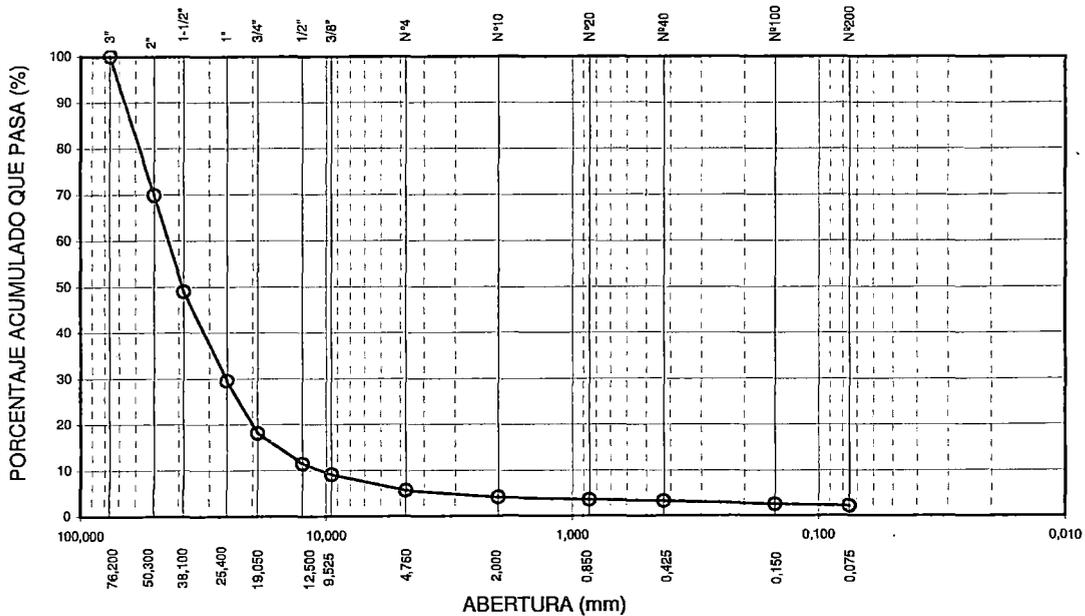
Humedad (%) : 0,1

Clasificación SUCS : **GW**

**Grava bien gradada**

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	69,8
1 1/2"	38,100	48,9
1"	25,400	29,5
3/4"	19,050	18,1
1/2"	12,500	11,4
3/8"	9,525	9,0
Nº4	4,760	5,6
Nº10	2,000	4,1
Nº20	0,850	3,6
Nº40	0,425	3,3
Nº100	0,150	2,6
Nº200	0,075	2,2

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
**JET**

Ingresado por:  
**TOM**

Revisado por:  
**CSM**

Laboratorio:  
**AV-243-10E**

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

N° de Proyecto:

N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación:

Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4140 T-04 M-04

Fecha: 02-Dic-10

Descripción / Zona:

Partículas > 4" (%) 12,4  
Partículas > 3" (%) 23,5

Grava (%) : 76,6 D10 : 0,10  
Arena (%) : 14,1 D30 : 9,25  
Limos y Arcillas (%) : 9,4 Cu : 344,41  
Cc : 26,81

Límites de Atterberg: LL (%) : 18  
LP (%) : 11  
IP (%) : 7

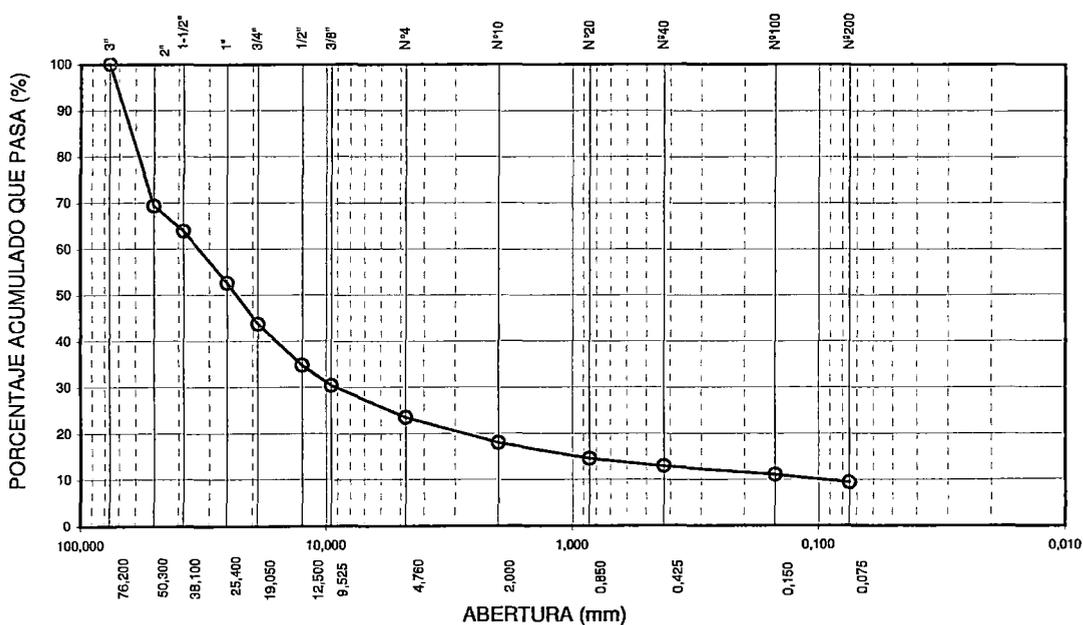
Humedad (%) : 0,5

Clasificación SUCS : GP-GC

Grava mal gradada con arcilla

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	69,3
1 1/2"	38,100	63,9
1"	25,400	52,6
3/4"	19,050	43,7
1/2"	12,500	34,7
3/8"	9,525	30,3
Nº4	4,760	23,4
Nº10	2,000	18,0
Nº20	0,850	14,6
Nº40	0,425	12,9
Nº100	0,150	11,1
Nº200	0,075	9,4

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JET

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AV-243-10E

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES  
Cliente

N° de Proyecto: N° Informe Lab : AV-243-10E

Ubicación: Solicitado por: W. Guzman

N° de muestra: SP-4140 T-04 M-04 Fecha: 02-Dic-10

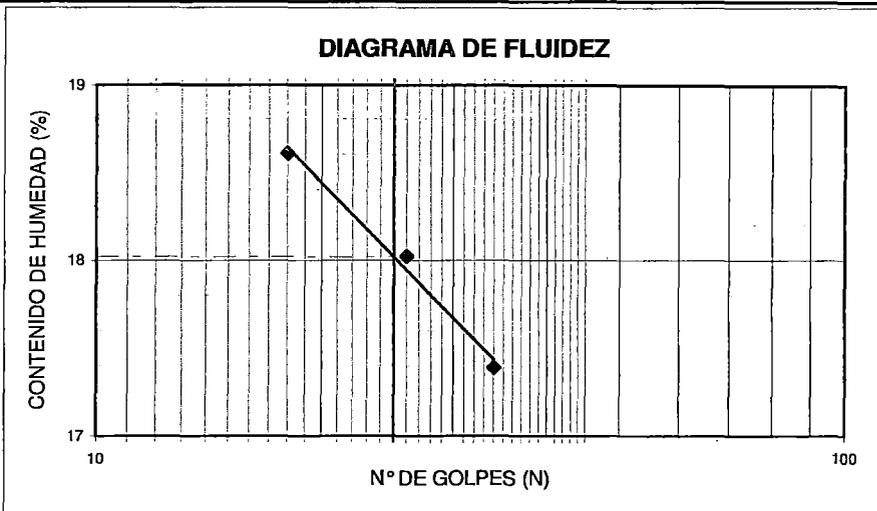
Descripción / Zona:

Límites de Atterberg

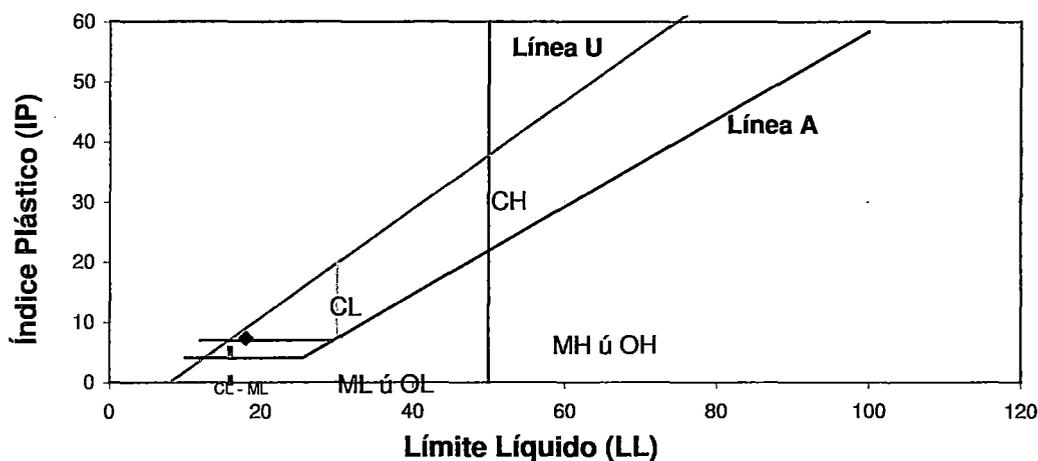
LL (%): 18

LP (%): 11

IP (%): 7



**GRÁFICO DE PLASTICIDAD**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
JET

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente

N° de Proyecto: **Pendiente** N° Informe Lab : **AV-243-10E**

Ubicación: Solicitado por: **W. Guzman**

N° de muestra / Prof. (SIF): **4035 C-03 M-01 & M-03** Fecha: **21-Dic-10**

Descripcion / Zona: **-**

Partículas >3" (%): **---**

Grava (%): **74,8**

Arena (%): **15,7**

Limos y Arcillas (%): **9,5**

D10 : **0,09**

D30: **7,44**

D60: **31,86**

Cu: **359,35**

Cc: **19,61**

Límites de Atterberg:

LL (%): **23**

LP (%): **16**

IP (%): **7**

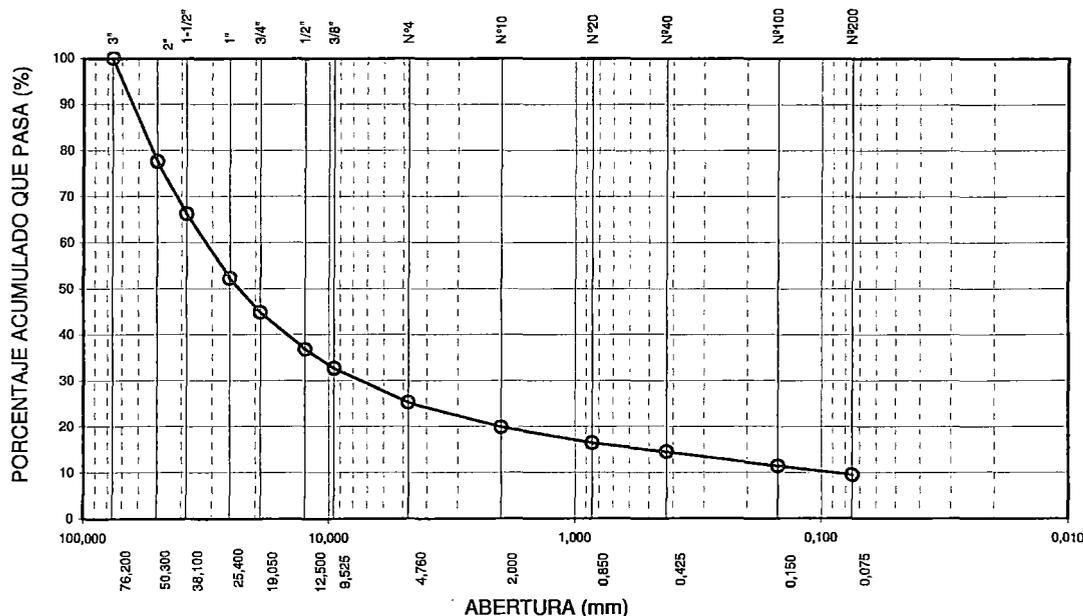
Humedad (%): **1,0**

Clasificación SUCS : **GP-GC**

**Grava mal gradada con arcilla y limo con arena**

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	77,6
1 1/2"	38,100	66,2
1"	25,400	52,2
3/4"	19,050	44,8
1/2"	12,500	36,8
3/8"	9,525	32,7
Nº4	4,760	25,2
Nº10	2,000	19,9
Nº20	0,850	16,4
Nº40	0,425	14,5
Nº100	0,150	11,5
Nº200	0,075	9,5

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
**MR**

Ingresado por:  
**TOM**

Revisado por:  
**CSM**

Laboratorio:  
**AV-243-10E**

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente

N° de Proyecto: **Pendiente** N° Informe Lab : **AV-243-10E**

Ubicación: Solicitado por: **W. Guzman**

N° de muestra / Prof. (SI): **4035 C-03 M-01 & M-03** Fecha: **21-Dic-10**

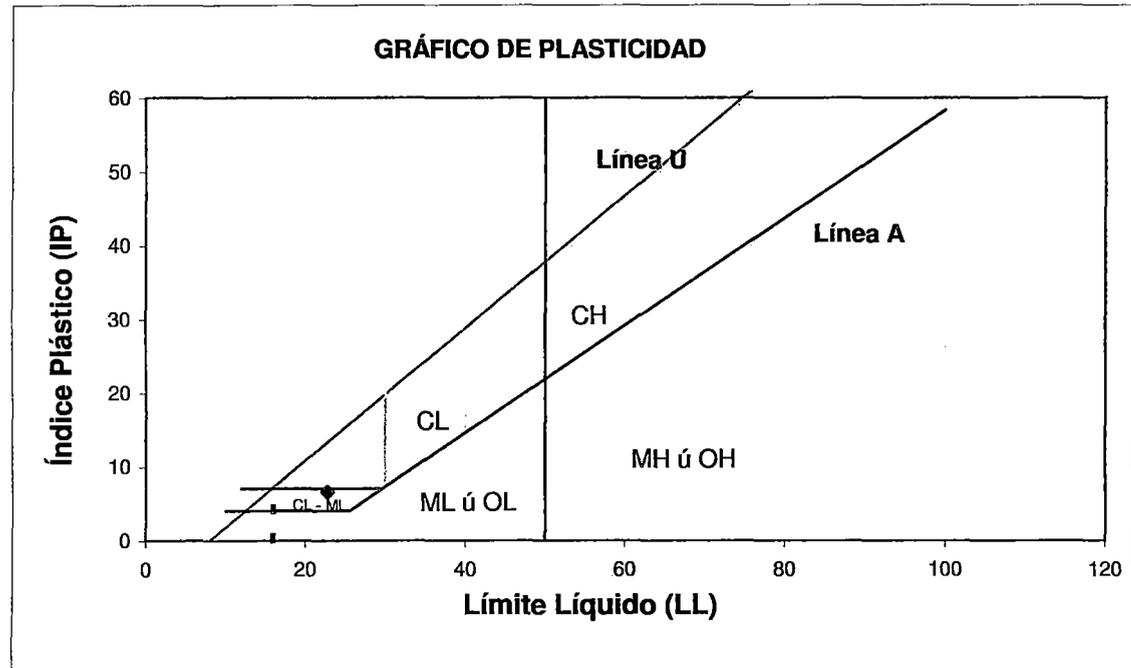
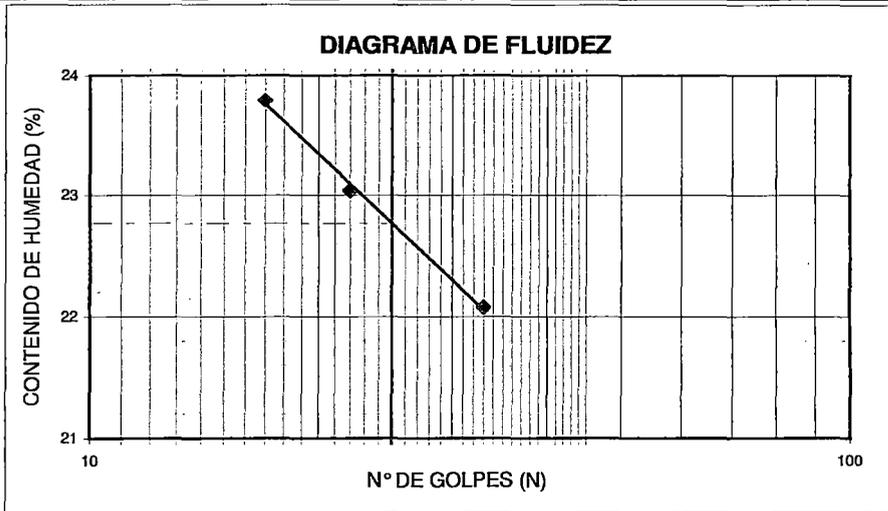
Descripción / Zona: **-**

Límites de Atterberg

LL (%): 23

LP (%): 16

IP (%): 7



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:  
MR

Ingresado por:  
TOM

Revisado por:  
CSM

Laboratorio:  
AV-243-10E

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente:

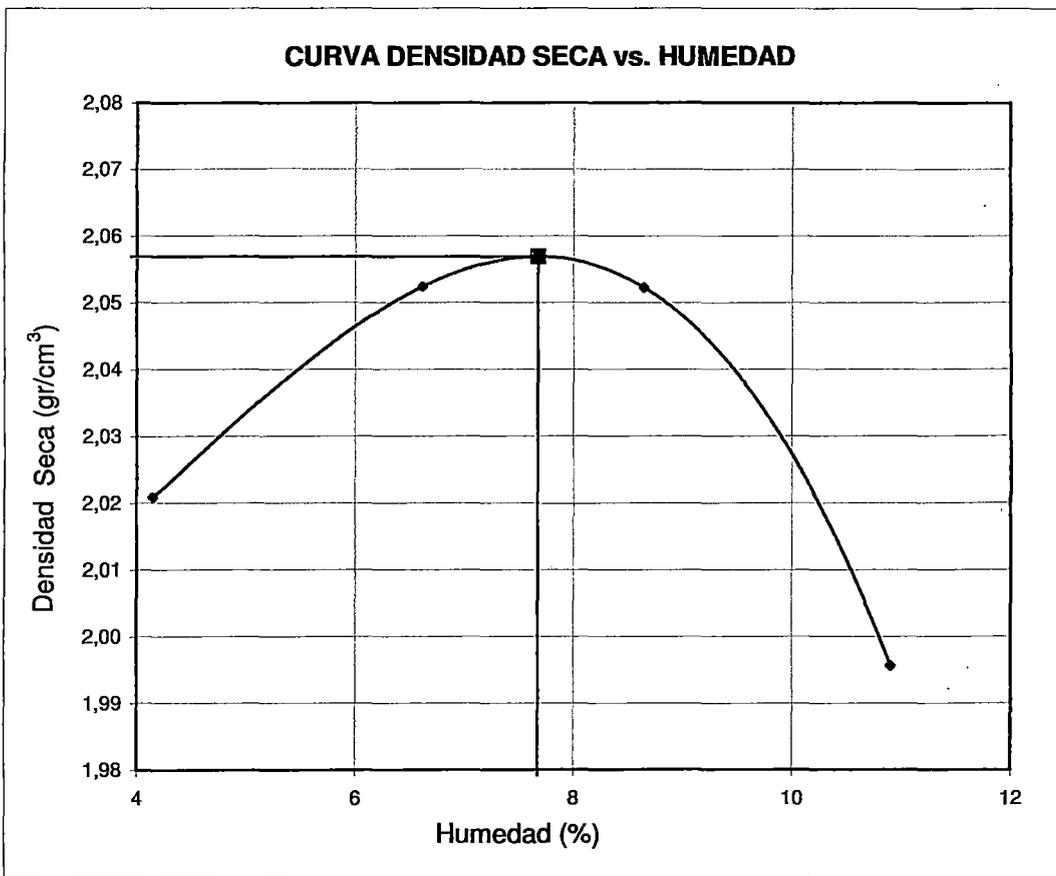
N° de Proyecto: **N° Informe Lab : AV-243-10E**

Ubicación: **Solicitado por: W. Guzman**

N° de muestra: **SP-4035 C-03** Fecha: **20-Dic-10**

Descripción / Zona: **M-1, M-2, M-3 y M-4**

Prueba N°	1	2	3	4	5
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2,021	2,052	2,052	1,996	
Humedad(%)	4,2	6,6	8,6	10,9	



Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2,057
Óptimo Contenido de Humedad (%)	7,7

Fracción Sobre tamaño
GS (Bulk) = 2,53
w(%) = 1,2

Máx. Dens. Seca Corregida (gr/cm <sup>3</sup> )	2,306
Opt. Cont. de Humedad Corregida (%)	3,9

**Notas:** Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **TBP** Ingresado por: **TOM** Revisado por: **CSM** Laboratorio: **AV-243-10E**

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Ciente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4035 C-03 M-01 & M-03	Fecha	30-dic-10
Descripción	-		

Estado : Remoldeado

Clasificación: GP-GC

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31,00	30,56
Diámetro (cm)	15,15	14,82
Humedad (%)	3,30	10,53
Densidad seca (gr/cc)	1,877	1,992

Velocidad (pulg/min)	
0,01	
Parámetro "B"	0,94
Presión de celda	kPa 607
Contra presión	kPa 207
Esf. Efect. Inicial	kPa 400

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	P. poros kPa	$s_3$ kPa	$s_1$ kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $s_1/s_3$ )
0,00	0,00	0,00	400,00	400,00	400,00	0,00	0,00	1,00
0,05	55,75	4,20	395,80	451,56	423,68	27,88	0,07	1,14
0,10	99,86	20,77	379,23	479,09	429,16	49,93	0,12	1,26
0,20	142,59	42,10	357,90	500,49	429,19	71,30	0,17	1,40
0,35	190,96	80,06	319,94	510,90	415,42	95,48	0,23	1,60
0,50	234,38	121,03	278,97	513,35	396,16	117,19	0,30	1,84
0,75	276,70	176,74	223,26	499,96	361,61	138,35	0,38	2,24
1,00	291,46	204,68	195,32	486,78	341,05	145,73	0,43	2,49
1,25	305,02	237,71	162,29	467,30	314,79	152,51	0,48	2,88
1,50	311,55	259,90	140,10	451,65	295,88	155,78	0,53	3,22
1,75	317,07	269,31	130,69	447,76	289,22	158,53	0,55	3,43
2,00	320,73	280,68	119,32	440,05	279,68	160,37	0,57	3,69
2,50	329,54	289,59	110,41	439,95	275,18	164,77	0,60	3,98
3,00	343,08	292,77	107,23	450,31	278,77	171,54	0,62	4,20
3,50	358,53	293,92	106,08	464,62	285,35	179,27	0,63	4,38
4,00	372,69	295,13	104,87	477,56	291,21	186,34	0,64	4,55
4,50	387,96	293,55	106,45	494,41	300,43	193,98	0,65	4,64
5,00	400,99	291,38	108,62	509,61	309,12	200,50	0,65	4,69
6,00	429,50	285,98	114,02	543,52	328,77	214,75	0,65	4,77
7,00	461,04	281,20	118,80	579,84	349,32	230,52	0,66	4,88
8,00	484,22	276,03	123,97	608,19	366,08	242,11	0,66	4,91
9,00	511,45	268,13	131,87	643,32	387,60	255,73	0,66	4,88
10,00	532,83	260,65	139,35	672,18	405,76	266,42	0,66	4,82
11,00	558,86	254,77	145,23	704,10	424,66	279,43	0,66	4,85
12,00	581,96	249,73	150,27	732,24	441,26	290,98	0,66	4,87
13,00	592,75	244,77	155,23	747,98	451,61	296,37	0,66	4,82
14,00	607,90	238,31	161,69	769,59	465,64	303,95	0,65	4,76

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
HEV	TOM	CSM	30-dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Project CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Ciente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4035 C-03 M-01 & M-03	Fecha	30-dic-10
Descripción			

Estado : Remoldeado

Clasificación: GP-GC

Etapas de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31,00	30,78
Diámetro (cm)	15,15	14,80
Humedad (%)	3,30	10,77
Densidad seca (gr/cc)	1,877	1,981

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "B"	0,93
Presión de celda kPa	407
Contra presión kPa	207
Esf. Efect. Inicial kPa	200

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	P. poros kPa	$s_3$ kPa	$s_1$ kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $s_1/s_3$ )
0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	200,00	0,00	0,00	1,00
0,05	42,34	2,62	197,38	239,72	218,55	21,17	0,10	1,21
0,10	79,24	9,00	191,00	270,24	230,62	39,62	0,17	1,41
0,20	114,83	18,64	181,36	296,19	238,77	57,41	0,24	1,63
0,35	154,48	34,51	165,49	319,97	242,73	77,24	0,32	1,93
0,50	187,29	49,50	150,50	337,79	244,14	93,65	0,38	2,24
0,75	222,01	65,59	134,41	356,42	245,42	111,00	0,45	2,65
1,00	239,61	78,91	121,09	360,70	240,90	119,81	0,50	2,98
1,25	261,01	89,04	110,96	371,97	241,47	130,50	0,54	3,35
1,50	269,70	96,25	103,75	373,45	238,60	134,85	0,57	3,60
1,75	284,27	102,03	97,97	382,24	240,11	142,13	0,59	3,90
2,00	289,66	104,85	95,15	384,81	239,98	144,83	0,60	4,04
2,50	308,90	107,82	92,18	401,08	246,63	154,45	0,63	4,35
3,00	329,44	108,04	91,96	421,40	256,68	164,72	0,64	4,58
3,50	340,92	106,82	93,18	434,11	263,65	170,46	0,65	4,66
4,00	360,81	105,55	94,45	455,25	274,85	180,40	0,66	4,82
4,50	378,28	103,35	96,65	474,93	285,79	189,14	0,66	4,91
5,00	393,71	101,94	98,06	491,77	294,92	196,85	0,67	5,01
6,00	424,40	95,85	104,15	528,54	316,34	212,20	0,67	5,08
7,00	454,77	90,96	109,04	563,81	336,42	227,39	0,68	5,17
8,00	483,87	84,18	115,82	599,68	357,75	241,93	0,68	5,18
9,00	514,70	76,15	123,85	638,55	381,20	257,35	0,68	5,16
10,00	529,82	70,66	129,34	659,17	394,25	264,91	0,67	5,10
11,00	541,29	65,36	134,64	675,93	405,28	270,65	0,67	5,02
12,00	554,12	62,48	137,52	691,64	414,58	277,06	0,67	5,03
13,00	566,68	60,80	139,20	705,88	422,54	283,34	0,67	5,07
14,00	565,90	57,16	142,84	708,74	425,79	282,95	0,66	4,96

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
HEV	TOM	CSM	30-dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4035 C-03 M-01 & M-03	Fecha	30-dic-10
Descripción	-		

Estado : Remoldeado

Clasificación: GP-GC

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31,00	30,89
Diámetro (cm)	15,15	14,93
Humedad (%)	3,30	12,43
Densidad seca (gr/cc)	1,877	1,939

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "B"	0,93
Presión de celda (kPa)	307
Contra presión (kPa)	207
Esf. Efect. Inicial (kPa)	100

Deformación (%)	Esf. Desv. (kPa)	P. poros (kPa)	$s_a$ (kPa)	$s_1$ (kPa)	$\bar{p}$ (kPa)	$\bar{q}$ (kPa)	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $s_1/s_a$ )
0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	1,00
0,05	28,97	4,10	95,90	124,88	110,39	14,49	0,13	1,30
0,10	39,30	10,41	89,59	128,89	109,24	19,65	0,18	1,44
0,20	54,01	20,93	79,07	133,08	106,08	27,00	0,25	1,68
0,35	66,60	32,71	67,29	133,89	100,59	33,30	0,33	1,99
0,50	75,03	39,45	60,55	135,58	98,07	37,52	0,38	2,24
0,75	87,18	52,90	47,10	134,28	90,69	43,59	0,48	2,85
1,00	92,85	54,90	45,10	137,94	91,52	46,42	0,51	3,06
1,25	97,49	61,25	38,75	136,25	87,50	48,75	0,56	3,52
1,50	101,79	60,48	39,52	141,31	90,41	50,89	0,56	3,58
1,75	107,91	61,62	38,38	146,29	92,33	53,95	0,58	3,81
2,00	109,33	63,07	36,93	146,25	91,59	54,66	0,60	3,96
2,50	117,26	64,30	35,70	152,96	94,33	58,63	0,62	4,28
3,00	122,49	64,34	35,66	158,15	96,91	61,24	0,63	4,43
3,50	129,29	65,29	34,71	164,00	99,35	64,65	0,65	4,73
4,00	138,16	65,63	34,37	172,53	103,45	69,08	0,67	5,02
4,50	143,65	64,84	35,16	178,81	106,99	71,83	0,67	5,09
5,00	151,69	62,91	37,09	188,78	112,93	75,84	0,67	5,09
6,00	165,72	57,83	42,17	207,89	125,03	82,86	0,66	4,93
7,00	179,02	54,14	45,86	224,88	135,37	89,51	0,66	4,90
8,00	191,58	51,99	48,01	239,59	143,80	95,79	0,67	4,99
9,00	208,44	47,75	52,25	260,69	156,47	104,22	0,67	4,99
10,00	218,04	46,09	53,91	271,96	162,94	109,02	0,67	5,04
11,00	231,73	45,80	54,20	285,93	170,06	115,86	0,68	5,28
12,00	241,60	41,96	58,04	299,64	178,84	120,80	0,68	5,16
13,00	249,01	40,91	59,09	308,10	183,60	124,50	0,68	5,21
14,00	255,62	36,61	63,39	319,02	191,21	127,81	0,67	5,03

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
HEV	TOM	CSM	30-dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

Nº de Proyecto

AV-243-10E

W. Guzman

SP-4035 C-03 M-01 & M-03

Fecha

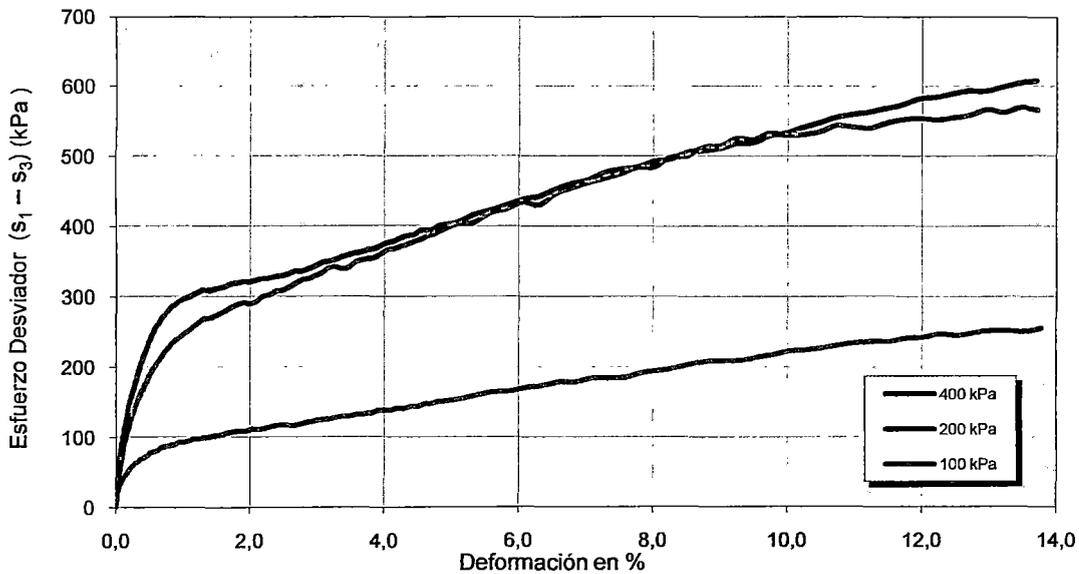
30-dic-10

Descripción

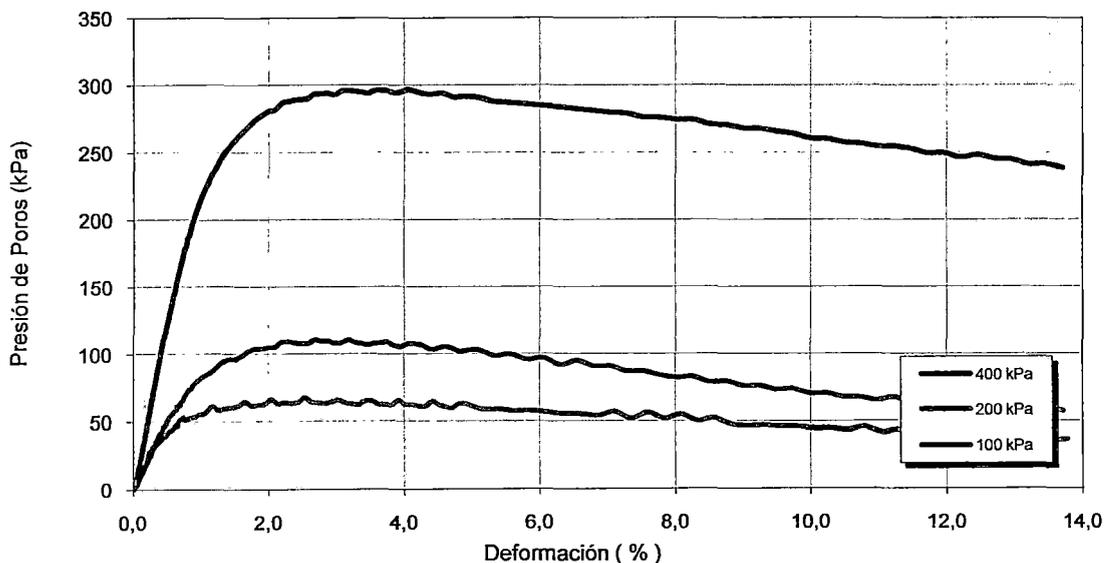
Estado : Remoldeado

Clasificación : GP-GC

### ESFUERZO vs. DEFORMACIÓN



### PRESIÓN DE POROS vs. DEFORMACIÓN



Realizado por:

HEV

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Fecha:

30-dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

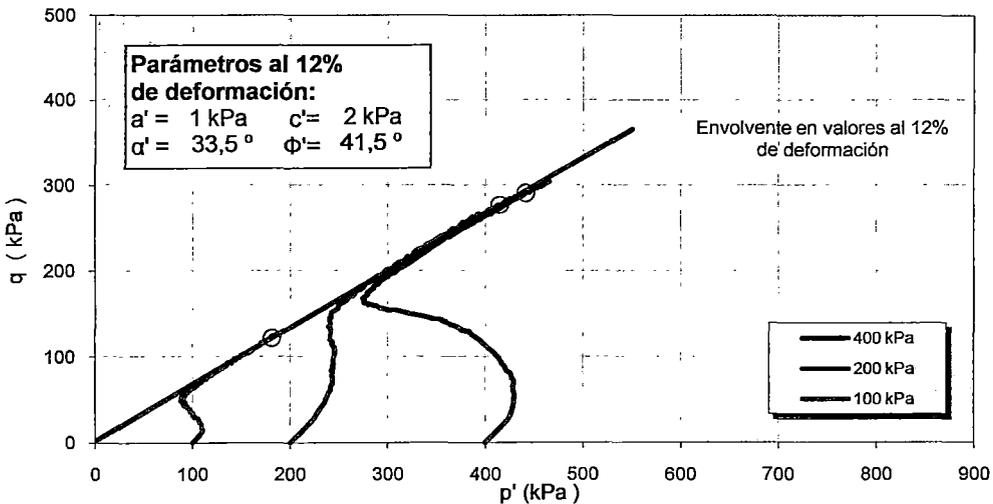
Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4035 C-03 M-01 & M-03	Fecha	30-dic-10
Descripción			

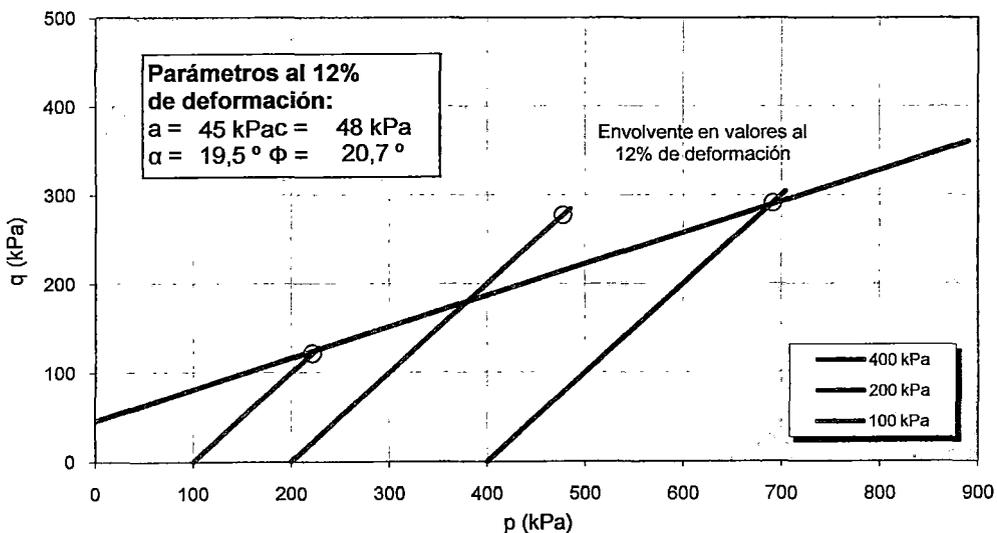
Estado : Remoldeado

Clasificación : GP-GC

### TRAYECTORIA DE ESFUERZOS



### p vs. q



#### Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por: HEV      Ingresado por: TOM      Revisado por: CSM      Fecha: 30-dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

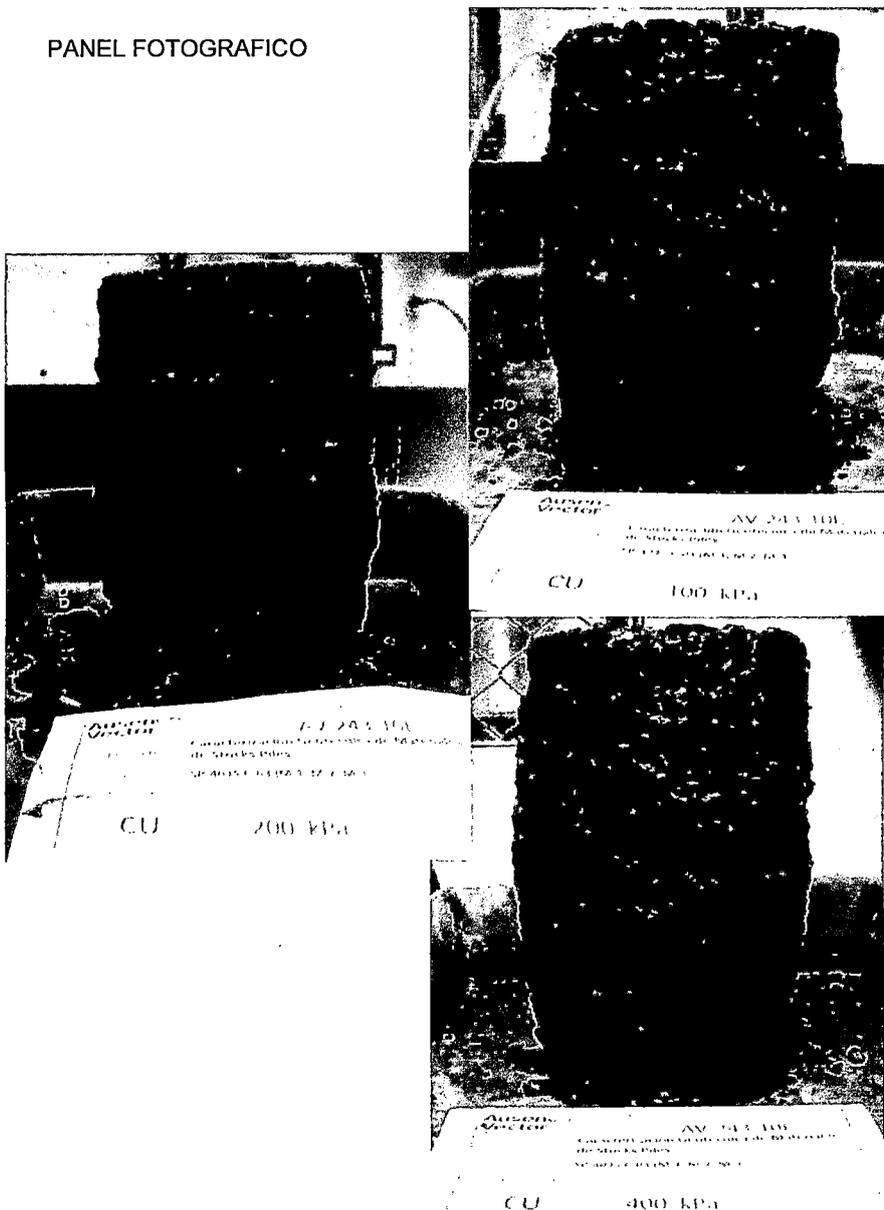
Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4035 C-03 M-01 & M-03	Fecha	30-dic-10
Descripción	-		

Estado : Remoldeado

Clasificación : GP-GC

### PANEL FOTOGRAFICO



#### Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
HEV	TOM	CSM	30-dic-10

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente

N° de Proyecto: **Pendiente** N° Informe Lab : **AV-243-10E**  
 Ubicación: Solicitado por: **W. Guzman**

N° de muestra / Prof. (SIF): **4140 T-03 M-01 & M-04** Fecha: **21-Dic-10**  
 Descripción / Zona: **-**

Partículas >3" (%) : ---  
 Grava (%) : **84,2** D10 : **3,10**  
 Arena (%) : **15,8** D30: **7,89**  
 Limos y Arcillas (%) : **0,0** D60: **16,09**  
 Cu: **5,18**  
 Cc: **1,25**

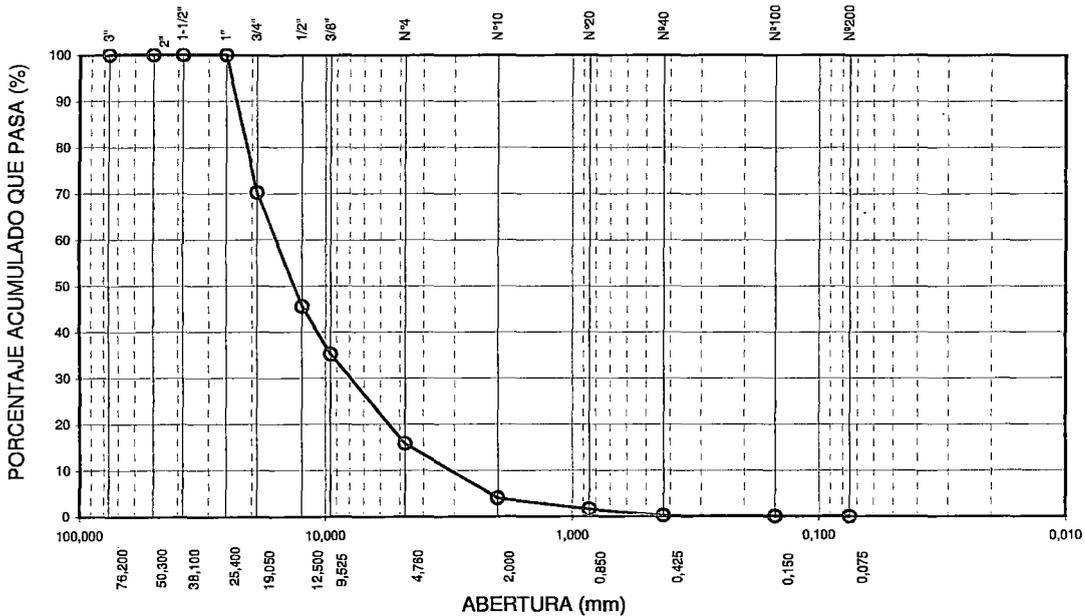
Límites de Atterberg:  
 LL (%) : **NP**  
 LP (%) : **NP**  
 IP (%) : **NP**

Humedad (%) : **17,7**

Clasificación SUCS : **GW**  
 Grava bien gradada con arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	100,0
1 1/2"	38,100	100,0
1"	25,400	100,0
3/4"	19,050	70,3
1/2"	12,500	45,6
3/8"	9,525	35,3
Nº4	4,760	15,8
Nº10	2,000	4,0
Nº20	0,850	1,6
Nº40	0,425	0,2
Nº100	0,150	0,0
Nº200	0,075	0,0

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **MR** Ingresado por: **TOM** Revisado por: **CSM** Laboratorio: **AV-243-10E**

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4140 I-03 M-01 & M-04	Fecha	21-Dic-10
Descripción	-		

Estado : Remoldeado

Clasificación: GW

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31,00	30,92
Diámetro (cm)	15,15	14,80
Humedad (%)	0,00	16,93
Densidad seca (gr/cc)	1,689	1,774

Velocidad (pulg/min)	
	0,01
Parámetro "B"	0,94
Presión de celda	kPa 607
Contra presión	kPa 207
Esf. Efect. Inicial	kPa 400

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	P. poros kPa	$s_s$ kPa	$s_1$ kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q}/\bar{p}$	Oblicuidad ( $s_1/s_s$ )
0,00	0,00	0,00	400,00	400,00	400,00	0,00	0,00	1,00
0,05	63,75	4,60	395,40	459,15	427,28	31,87	0,07	1,16
0,10	119,84	11,69	388,31	508,16	448,24	59,92	0,13	1,31
0,20	222,04	36,64	363,36	585,40	474,38	111,02	0,23	1,61
0,35	304,08	66,13	333,87	637,95	485,91	152,04	0,31	1,91
0,50	377,68	100,65	299,35	677,03	488,19	188,84	0,39	2,26
0,75	449,66	138,34	261,66	711,32	486,49	224,83	0,46	2,72
1,00	471,24	156,69	243,31	714,55	478,93	235,62	0,49	2,94
1,25	515,48	181,15	218,85	734,33	476,59	257,74	0,54	3,36
1,50	540,33	193,24	206,76	747,09	476,93	270,17	0,57	3,61
1,75	569,10	201,02	198,98	768,09	483,54	284,55	0,59	3,86
2,00	589,46	202,96	197,04	786,50	491,77	294,73	0,60	3,99
2,50	624,39	211,35	188,65	813,05	500,85	312,20	0,62	4,31
3,00	654,98	214,59	185,41	840,39	512,90	327,49	0,64	4,53
3,50	670,79	213,51	186,49	857,28	521,88	335,39	0,64	4,60
4,00	692,95	212,70	187,30	880,24	533,77	346,47	0,65	4,70
4,50	721,13	205,63	194,37	915,51	554,94	360,57	0,65	4,71
5,00	744,32	198,14	201,86	946,18	574,02	372,16	0,65	4,69
6,00	777,62	189,96	210,04	987,66	598,85	388,81	0,65	4,70
7,00	825,54	182,11	217,89	1043,42	630,66	412,77	0,65	4,79
8,00	867,10	166,25	233,75	1100,85	667,30	433,55	0,65	4,71
9,00	898,34	159,06	240,94	1139,28	690,11	449,17	0,65	4,73
10,00	946,54	151,45	248,55	1195,09	721,82	473,27	0,66	4,81
11,00	965,47	146,21	253,79	1219,26	736,53	482,74	0,66	4,80
12,00	933,13	143,88	256,12	1189,26	722,69	466,57	0,65	4,64
13,00	944,90	133,79	266,21	1211,11	738,66	472,45	0,64	4,55
14,00	922,22	143,19	256,81	1179,03	717,92	461,11	0,64	4,59

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
HEV	TOM	CSM	21-Dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Ciente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4140 I-03 M-01 & M-04	Fecha	21-Dic-10
Descripción			

Estado : Remoideado

Clasificación: GW

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31,00	30,94
Diámetro (cm)	15,15	14,91
Humedad (%)	0,00	17,55
Densidad seca (gr/cc)	1,689	1,747

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "B"	0,95
Presión de celda (kPa)	407
Contra presión (kPa)	207
Esf. Efect. Inicial (kPa)	200

Deformación (%)	Esf. Dev. kPa	P. poros kPa	$s_s$ kPa	$s_1$ kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $s_1/s_s$ )
0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	200,00	0,00	0,00	1,00
0,05	51,75	4,47	195,53	247,29	221,41	25,88	0,12	1,26
0,10	83,35	10,05	189,95	273,29	231,62	41,67	0,18	1,44
0,20	158,94	25,93	174,07	333,01	253,54	79,47	0,31	1,91
0,35	220,58	42,50	157,50	378,08	267,79	110,29	0,41	2,40
0,50	276,15	58,12	141,88	418,03	279,95	138,08	0,49	2,95
0,75	324,42	72,66	127,34	451,75	289,54	162,21	0,56	3,55
1,00	342,80	80,89	119,11	461,91	290,51	171,40	0,59	3,88
1,25	375,27	87,13	112,87	488,15	300,51	187,64	0,62	4,32
1,50	384,47	88,33	111,67	496,13	303,90	192,23	0,63	4,44
1,75	419,69	91,09	108,91	528,60	318,75	209,84	0,66	4,85
2,00	443,05	90,09	109,91	552,96	331,44	221,52	0,67	5,03
2,50	462,96	87,15	112,85	575,81	344,33	231,48	0,67	5,10
3,00	511,28	79,64	120,36	631,64	376,00	255,64	0,68	5,25
3,50	556,85	73,65	126,35	683,20	404,77	278,42	0,69	5,41
4,00	594,95	68,47	131,53	726,49	429,01	297,48	0,69	5,52
4,50	618,60	63,78	136,22	754,82	445,52	309,30	0,69	5,54
5,00	642,08	59,32	140,68	782,76	461,72	321,04	0,70	5,56
6,00	690,94	48,60	151,40	842,34	496,87	345,47	0,70	5,56
7,00	733,56	37,79	162,21	895,76	528,99	366,78	0,69	5,52
8,00	774,16	29,50	170,50	944,66	557,58	387,08	0,69	5,54
9,00	810,77	15,48	184,52	995,29	589,91	405,39	0,69	5,39
10,00	811,79	11,76	188,24	1000,04	594,14	405,90	0,68	5,31
11,00	842,49	8,55	191,45	1033,94	612,70	421,25	0,69	5,40
12,00	863,55	4,58	195,42	1058,97	627,19	431,77	0,69	5,42
13,00	866,96	-2,17	202,17	1069,13	635,65	433,48	0,68	5,29
14,00	862,19	-2,75	202,75	1064,94	633,84	431,10	0,68	5,25

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
HEV	TOM	CSM	21-Dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicaci		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4140 I-03 M-01 & M-04	Fecha	21-Dic-10
Descripción	-		

Estado : Remoldeado

Clasificación: GW

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31,00	30,97
Diámetro (cm)	15,15	14,95
Humedad (%)	0,00	18,58
Densidad seca (gr/cc)	1,689	1,738

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "B"	0,96
Presión de celda kPa	307
Contra presión kPa	207
Esf. Efect. Inicial kPa	100

Deformación (%)	Esf. Dev. kPa	P. poros kPa	$s_s$ kPa	$s_1$ kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q}/\bar{p}$	Oblicuidad ( $s_1/s_s$ )
0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	1,00
0,05	45,50	3,25	96,75	142,24	119,50	22,75	0,19	1,47
0,10	74,03	5,54	94,46	168,50	131,48	37,02	0,28	1,78
0,20	129,79	13,91	86,09	215,89	150,99	64,90	0,43	2,51
0,35	182,02	20,77	79,23	261,26	170,24	91,01	0,53	3,30
0,50	216,99	24,39	75,61	292,59	184,10	108,49	0,59	3,87
0,75	252,29	27,33	72,67	324,96	198,81	126,14	0,63	4,47
1,00	255,60	28,68	71,32	326,91	199,12	127,80	0,64	4,58
1,25	287,78	27,65	72,35	360,12	216,23	143,89	0,67	4,98
1,50	313,94	26,78	73,22	387,16	230,19	156,97	0,68	5,29
1,75	330,49	23,04	76,96	407,45	242,21	165,24	0,68	5,29
2,00	362,11	21,67	78,33	440,44	259,39	181,05	0,70	5,62
2,50	401,00	15,35	84,65	485,64	285,15	200,50	0,70	5,74
3,00	434,05	7,27	92,73	526,79	309,76	217,03	0,70	5,68
3,50	454,36	0,49	99,51	553,87	326,69	227,18	0,70	5,57
4,00	486,33	-5,24	105,24	591,57	348,40	243,17	0,70	5,62
4,50	501,33	-9,72	109,72	611,05	360,38	250,67	0,70	5,57
5,00	534,09	-13,32	113,32	647,41	380,36	267,05	0,70	5,71
6,00	567,42	-24,31	124,31	691,73	408,02	283,71	0,70	5,56
7,00	588,74	-31,83	131,83	720,56	426,20	294,37	0,69	5,47
8,00	624,07	-42,38	142,38	766,45	454,42	312,03	0,69	5,38
9,00	667,20	-54,24	154,24	821,44	487,84	333,60	0,68	5,33
10,00	668,90	-63,33	163,33	832,24	497,78	334,45	0,67	5,10
11,00	650,83	-65,63	165,63	816,46	491,04	325,41	0,66	4,93
12,00	678,70	-68,96	168,96	847,66	508,31	339,35	0,67	5,02
13,00	706,92	-76,35	176,35	883,27	529,81	353,46	0,67	5,01
14,00	721,33	-82,21	182,21	903,54	542,88	360,67	0,66	4,96

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.  
Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
HEV	TOM	CSM	21-Dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

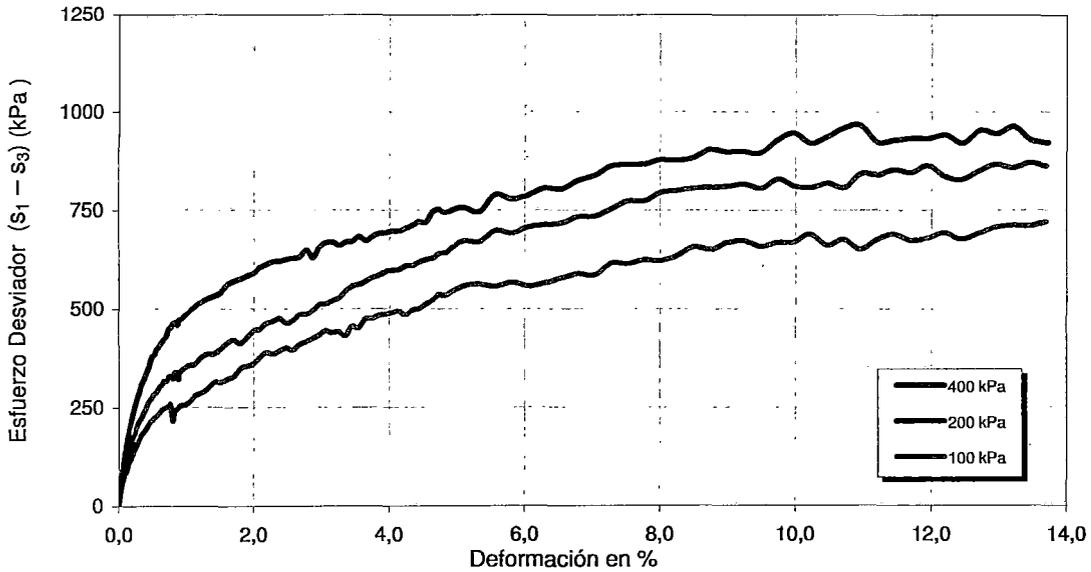
Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Fecha	W. Guzman
Descripción			21-Dic-10
SP-4140 T-03 M-01 & M-04			

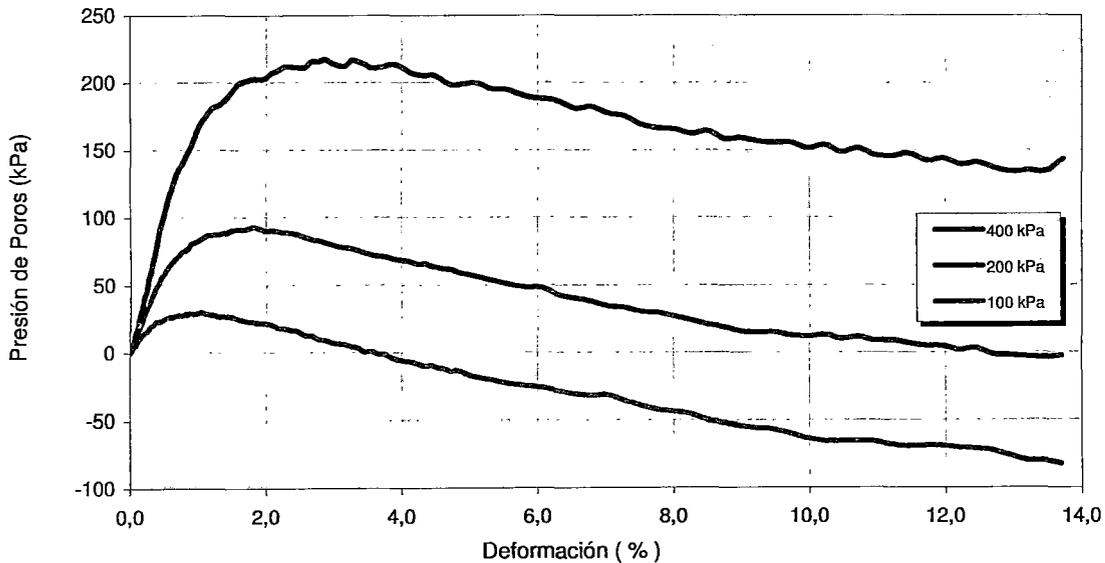
Estado : Remoldeado

Clasificación : GW

### ESFUERZO vs. DEFORMACIÓN



### PRESIÓN DE POROS vs. DEFORMACIÓN



Realizado por:

HEV

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Fecha:

21-Dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

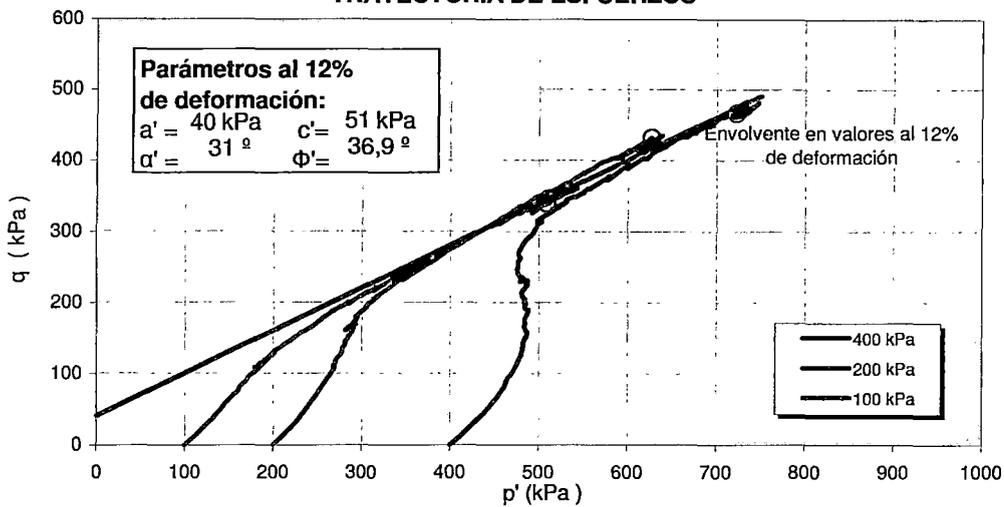
Ciente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4140 T-03 M-01 & M-04	Fecha	21-Dic-10
Descripción	-		

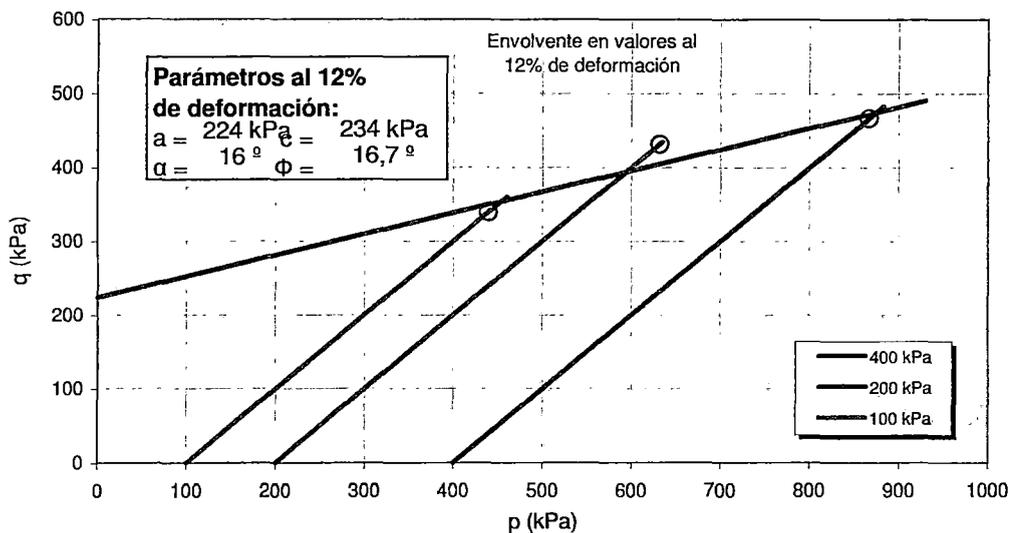
Estado : Remoldeado

Clasificación : GW

### TRAYECTORIA DE ESFUERZOS



### p vs. q



#### Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
HEV	TOM	CSM	21-Dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL Consolidado - No drenado (CU) ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4140 T-03 M-01 & M-04	Fecha	21-Dic-10
Descripción			

Estado : Remoldeado

### PANEL FOTOGRAFICO



**Ausenco Vector** Fecha: 17 Dic 10  
**AV-243-10E**  
 Proyecto Nombre: Caracterización Geotécnica de Materiales de Stocks Piles  
 Sample ID: SP-4140 T-3 (M-1, M-2, M-3, M-4)  
 Descripción: ---  
**CU 200 kPa**



**Ausenco Vector** Fecha: 17 Dic 10  
**AV-243-10E**  
 Proyecto Nombre: Caracterización Geotécnica de Materiales de Stocks Piles  
 Sample ID: SP-4140 T-3 (M-1, M-2, M-3, M-4)  
 Descripción: ---  
**CU 100 kPa**



**Ausenco Vector** Fecha: 17-Dic-10  
**AV-243-10E**  
 Proyecto Nombre: Caracterización Geotécnica de Materiales de Stocks Piles  
 Sample ID: SP-4140 T-3 (M-1, M-2, M-3, M-4)  
 Descripción: ---  
**CU 400 kPa**

**Observaciones:**

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
HEV	TOM	CSM	21-Dic-10

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**

Cliente

N° de Proyecto: **Pendiente**

N° Informe Lab : **AV-243-10E**

Ubicación:

Solicitado por: **W. Guzman**

N° de muestra / Prof. (SP): **4140 T-04 M-01 & M-04**

Fecha: **20-Dic-10**

Descripción / Zona: **-**

Partículas >3" (%): **---**

D10 : **1,17**

Grava (%): **74,5**

D30 : **6,03**

Arena (%): **20,4**

D60 : **14,33**

Limos y Arcillas (%): **5,1**

Cu : **12,25**

Cc : **2,17**

Límites de Atterberg:

LL (%): **NP**

LP (%): **NP**

IP (%): **NP**

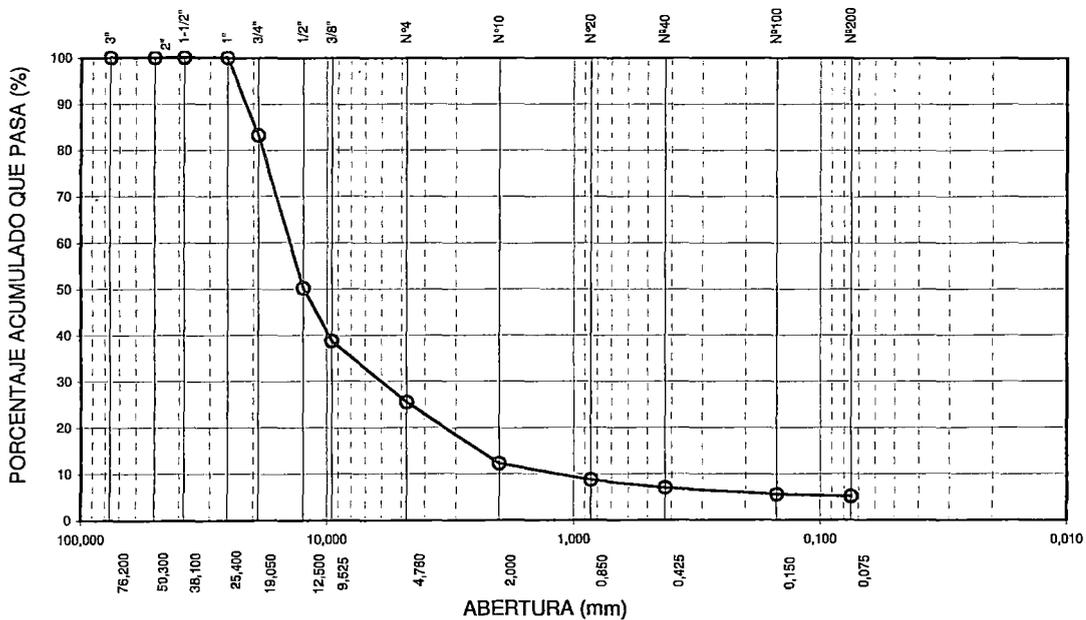
Humedad (%): **14,8**

Clasificación SUCS : **GW-GM**

**Grava bien gradada con limo y arena**

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	100,0
1 1/2"	38,100	100,0
1"	25,400	100,0
3/4"	19,050	83,1
1/2"	12,500	50,2
3/8"	9,525	38,7
Nº4	4,760	25,5
Nº10	2,000	12,2
Nº20	0,850	8,7
Nº40	0,425	7,0
Nº100	0,150	5,6
Nº200	0,075	5,1

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

**MR**

Ingresado por:

**TOM**

Revisado por:

**CSM**

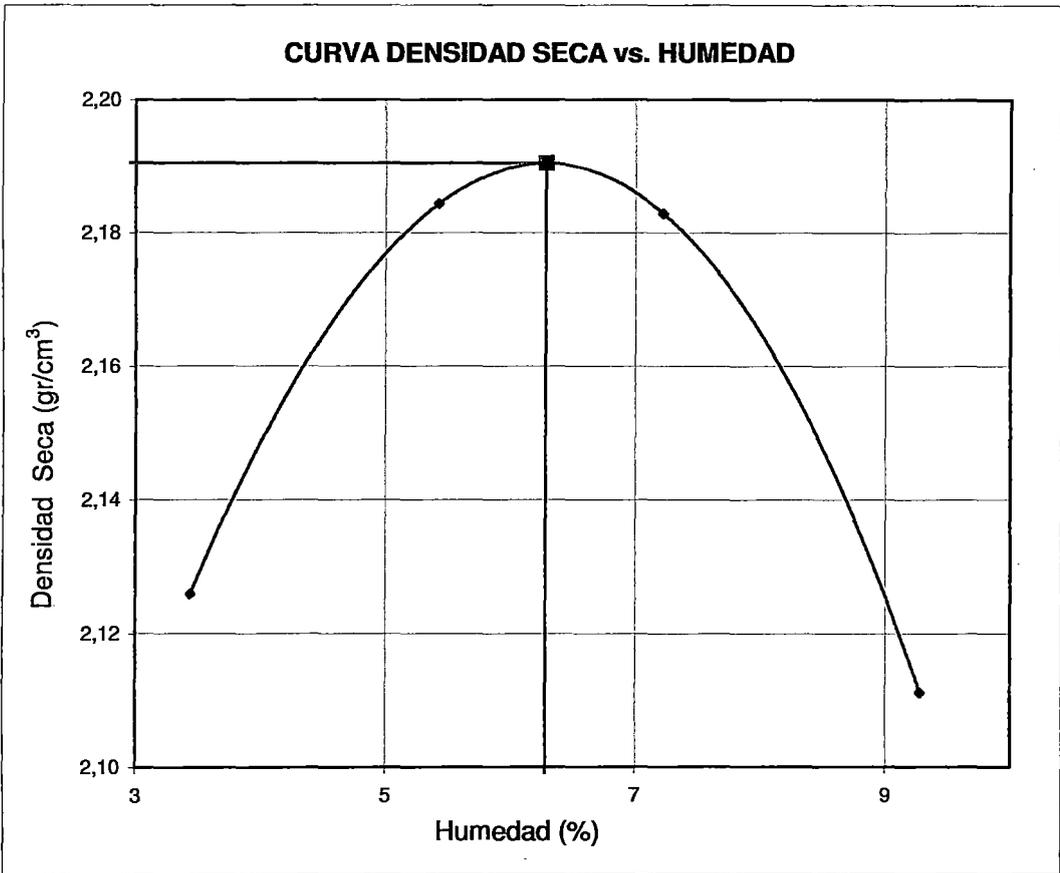
Laboratorio:

**AV-243-10E**

Nombre del Proyecto: **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES**  
 Cliente:

N° de Proyecto: **N° Informe Lab : AV-243-10E**  
 Ubicación: **Solicitado por: W. Guzman**  
 N° de muestra: **SP-4140 T-04** **Fecha: 02-Dic-10**  
 Descripción / Zona: **M-1, M-2, M-3 y M-4**

Prueba N°	1	2	3	4	5
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2,126	2,184	2,183	2,111	
Humedad(%)	3,4	5,4	7,2	9,3	



<b>Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,190</b>
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	<b>6,3</b>

<b>Fraccion Sobre tamaño</b>
<b>GS (Bulk) = 2,49</b>
<b>w(%) = 2,2</b>

<b>Máx. Dens. Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,313</b>
<b>Opt. Cont. de Humedad Corregida (%)</b>	<b>4,5</b>

**Notas:** Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **TBP**      Ingresado por: **TOM**      Revisado por: **CSM**      Laboratorio: **AV-243-10E**

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Ciente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4140 T-04 M-01 & M-04	Fecha	20-Dic-10
Descripción			

Estado : Remoldeado a máx. dens. seca 1,774 g/cm<sup>3</sup>

Clasificación: GW-GM

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31,00	30,71
Diámetro (cm)	15,15	14,83
Humedad (%)	2,50	12,59
Densidad seca (gr/cc)	1,773	1,868

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "B"	0,95
Presión de celda	kPa 607
Contra presión	kPa 207
Esf. Efect. Inicial	kPa 400

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	P. poros kPa	s <sub>3</sub> kPa	s <sub>1</sub> kPa	p̄ kPa	q̄ kPa	q̄ / p̄	Oblicuidad (s <sub>1</sub> /s <sub>3</sub> )
0,00	0,00	0,00	400,00	400,00	400,00	0,00	0,00	1,00
0,05	38,48	4,17	395,83	434,31	415,07	19,24	0,05	1,10
0,10	87,10	16,89	383,11	470,21	426,66	43,55	0,10	1,23
0,20	163,57	59,75	340,25	503,82	422,04	81,78	0,19	1,48
0,35	235,22	112,26	287,74	522,96	405,35	117,61	0,29	1,82
0,50	272,52	152,76	247,24	519,76	383,50	136,26	0,36	2,10
0,75	311,95	200,02	199,98	511,92	355,95	155,97	0,44	2,56
1,00	329,58	222,20	177,80	507,38	342,59	164,79	0,48	2,85
1,25	349,69	251,36	148,64	498,33	323,49	174,85	0,54	3,35
1,50	357,25	259,53	140,47	497,72	319,09	178,62	0,56	3,54
1,75	371,19	274,93	125,07	496,26	310,66	185,60	0,60	3,97
2,00	377,74	280,65	119,35	497,10	308,23	188,87	0,61	4,16
2,50	392,05	291,09	108,91	500,96	304,93	196,02	0,64	4,60
3,00	411,14	295,28	104,72	515,86	310,29	205,57	0,66	4,93
3,50	428,73	294,69	105,31	534,04	319,67	214,36	0,67	5,07
4,00	446,94	293,89	106,11	553,04	329,58	223,47	0,68	5,21
4,50	459,32	294,59	105,41	564,73	335,07	229,66	0,69	5,36
5,00	472,84	294,43	105,57	578,41	341,99	236,42	0,69	5,48
6,00	507,76	292,53	107,47	615,23	361,35	253,88	0,70	5,72
7,00	543,73	283,50	116,50	660,23	388,37	271,86	0,70	5,67
8,00	574,37	274,76	125,24	699,61	412,42	287,18	0,70	5,59
9,00	606,53	267,56	132,44	738,98	435,71	303,27	0,70	5,58
10,00	628,90	267,65	132,35	761,25	446,80	314,45	0,70	5,75
11,00	650,49	259,18	140,82	791,31	466,06	325,25	0,70	5,62
12,00	661,02	257,19	142,81	803,83	473,32	330,51	0,70	5,63
13,00	673,18	254,61	145,39	818,57	481,98	336,59	0,70	5,63
14,00	677,52	255,61	144,39	821,91	483,15	338,76	0,70	5,69

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por: HEV      Ingresado por: TOM      Revisado por: CSM      Fecha: 20-Dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4140 T-04 M-01 & M-04	Fecha	20-Dic-10
Descripción			

Estado : Remoldeado a máx. dens. seca 1,774 g/cm<sup>3</sup>

Clasificación: GW-GM

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31,00	30,86
Diámetro (cm)	15,15	14,88
Humedad (%)	2,50	15,08
Densidad seca (gr/cc)	1,773	1,846

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "B"	0,95
Presión de celda kPa	407
Contra presión kPa	207
Esf. Efect. Inicial kPa	200

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	P. poros kPa	S <sub>s</sub> kPa	S <sub>1</sub> kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad (s <sub>1</sub> /s <sub>s</sub> )
0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	200,00	0,00	0,00	1,00
0,05	40,14	5,67	194,33	234,47	214,40	20,07	0,09	1,21
0,10	64,49	17,25	182,75	247,24	215,00	32,24	0,15	1,35
0,20	101,80	39,75	160,25	262,04	211,15	50,90	0,24	1,64
0,35	135,78	63,79	136,21	272,00	204,11	67,89	0,33	2,00
0,50	155,68	81,74	118,26	273,94	196,10	77,84	0,40	2,32
0,75	177,33	102,96	97,04	274,37	185,70	88,66	0,48	2,83
1,00	185,20	115,66	84,34	269,53	176,94	92,60	0,52	3,20
1,25	194,32	126,14	73,86	268,19	171,03	97,16	0,57	3,63
1,50	199,30	131,43	68,57	267,87	168,22	99,65	0,59	3,91
1,75	209,21	135,71	64,29	273,50	168,90	104,61	0,62	4,25
2,00	212,33	137,49	62,51	274,84	168,67	106,17	0,63	4,40
2,50	229,39	139,10	60,90	290,29	175,60	114,69	0,65	4,77
3,00	248,90	138,93	61,07	309,98	185,53	124,45	0,67	5,08
3,50	262,85	139,15	60,85	323,70	192,28	131,42	0,68	5,32
4,00	275,77	137,17	62,83	338,59	200,71	137,88	0,69	5,39
4,50	287,12	136,05	63,95	351,08	207,52	143,56	0,69	5,49
5,00	295,48	134,76	65,24	360,72	212,98	147,74	0,69	5,53
6,00	317,92	131,94	68,06	385,98	227,02	158,96	0,70	5,67
7,00	329,07	130,30	69,70	398,77	234,23	164,53	0,70	5,72
8,00	361,49	125,76	74,24	435,73	254,99	180,74	0,71	5,87
9,00	369,57	123,76	76,24	445,81	261,03	184,79	0,71	5,85
10,00	392,93	118,16	81,84	474,77	278,31	196,46	0,71	5,80
11,00	407,95	114,26	85,74	493,69	289,71	203,97	0,70	5,76
12,00	425,21	111,27	88,73	513,94	301,34	212,61	0,71	5,79
13,00	431,47	106,69	93,31	524,77	309,04	215,73	0,70	5,62
14,00	437,03	103,56	96,44	533,48	314,96	218,52	0,69	5,53

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
HEV	TOM	CSM	20-Dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4140 T-04 M-01 & M-04	Fecha	20-Dic-10
Descripción			

Estado : Remoldeado a máx. dens. seca 1,774 g/cm<sup>3</sup>

Clasificación: GW-GM

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31,00	30,95
Diámetro (cm)	15,15	14,98
Humedad (%)	2,50	16,82
Densidad seca (gr/cc)	1,773	1,818

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "B"	0,96
Presión de celda (kPa)	307
Contra presión (kPa)	207
Esf. Efect. Inicial (kPa)	100

Deformación (%)	Esf. Desv. (kPa)	P. poros (kPa)	s <sub>s</sub> (kPa)	s <sub>i</sub> (kPa)	p̄ (kPa)	q̄ (kPa)	q̄/p̄	Oblicuidad (s <sub>i</sub> /s <sub>s</sub> )
0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	1,00
0,05	29,38	3,98	96,02	125,40	110,71	14,69	0,13	1,31
0,10	48,86	10,69	89,31	138,17	113,74	24,43	0,21	1,55
0,20	69,35	19,93	80,07	149,43	114,75	34,68	0,30	1,87
0,35	91,02	32,25	67,75	158,77	113,26	45,51	0,40	2,34
0,50	102,16	38,94	61,06	163,23	112,15	51,08	0,46	2,67
0,75	116,44	47,46	52,54	168,98	110,76	58,22	0,53	3,22
1,00	124,26	52,82	47,18	171,44	109,31	62,13	0,57	3,63
1,25	134,44	54,09	45,91	180,35	113,13	67,22	0,59	3,93
1,50	140,20	56,46	43,54	183,74	113,64	70,10	0,62	4,22
1,75	145,37	58,69	41,31	186,69	114,00	72,69	0,64	4,52
2,00	153,18	59,00	41,00	194,18	117,59	76,59	0,65	4,74
2,50	170,30	58,31	41,69	211,99	126,84	85,15	0,67	5,09
3,00	187,27	57,06	42,94	230,21	136,57	93,63	0,69	5,36
3,50	206,73	55,44	44,56	251,29	147,93	103,37	0,70	5,64
4,00	213,80	53,98	46,02	259,82	152,92	106,90	0,70	5,65
4,50	224,62	52,96	47,04	271,66	159,35	112,31	0,70	5,77
5,00	236,40	51,26	48,74	285,13	166,93	118,20	0,71	5,85
6,00	264,45	46,68	53,32	317,77	185,54	132,23	0,71	5,96
7,00	282,02	42,70	57,30	339,32	198,31	141,01	0,71	5,92
8,00	302,26	38,14	61,86	364,11	212,99	151,13	0,71	5,89
9,00	319,46	35,36	64,64	384,10	224,37	159,73	0,71	5,94
10,00	333,82	31,00	69,00	402,81	235,90	166,91	0,71	5,84
11,00	333,88	29,74	70,26	404,14	237,20	166,94	0,70	5,75
12,00	347,41	25,81	74,19	421,60	247,90	173,70	0,70	5,68
13,00	354,14	22,95	77,05	431,19	254,12	177,07	0,70	5,60
14,00	358,71	21,12	78,88	437,59	258,23	179,35	0,69	5,55

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
HEV	TOM	CSM	20-Dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

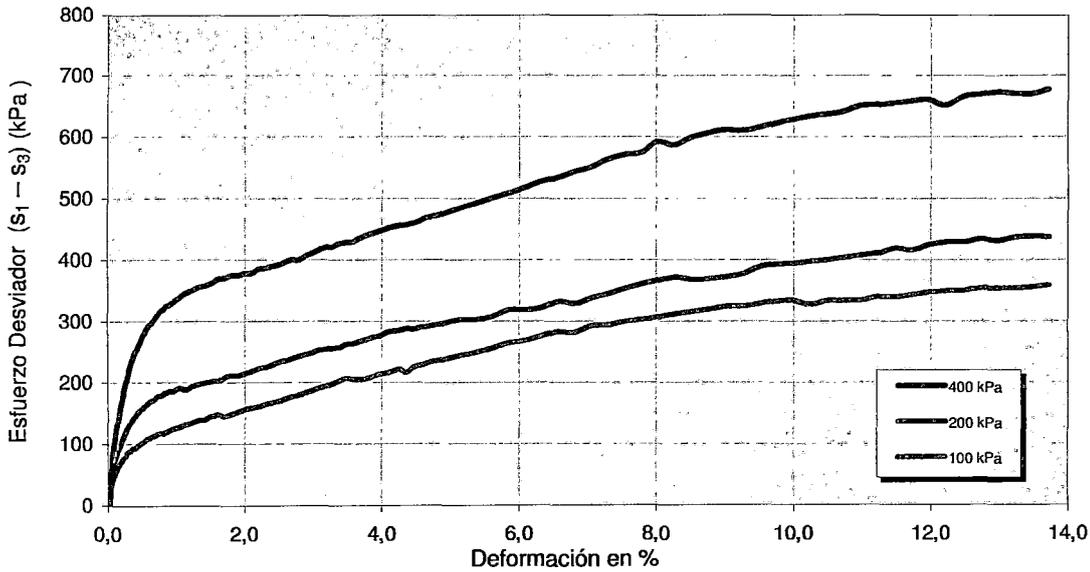
Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4140 T-04 M-01 & M-04	Fecha	20-Dic-10
Descripción	-		

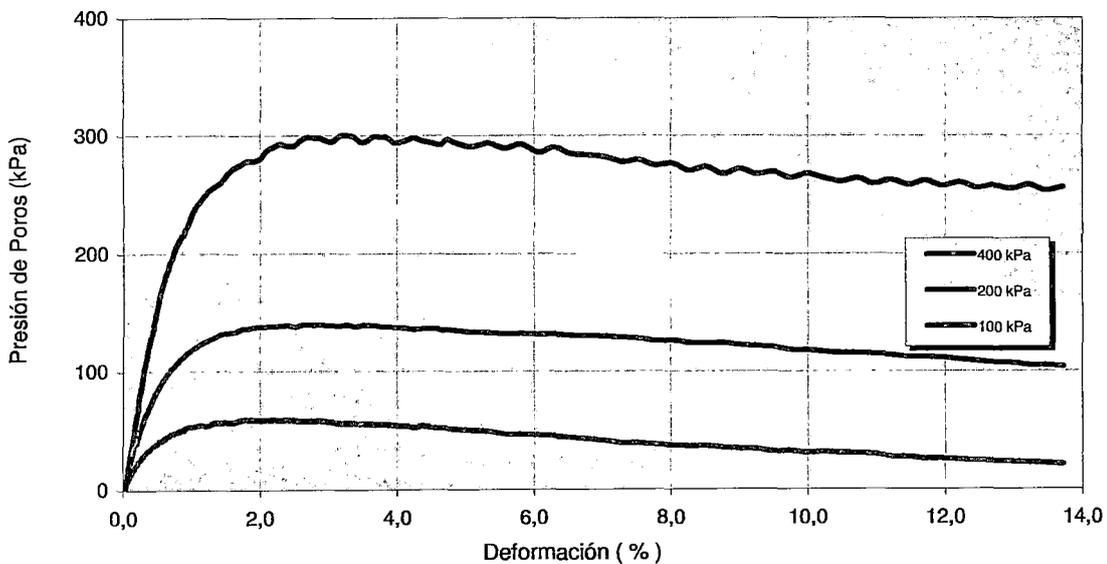
Estado : Remoldeado a máx. dens. seca 1,774 g/cm<sup>3</sup>

Clasificación : GW-GM

### ESFUERZO vs. DEFORMACIÓN



### PRESIÓN DE POROS vs. DEFORMACIÓN



Realizado por:

HEV

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Fecha:

20-Dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

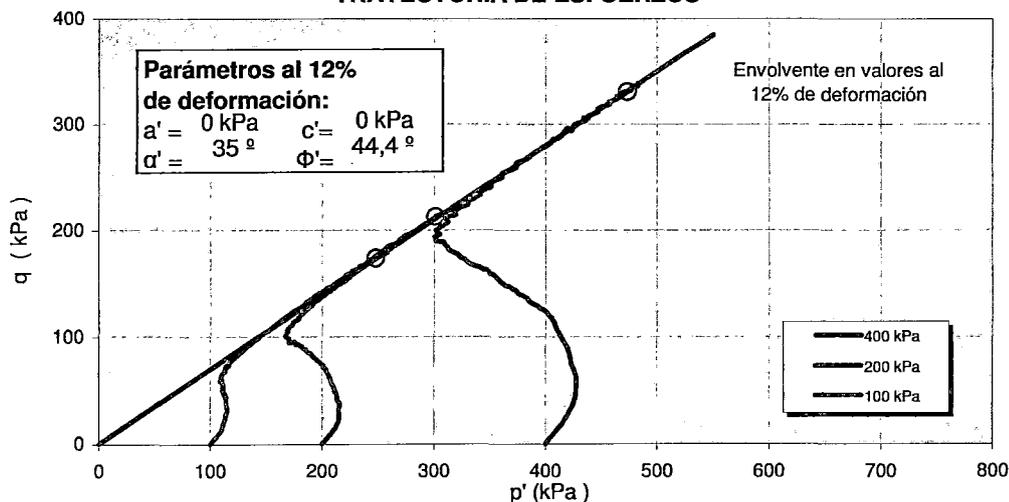
Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado por	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4140 T-04 M-01 & M-04	Fecha	20-Dic-10
Descripción			

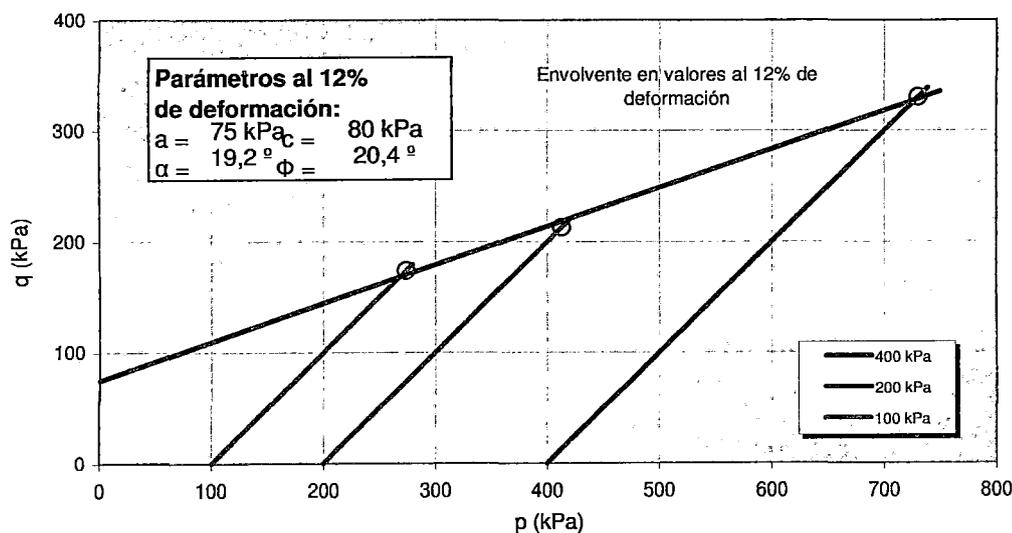
Estado : Remoldeado a máx. dens. seca 1,774 g/cm<sup>3</sup>

Clasificación : GW-GM

### TRAYECTORIA DE ESFUERZOS



### p vs. q



#### Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por: HEV    Ingresado por: TOM    Revisado por: CSM    Fecha: 20-Dic-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES DE STOCKS PILES

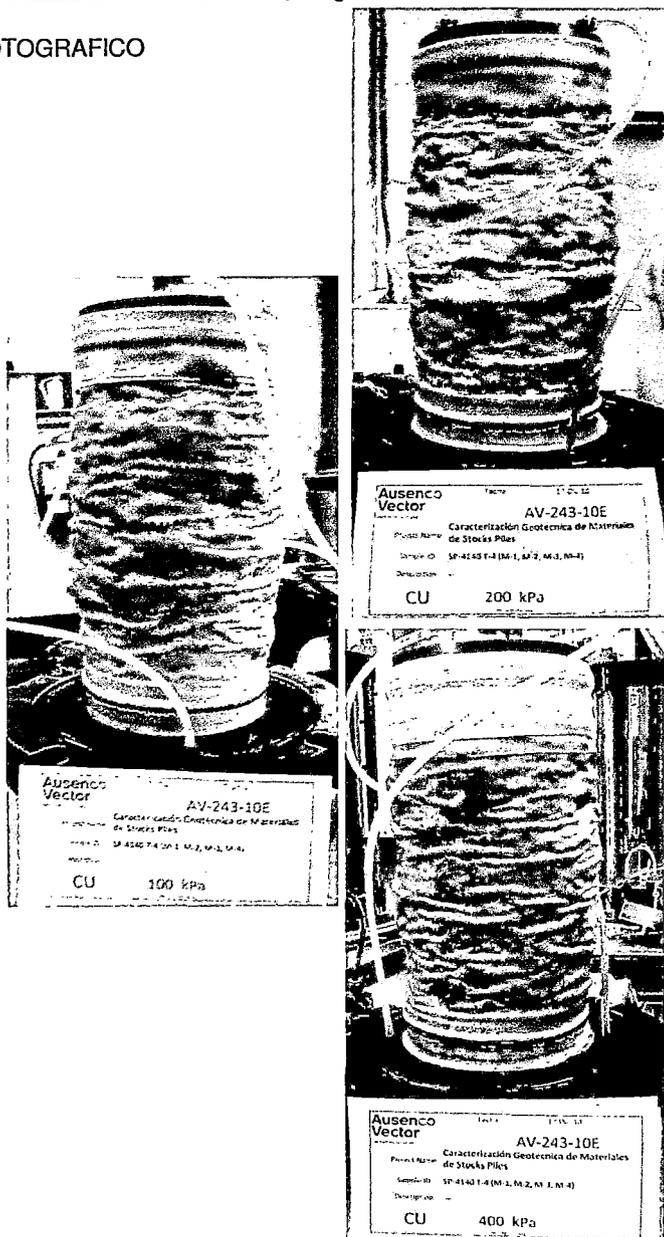
Cliente

Nº de Proyecto	Pendiente	Nº Informe de Lab	AV-243-10E
Ubicación		Solicitado	W. Guzman
Nº de muestra	SP-4140 T-04 M-01 & M-04	Fecha	20-Dic-10
Descripción	-		

Estado : Remoldeado a máx. dens. seca 1,774 g/cm<sup>3</sup>

Clasificación : GW-GM

### PANEL FOTOGRAFICO



### Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por: HEV      Ingresado por: TOM      Revisado por: CSM      Fecha: 20-Dic-10

LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: **Tesis "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte empleando Métodos Alternativos en suelos con Partículas Mayores a 3" de Diámetro"**

Nº de muestra / Prof. (m): **C-01 M-1 / 0,00 - 1,00** Nº Informe de Lab: **AP-036-12E**

Descripción / Zona: **Presa de Relaves** Bachiller **William A. Segovia**

Ubicación: **Mina Cerro Corona** Fecha: **06-mar-12**

**Clasificación SUCS: SM**

**Estado : Remoldeado (95% de la D. R. con una D. S. = 2,122gr/cm³, w = 3,6%)**

Etapa de consolidación	Inicial	Final	Velocidad (pulg/min)	0,01
Altura (cm)	31,00	30,87	Parámetro "B"	0,95
Diámetro (cm)	15,15	15,05	Presión de celda	kPa 807
Humedad (%)	3,60	8,98	Contra presión	kPa 207
Densidad seca (gr/cc)	2,123	2,161	Esf. Efect. Inicial	kPa 600

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	D V (cm³)	s <sub>z</sub> (cm³)	s <sub>1</sub> (cm³)	p (cm²)	q (cm²)	q / p	Oblicuidad (s <sub>1</sub> /s <sub>z</sub> )
0,00	0,00	0,00	600,00	600,00	600,00	0,00	0,00	1,00
0,05	281,25	-0,53	600,00	881,25	740,63	140,63	0,19	1,47
0,10	423,03	-1,59	600,00	1023,03	811,51	211,51	0,26	1,71
0,20	713,01	-4,77	600,00	1313,01	956,50	356,50	0,37	2,19
0,35	1111,05	-8,48	600,00	1711,05	1155,53	555,53	0,48	2,85
0,50	1479,47	-12,72	600,00	2079,47	1339,73	739,73	0,55	3,47
0,75	1929,90	-14,31	600,00	2529,90	1564,95	964,95	0,62	4,22
1,00	2339,41	-20,14	600,00	2939,41	1769,70	1169,70	0,66	4,90
1,25	2448,94	-21,20	600,00	3048,94	1824,47	1224,47	0,67	5,08
1,50	2525,61	-21,73	600,00	3125,61	1862,80	1262,80	0,68	5,21
1,75	2551,84	-21,73	600,00	3151,84	1875,92	1275,92	0,68	5,25
2,00	2577,91	-21,20	600,00	3177,91	1888,96	1288,96	0,68	5,30
2,50	2597,15	-18,02	600,00	3197,15	1898,58	1298,58	0,68	5,33
3,00	2574,94	-16,96	600,00	3174,94	1887,47	1287,47	0,68	5,29
3,50	2574,21	-12,72	600,00	3174,21	1887,11	1287,11	0,68	5,29
4,00	2568,05	-10,07	600,00	3168,05	1884,03	1284,03	0,68	5,28
4,50	2553,37	-10,60	600,00	3153,37	1876,69	1276,69	0,68	5,26
5,00	2538,71	-6,36	600,00	3138,71	1869,36	1269,36	0,68	5,23
6,00	2529,48	-3,71	600,00	3129,48	1864,74	1264,74	0,68	5,22
7,00	2500,11	0,53	600,00	3100,11	1850,05	1250,05	0,68	5,17
8,00	2470,79	6,36	600,00	3070,79	1835,40	1235,40	0,67	5,12
9,00	2436,42	7,95	600,00	3036,42	1818,21	1218,21	0,67	5,06
10,00	2402,27	10,60	600,00	3002,27	1801,13	1201,13	0,67	5,00
11,00	2303,27	14,31	600,00	2903,27	1751,63	1151,63	0,66	4,84
12,00	2290,05	15,90	600,00	2890,05	1745,03	1145,03	0,66	4,82
13,00	2288,29	15,90	600,00	2888,29	1744,15	1144,15	0,66	4,81
14,00	2231,18	20,14	600,00	2831,18	1715,59	1115,59	0,65	4,72
15,00	2213,22	20,67	600,00	2813,22	1706,61	1106,61	0,65	4,69

**Nota:** Los especímenes fueron remoldeados al 95% Dens. Relativa, con una Densidad Seca = 2,122gr/cm³, w = 3,6% trabajable.

**Observaciones:**

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

**Grado de compactación:**

Bajo   
  Medio   
  Alto   
  Elevado

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-mar-12

### LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: **Tesis "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte empleando Métodos Alternativos en suelos con Partículas Mayores a 3" de Diámetro"**

Nº de muestra / Prof. (m): **C-01 M-1 / 0,00 - 1,00** Nº Informe de Lab: **AP-036-12E**

Descripción / Zona: **Presas de Relaves** Bachiller **William A. Segovia**

Ubicación: **Mina Cerro Corona** Fecha: **06-mar-12**

### Clasificación SUCS: SM

Estado : Remoldeado (95% de la D. R. con una D. S. = 2,122gr/cm<sup>3</sup>, w = 3,6%)

Etapa de consolidación	Inicial	Final	Velocidad (pulg/min)	0,01
Altura (cm)	31,00	30,92	Parámetro "B"	0,94
Diámetro (cm)	15,15	15,04	Presión de celda	kPa 507
Humedad (%)	3,60	10,18	Contra presión	kPa 207
Densidad seca (gr/cc)	2,121	2,157	Esf. Efect. Inicial	kPa 300

Deformación (%)	Esf. Dev. kPa	D V (cm <sup>3</sup> )	s <sub>3</sub> (cm <sup>3</sup> )	s <sub>1</sub> (cm <sup>3</sup> )	p̄ (cm <sup>2</sup> )	q̄ (cm <sup>2</sup> )	q̄ / p̄	Oblicuidad (s <sub>1</sub> /s <sub>3</sub> )
0,00	0,00	0,00	300,00	300,00	300,00	0,00	0,00	1,00
0,05	161,56	-1,06	300,00	461,56	380,78	80,78	0,21	1,54
0,10	248,91	-2,65	300,00	548,91	424,45	124,45	0,29	1,83
0,20	498,23	-4,77	300,00	798,23	549,12	249,12	0,45	2,66
0,35	849,41	-7,42	300,00	1149,41	724,70	424,70	0,59	3,83
0,50	1181,85	-8,48	300,00	1481,85	890,92	590,92	0,66	4,94
0,75	1575,10	-8,48	300,00	1875,10	1087,55	787,55	0,72	6,25
1,00	1762,01	-5,30	300,00	2062,01	1181,00	881,00	0,75	6,87
1,25	1793,14	0,00	300,00	2093,14	1196,57	896,57	0,75	6,98
1,50	1784,47	7,42	300,00	2084,47	1192,23	892,23	0,75	6,95
1,75	1759,53	11,66	300,00	2059,53	1179,76	879,76	0,75	6,87
2,00	1734,66	18,55	300,00	2034,66	1167,33	867,33	0,74	6,78
2,50	1679,35	29,15	300,00	1979,35	1139,67	839,67	0,74	6,60
3,00	1625,65	40,28	300,00	1925,65	1112,82	812,82	0,73	6,42
3,50	1585,64	48,76	300,00	1885,64	1092,82	792,82	0,73	6,29
4,00	1551,96	57,24	300,00	1851,96	1075,98	775,98	0,72	6,17
4,50	1515,90	63,60	300,00	1815,90	1057,95	757,95	0,72	6,05
5,00	1481,03	69,96	300,00	1781,03	1040,51	740,51	0,71	5,94
6,00	1414,18	80,56	300,00	1714,18	1007,09	707,09	0,70	5,71
7,00	1378,37	86,39	300,00	1678,37	989,18	689,18	0,70	5,59
8,00	1351,46	90,63	300,00	1651,46	975,73	675,73	0,69	5,50
9,00	1334,71	94,87	300,00	1634,71	967,35	667,35	0,69	5,45
10,00	1327,30	98,05	300,00	1627,30	963,65	663,65	0,69	5,42
11,06	1315,97	101,76	300,00	1615,97	957,98	657,98	0,69	5,39
12,00	1306,25	103,88	300,00	1606,25	953,12	653,12	0,69	5,35
13,00	1295,00	106,53	300,00	1595,00	947,50	647,50	0,68	5,32
14,00	1281,74	110,24	300,00	1581,74	940,87	640,87	0,68	5,27
15,00	1271,90	113,95	300,00	1571,90	935,95	635,95	0,68	5,24

Nota: Los especímenes fueron remoldeados al 95% Densi. Relativa, con una Densidad Seca = 2,122gr/cm<sup>3</sup>, w = 3,6% trabajable.

Observaciones: 1210,33

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación:  Bajo  Medio  Alto  Elevado

Realizado por: HEV Ingresado por: JCA Revisado por: CSM Fecha: 06-mar-12

### LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: **Tesis "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte empleando Métodos Alternativos en suelos con Partículas Mayores a 3" de Diámetro"**

Nº de muestra / Prof. (m): **C-01 M-1 / 0,00 - 1,00**

Nº Informe de Lab: **AP-036-12E**

Descripción / Zona: **Presas de Relaves**

Bachiller **William A. Segovia**

Ubicación: **Mina Cerro Corona**

Fecha: **06-mar-12**

### Clasificación SUCS: SM

Estado : Remoldeado (95% de la D. R. con una D. S. = 2,122gr/cm<sup>3</sup>, w = 3,6%)

Etapa de consolidación	Inicial	Final	Velocidad (pulg/min)	0,01
Altura (cm)	31,00	30,94	Parámetro "B"	0,95
Diámetro (cm)	15,15	15,13	Presión de celda	kPa 357
Humedad (%)	3,60	11,50	Contra presión	kPa 207
Densidad seca (gr/cc)	2,122	2,133	Esf. Efect. Inicial	kPa 150

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	D V (cm <sup>3</sup> )	s <sub>3</sub> (cm <sup>3</sup> )	s <sub>1</sub> (cm <sup>3</sup> )	p̄ (cm <sup>2</sup> )	q̄ (cm <sup>2</sup> )	q̄ / p̄	Oblicuidad (s <sub>1</sub> /s <sub>3</sub> )
0,00	0,00	0,00	150,00	150,00	150,00	0,00	0,00	1,00
0,05	91,70	-1,06	150,00	150,00	241,70	195,85	0,23	1,61
0,10	201,44	-3,18	150,00	150,00	351,44	250,72	0,40	2,34
0,20	305,93	-5,30	150,00	150,00	455,93	302,97	0,50	3,04
0,35	523,40	-7,42	150,00	150,00	673,40	411,70	0,64	4,49
0,50	781,08	-5,30	150,00	150,00	931,08	540,54	0,72	6,21
0,75	1117,83	-2,65	150,00	150,00	1267,83	708,92	0,79	8,45
1,11	1232,62	-5,30	150,00	150,00	1382,62	766,31	0,80	9,22
1,25	1220,69	20,67	150,00	150,00	1370,69	760,35	0,80	9,14
1,50	1190,02	33,39	150,00	150,00	1340,02	745,01	0,80	8,93
1,75	1158,66	45,05	150,00	150,00	1308,66	729,33	0,79	8,72
2,00	1127,03	55,12	150,00	150,00	1277,03	713,51	0,79	8,51
2,50	1076,09	73,67	150,00	150,00	1226,09	688,05	0,78	8,17
3,00	1028,59	89,04	150,00	150,00	1178,59	664,30	0,77	7,86
3,51	988,42	103,35	150,00	150,00	1138,42	644,21	0,77	7,59
4,03	956,06	115,54	150,00	150,00	1106,06	628,03	0,76	7,37
4,50	930,47	124,55	150,00	150,00	1080,47	615,24	0,76	7,20
5,00	902,27	134,62	150,00	150,00	1052,27	601,13	0,75	7,02
6,00	852,60	148,40	150,00	150,00	1002,60	576,30	0,74	6,68
7,00	811,67	156,88	150,00	150,00	961,67	555,83	0,73	6,41
8,00	758,65	165,36	150,00	150,00	908,65	529,32	0,72	6,06
9,00	766,35	170,66	150,00	150,00	916,35	533,18	0,72	6,11
10,00	761,91	175,96	150,00	150,00	911,91	530,95	0,72	6,08
11,00	761,41	178,08	150,00	150,00	911,41	530,70	0,72	6,08
12,00	757,40	181,79	150,00	150,00	907,40	528,70	0,72	6,05
13,00	758,49	186,03	150,00	150,00	908,49	529,25	0,72	6,06
14,00	753,95	190,27	150,00	150,00	903,95	526,98	0,72	6,03
15,00	746,08	193,98	150,00	150,00	896,08	523,04	0,71	5,97

Nota: Los especímenes fueron remoldeados al 95% Dens. Relativa, con una Densidad Seca = 2,122gr/cm<sup>3</sup>, w = 3,6% trabajable.

Observaciones: 745,45

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación:

Bajo   
 Medio   
 Alto   
 Elevado

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-mar-12

### LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: **Tesis "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte empleando Métodos Alternativos en suelos con Partículas Mayores a 3" de Diámetro"**

Nº de muestra / Prof. (m): **C-01 M-1 / 0,00 - 1,00**

Nº Informe de Lab: **AP-036-12E**

Descripción / Zona: **Presas de Relaves**

Bachiller **William A. Segovia**

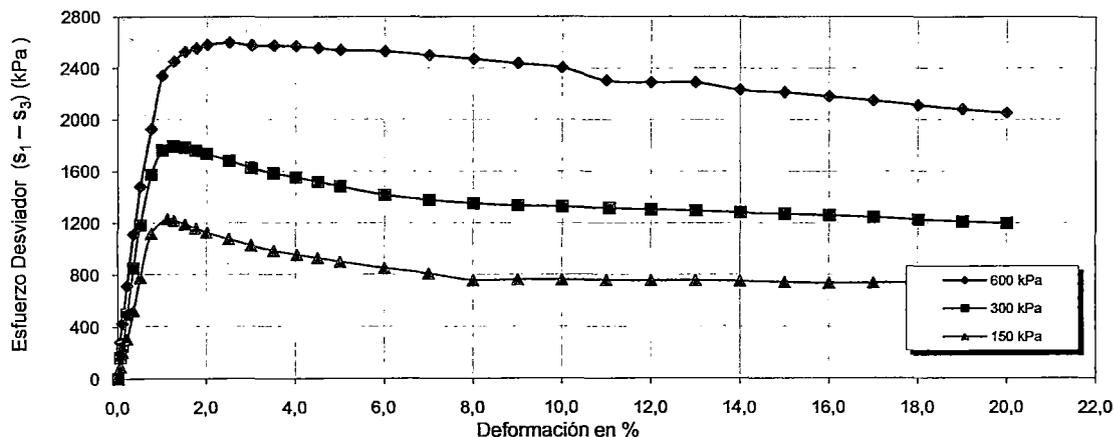
Ubicación: **Mina Cerro Corona**

Fecha: **06-mar-12**

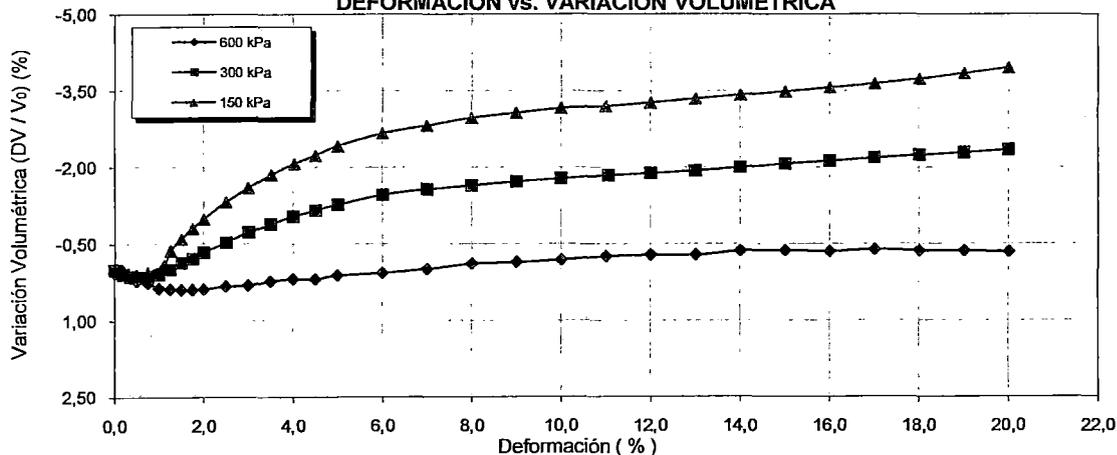
**Clasificación SUCS: SM**

**Estado : Remoldeado (95% de la D. R. con una D. S. = 2,122gr/cm³, w = 3,6%)**

**DEFORMACIÓN vs. ESFUERZO**



**DEFORMACIÓN vs. VARIACIÓN VOLUMÉTRICA**



**Nota:** Los especímenes fueron remoldeados al 95% Dens. Relativa, con una Densidad Seca = 2,122gr/cm³, - w = 3,6% trabajable.

Observaciones: 739,81

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso de ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación:

Bajo   
  Medio   
  Alto   
  Elevado

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-mar-12

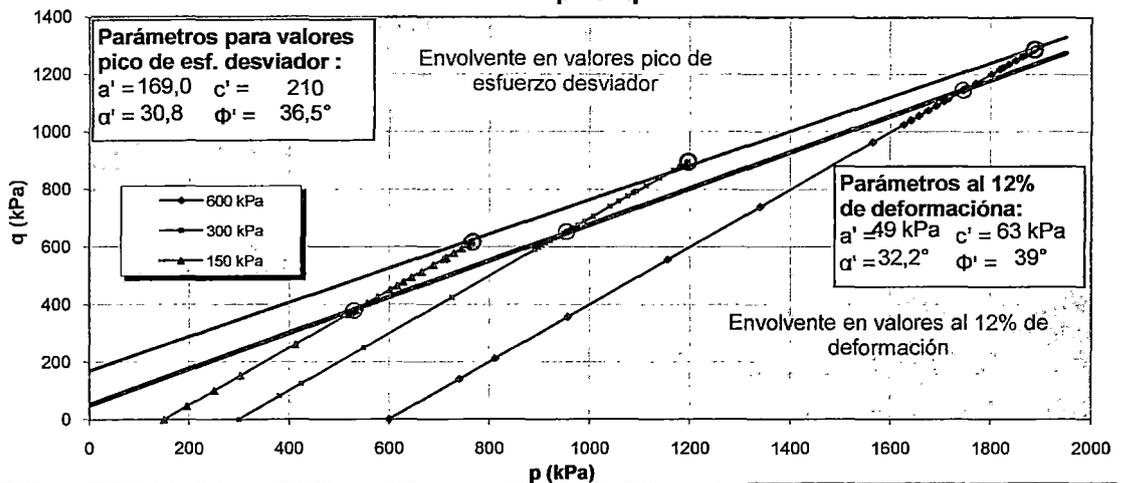
### LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto:	Tesis "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte empleando Métodos Alternativos en suelos con Partículas Mayores a 3" de Diámetro"		
Nº de muestra / Prof. (m):	C-01 M-1 / 0,00 - 1,00	Nº Informe de Lab:	AP-036-12E
Descripción / Zona:	Presas de Relaves	Bachiller	William A. Segovia
Ubicación:	Mina Cerro Corona	Fecha:	06-mar-12

### Clasificación SUCS: SM

Estado : Remoldeado (95% de la D. R. con una D. S. = 2,122gr/cm<sup>3</sup>, w = 3,6%)

p vs. q



**Nota:** Los especímenes fueron remoldeados al 95% Densi. Relativa, con una Densidad Seca = 2,122gr/cm<sup>3</sup>, - w = 3,6% trabajable.

#### Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación:

Bajo
  Medio
  Alto
  Elevado

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-mar-12

LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: **Tesis "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte empleando Métodos Alternativos en suelos con Partículas Mayores a 3" de Diámetro"**

Nº de muestra / Prof. (m): **C-01 M-2 / 0,00 - 1,00**

Nº Informe de Lab: **AP-036-12E**

Descripción / Zona: **Presas de Relaves**

Bachiller **William A. Segovia**

Ubicación: **Mina Cerro Corona**

Fecha: **06-mar-12**

**Clasificación SUCS: SM**

**Estado : Remoldeado (90% de la D. R. con una D. S. = 2,220gr/cm³, w = 4,1%)**

Etapa de consolidación	Inicial	Final	Velocidad (pulg/min)	0,01
Altura (cm)	21,40	21,26	Parámetro "B"	0,95
Diámetro (cm)	10,12	9,81	Presión de celda	kPa 807
Humedad (%)	4,10	8,25	Contra presión	kPa 207
Densidad seca (gr/cc)	2,220	2,379	Esf. Efect. Inicial	kPa 600

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	D V (cm³)	s <sub>s</sub> (cm³)	s <sub>i</sub> (cm³)	p (cm³)	q (cm³)	q / p	Oblicuidad (s <sub>i</sub> /s <sub>s</sub> )
0,00	0,00	0,00	600,00	600,00	600,00	0,00	0,00	1,00
0,05	196,46	0,00	600,00	796,46	698,23	98,23	0,14	1,33
0,10	332,13	-1,06	600,00	932,13	766,06	166,06	0,22	1,55
0,20	537,00	-1,59	600,00	1137,00	868,50	268,50	0,31	1,90
0,35	811,88	-2,65	600,00	1411,88	1005,94	405,94	0,40	2,35
0,50	1134,92	-3,71	600,00	1734,92	1167,46	567,46	0,49	2,89
0,75	1596,70	-5,83	600,00	2196,70	1398,35	798,35	0,57	3,66
1,00	1961,38	-7,42	600,00	2561,38	1580,69	980,69	0,62	4,27
1,25	2255,27	-7,95	600,00	2855,27	1727,64	1127,64	0,65	4,76
1,50	2450,81	-8,48	600,00	3050,81	1825,41	1225,41	0,67	5,08
1,75	2569,80	-9,54	600,00	3169,80	1884,90	1284,90	0,68	5,28
2,00	2678,68	-10,07	600,00	3278,68	1939,34	1339,34	0,69	5,46
2,50	2774,25	-10,07	600,00	3374,25	1987,13	1387,13	0,70	5,62
3,00	2804,76	-9,54	600,00	3404,76	2002,38	1402,38	0,70	5,67
3,50	2805,91	-8,48	600,00	3405,91	2002,96	1402,96	0,70	5,68
4,00	2788,33	-7,42	600,00	3388,33	1994,17	1394,17	0,70	5,65
4,50	2756,96	-6,36	600,00	3356,96	1978,48	1378,48	0,70	5,59
5,00	2740,26	-5,30	600,00	3340,26	1970,13	1370,13	0,70	5,57
6,00	2657,27	-3,71	600,00	3257,27	1928,63	1328,63	0,69	5,43
7,00	2613,74	-2,65	600,00	3213,74	1906,87	1306,87	0,69	5,36
8,00	2559,22	-1,06	600,00	3159,22	1879,61	1279,61	0,68	5,27
9,00	2521,52	0,53	600,00	3121,52	1860,76	1260,76	0,68	5,20
10,00	2485,69	1,59	600,00	3085,69	1842,84	1242,84	0,67	5,14
11,00	2452,59	2,12	600,00	3052,59	1826,30	1226,30	0,67	5,09
12,00	2422,77	2,12	600,00	3022,77	1811,38	1211,38	0,67	5,04
13,00	2388,61	2,65	600,00	2988,61	1794,31	1194,31	0,67	4,98
14,00	2362,40	2,65	600,00	2962,40	1781,20	1181,20	0,66	4,94
15,00	2328,05	2,65	600,00	2928,05	1764,03	1164,03	0,66	4,88

**Nota:** Los especímenes fueron remoldeados al 90% Dens. Relativa, con una Densidad Seca = 2,220gr/cm³, w = 4,1% trabajable.

No se pudo remoldear al 95% Densidad Relativa.

**Observaciones:**

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

**Grado de compactación:**

Bajo   
  Medio   
  Alto   
  Elevado

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-mar-12

LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: **Tesis "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte empleando Métodos Alternativos en suelos con Partículas Mayores a 3" de Diámetro"**

Nº de muestra / Prof. (m): **C-01 M-2 / 0,00 - 1,00**

Nº Informe de Lab: **AP-036-12E**

Descripción / Zona: **Presas de Relaves**

Bachiller **William A. Segovia**

Ubicación: **Mina Cerro Corona**

Fecha: **06-mar-12**

**Clasificación SUCS: SM**

**Estado : Remoldeado (90% de la D. R. con una D. S. = 2,220gr/cm³, w = 4,1%)**

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	21,40	21,32
Diámetro (cm)	10,12	9,85
Humedad (%)	4,10	8,90
Densidad seca (gr/cc)	2,220	2,354

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "B"	0,95
Presión de celda (kPa)	507
Contra presión (kPa)	207
Esf. Efect. Inicial (kPa)	300

Deformación (%)	Esf. Desv. (kPa)	D V (cm³)	s <sub>3</sub> (cm³)	s <sub>1</sub> (cm³)	p̄ (cm³)	q̄ (cm³)	q̄ / p̄	Oblicuidad (s <sub>1</sub> /s <sub>3</sub> )
0,00	0,00	0,00	300,00	300,00	300,00	0,00	0,00	1,00
0,05	132,96	-0,53	300,00	432,96	366,48	66,48	0,18	1,44
0,10	233,65	-1,06	300,00	533,65	416,83	116,83	0,28	1,78
0,20	381,20	-1,59	300,00	681,20	490,60	190,60	0,39	2,27
0,35	632,12	-2,65	300,00	932,12	616,06	316,06	0,51	3,11
0,50	836,51	-3,18	300,00	1136,51	718,25	418,25	0,58	3,79
0,75	1197,50	-3,71	300,00	1497,50	898,75	598,75	0,67	4,99
1,00	1418,16	-4,24	300,00	1718,16	1009,08	709,08	0,70	5,73
1,25	1706,42	-5,30	300,00	2006,42	1153,21	853,21	0,74	6,69
1,50	1859,76	-4,24	300,00	2159,76	1229,88	929,88	0,76	7,20
1,75	1994,72	-2,12	300,00	2294,72	1297,36	997,36	0,77	7,65
2,00	2004,50	-1,06	300,00	2304,50	1302,25	1002,25	0,77	7,68
2,50	2006,02	2,65	300,00	2306,02	1303,01	1003,01	0,77	7,69
3,00	1945,51	7,42	300,00	2245,51	1272,76	972,76	0,76	7,49
3,50	1857,72	13,25	300,00	2157,72	1228,86	928,86	0,76	7,19
4,00	1749,35	16,96	300,00	2049,35	1174,68	874,68	0,74	6,83
4,50	1698,14	20,14	300,00	1998,14	1149,07	849,07	0,74	6,66
5,00	1635,81	23,32	300,00	1935,81	1117,90	817,90	0,73	6,45
6,00	1533,69	28,09	300,00	1833,69	1066,84	766,84	0,72	6,11
7,00	1483,22	30,74	300,00	1783,22	1041,61	741,61	0,71	5,94
8,00	1443,01	33,92	300,00	1743,01	1021,50	721,50	0,71	5,81
9,00	1387,57	35,51	300,00	1687,57	993,79	693,79	0,70	5,63
10,00	1402,18	37,10	300,00	1702,18	1001,09	701,09	0,70	5,67
11,00	1380,54	38,16	300,00	1680,54	990,27	690,27	0,70	5,60
12,00	1362,74	39,22	300,00	1662,74	981,37	681,37	0,69	5,54
13,00	1339,82	40,28	300,00	1639,82	969,91	669,91	0,69	5,47
14,00	1329,19	41,87	300,00	1629,19	964,59	664,59	0,69	5,43
15,00	1320,27	41,87	300,00	1620,27	960,13	660,13	0,69	5,40

**Nota:** Los especímenes fueron remoldeados al 90% Dens. Relativa, con una Densidad Seca = 2,220gr/cm³, w = 4,1% trabajable.

No se pudo remoldear al 95% Densidad Relativa.

Observaciones: 1282,66

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación:

Bajo   
  Medio   
  Alto   
  Elevado

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-mar-12

LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: **Tesis "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte empleando Métodos Alternativos en suelos con Partículas Mayores a 3" de Diámetro"**

Nº de muestra / Prof. (m): **C-01 M-2 / 0,00 - 1,00**

Nº Informe de Lab: **AP-036-12E**

Descripción / Zona: **Presa de Relaves**

Bachiller **William A. Segovia**

Ubicación: **Mina Cerro Corona**

Fecha: **06-mar-12**

**Clasificación SUCS: SM**

**Estado : Remoldeado (90% de la D. R. con una D. S. = 2,220gr/cm³, w = 4,1%)**

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	21,40	21,34
Diámetro (cm)	10,12	9,99
Humedad (%)	4,10	9,19
Densidad seca (gr/cc)	2,220	2,283

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "B"	0,95
Presión de celda (kPa)	357
Contra presión (kPa)	207
Esf. Efect. Inicial (kPa)	150

Deformación (%)	Esf. Desv. (kPa)	D V (cm³)	s <sub>s</sub> (cm³)	s <sub>1</sub> (cm³)	p̄ (cm³)	q̄ (cm³)	q̄ / p̄	Oblicuidad (s <sub>1</sub> /s <sub>s</sub> )
0,00	0,00	0,00	150,00	150,00	150,00	0,00	0,00	1,00
0,05	81,60	-0,53	150,00	231,60	190,80	40,80	0,21	1,54
0,10	136,68	-1,06	150,00	286,68	218,34	68,34	0,31	1,91
0,20	230,81	-1,59	150,00	380,81	265,41	115,41	0,43	2,54
0,35	367,05	-2,12	150,00	517,05	333,53	183,53	0,55	3,45
0,50	507,67	-2,65	150,00	657,67	403,83	253,83	0,63	4,38
0,75	829,48	-3,18	150,00	979,48	564,74	414,74	0,73	6,53
1,00	1143,93	2,12	150,00	1293,93	721,97	571,97	0,79	8,63
1,25	1274,16	-1,06	150,00	1424,16	787,08	637,08	0,81	9,49
1,50	1349,59	2,65	150,00	1499,59	824,79	674,79	0,82	10,00
1,75	1348,49	7,95	150,00	1498,49	824,25	674,25	0,82	9,99
2,00	1307,54	11,66	150,00	1457,54	803,77	653,77	0,81	9,72
2,50	1195,98	20,14	150,00	1345,98	747,99	597,99	0,80	8,97
3,00	1115,64	26,50	150,00	1265,64	707,82	557,82	0,79	8,44
3,50	1000,74	32,86	150,00	1150,74	650,37	500,37	0,77	7,67
4,00	992,52	35,51	150,00	1142,52	646,26	496,26	0,77	7,62
4,50	889,25	37,10	150,00	1039,25	594,62	444,62	0,75	6,93
5,00	872,58	38,16	150,00	1022,58	586,29	436,29	0,74	6,82
6,00	874,20	39,75	150,00	1024,20	587,10	437,10	0,74	6,83
7,00	870,92	40,81	150,00	1020,92	585,46	435,46	0,74	6,81
8,00	862,05	42,40	150,00	1012,05	581,03	431,03	0,74	6,75
9,00	855,46	45,58	150,00	1005,46	577,73	427,73	0,74	6,70
10,00	832,00	49,82	150,00	982,00	566,00	416,00	0,73	6,55
11,00	754,38	54,06	150,00	904,38	527,19	377,19	0,72	6,03
12,00	716,79	58,30	150,00	866,79	508,40	358,40	0,70	5,78
13,00	696,30	58,83	150,00	846,30	498,15	348,15	0,70	5,64
14,00	689,26	59,89	150,00	839,26	494,63	344,63	0,70	5,60
15,00	683,38	61,48	150,00	833,38	491,69	341,69	0,69	5,56

**Nota:** Los especímenes fueron remoldeados al 90% Dens. Relativa, con una Densidad Seca = 2,220gr/cm³, w = 4,1% trabajable.

No se pudo remoldear al 95% Densidad Relativa.

Observaciones: 681,95

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso de ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación:

Bajo
  Medio
  Alto
  Elevado

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-mar-12

### LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: **Tesis "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte empleando Métodos Alternativos en suelos con Partículas Mayores a 3" de Diámetro"**

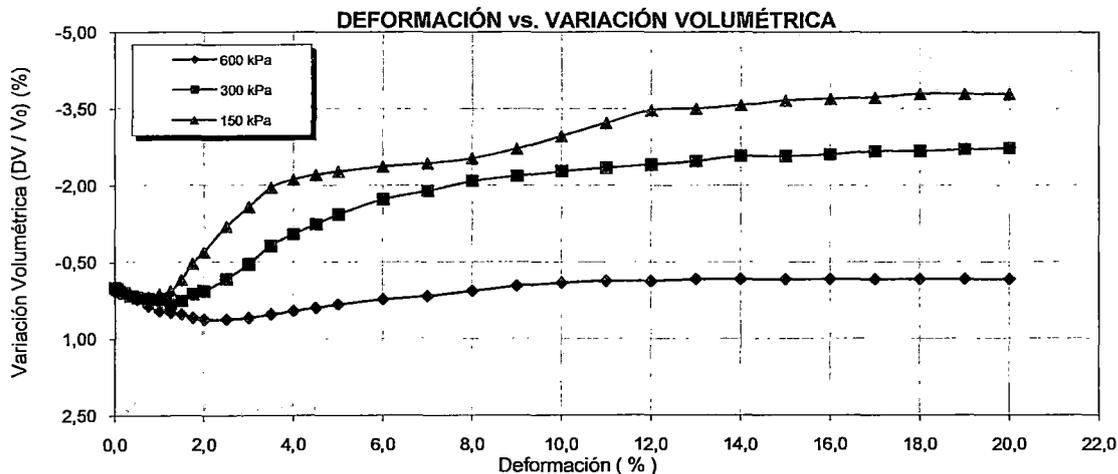
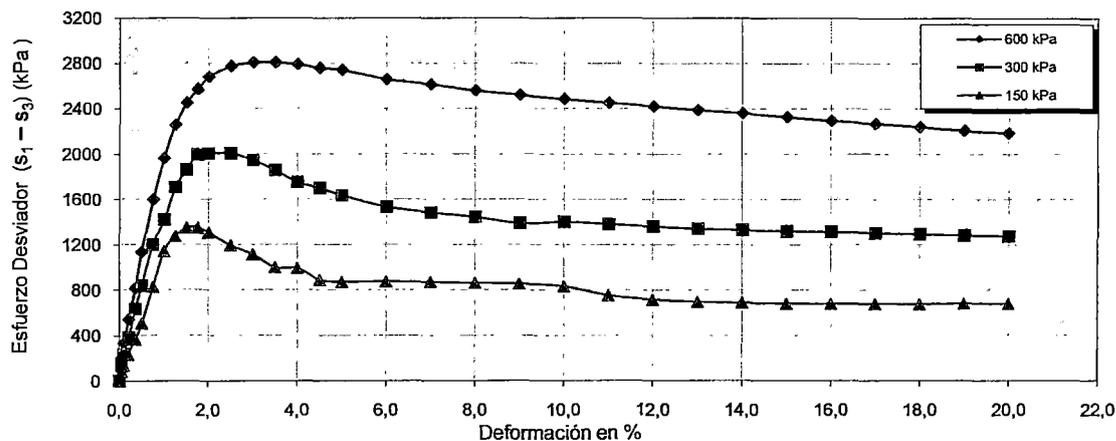
Nº de muestra / Prof. (m): **C-01 M-2 / 0,00 - 1,00**      Nº Informe de Lab: **AP-036-12E**

Descripción / Zona: **Presas de Relaves**      Bachiller **William A. Segovia**

Ubicación: **Mina Cerro Corona**      Fecha: **06-mar-12**

**Clasificación SUCS: SM**

**Estado : Remoldeado (90% de la D. R. con una D. S. = 2,220gr/cm<sup>3</sup>, w = 4,1%)**  
**DEFORMACIÓN vs. ESFUERZO**



**Nota:** Los especímenes fueron remoldeados al 90% Dens. Relativa, con una Densidad Seca = 2,220gr/cm<sup>3</sup>, - w = 4,1% trabajable.

No se pudo remoldear al 95% Densidad Relativa.

Observaciones: 678,00

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación:  Bajo  Medio  Alto  Elevado

Realizado por: HEV      Ingresado por: JCA      Revisado por: CSM      Fecha: 06-mar-12

LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: **Tesis "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte empleando Métodos Alternativos en suelos con Partículas Mayores a 3" de Diámetro"**

Nº de muestra / Prof. (m): **C-01 M-2 / 0,00 - 1,00**

Nº Informe de Lab: **AP-036-12E**

Descripción / Zona: **Presas de Relaves**

Bachiller **William A. Segovia**

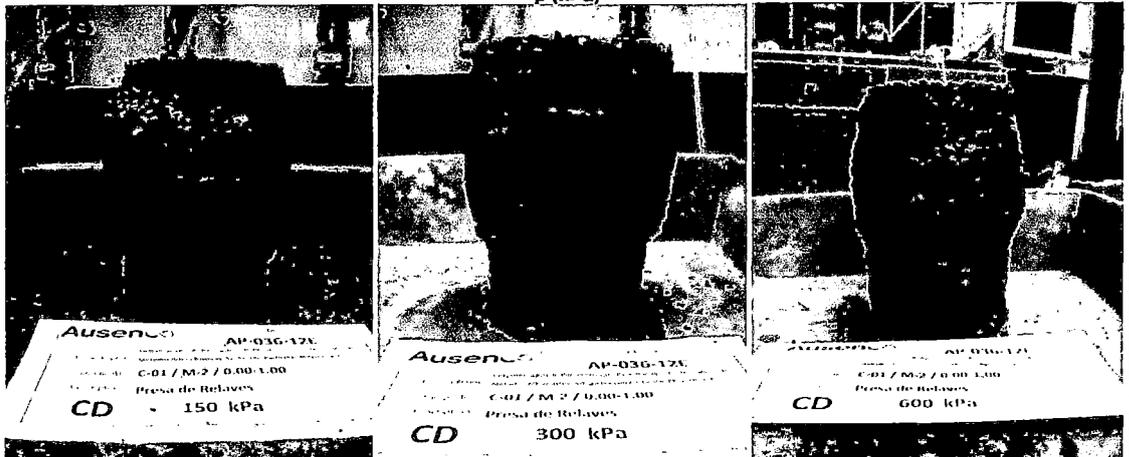
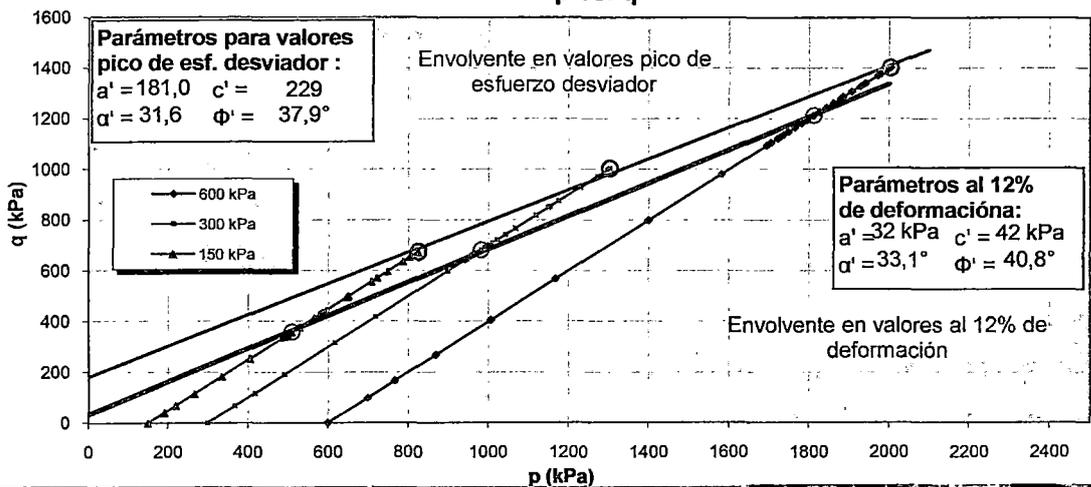
Ubicación: **Mina Cerro Corona**

Fecha: **06-mar-12**

Clasificación SUCS: **SM**

Estado : Remoldeado (90% de la D. R. con una D. S. = 2,220gr/cm<sup>3</sup>, w = 4,1%)

p vs. q



Nota: Los especímenes fueron remoldeados al 90% Dens. Relativa, con una Densidad Seca = 2,220gr/cm<sup>3</sup>, - w = 4,1% trabajable.

No se pudo remoldear al 95% Densidad Relativa.

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación:

Bajo   
  Medio   
  Alto   
  Elevado

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-mar-12

Nombre del Proyecto: **Tesis "Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte empleando Métodos Alternativos en suelos con Partículas Mayores a 3" de Diámetro"**

Nº de muestra / Prof. (m): **Carga puntual**

Nº Informe de Lab : **AP-036-12E**

Descripción / Zona: **Presas de Relaves**

Solicitado por: **William A. Segovia Herrera**

Fecha: **13-mar-12**

Ubicación: **Mina Cerro Corona**

Nro	Tipo falla	W (mm)	D (mm)	Fuerza (N)	De <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	De (mm)	Is	F	Is(50) (MPa)	σc (MPa)	ISRM
1	c	70,70	27,90	7.835	2.511,50	50,11	3,12	1,00	3,12	75	R4
2	c	73,40	39,80	13.899	3.719,54	60,99	3,74	1,09	4,09	98	R4
3	c	77,60	32,60	10.738	3.220,99	56,75	3,33	1,06	3,53	85	R4
4	c	74,70	32,80	10.873	3.119,64	55,85	3,49	1,05	3,66	88	R4
5	c	43,10	32,90	9.397	1.805,44	42,49	5,20	0,93	4,84	116	R5
6	c	68,90	48,10	11.697	4.219,63	64,96	2,77	1,12	3,12	75	R4
7	c	62,50	44,10	8.942	3.509,37	59,24	2,55	1,08	2,75	66	R4
8	c	42,90	26,80	7.688	1.463,87	38,26	5,25	0,89	4,66	112	R5
9	c	91,20	38,10	14.047	4.424,15	66,51	3,17	1,14	3,61	87	R4
10	c	43,10	36,30	10.209	1.992,02	44,63	5,12	0,95	4,87	117	R5
Mean (MPa)									3,82	92	R4

Is(50): Índice de Carga Puntual Corregido

σc: Resistencia a la compresión No Confinada

Tipo de falla :

Resistencia ISRM	Descripción	
R0	Roca Extremadamente Frágil (blanda)	(a) Ensayo diametral válido
R1	Roca muy Frágil (Blanda)	(b) Ensayo axial válido
R2	Roca Frágil	(c) Ensayo de bloque válido
R3	Roca medianamente Resistente	(d) Ensayo diametral inválido
R4	Roca Resistente	(e) Ensayo axial inválido
R5	Roca muy Resistente	(f) Falla diametral/axial a través de una
R6	Roca Extremadamente Resistente	fractura curada

**Notas:** Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo enimitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

DT

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

AP-036-12E



PERÚ

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO

"Año de la Integración Nacional y el Reconocimiento de Nuestra Diversidad"

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME DE RESULTADOS (Página 01 de 01)

EXPEDIENTE N° : 54106 - 01A - 2012  
PETICIONARIO : BACH. WILLIAM SEGOVIA HERRERA  
ATENCIÓN : ASESOR: ING. WILFREDO GUTIERREZ  
PROYECTO : TESIS  
UBICACIÓN : MINA CERRO CORONA - CAJAMARCA  
FECHA DE RECEPCIÓN : SAN BORJA, 02 DE FEBRERO DEL 2012  
FECHA DE CANCELACIÓN : SAN BORJA, 02 DE FEBRERO DEL 2012 ( B/V. N° 040 -102504 )  
FECHA DE EMISIÓN : SAN BORJA, 06 DE FEBRERO DEL 2012

**DATOS DE LA MUESTRA:**

DESCRIPCION DEL SUELO : ARENA LIMOSA CON GRAVA  
CANTERA : FACILIDADES  
CALICATA : C - O1  
MUESTRA : ROCKFILL (M - 1)

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD SECA MÍNIMA**  
NTP 339.138 / ASTM D4254

<b>Densidad seca mínima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
1.719

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA POR MEDIO DE UNA MESA VIBRATORIA**

NTP 339.137 / ASTM D4253

<b>Método</b>	<b>SECO (1A)</b>
<b>Densidad seca máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.149

OBSERVACIONES :

- 1) Muestra tomada e identificada por el peticionario
- 2) El ensayo de densidad máxima se realizó por el Método 1A, utilizando suelo seco y una mesa electromagnética de vibración vertical.
- 3) Volumen del molde utilizado: 0.5 pie<sup>3</sup>
- 4) Tamaño máximo de la partícula: 3/4"

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993).

HECHO POR : Téc. Mauricio Ramirez V.  
FECHA DE ENSAYO : El 03 de Febrero del 2012



*Vanna Guffanti PARRA*  
Ing. VANNA GUFFANTI PARRA  
Jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales



PERÚ

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO

"Año de la Integración Nacional y el Reconocimiento de Nuestra Diversidad"

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME DE RESULTADOS (Página 01 de 01)

EXPEDIENTE N° : 54106 - 01B - 2012  
PETICIONARIO : BACH. WILLIAM SEGOVIA HERRERA  
ATENCIÓN : ASESOR: ING. WILFREDO GUTIERREZ  
PROYECTO : TESIS  
UBICACIÓN : MINA CERRO CORONA - CAJAMARCA  
FECHA DE RECEPCIÓN : SAN BORJA, 02 DE FEBRERO DEL 2012  
FECHA DE CANCELACIÓN : SAN BORJA, 02 DE FEBRERO DEL 2012 ( B/V. N° 040 -102504 )  
FECHA DE EMISIÓN : SAN BORJA, 06 DE FEBRERO DEL 2012

DATOS DE LA MUESTRA:

DESCRIPCION DEL SUELO : ARENA LIMOSA  
CANTERA : FACILIDADES  
CALICATA : C - 01  
MUESTRA : ROCKFILL (M - 2)

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD SECA MÍNIMA  
NTP 339.138 / ASTM D4254

Densidad seca mínima (gr/cm <sup>3</sup> )
1.738

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA POR MEDIO DE UNA MESA VIBRATORIA

NTP 339.137 / ASTM D4253

Método	SECO (1A)
Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.290

OBSERVACIONES :

- 1) Muestra tomada e identificada por el peticionario
- 2) El ensayo de densidad máxima se realizó por el Método 1A, utilizando suelo seco y una mesa electromagnética de vibración vertical.
- 3) Volumen del molde utilizado: 0.1 pie<sup>3</sup>
- 4) Tamaño máximo de la partícula: 3/8"

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993).

HECHO POR : Téc. Mauricio Ramirez V.  
FECHA DE ENSAYO : El 03 de Febrero del 2012



Ing. VANNA GUFFANTI PARRA  
Jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales



**MINERA GOLD FIELDS LA CIMA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOANDINA**

**REEEMPLAZO DE VOLUMEN DE AGUA**  
**ASTM D 5030**

Proyecto	Construccion Presa de Relaves	Fecha de Muestreo	24-Ene-12
ID Laboratorio	GEO	Fecha de Ensayo	24-Ene-12
Muestra.	GEO-C-Z2B-AB-008	Ensayado Por	E. Campos/ J. Rodriguez
Ubicación	Espaldon Aguilas Capa N° 89 / Prog. Aguas Abajo	Revisado Por	R. Cachi
Km. o Coordenadas	N: 9252509.48 E: 760598.99	Tipo de Material	Zona 2B
Cota	C: 3693.8	Descripción del suelo	Gris
Muestreado por	L. Zanini/ P. Huaman	Reg. Ing:	GEO-P-243

1	Prueba N°	1			
2	Capa N°	89			
3	Progresiva del ensayo	0+388 @ 0+619			
4	Cota m.s.m.	C: 3693.8			
5	Coordenadas N	N: 9252509.48			
6	Coordenadas E	E: 760598.99			
7	Distancia del eje (+)Aguas arriba o (-)aguas abajo				
8	Peso del material neto en g	3,179,100.0			
9	Peso de la tara en g				
10	Peso del suelo húmedo ( 8-9 ) en g	3,179,100.0			
11	Volumen del hueco + vol. Marco en cm <sup>3</sup>	1,617,900.0			
12	Volumen del agua en el marco en cm <sup>3</sup>	272,400.0			
13	Volumen del hueco ( 11-12 )	1,345,500.0			
14	Densidad del suelo húmedo g/cm <sup>3</sup> ( 10/13)	2.363			
15	Humedad contenida en el suelo en %	0.62			
16	Densidad del suelo seco g/cm <sup>3</sup>	2.348			
17	EQUIPO UTILIZADO				
18	N° De Ciclos				

Observaciones:  
Este ensayo fue realizado en presencia de MWH.  
Se informó resultado a: Sup. QC Geoandina C. Chavarry

EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ	Vo. Bp	RESULTADO	
<i>E. Campos</i> LABORATORISTA QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	<i>C. Carrera</i> JEFE LABORATORIO QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	<i>J. Estela</i> RESIDENTE QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	<i>R. Tinoco</i> SUPERVISOR QA MWH NOMBRE Y FIRMA	CUMPLE	X
FECHA: 24-01-12	FECHA: 27-01-12	FECHA: 27/01/12	FECHA: 30-01-12	NO CUMPLE	
				NO APLICA	



Nro de revisión: 0      Fecha de revisión: 1 de Septiembre de 2011      Página 1 de 1

**MINERA GOLD FIELDS LA CIMA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOANDINA**

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 4643 / D 2216

Proyecto	Construccion Presa de Relaves	Fecha de Muestreo	24-Ene-12
ID Laboratorio	GEO	Fecha de Ensayo	24-Ene-12
Muestra.	GEO-C-Z2B-AB-008	Ensayado Por	E. Campos/ J. Rodriguez
Ubicación	Espaldon Aguilas Capa N° 89 / Prog. . Aguas Abajc	Revisado Por	R, Cachi
Km. o Coordenadas	N: 9252509.48      E: 760598.99	Tipo de Material	Zona 2B
Cota	C: 3693.8	Descripción del suelo	Grís
Muestreado por	L. Zanini/ P. Huaman	Reg. Ing.:	GEO-P-243

ITEM	DESCRIPCION	Porción < 3"		Porción > 3"	
1	Profundidad de Toma de Muestra (cm)				
2	# Recipiente	T-60		T-27	
3	Peso de la Tara + Suelo Húmedo,g	8995		7050	
4	Peso de la Tara + Suelo Seco,g	8910		7025	
5	Peso del Agua,g	85		25	
6	Peso de Tara,g	1220		1220	
7	Suelo Seco,g	7690		5805	
8	% de Humedad	1.11		0.43	
9	Promedio de % Humedad	1.11		0.43	

Humedad Ponderada para toda la muestra, %

Considerando pesos

% Retenido en Tamiz # 3"	72.65	0.43	0.6 ✓
% Pasante en Tamiz # 3"	27.35	1.11	

Observaciones: Este ensayo fue realizado en presencia de MWH.  
Se informó resultado a: Sup. QC Geoandina C. Chavary

EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ	Vo. Bo.
 E. Campos LABORATORISTA QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	 C. CARREÑA JEFE LABORATORIO QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	 J. Esté RESIDENTE QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	 R. CAMPOS SUPERVISOR QA MWH NOMBRE Y FIRMA
FECHA: 24-01-12	FECHA: 27-01-12	FECHA: 27/01/12	FECHA: 30-01-12



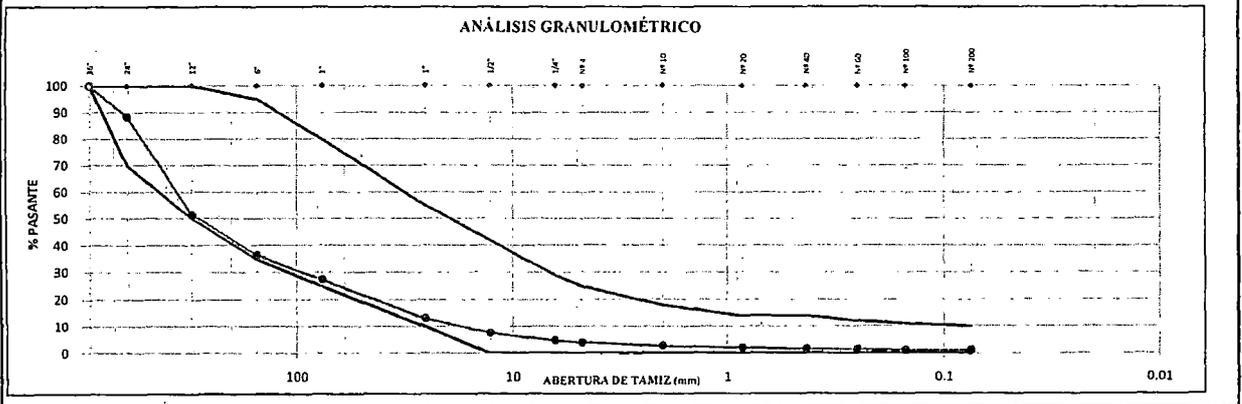
No de revisión: 0 Fecha de revisión: 1 de Septiembre de 2011 Página 1 de 1

MINERA GOLD FIELDS LA CIMA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS GEOANDINA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MÚLTIPLE  
ASTM D 6913 / C 117

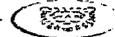
Proyecto	Construcción Presa de Relaves	Fecha de Muestreo	24-Ene-12
ID Laboratorio	GEO	Fecha de Ensayo	24-Ene-12
Muestra.	GEO-C-Z2B-AB-008	Ensayado Por	E. Campos/ J. Rodríguez
Ubicación	Espaldon Aguilas Capa N° 89 / Prog. Aguas Abajo	Revisado Por	R. Cachi
Km. o Coordenadas	N: 9252509.48 E: 760598.99	Tipo de Material	Zona 2B
Cota	C: 3693.8	Descripción del suelo	Gris
Muestreado por	L. Zanini/ P. Huaman	Reg. Ing:	GEO-P-243

Muestra N°	01	Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso reten. (gr)	% RET	% ACUM	% PASA	Especif. Téc. %	
								Mín.	Máx.
Tamaño máximo		36"	914.40				100.00%	100	100
Cantera		30"	762.00						
Fecha de muestreo	24-01-12	28"	711.20						
Fecha de ensayo	24-01-12	26"	660.40						
Analizado por	JDG	24"	609.60	370,000.0	11.64%	11.64%	88.36%	70	100
Revisado por	RCC	20"	508.00						
Peso total de muestra (gr)	3179100.0	18"	457.20	550,000.0	17.30%	28.94%	71.06%		
Peso 1ra fracción (g)	33800.0	16"	406.40						
Peso 1ra fracción (g) - finos(g)		15"	381.00	522,900.0	16.45%	45.39%	54.61%		
Humedad, %	0.6%	14"	355.60						
Peso de finos (Pas. #4) (g)	1106.00	12"	304.80	101,000.0	3.18%	48.56%	51.44%	50	100
Clasificación SUCS		11"	279.40						
Módulo de fineza		10"	254.00	116,800.0	3.67%	52.24%	47.76%		
L.L		9"	228.60						
L.P		8"	203.20	200,000.0	6.29%	58.53%	41.47%		
T.P		7"	177.30						
Muestras medidas con wincha		6"	152.40	158,200.0	4.98%	63.51%	36.49%	35	95
Cu		5"	127.00	82,000.0	2.58%	66.08%	33.92%		
Cc		4"	101.60	107,600.0	3.38%	69.47%	30.53%		
		3"	76.20	101,000.0	3.18%	72.65%	27.35%	25	80
		2"	50.80						
		1 1/2"	38.10						
		1"	25.40	17,600.0	14.24%	86.89%	13.11%	10	55
		3/4"	19.05						
		1/2"	12.70	6,735.0	5.45%	92.34%	7.66%	0	42
		3/8"	9.53						
		1/4"	6.35	3,495.0	2.83%	95.17%	4.83%	0	29
		N° 4	4.75	775.0	0.63%	95.80%	4.20%	0	25
		N° 8	2.36						
		N° 10	2.00	369.1	1.40%	97.20%	2.80%	0	18
		N° 16	1.18						
		N° 20	0.85	207.3	0.79%	97.99%	2.01%	0	14
		N° 30	0.60						
		N° 40	0.43	120.6	0.46%	98.45%	1.55%	0	14
		N° 50	0.30						
		N° 60	0.25	59.9	0.23%	98.67%	1.33%	0	12
		N° 80	0.18						
		N° 100	0.15	47.1	0.18%	98.85%	1.15%	0	11
		N° 200	0.08	45.1	0.17%	99.02%	0.98%	0	10
		Fondo							



Observaciones : Este ensayo fue realizado en presencia de MWH. Se informó resultado a: Sup. QC Geoandina C. Chavary

EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ	Vo. Bo.	RESULTADO
<i>E. Campos</i> LABORATORISTA QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	<i>C. Carrera</i> JEFE LABORATORIO QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	<i>L. Estela</i> RESIDENTE QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	<i>R. Cachi</i> SUPERVISOR QA MWH NOMBRE Y FIRMA	CUMPLE X NO CUMPLE NO APLICA
FECHA: 24-01-12	FECHA: 27-01-12	FECHA: 27/01/12	FECHA: 30-01-12	FECHA: 27/01/12



Nro de revisión: 0 Fecha de revisión: 1 de Septiembre de 2011 Página 1 de 1

MINERA GOLD FIELDS LA CIMA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOANDINA

Permeabilidad en campo  
Método de Carga Variable (Engineer Corp of US Army)

Proyecto	Construcción Presa de Relaves	Fecha de Muestreo	24-Ene-12
ID Laboratorio	GEO	Fecha de Ensayo	24-Ene-12
Muestra.	GEO-C-Z2B-AB-008	Ensayado Por	E. Campos/ J. Rodriguez
Ubicación	Espaldón Aguilas Capa N° 89 / Prog. Aguas Ab	Revisado Por	R. Cachi
Km. o Coordenadas	N: 9252509.48 E: 760598.99	Tipo de Material	Zona 2B
Cota	C: 3693.8	Descripción del suelo	Gris
Muestreado por	L. Zanini/ P. Huaman	Reg. Ing:	GEO-P-243

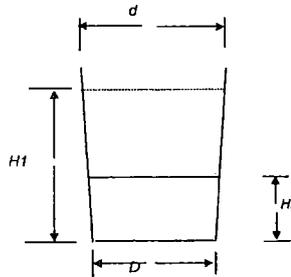
Prueba N°	1
Capa N°	89
Coordenada N	N: 9252509.48
Coordenada E	E: 760598.99
Cota	C: 3693.8
Distancia del eje (+) Aguas arriba o (-) aguas abajo)	--

ECUACIONES:

$$km = \frac{\pi d^2}{11 D \Delta t} \ln \left( \frac{H1}{H2} \right)$$

Descripción Variables:

- km = Conductividad Hidráulica media (cm / seg)
- d = Diámetro del tubo superior (cm)
- D = Diámetro del hueco en la cámara inferior (cm)
- H1 = Carga piezométrica para t=t1 (cm)
- H2 = Carga piezométrica para t=t2 (cm)
- Dt = Tiempo transcurrido para bajar del nivel H1 al H2 (seg)



DATOS:

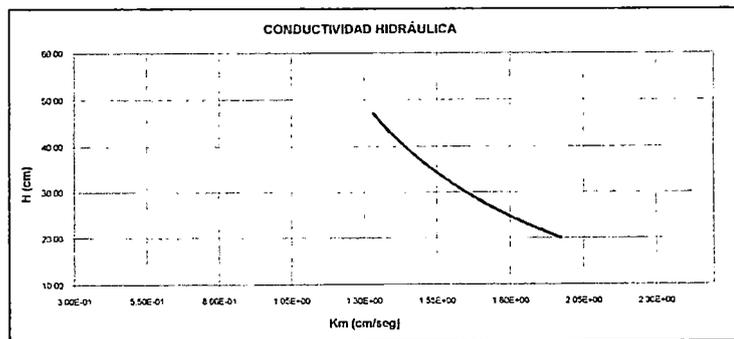
PRUEBA 1

d =	155.0	cm
D =	127.5	cm
H1 =	50	cm
H2 =	20	cm
Dt =	25.00	seg

km = 1.972E+00 cm/seg ✓

VARIACIÓN DE k:

	H	t	Km
1	50.00	0.000	
2	47.00	2.500	1.332E+00
3	44.00	5.000	1.376E+00
4	41.00	7.500	1.424E+00
5	38.00	10.000	1.477E+00
6	35.00	12.500	1.536E+00
7	32.00	15.000	1.601E+00
8	29.00	17.500	1.675E+00
9	26.00	20.000	1.760E+00
10	23.00	22.500	1.857E+00
11	20.00	25.000	1.972E+00



Observaciones:

Este ensayo fue realizado en presencia de MWH.  
Se informó resultado a: Sup. QC Geoandina C. Chavarry

EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ	Vo. Bo.	RESULTADO	
<i>E. Campos</i> LABORATORISTA QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	<i>C. Carreca</i> JEFE LABORATORIO QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	<i>J. Estela</i> RESIDENTE QC GEOANDINA NOMBRE Y FIRMA	<i>E. Campos</i> SUPERVISOR QA MWH NOMBRE Y FIRMA	CUMPLE	X
				NO CUMPLE	
				NO APLICA	
FECHA: 24-01-12	FECHA: 27-01-12	FECHA: 27/01/12	FECHA: 30-01-12	FECHA:	27/01/12

## ANEXO B:

Panel fotográfico.

# PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE MEDIANTE MÉTODOS ALTERNATIVOS EN MATERIALES CON PARTÍCULAS MAYORES A 3 PULGADAS.

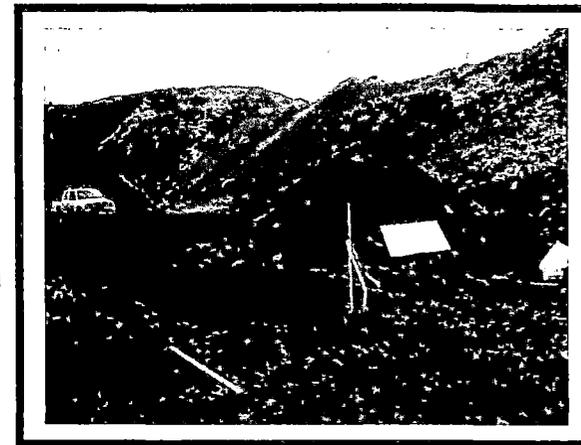
APLICACIÓN A MATERIALES DE STOCK PILES DE MINERAL

**PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO**

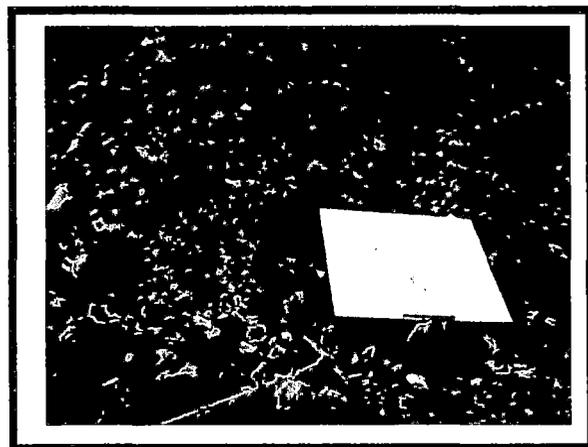
---



▣ **Imagen N° 1:** Vista panorámica de la calicata SP-4035 - C-01



▣ **Imagen N° 3:** Vista panorámica de la calicata SP-4035 - C-02



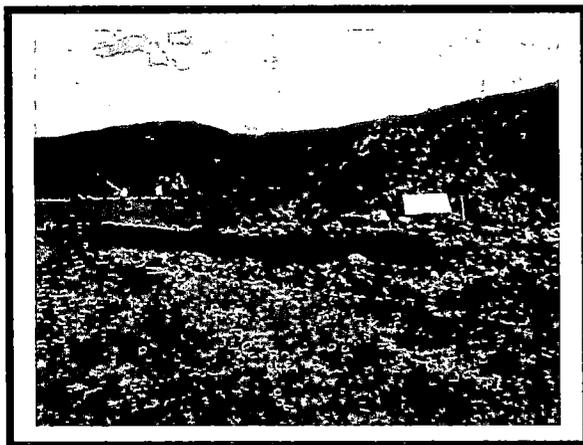
▣ **Imagen N° 2:** Vista puntual de SP-4035 - C-01



▣ **Imagen N° 4:** Vista puntual SP-4035 - C-02

**PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO**

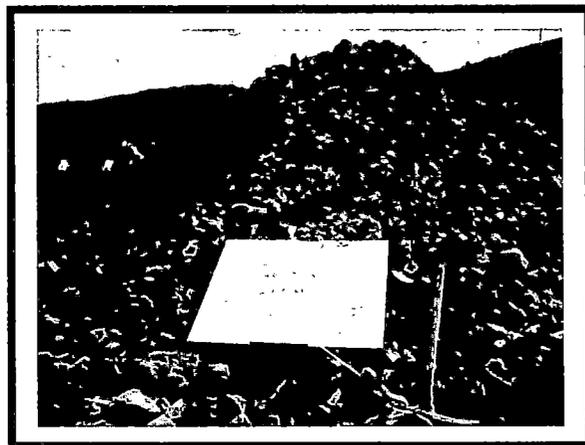
---



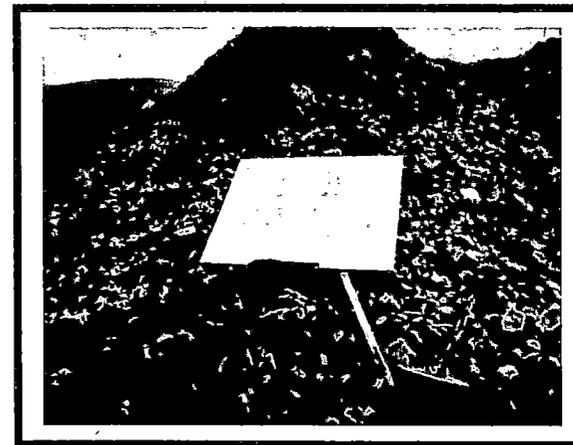
▣ **Imagen N° 5:** Vista panorámica de la calicata SP-4035 – C-03



▣ **Imagen N° 7:** Vista panorámica de la calicata SP-4035 – C-04



▣ **Imagen N° 6:** Vista puntual de la ubicación de SP-4035 – C-03

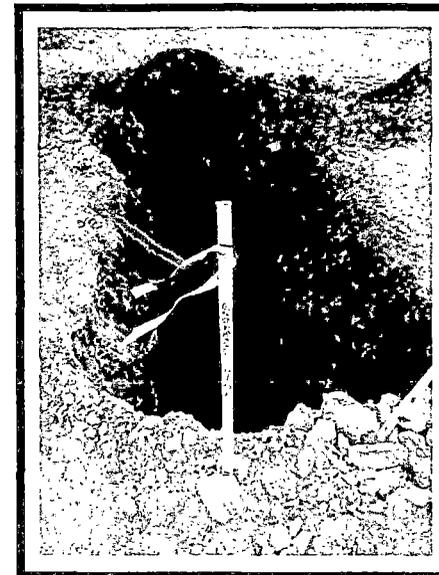


▣ **Imagen N° 8 :** Vista puntual SP-4035 – C-04

PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO



▫Imagen N° 09: Vista panorámica de calicata SP4090-C01



▫Imagen N° 11: Vista panorámica de calicata SP4090-C02

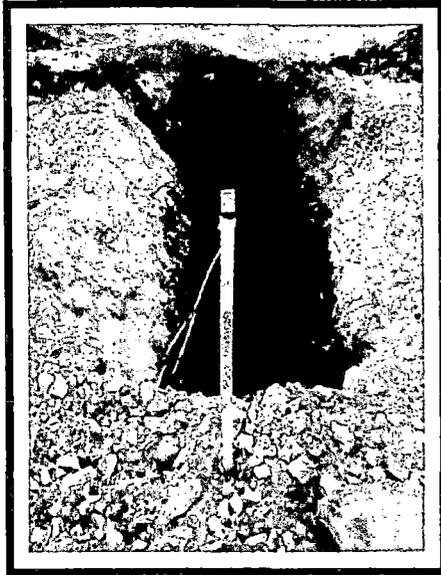


▫Imagen N° 10: Vista puntual de la calicata SP-4090 - C-01



▫Imagen N° 12: Vista puntual de la calicata SP-4090 - C-02

**PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO**



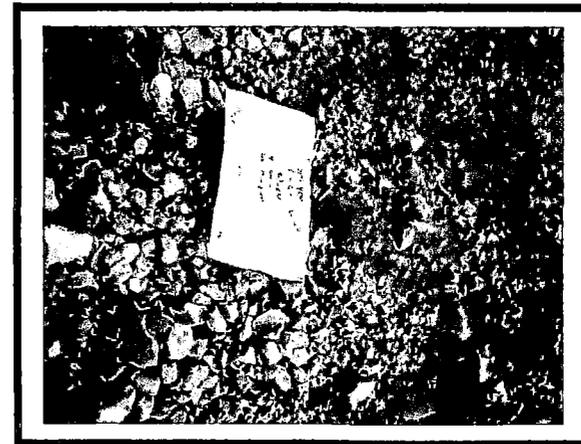
▣ **Imagen N° 13: Vista panorámica de calicata SP4090-C03**



▣ **Imagen N° 15: Vista panorámica de calicata SP4090-C04**



▣ **Imagen N° 14: Vista puntual de la calicata SP-4090 - C-03**



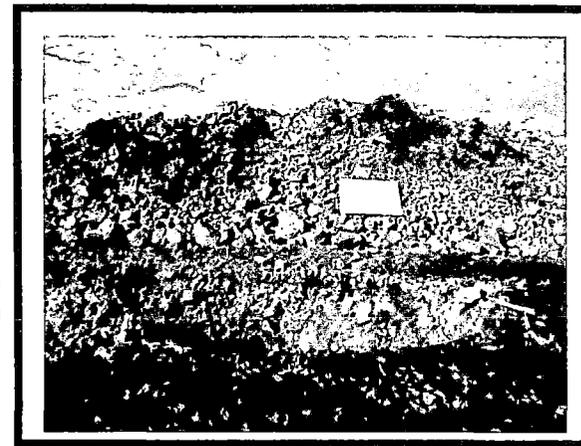
▣ **Imagen N° 16 : Vista puntual de la calicata SP-4090 - C-04**

**PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO**

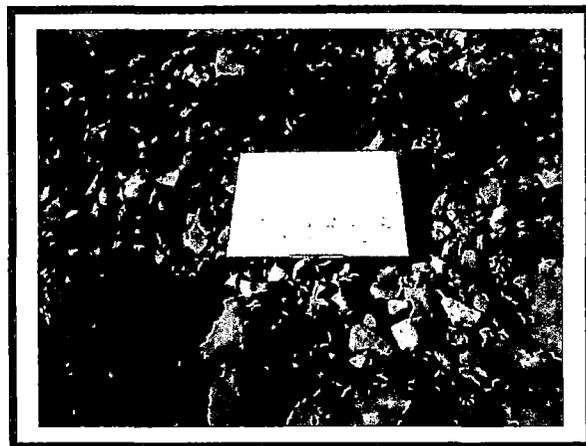
---



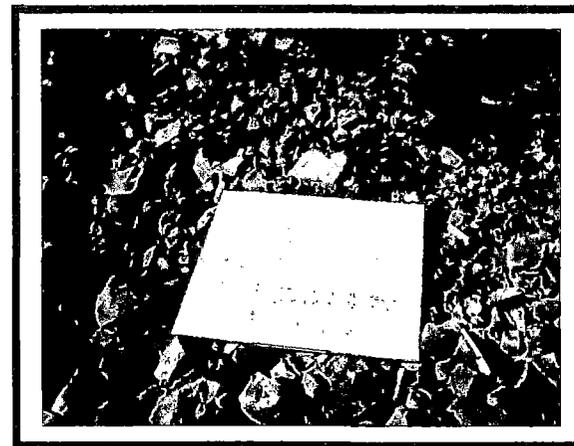
▣Imagen N° 17: Vista panorámica de la calicata SP-4121 – C-01



▣Imagen N° 19: Vista panorámica de la calicata SP-4121 – C-02



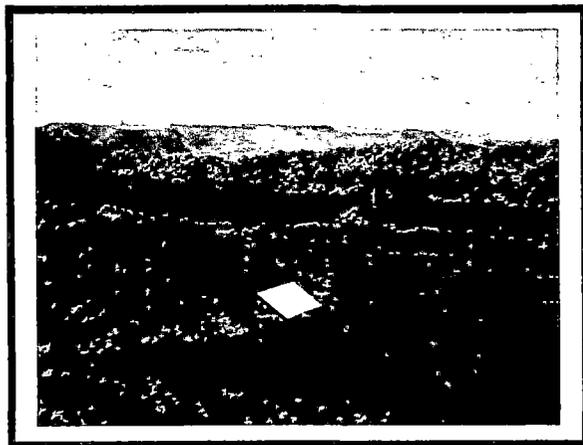
▣Imagen N° 18: Vista puntual de la ubicación de SP-4121 – C-01



▣Imagen N° 20 : Vista puntual SP-4121 – C-02

**PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO**

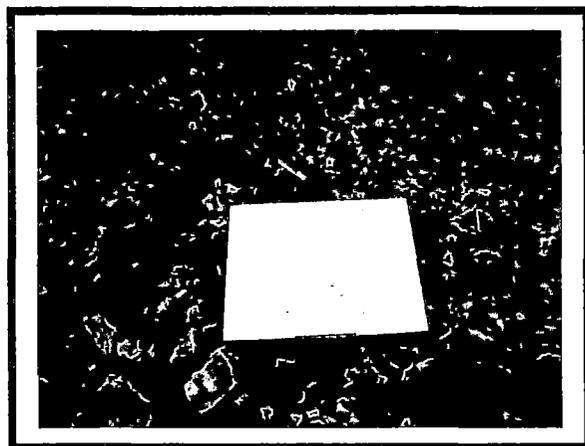
---



▣ **Imagen N° 21:** Vista panorámica de la calicata SP-4121 - C-03



▣ **Imagen N° 23:** Vista panorámica de la calicata SP-4121 - C-04



▣ **Imagen N° 22:** Vista puntual de la ubicación de SP-4121 - C-03



▣ **Imagen N° 24:** Vista puntual SP-4121 - C-04

## PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO

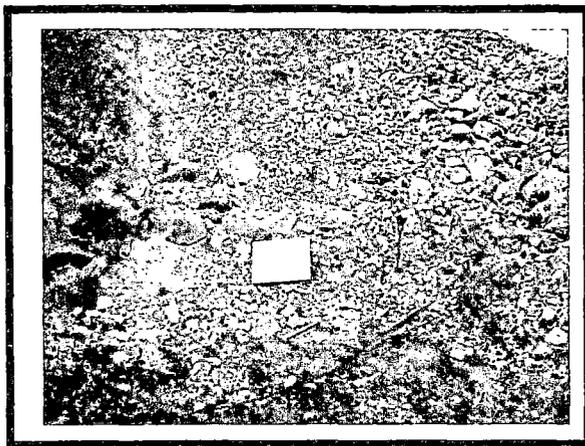


Imagen N° 25: Vista panorámica del frente de muestreo SP-4050 – T-01

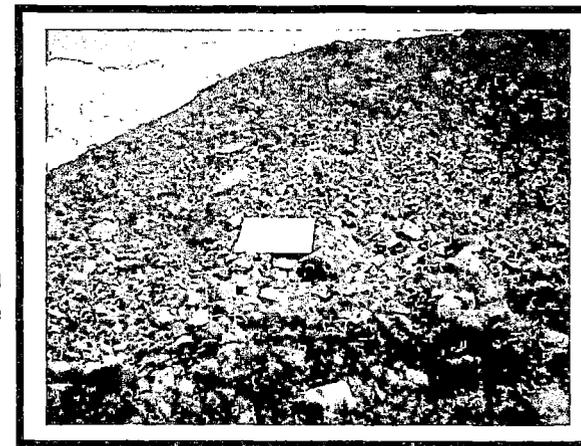


Imagen N° 27: Vista panorámica del frente de muestreo SP-4050 – T-02



Imagen N° 26: Vista puntual del frente de muestreo SP-4050 – T-01

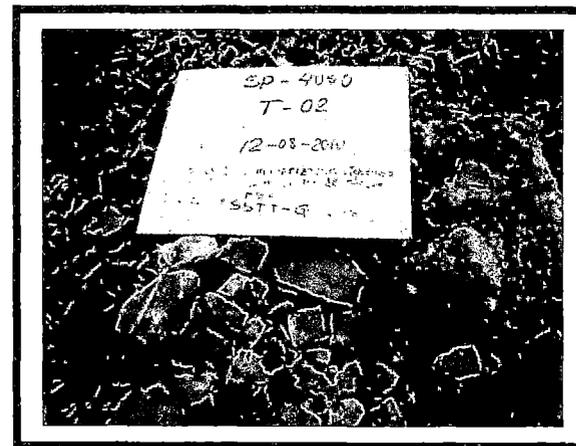


Imagen N° 28: Vista puntual del frente de muestreo SP-4050 – T-02

## PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO



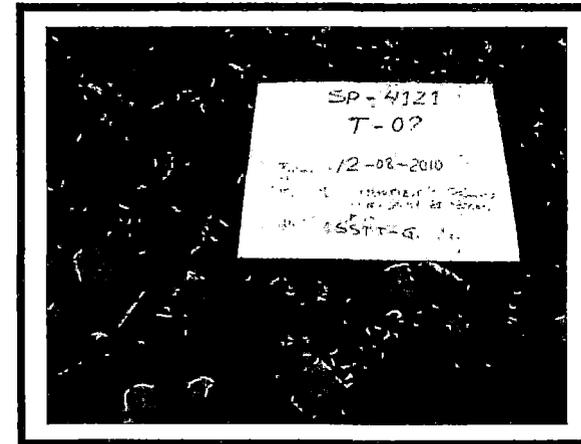
▣ Imagen N° 29: Vista panorámica del frente de muestreo SP-4050 - T-03



▣ Imagen N° 31: Vista panorámica del frente de muestreo SP-4140 - T-01



▣ Imagen N° 30: Vista puntual del frente de muestreo SP-4050 - T-03

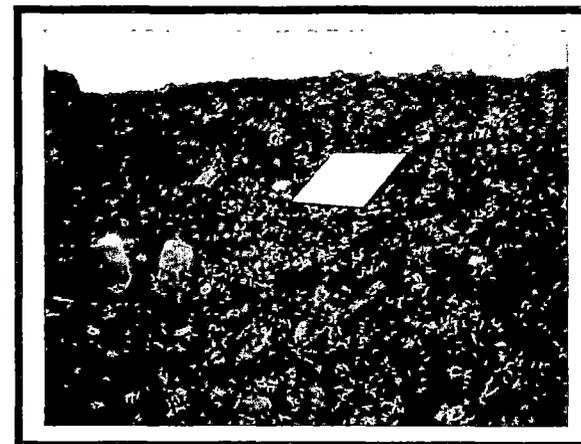


▣ Imagen N° 32: Vista puntual del frente de muestreo SP-4140 - T-01

## PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO



▣Imagen N° 33: Vista panorámica del frente de muestreo SP-4140 – T-02



▣Imagen N° 35: Vista panorámica del frente de muestreo SP-4140 – T-03



▣Imagen N° 34: Vista puntual del frente de muestreo SP-4140– T-02

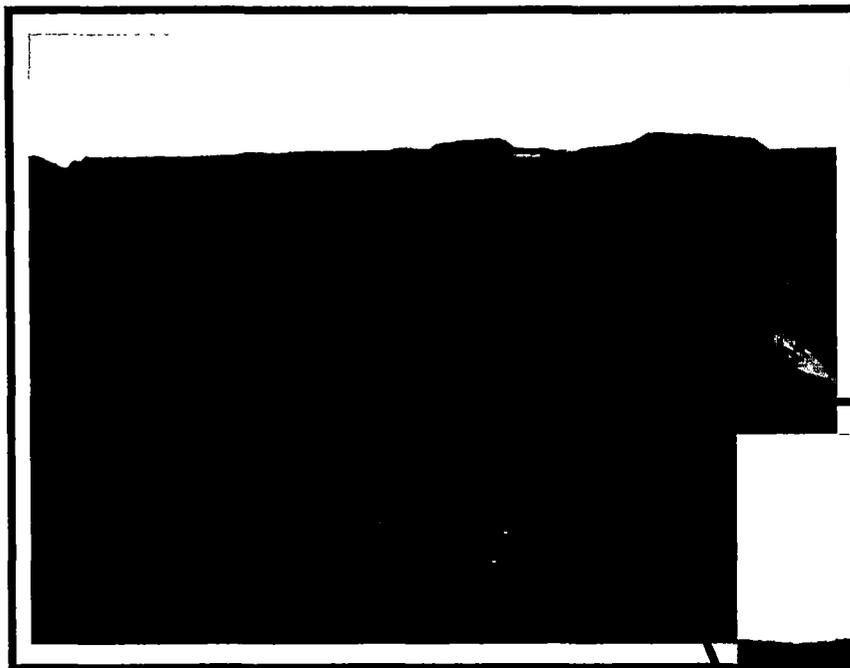


▣Imagen N° 36: Vista puntual del frente de muestreo SP-4140 – T-03

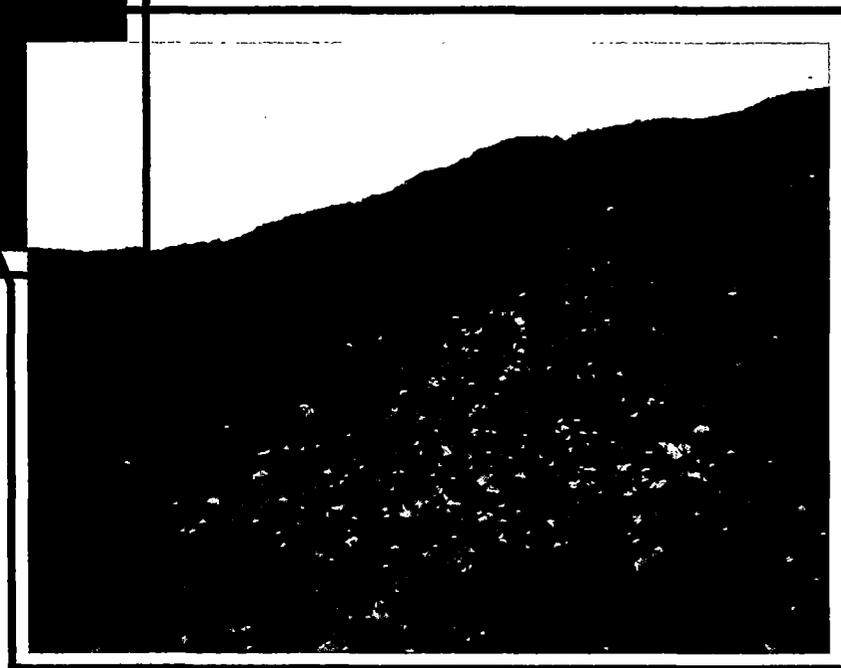
PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO

---

---



▣Imagen N° 37: Vista panorámica del SP-4035



▣Imagen N° 38: Vista puntual del SP-4035

PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO

---

---

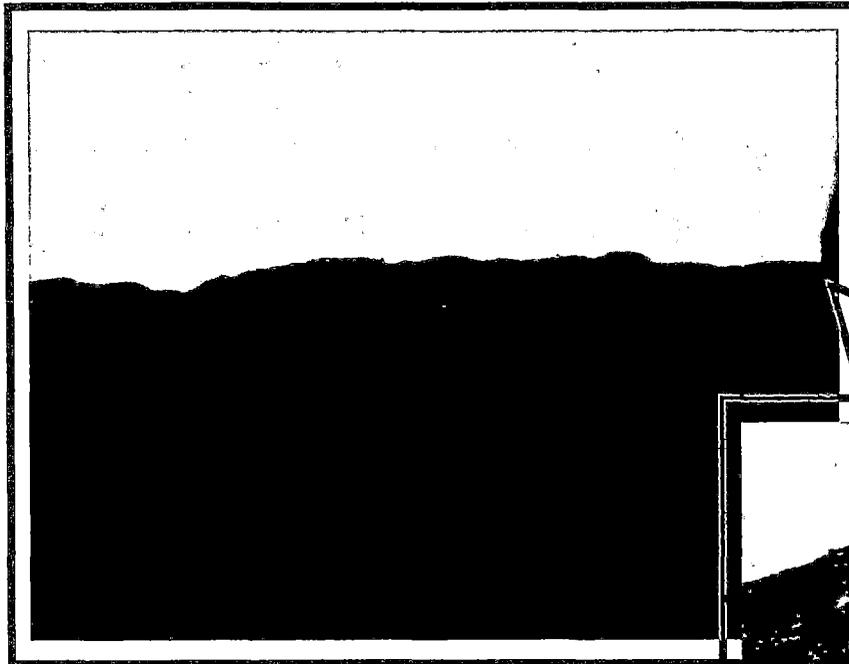


Imagen N° 39: Vista panorámica del SP-4090

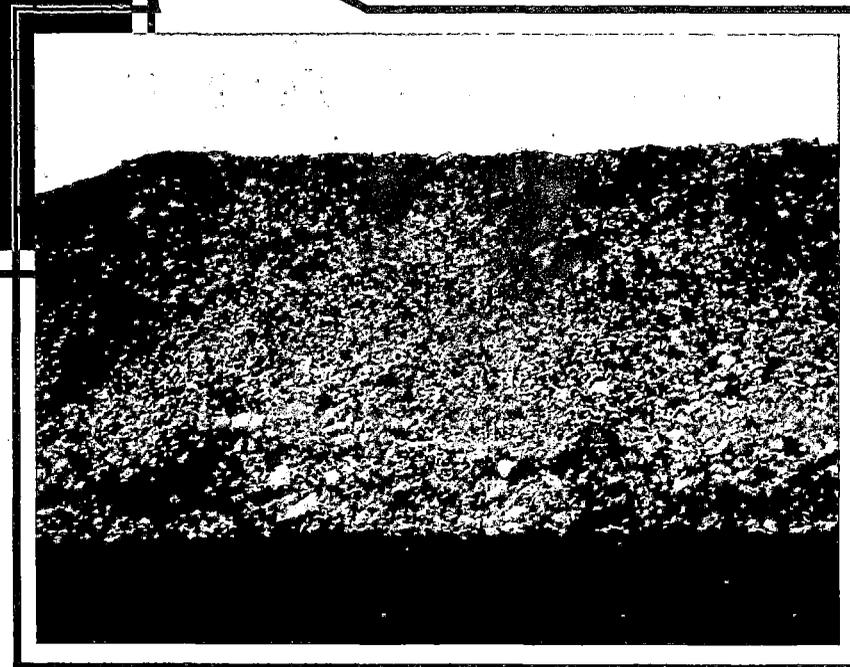
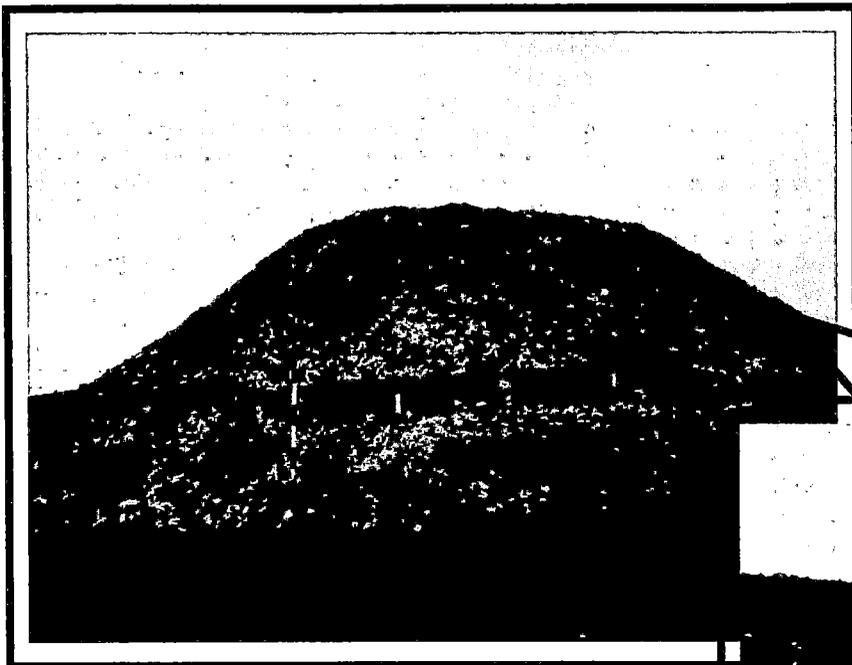


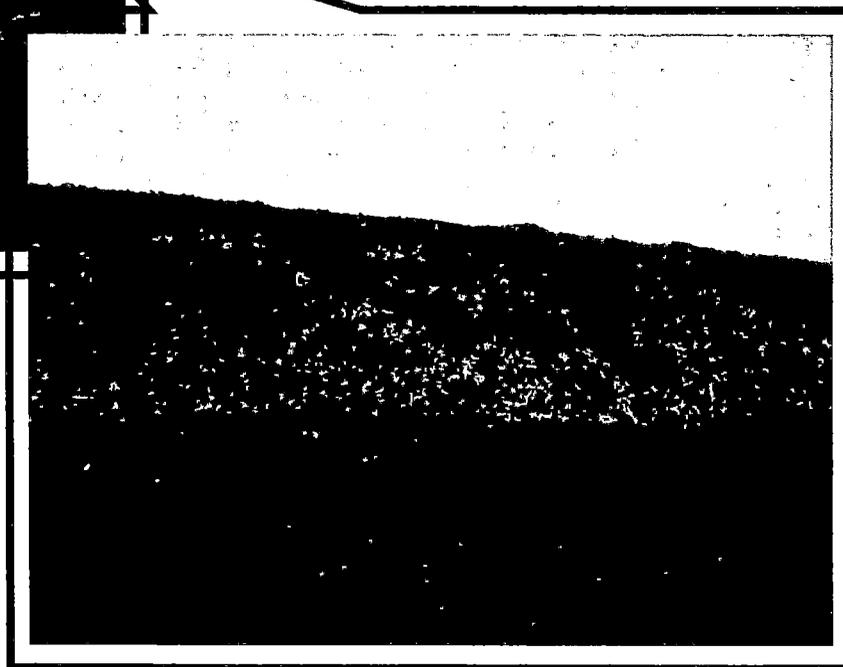
Imagen N° 40: Vista puntual del SP-4090

**PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO**

---



▣Imagen N° 41: Vista panorámica del lado frontal SP-4121.



▣Imagen N° 42: Vista panorámica del lado lateral del SP-4121.

PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO

---

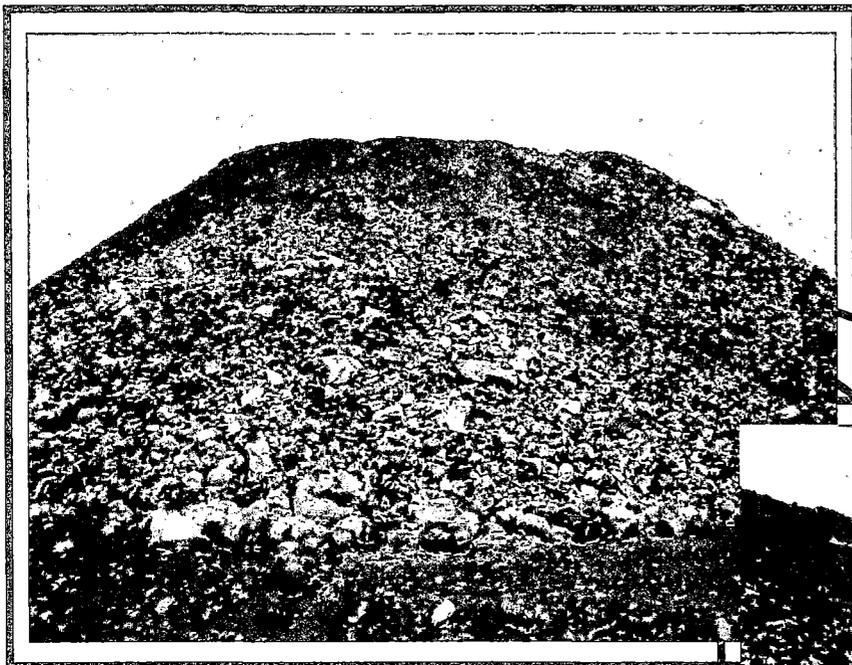


Imagen N° 43: Vista panorámica del lado frontal SP-4050



Imagen N° 44: Vista panorámica del lado lateral del SP-4050

PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO

---

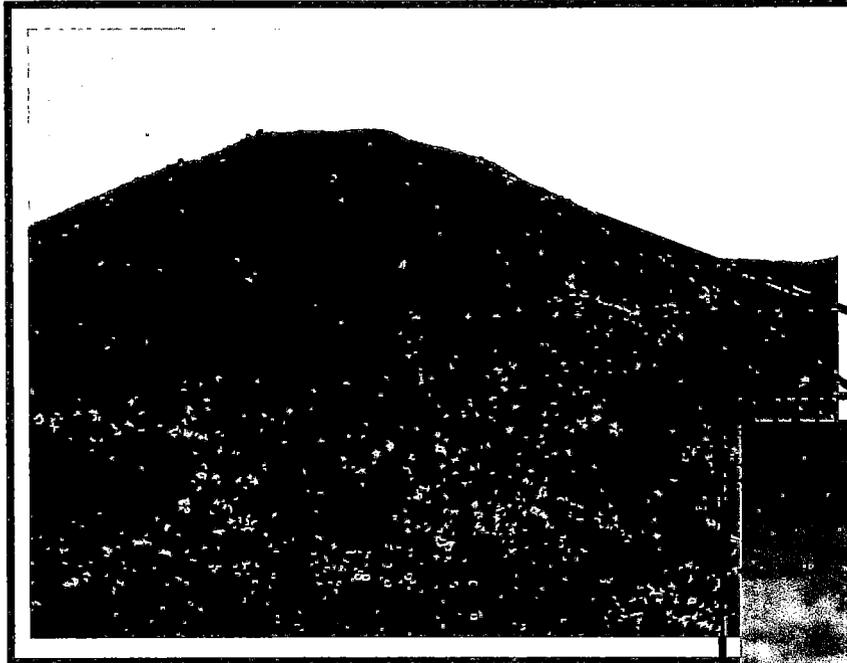


Imagen N° 45: Vista  
panorámica del lado frontal  
SP-4140



Imagen N° 46: Vista  
panorámica del lado lateral  
del SP-4140

## PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO

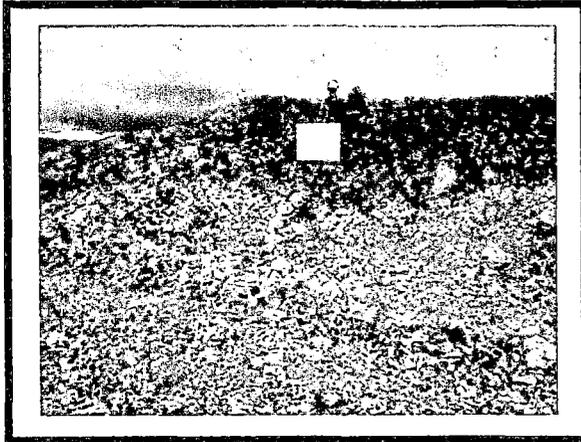


Imagen N° 47: Vista panorámica de frente de muestreo N°01 SP-4140 – C-01

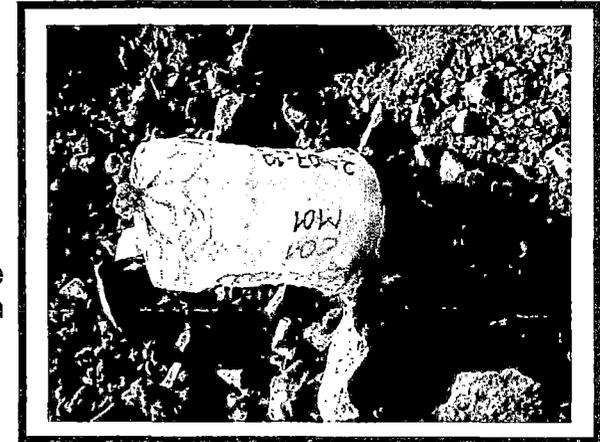


Imagen N° 48: Vista de material muestreado para ensayo de laboratorio.



Imagen N° 49: Vista puntual de muestreo N°01 SP-4140 – C-01

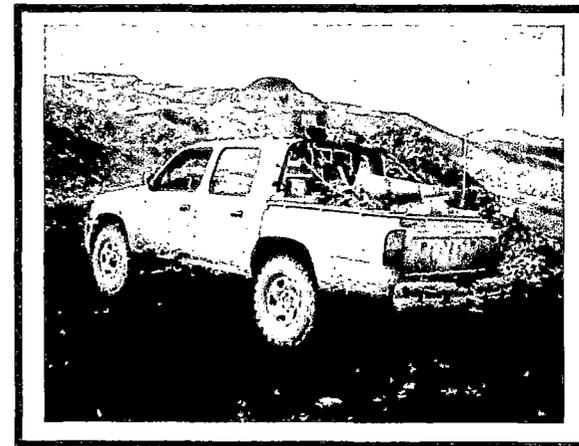


Imagen N° 50: Transporte de muestras.

# PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE MEDIANTE MÉTODOS ALTERNATIVOS EN MATERIALES CON PARTÍCULAS MAYORES A 3 PULGADAS.

APLICACIÓN A MATERIALES DE TIPO ROCK FILL

## PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO

---

---



▣ **Imagen N° 1:** Vista panorámica del depósito de relaves de la mina Cerro Corona ubicado en el distrito de Hualgayoc en la región Cajamarca – Perú.



▣ **Imagen N° 2:** vista panorámica del dique de la presa de relaves tomada desde aguas arriba



▣ **Imagen N° 3 :** vista panorámica del dique de la presa de relaves tomada desde aguas abajo.

**APLICACIÓN A MATERIALES DE ROCK FILL**

## PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO

---



Imagen N° 4: Vista panorámica de la cantera Facilidad que abastece de material Rock Fill para el espaldón de la presa de relaves.



Imagen N° 5: vista de la cantera Facilidades

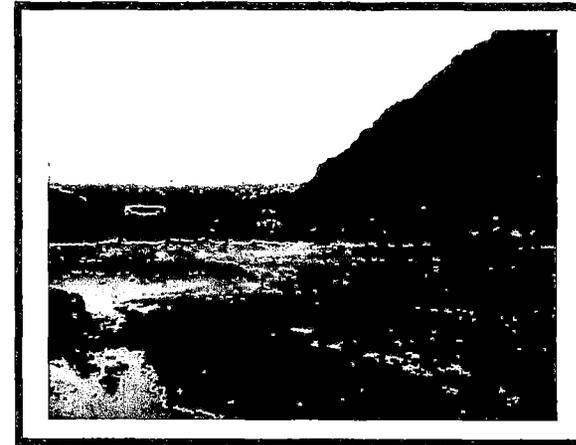


Imagen N° 6 : vista panorámica de la explotación de la cantera facilidades.

APLICACIÓN A MATERIALES DE ROCK FILL

## PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO

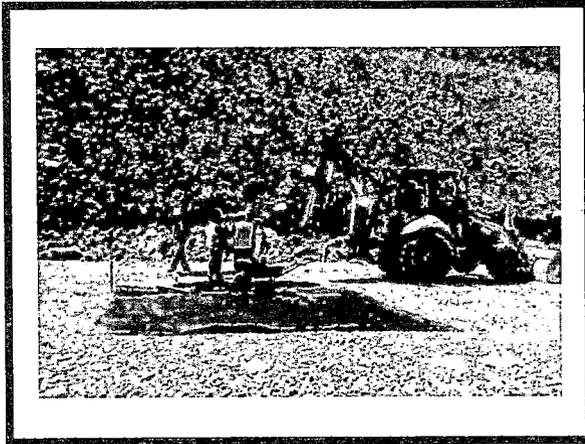


Imagen N° 7: Vista panorámica de la excavación de la calicata C-1 en el espaldón del dique de la presa de relaves.



Imagen N°8: Vista del pesado de material durante la realización de ensayo de densidad de campo por reemplazo de volumen de agua en la calicata C-1.



Imagen N° 9: Vista del reemplazo de agua durante la realización de ensayo de densidad de campo por reemplazo de volumen de agua en la calicata C-1.

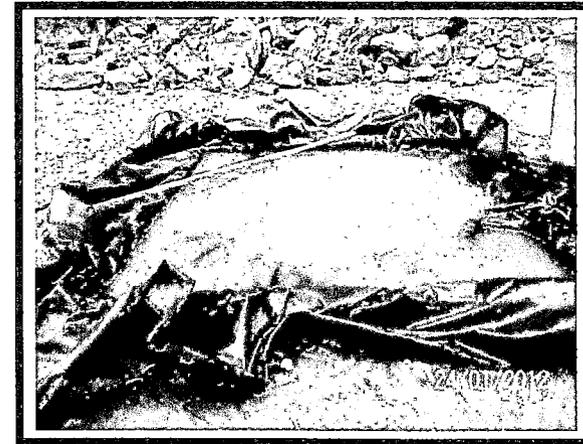


Imagen N° 10: Vista del cálculo del volumen de agua durante la realización de ensayo de densidad de campo por reemplazo de volumen de agua en la calicata C-1.

## PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO



Imagen N°11: Vista panorámica de la instalación para la realización de ensayo de permeabilidad de carga variable in situ en la calicata C-1.

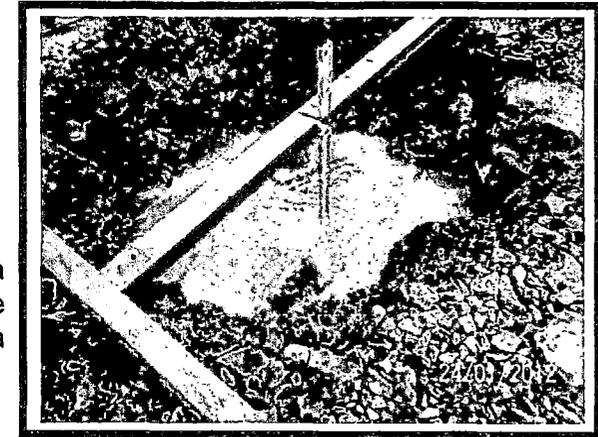


Imagen N°12: Vista de la realización del ensayo de permeabilidad de carga variable in situ.



Imagen N°13 : medición de los niveles de agua durante la realización del ensayo de permeabilidad de carga variable in situ.



Imagen N° 14: Vista panorámica del análisis granulométrico global en campo del material extraído de la calicata C-1.

## PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO

---



▫Imagen N° 15: Vista de la selección de materiales por tamaños para análisis granulométrico global en campo del material extraído de la calicata C-1.



▫Imagen N°16: Vista del pesado de materiales por tamaños para análisis granulométrico global en campo del material extraído de la calicata C-1.



▫Imagen N° 17: Vista del tamizado de materiales por tamaños para análisis granulométrico global en campo del material extraído de la calicata C-1.



▫Imagen N° 18: Vista del cuartero de material menor a 3 pulgadas para realizar análisis granulométrico en laboratorio del material extraído de la calicata C-1.

**PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO**

---



Imagen N° 20: Vista puntual de material de 24 pulgadas extraída de la calicata C-1.

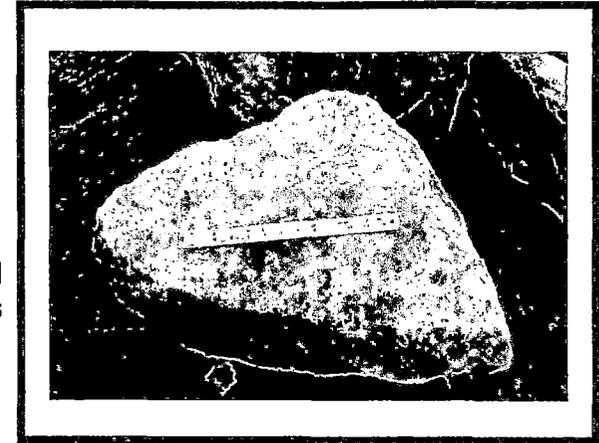


Imagen N° 21: Vista puntual de material de 18 pulgadas extraída de la calicata C-1.



Imagen N° 22: Vista puntual de material de 15 pulgadas extraída de la calicata C-1.

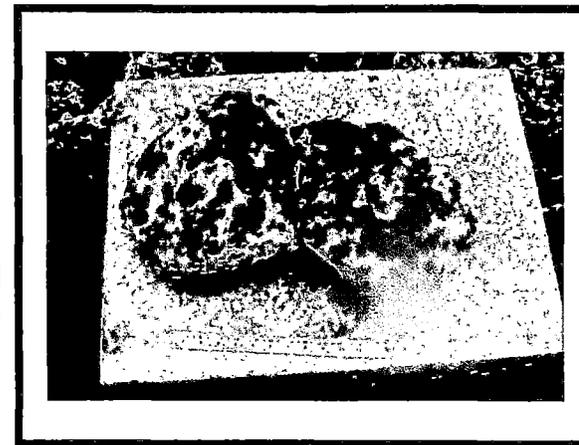


Imagen N° 23: Vista puntual de material de 12 pulgadas extraída de la calicata C-1.

## PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO



▣Imagen N° 24: Vista puntual de material de 10 pulgadas extraída de la calicata C-1.



▣Imagen N° 25: Vista puntual de material de 8 pulgadas extraída de la calicata C-1.



▣Imagen N° 26: Vista puntual de material de 6 pulgadas extraída de la calicata C-1.



▣Imagen N° 27: Vista puntual de material de 5 pulgadas extraída de la calicata C-1.

APLICACIÓN A MATERIALES DE ROCK FILL

PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO

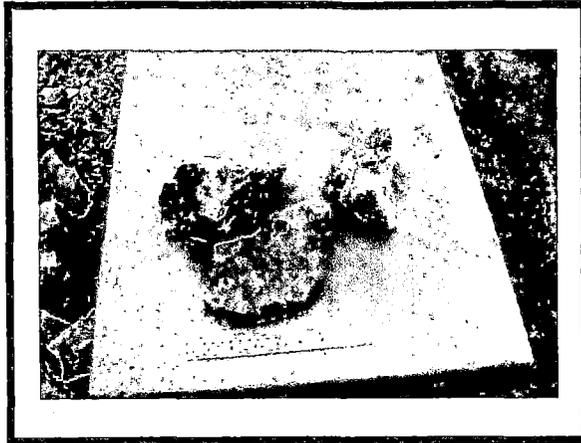


Imagen N° 28: Vista puntual de material de 4 pulgadas extraída de la calicata C-1.



Imagen N° 29: Vista puntual de material de 3 pulgadas extraída de la calicata C-1.

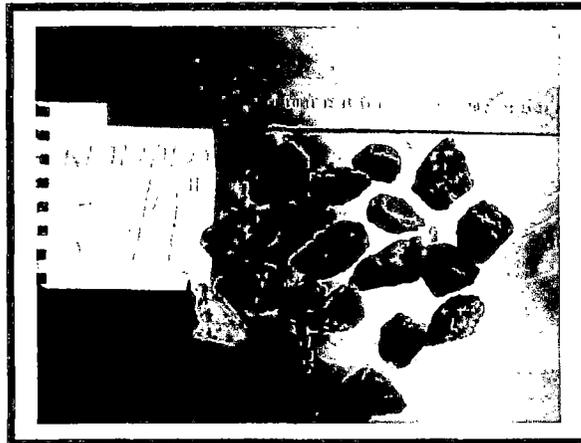


Imagen N° 30: Vista material tamizado pasante la malla 1 pulgada y retenido en la malla  $\frac{3}{4}$  pulgada. Este será usado en la muestra escalada.

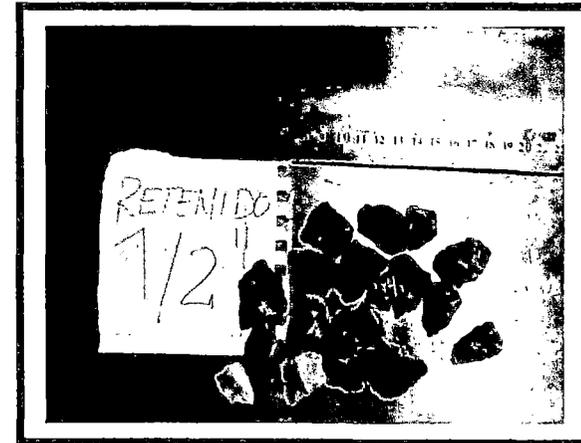


Imagen N° 31: Vista material tamizado pasante la malla  $\frac{3}{4}$  pulgada y retenido en la malla  $\frac{1}{2}$  pulgada. Este será usado en la muestra escalada.

APLICACIÓN A MATERIALES DE ROCK FILL

PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE  
LABORATORIO

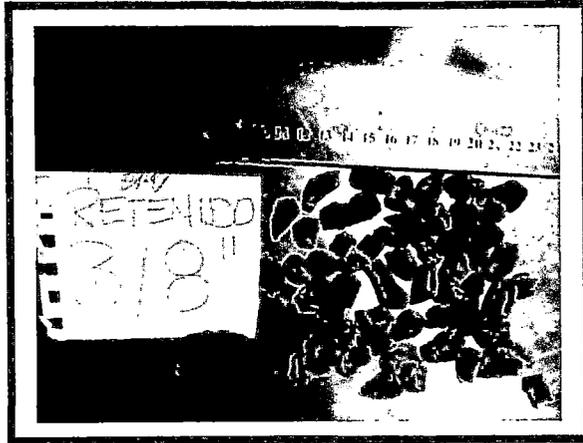


Imagen N° 32: Vista material tamizado pasante la malla 3/4 pulgada y retenido en la malla 3/8 pulgada. Este será usado en la muestra escalada.

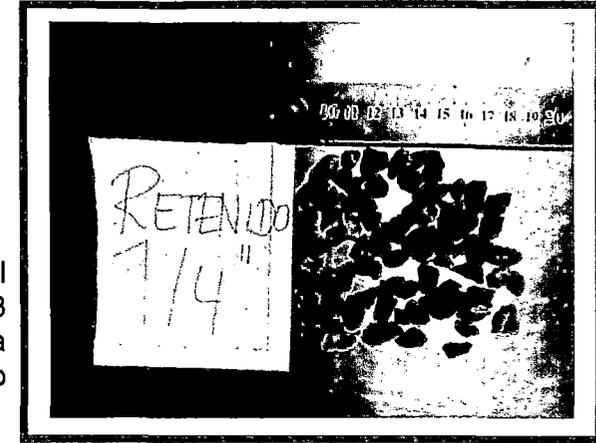


Imagen N°33: Vista material tamizado pasante la malla 3/8 pulgada y retenido en la malla 1/4 pulgada. Este será usado en la muestra escalada.

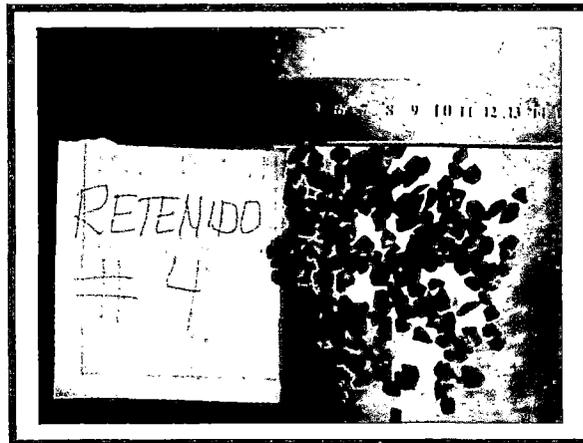


Imagen N° 34: Vista material tamizado pasante la malla 1/4 pulgada y retenido en la malla #4. Este será usado en la muestra escalada.

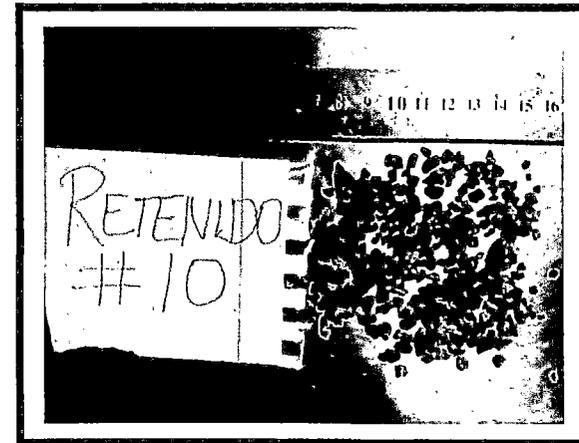


Imagen N° 35: Vista material tamizado pasante la malla #4 y retenido en la malla #10. Este será usado en la muestra escalada.

## PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE CAMPO

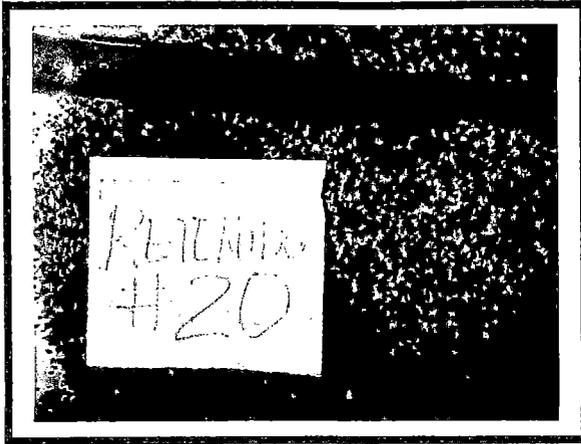


Imagen N° 36: Vista material tamizado pasante la malla #10 y retenido en la malla #20. Este será usado en la muestra escalada.

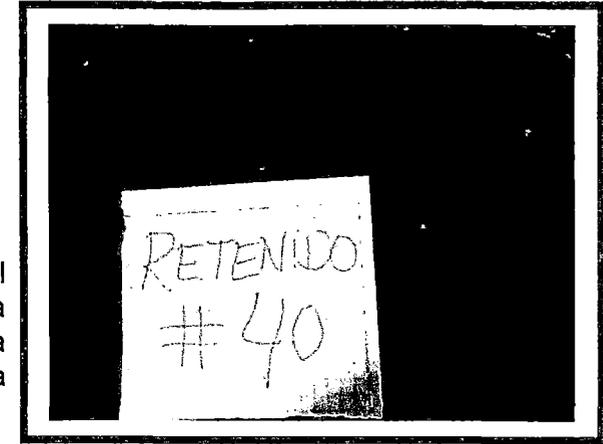


Imagen N° 37: Vista material tamizado pasante la malla #20 y retenido en la malla #40. Este será usado en la muestra escalada.

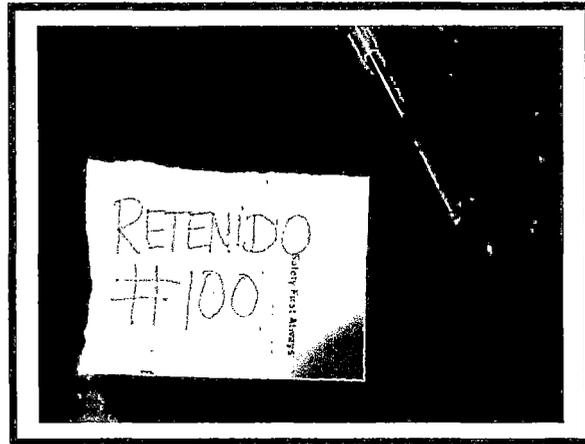


Imagen N° 38: Vista material tamizado pasante la malla #40 y retenido en la malla #100. Este será usado en la muestra escalada.



Imagen N° 39: Vista material tamizado pasante la malla #100 y retenido en la malla #200. Este será usado en la muestra escalada.

APLICACIÓN A MATERIALES DE ROCK FILL

**PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE  
LABORATORIO**

---

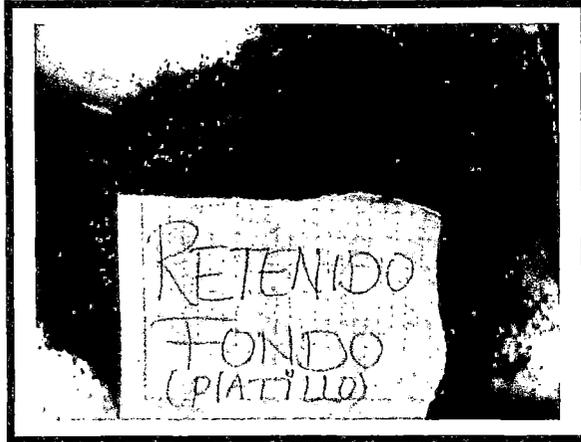


Imagen N° 39: Vista material tamizado pasante la malla #200 y retenido en el platillo. Este será usado en la muestra escalada.



Imagen N°40: Vista del pesado de muestras para la preparación de las muestras escaladas M-1 y M-2.

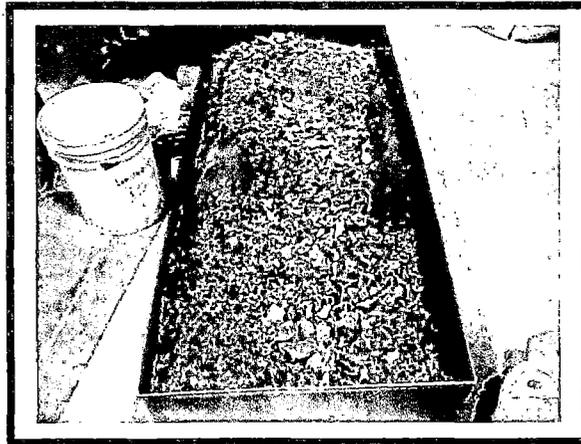


Imagen N° 41: Vista de la preparación de las muestras escaladas.

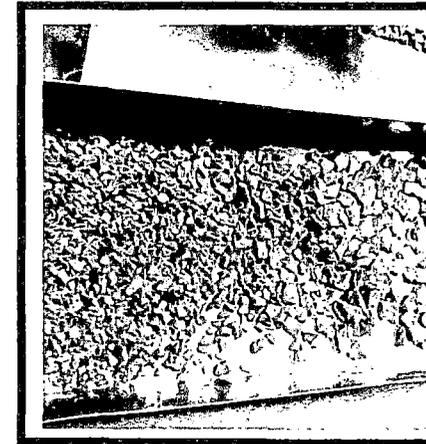


Imagen N° 42: Vista de la preparación de las muestras escaladas.

**PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE  
LABORATORIO**

---



Imagen N° 43: Vista de la muestra M-1 escalada.

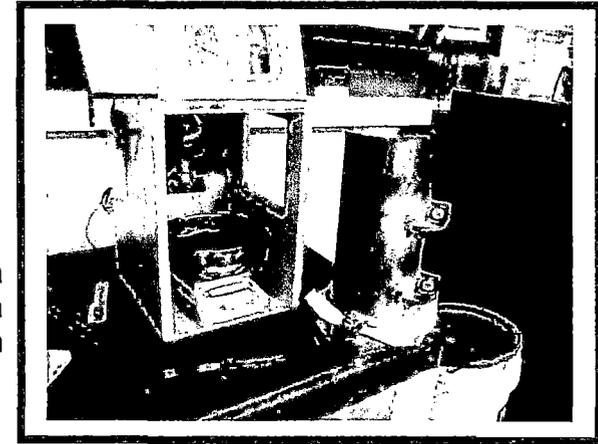


Imagen N°44: Vista de la preparación de moldes con muestras escaladas a una DR=95%.

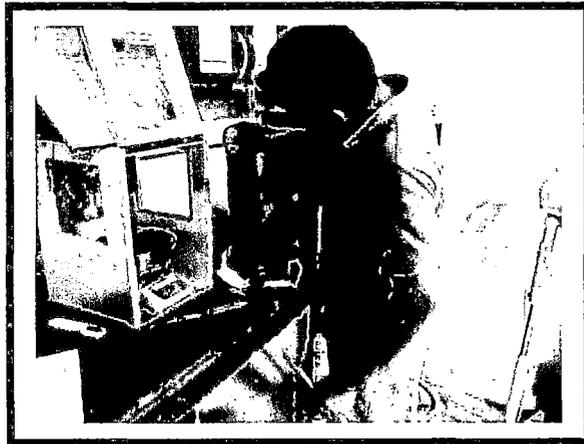


Imagen N° 45: Vista del control de densidad por medición de alturas en los moldes de muestras escaladas.



Imagen N° 46: Vista de la compactación muestras en los moldes de muestras escaladas.

**PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE  
LABORATORIO**

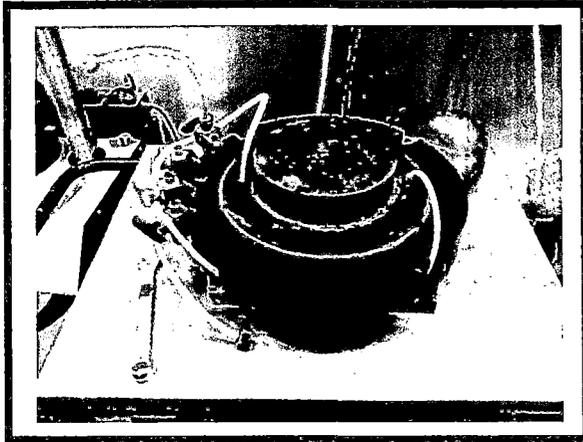


Imagen N° 47: Vista de la celda de ensayo triaxial para probetas de 6 pulgadas de diámetro.

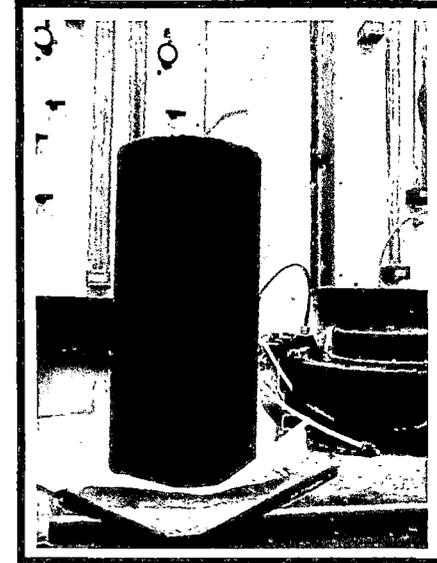


Imagen N°48: Vista de la muestra escalada remoldeada a una DR=95% en una probeta de 6 pulgadas de diámetro.

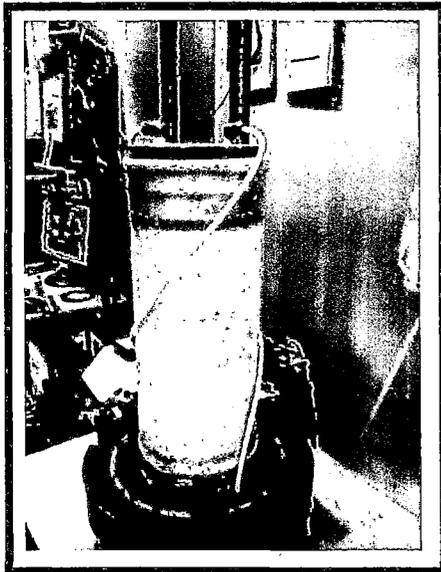


Imagen N° 49: Vista de la instalación de la probeta en la celda de ensayo.

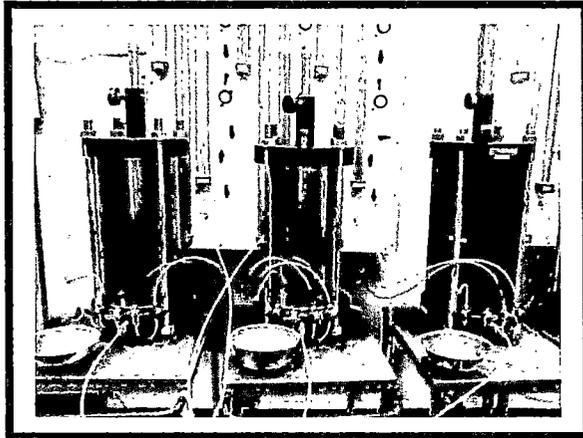


Imagen N° 50: Vista de la instalación de la probeta en la celda de ensayo.

**APLICACIÓN A MATERIALES DE ROCK FILL**

**PANEL FOTOGRAFICO: TRABAJOS DE  
LABORATORIO**

---



◦Imagen N° 51: Vista de las  
3 probetas de 6 pulgadas de  
diámetros en las respectivas  
celdas de ensayo triaxial.

## ANEXO C:

Antecedentes.

Nombre del Proyecto: **Stock Shulcahuanca**  
 Cliente: **Barrick**  
 N° de Proyecto: **PEVC00158** N° Informe Lab: **VP-019-10**  
 Ubicación: **Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad** Solicitado por: **Aldo Del Carpio**  
 N° de muestra / Prof. (m): **SH-01** Fecha: **30-mar-10**  
 Descripción / Zona: **Arenisca**

Partículas >3" (%): **--**

Grava (%): **46,4**

Arena (%): **30,6**

Limos y Arcillas (%): **23,1**

D10: **0,25**  
 D30: **0,25**  
 D60: **6,64**  
 Cu:   
 Cc:

Límites de Atterberg:

LL (%): **21,2**

LP (%): **11,1**

IP (%): **10,1**

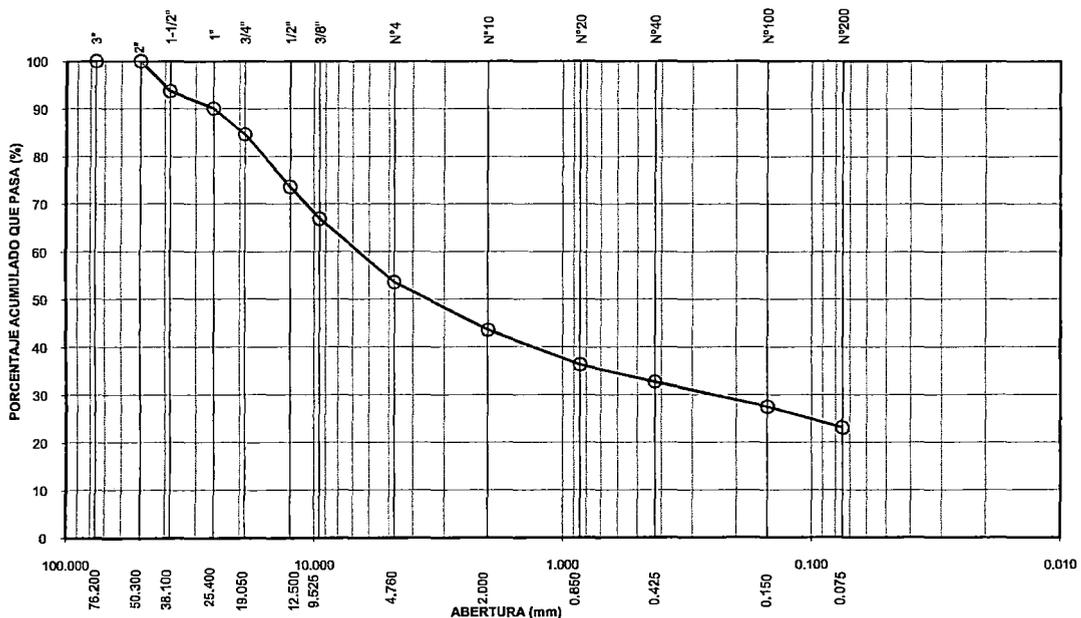
Humedad (%): **3,1**

Clasificación SUCS: **GC**

Grava arcillosa con arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	100,0
1 1/2"	38,100	93,7
1"	25,400	90,1
3/4"	19,050	84,6
1/2"	12,500	73,6
3/8"	9,525	66,9
Nº4	4,760	53,6
Nº10	2,000	43,6
Nº20	0,850	36,3
Nº40	0,425	32,7
Nº100	0,150	27,5
Nº200	0,075	23,1

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

FF / JET / RP

Ingresado por:

JSCQ

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

VP-019-10

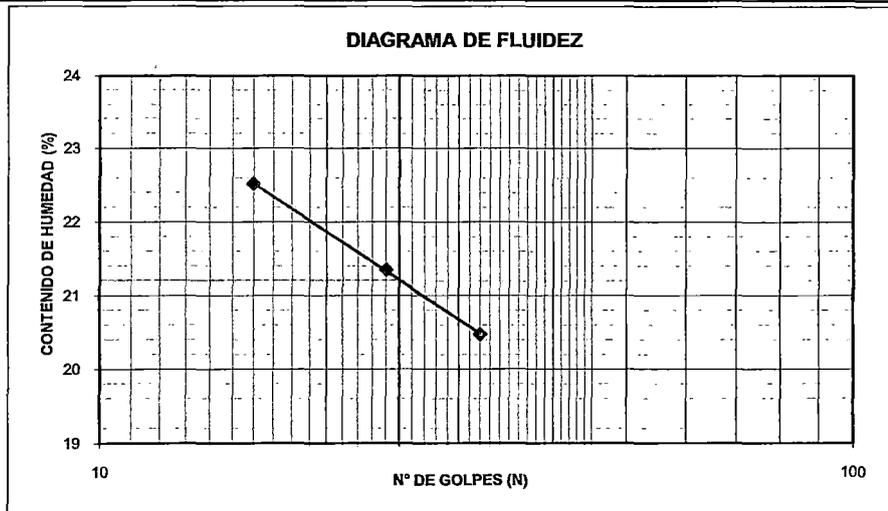
Nombre del Proyecto:	Stock Shulcahuanca		
Cliente	Barrick		
N° de Proyecto:	PEVC00158	N° Informe Lab :	VP-019-10
Ubicación:	Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad	Solicitado por:	Aldo Del Carpio
N° de muestra / Prof. (m):	SH-01	Fecha:	05-abr-10
Descripción / Zona:	Arenisca		

### Límites de Atterberg

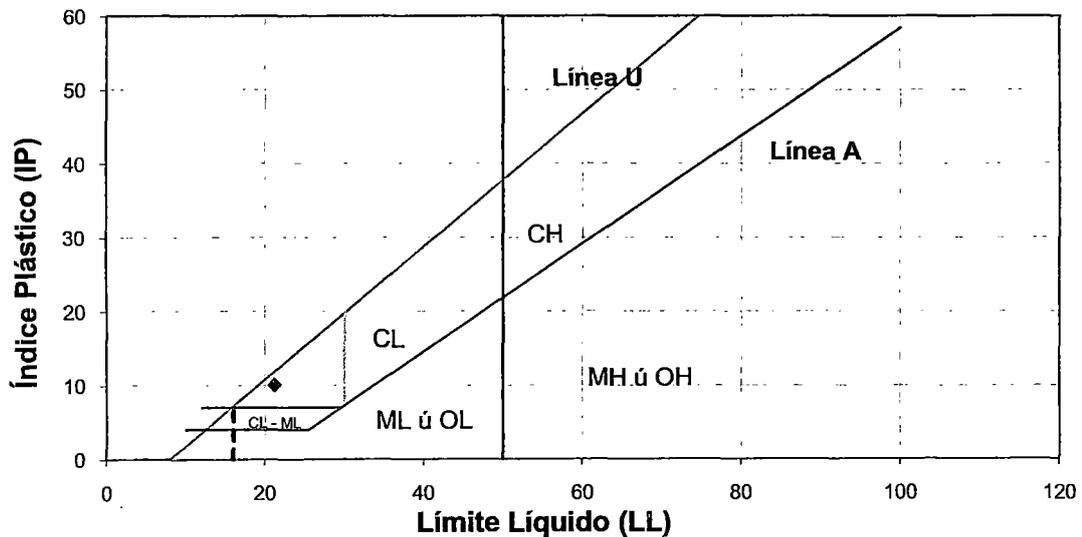
LL (%): 21,2

LP (%): 11,1

IP (%): 10,1



### GRÁFICO DE PLASTICIDAD



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: JF      Ingresado por: JSCQ      Revisado por: CSM      Laboratorio: VP-019-10

Nombre del Proyecto: **Stock Shulcahuanca**  
 Cliente: **Barrick**  
 N° de Proyecto: **PEVC00158** N° Informe Lab: **VP-019-10**  
 Ubicación: **Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad** Solicitado por: **Aldo Del Carpio**  
 N° de muestra / Prof. (m): **SH-02** Fecha: **30-mar-10**  
 Descripción / Zona: **Arenisca/Limolita**

Partículas >3" (%): —

Grava (%): 49,4  
 Arena (%): 34,3  
 Limos y Arcillas (%): 16,3

D10: —  
 D30: 0,41  
 D60: 7,74  
 Cu: —  
 Cc: —

Límites de Atterberg:

LL (%): 25,2  
 LP (%): 15,4  
 IP (%): 9,8

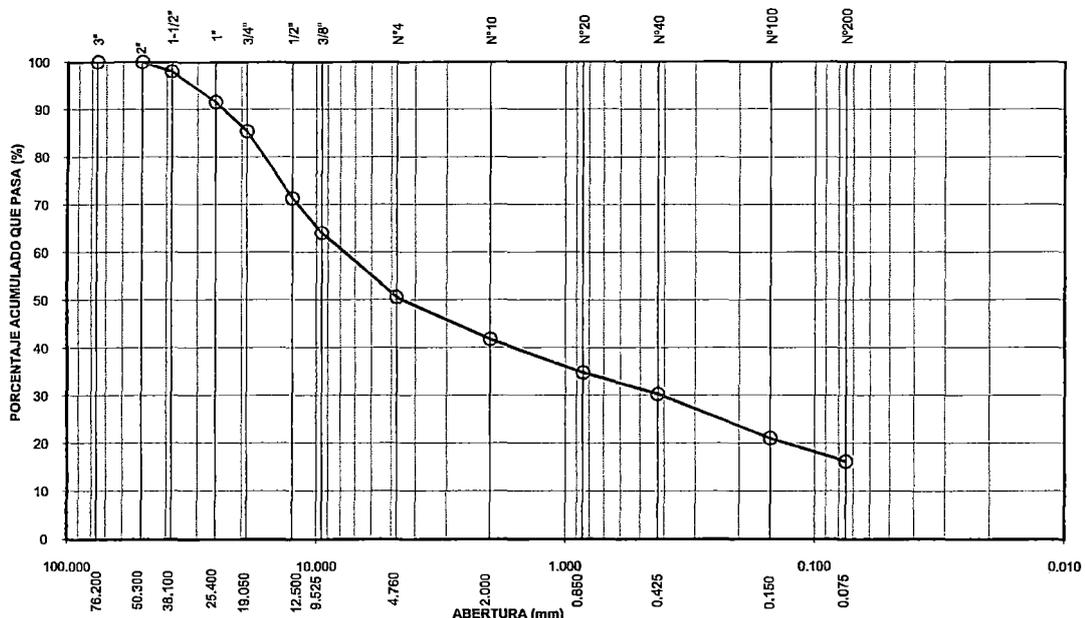
Humedad (%): 3,6

Clasificación SUCS: **GC**

Grava arcillosa con arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	100,0
1 1/2"	38,100	97,9
1"	25,400	91,5
3/4"	19,050	85,4
1/2"	12,500	71,3
3/8"	9,525	64,0
Nº4	4,760	50,6
Nº10	2,000	41,8
Nº20	0,850	34,8
Nº40	0,425	30,3
Nº100	0,150	21,1
Nº200	0,075	16,3

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JET

Ingresado por:

JSCQ

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

VP-019-10

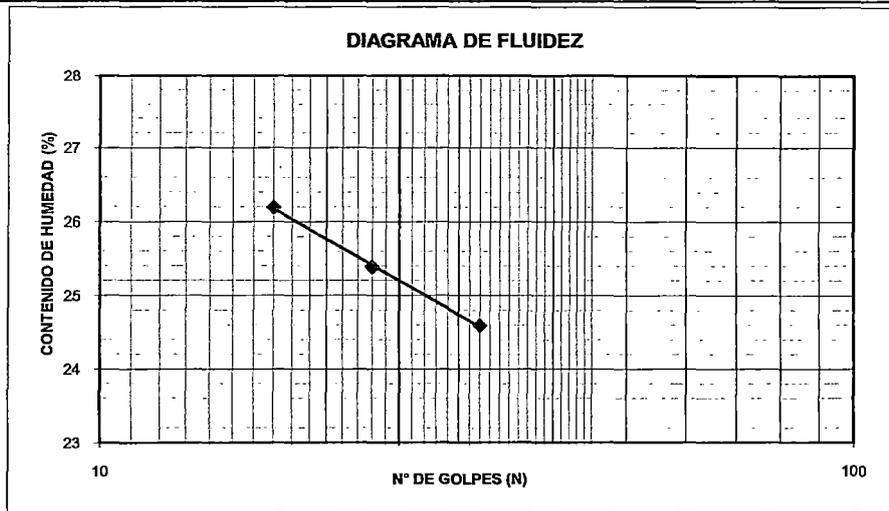
Nombre del Proyecto:	Stock Shulcahuanca		
Cliente	Barrick		
N° de Proyecto:	PEVC00158	N° Informe Lab :	VP-019-10
Ubicación:	Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad	Solicitado por:	Aldo Del Carpio
N° de muestra / Prof. (m):	SH-02	Fecha:	05-abr-10
Descripción / Zona:	Arenisca/Limolita		

### Límites de Atterberg

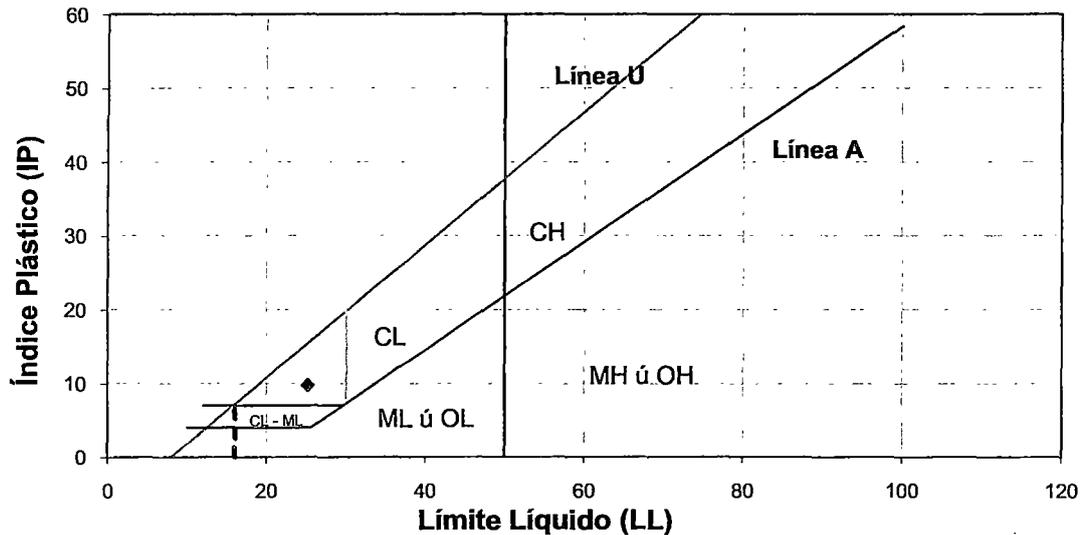
LL (%): 25,2

LP (%): 15,4

IP (%): 9,8



### GRÁFICO DE PLASTICIDAD



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Laboratorio:
JF	JSCQ	CSM	VP-019-10

Nombre del Proyecto: **Stock Shulcahuanca**  
 Cliente: **Barrick**  
 N° de Proyecto: **PEVC00158** N° Informe Lab: **VP-019-10**  
 Ubicación: **Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad** Solicitado por: **Aldo Del Carpio**  
 N° de muestra / Prof. (m): **SH-03** Fecha: **30-mar-10**  
 Descripción / Zona: **Arenisca/Limolita**

Partículas >3" (%) : —

Grava (%) : 43,9 D10 :  
 Arena (%) : 34,8 D30: 0,22  
 Limos y Arcillas (%) : 21,3 D60: 5,88  
 Cu:  
 Cc:

Límites de Atterberg:

LL (%): 19,2  
 LP (%): 12,8  
 IP (%): 6,4

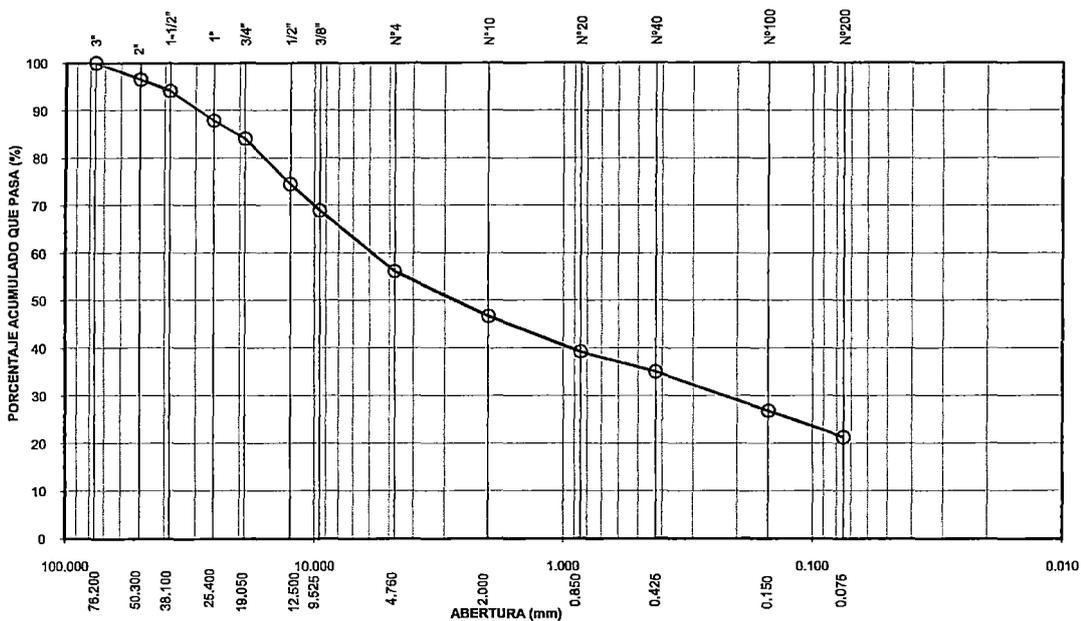
Humedad (%) : 2,9

Clasificación SUCS : **GC-GM**

Grava arcillo-limosa con arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	96,5
1 1/2"	38,100	94,1
1"	25,400	87,9
3/4"	19,050	84,0
1/2"	12,500	74,5
3/8"	9,525	68,9
Nº4	4,760	56,1
Nº10	2,000	46,6
Nº20	0,850	39,2
Nº40	0,425	35,0
Nº100	0,150	26,8
Nº200	0,075	21,3

CURVA GRANULOMÉTRICA



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **JET / FF / RP** Ingresado por: **JSCQ** Revisado por: **CSM** Laboratorio: **VP-019-10**

Nombre del Proyecto:	<b>Stock Shulcahuanca</b>		
Cliente	<b>Barrick</b>		
N° de Proyecto:	PEVC00158	N° Informe Lab :	VP-019-10
Ubicación:	Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad	Solicitado por:	Aldo Del Carpio
N° de muestra / Prof. (m):	SH-03	Fecha:	05-abr-10
Descripción / Zona:	Arenisca/Limolita		

**Límites de Atterberg**

**LL (%): 19,2**

**LP (%): 12,8**

**IP (%): 6,4**

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**

**GRÁFICO DE PLASTICIDAD**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Laboratorio:
JF	JSCQ	CSM	<b>VP-019-10</b>

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
 POR TAMIZADO**  
**ASTM - D422**

Nombre del Proyecto: **Stock Shulcahuanca**  
 Cliente: **Barrick**  
 N° de Proyecto: **PEVC00158** N° Informe Lab: **VP-019-10**  
 Ubicación: **Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad** Solicitado por: **Aldo Del Carpio**  
 N° de muestra / Prof. (m): **SH-04** Fecha: **30-mar-10**  
 Descripción / Zona: **Arenisca**

Partículas >3" (%): —

Grava (%): 62,2

Arena (%): 31,2

Limos y Arcillas (%): 6,7

D10: 0,14  
 D30: 2,71  
 D60: 12,09  
 Cu: 84,28  
 Cc: 4,24

Límites de Atterberg:

LL (%): NP  
 LP (%): NP  
 IP (%): NP

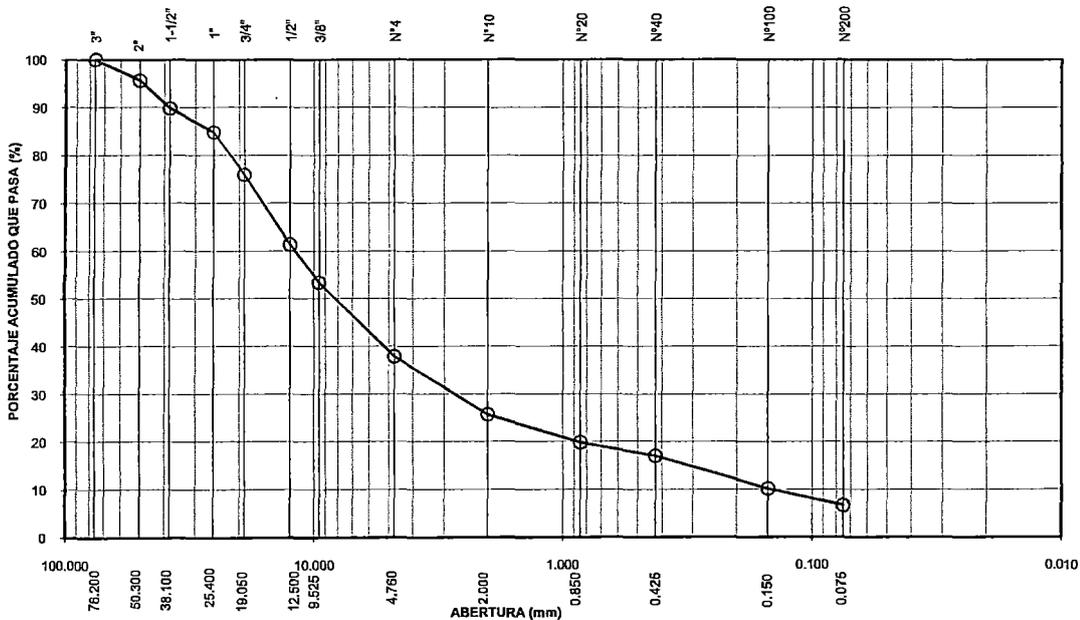
Humedad (%): 0,6

Clasificación SUCS: **GP-GM**

Grava mal gradada con limo y arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	95,6
1 1/2"	38,100	89,8
1"	25,400	84,8
3/4"	19,050	76,0
1/2"	12,500	61,4
3/8"	9,525	53,4
Nº4	4,760	37,8
Nº10	2,000	25,8
Nº20	0,850	19,9
Nº40	0,425	17,1
Nº100	0,150	10,2
Nº200	0,075	6,7

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **JET / FF / RP** Ingresado por: **JSCQ** Revisado por: **CSM** Laboratorio: **VP-019-10**

Nombre del Proyecto: **Stock Guáino**  
 Cliente: **Barrick**  
 N° de Proyecto: **PEVC00158** N° Informe Lab: **VP-019-10**  
 Ubicación: **Lagunas Norte - Santiago de Chuco** Solicitado por: **Aldo Del Carpio**  
 N° de muestra / Prof. (m): **GU-01** Fecha: **03-may-10**  
 Descripción / Zona: **Limolita carbonosa**

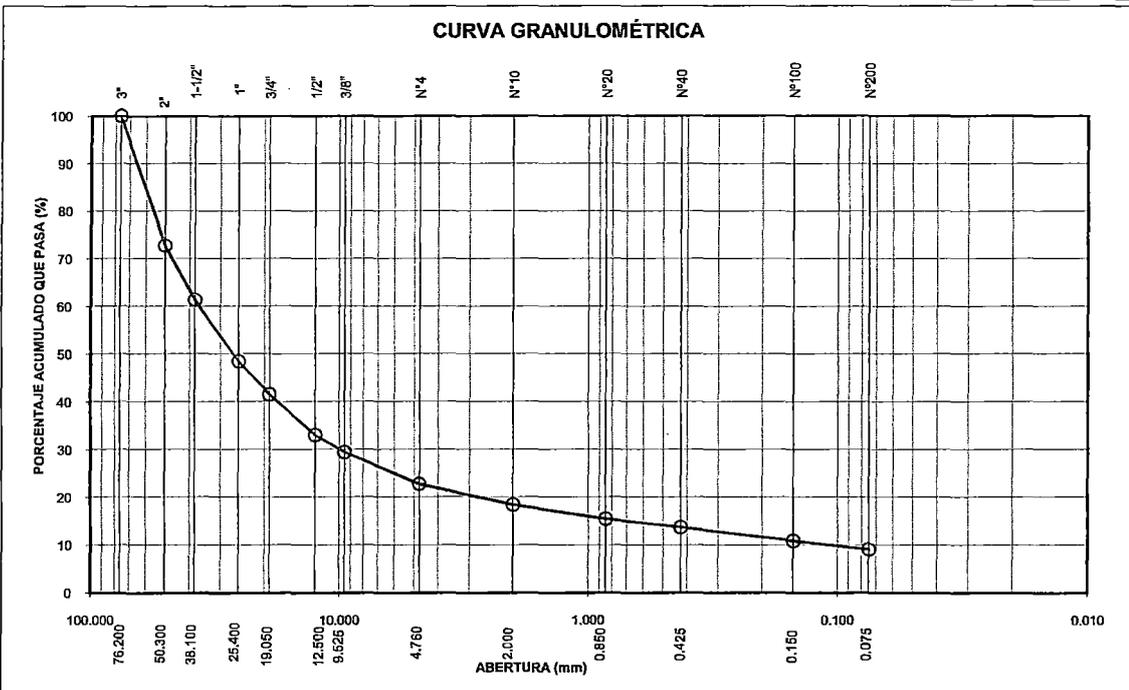
Partículas ret. 5" (%) : 0,0  
 Partículas ret. 4" (%) : 14,5  
 Partículas ret. 3" (%) : 3,8  
 D10: 0,10  
 D30: 10,01  
 D60: 36,61  
 Cu: 352,29  
 Cc: 26,35  
 Grava (%) : 77,3  
 Arena (%) : 13,6  
 Limos y Arcillas (%) : 9,1

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	72,7
1 1/2"	38,100	61,3
1"	25,400	48,4
3/4"	19,050	41,4
1/2"	12,500	33,0
3/8"	9,525	29,4
Nº4	4,760	22,7
Nº10	2,000	18,4
Nº20	0,850	15,4
Nº40	0,425	13,7
Nº100	0,150	10,9
Nº200	0,075	9,1

**Límites de Atterberg:**  
 LL (%) : 26,7  
 LP (%) : 16,4  
 IP (%) : 10,3

**Humedad (%) :** 2,1  
**Clasificación SUCS : GP-GC**

Grava mal gradada con arcilla



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

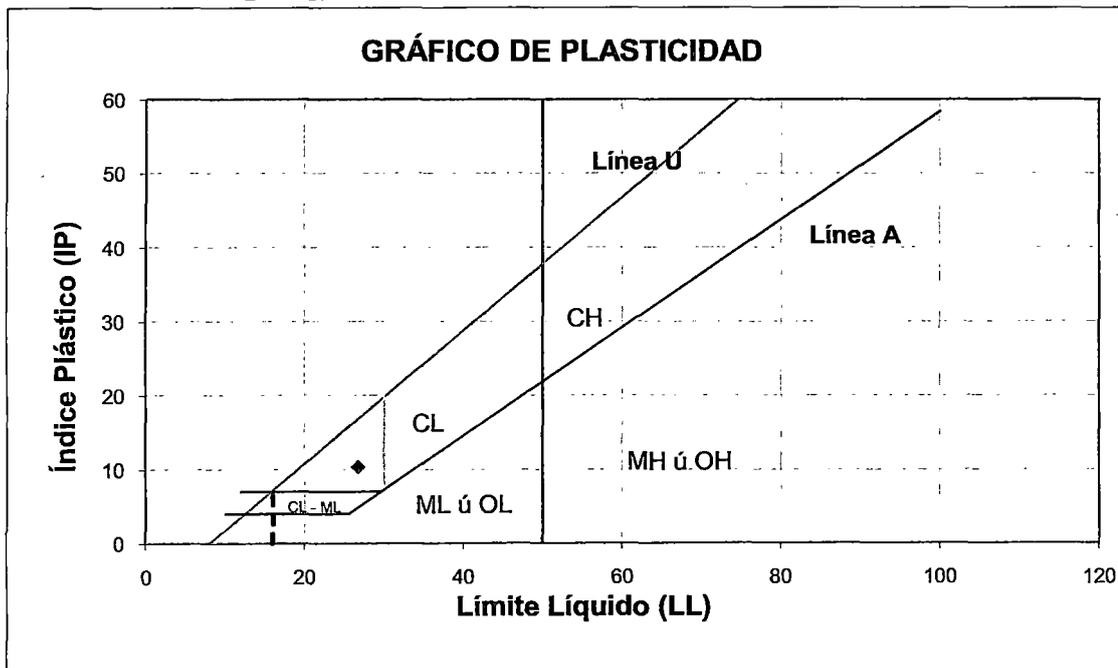
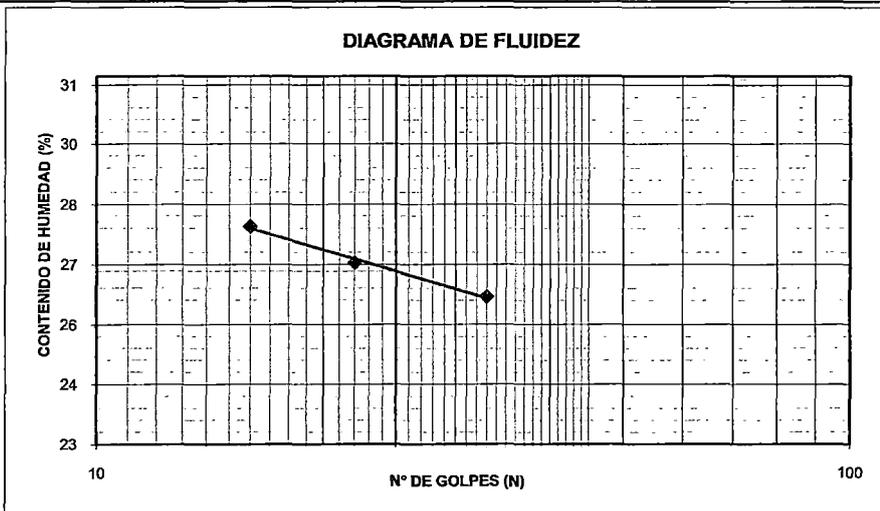
Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **MR** Ingresado por: **TOM** Revisado por: **CSM** Laboratorio: **VP-019-10**

Nombre del Proyecto:	<b>Stock Guáino</b>		
Cliente	<b>Barrick</b>		
N° de Proyecto:	PEVC00158	N° Informe Lab :	VP-019-10
Ubicación:	Lagunas Norte - Santiago de Chuco	Solicitado por:	Aldo Del Carpio
N° de muestra / Prof. (m):	GU-01	Fecha:	21-abr-10
Descripción / Zona:	Limolita carbonosa		

**Límites de Atterberg**

**LL (%) : 26,7**  
**LP (%) : 16,4**  
**IP (%) : 10,3**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Laboratorio:
JET/RP	TOM	CSM	<b>VP-019-10</b>

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
 POR TAMIZADO**  
**ASTM - D422**

Nombre del Proyecto: **Stock Guaino**  
 Cliente: **Barrick**  
 N° de Proyecto: **PEVC00158** N° Informe Lab: **VP-019-10**  
 Ubicación: **Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad** Solicitado por: **Aldo Del Carpio**  
 N° de muestra / Prof. (m): **GU-02** Fecha: **29-mar-10**  
 Descripción / Zona: **Limolita carbonosa**

Partículas >3" (%): —

Grava (%): 54,7  
 Arena (%): 20,9  
 Limos y Arcillas (%): 24,4

D10: —  
 D30: 0,25  
 D60: 14,43  
 Cu: —  
 Cc: —

Limites de Atterberg:

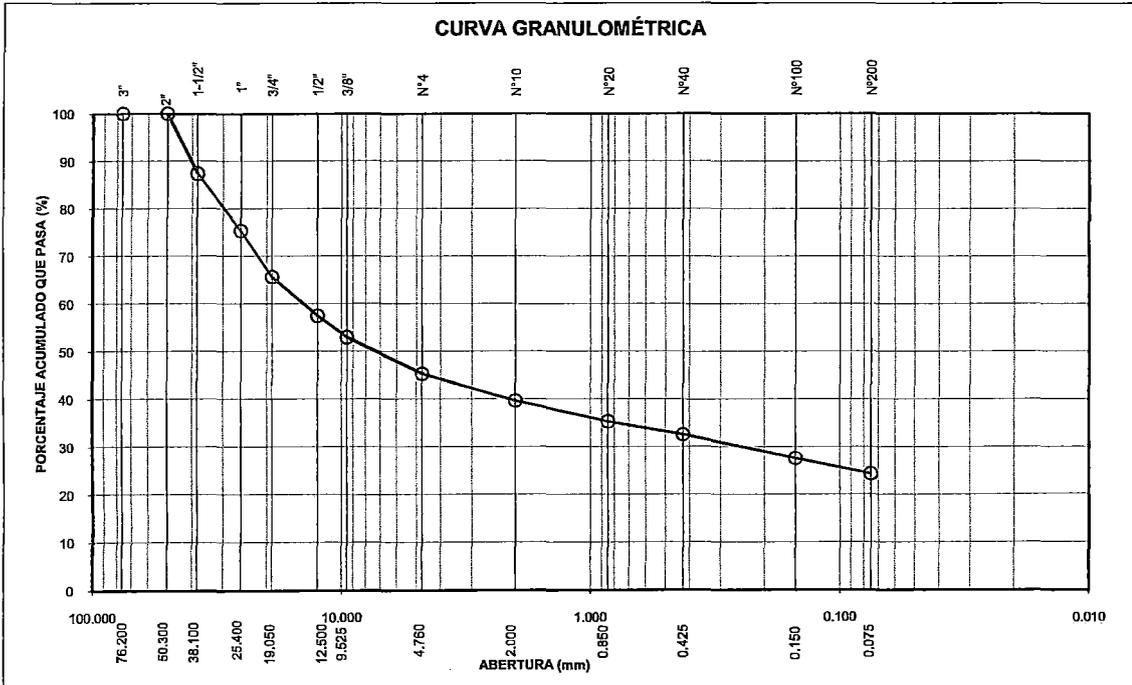
LL (%): 35,8  
 LP (%): 23,3  
 IP (%): 12,5

Humedad (%): 8,4

Clasificación SUCS: **GC**

Grava arcillosa con arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	100,0
1 1/2"	38,100	87,4
1"	25,400	75,3
3/4"	19,050	65,6
1/2"	12,500	57,4
3/8"	9,525	52,9
Nº4	4,760	45,3
Nº10	2,000	39,6
Nº20	0,850	35,3
Nº40	0,425	32,6
Nº100	0,150	27,6
Nº200	0,075	24,4



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

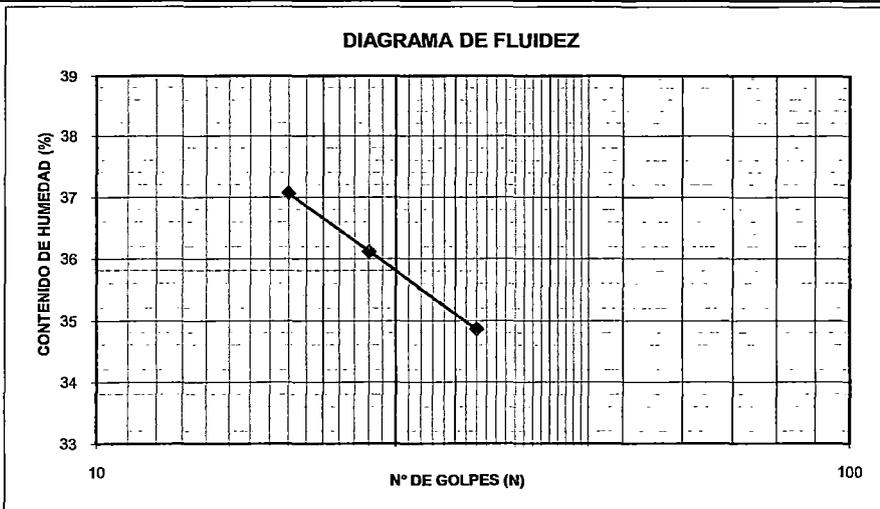
Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **JET / FF** Ingresado por: **JSCQ** Revisado por: **CSM** Laboratorio: **VP-019-10**

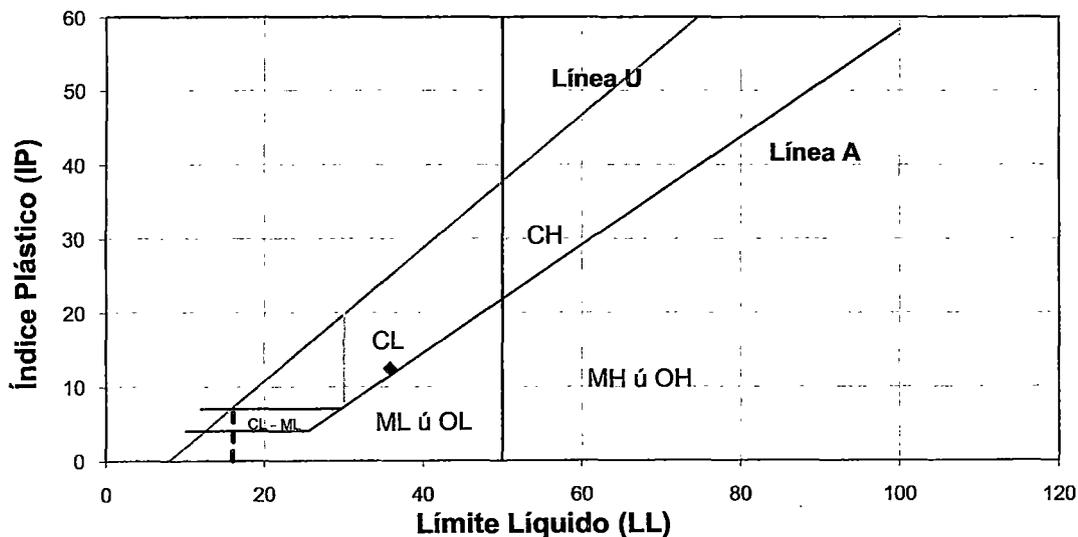
Nombre del Proyecto:	<b>Stock Guáino</b>		
Cliente	<b>Barrick</b>		
N° de Proyecto:	PEVC00158	N° Informe Lab :	VP-019-10
Ubicación:	Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad	Solicitado por:	Aldo Del Carpio
N° de muestra / Prof. (m):	GU-02	Fecha:	05-abr-10
Descripción / Zona:	Limolita carbonosa		

**Límites de Atterberg**

**LL (%): 35,8**  
**LP (%): 23,3**  
**IP (%): 12,5**



**GRÁFICO DE PLASTICIDAD**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: JJ      Ingresado por: JSCQ      Revisado por: CSM      Laboratorio: VP-019-10

Nombre del Proyecto: **Stock Guaino**  
 Cliente: **Barrick**  
 N° de Proyecto: **PEVC00158** N° Informe Lab: **VP-019-10**  
 Ubicación: **Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad** Solicitado por: **Aldo Del Carpio**  
 N° de muestra / Prof. (m): **GU-03** Fecha: **29-mar-10**  
 Descripción / Zona: **Limolita carbonosa**

Partículas >3" (%) : —

Grava (%) : 62,7

Arena (%) : 19,9

Limos y Arcillas (%) : 17,4

Límites de Atterberg:

LL (%) : 28,7

LP (%) : 19,8

IP (%) : 8,9

Humedad (%) : 3,7

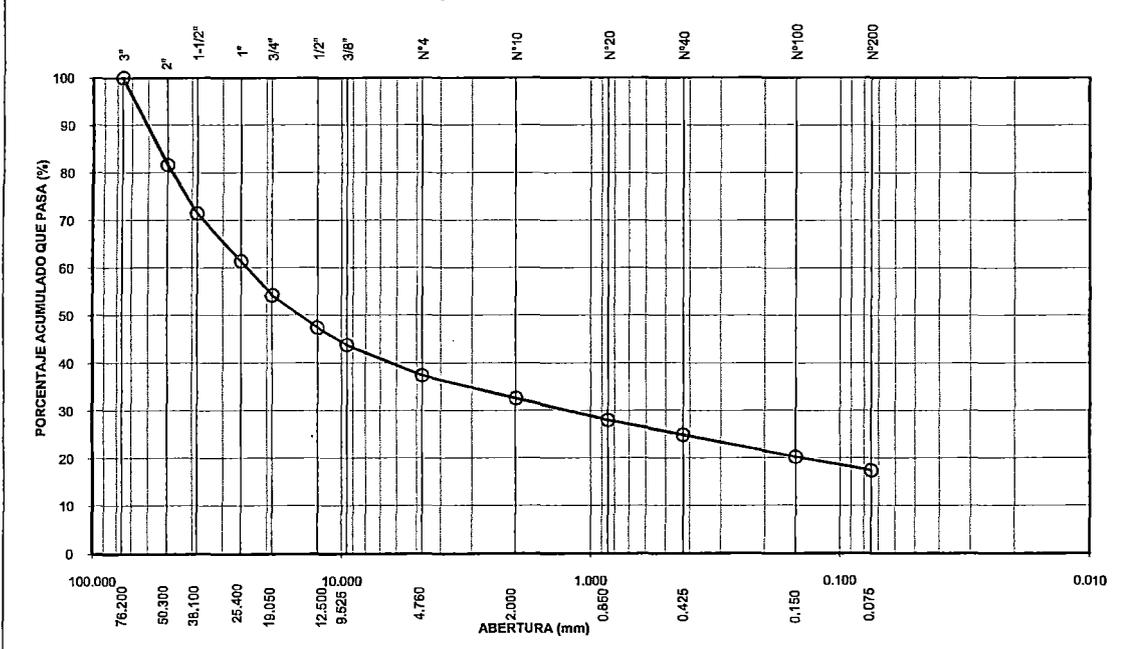
Clasificación SUCS : **GC**

Grava arcillosa con arena

D10 :  
D30: 1,24  
D60: 24,06  
Cu:  
Cc:

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	81,6
1 1/2"	38,100	71,4
1"	25,400	61,4
3/4"	19,050	54,2
1/2"	12,500	47,4
3/8"	9,525	43,8
Nº4	4,760	37,3
Nº10	2,000	32,6
Nº20	0,850	28,0
Nº40	0,425	24,9
Nº100	0,150	20,3
Nº200	0,075	17,4

CURVA GRANULOMÉTRICA



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

MR / FF

Ingresado por:

JSCQ

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

VP-019-10

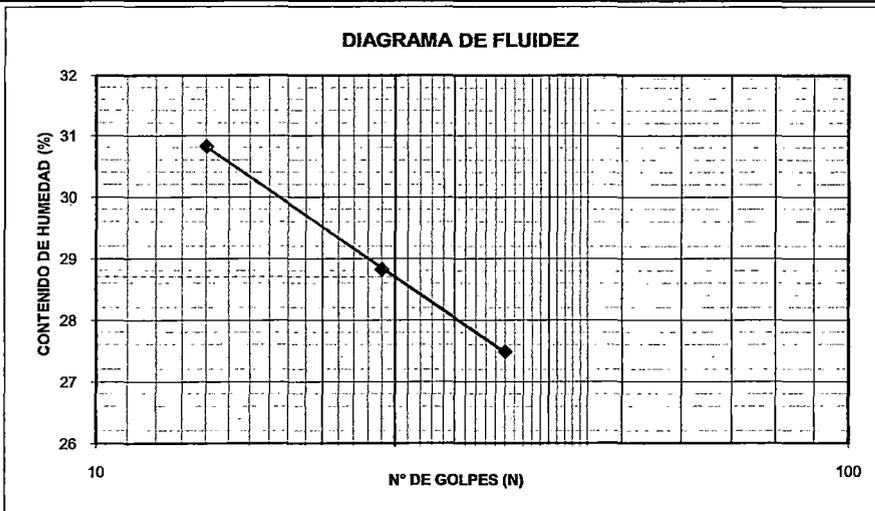
Nombre del Proyecto:	<b>Stock Guaino</b>		
Cliente	<b>Barrick</b>		
N° de Proyecto:	PEVC00158	N° Informe Lab :	VP-019-10
Ubicación:	Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad	Solicitado por:	Aldo Del Carpio
N° de muestra / Prof. (m):	GU-03	Fecha:	05-abr-10
Descripción / Zona:	Limolita carbonosa		

### Límites de Atterberg

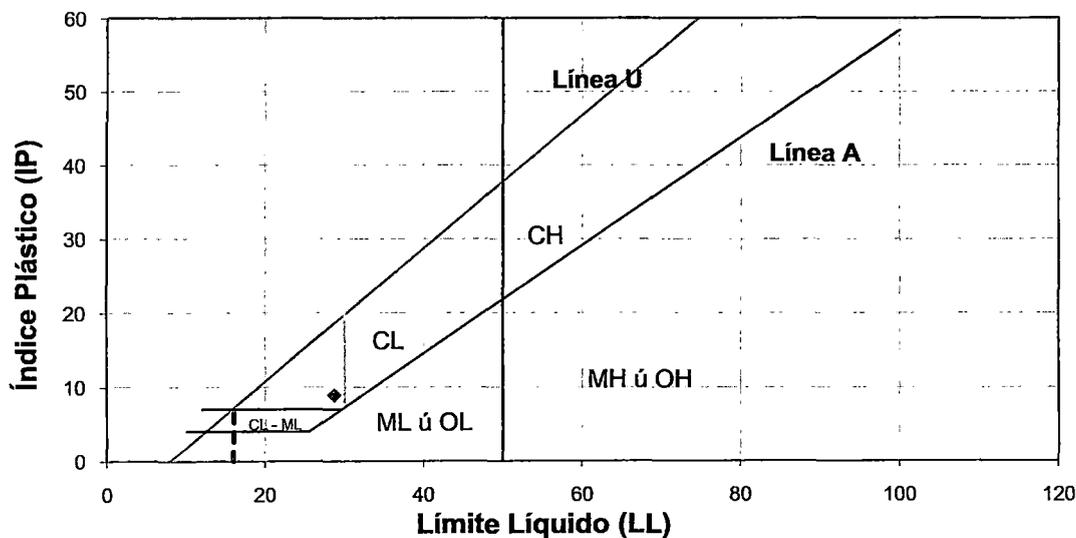
LL (%): 28,7

LP (%): 19,8

IP (%): 8,9



### GRÁFICO DE PLASTICIDAD



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

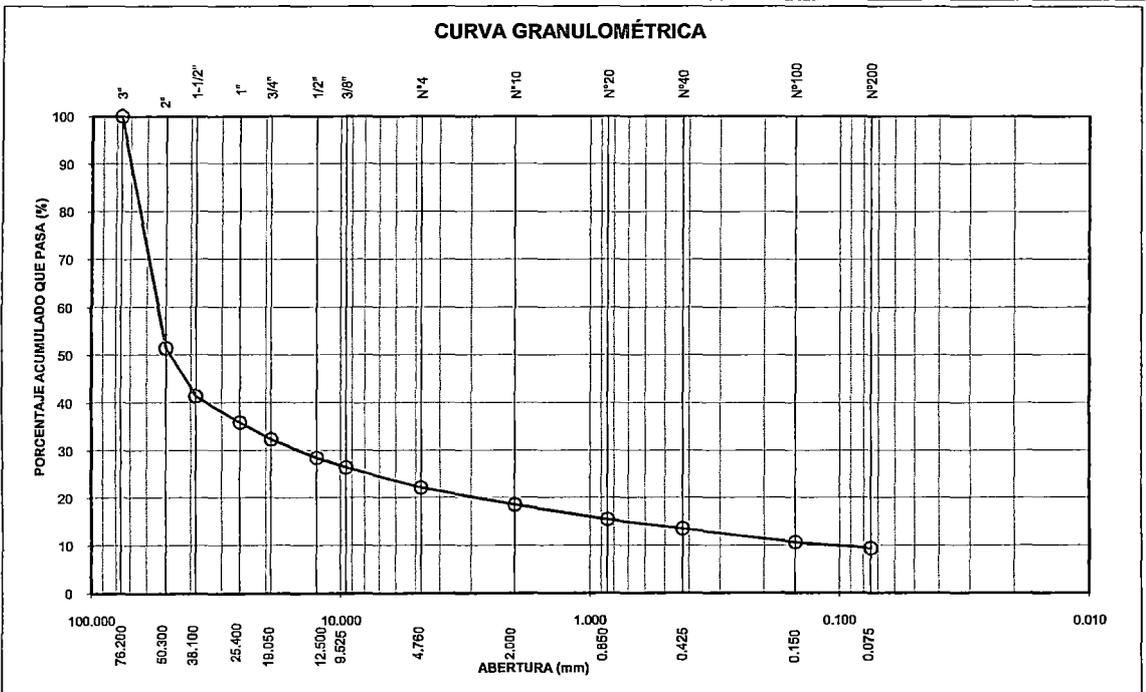
Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Laboratorio:
MR / JET	JSCQ	CSM	VP-019-10

Nombre del Proyecto:	<b>Stock Guaino</b>		
Cliente	<b>Barrick</b>		
N° de Proyecto:	PEVC00158	N° Informe Lab :	VP-019-10
Ubicación:	Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad	Solicitado por:	Aldo Del Carpio
N° de muestra / Prof. (m):	GU-04	Fecha:	30-mar-10
Descripción / Zona:	Limolita carbonosa		

<b>Partículas ret. 6" (%) :</b>	10,4	D10 :	0,10
<b>Partículas ret. 5" (%) :</b>	0,0	D30 :	14,96
<b>Partículas ret. 4" (%) :</b>	27,9	D60 :	65,40
<b>Partículas ret. 3" (%) :</b>	31,3	Cu :	645,10
<b>Grava (%) :</b>	77,8	Cc :	33,76
<b>Arena (%) :</b>	12,7		
<b>Limos y Arcillas (%) :</b>	9,4		
<b>Límites de Atterberg :</b>			
	LL (%) :		26,7
	LP (%) :		16,8
	IP (%) :		9,9
<b>Humedad (%) :</b>	0,8		
<b>Clasificación SUCS :</b>	<b>GP-GC</b>		
	Grava mal gradada con arcilla		

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	51,4
1 1/2"	38,100	41,3
1"	25,400	35,8
3/4"	19,050	32,3
1/2"	12,500	28,4
3/8"	9,525	26,4
N°4	4,760	22,2
N°10	2,000	18,5
N°20	0,850	15,5
N°40	0,425	13,5
N°100	0,150	10,7
N°200	0,075	9,4



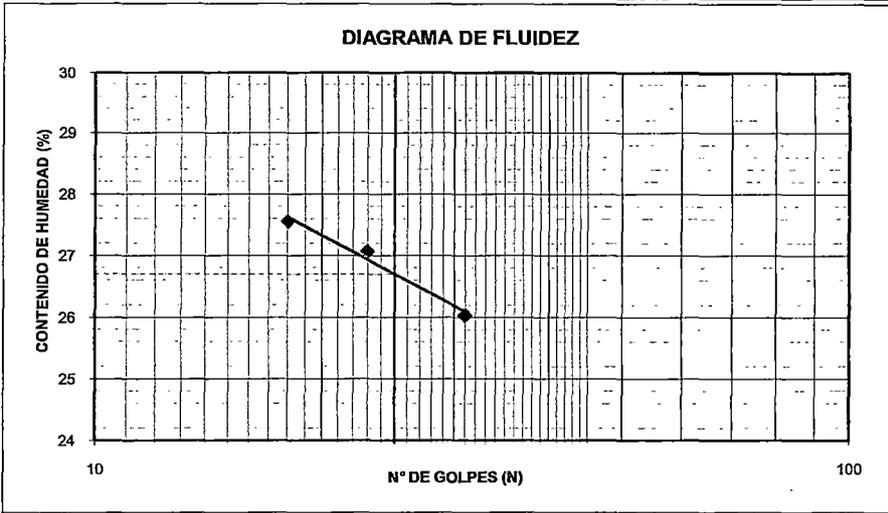
Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante  
 Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **JET / FF**      Ingresado por: **JSCQ**      Revisado por: **CSM**      Laboratorio: **VP-019-10**

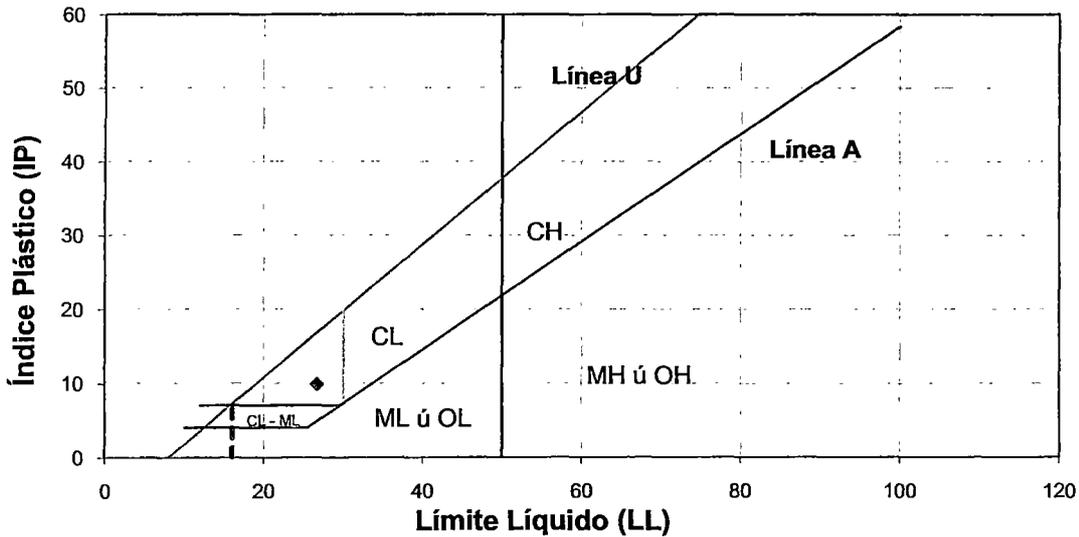
Nombre del Proyecto:	<b>Stock Guaino</b>		
Cliente	<b>Barrick</b>		
N° de Proyecto:	PEVC00158	N° Informe Lab :	VP-019-10
Ubicación:	Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad	Solicitado por:	Aldo Del Carpio
N° de muestra / Prof. (m):	GU-04	Fecha:	05-abr-10
Descripción / Zona:	Limolita carbonosa		

**Límites de Atterberg**

**LL (%): 26.7**  
**LP (%): 16.8**  
**IP (%): 9.9**



**GRÁFICO DE PLASTICIDAD**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: JJ      Ingresado por: JSCQ      Revisado por: CSM      Laboratorio: **VP-019-10**

Nombre del Proyecto: **Stock Guaino**  
 Cliente: **Barrick**  
 N° de Proyecto: **PEVC00158** N° Informe Lab: **VP-019-10**  
 Ubicación: **Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad** Solicitado por: **Aldo Del Carpio**  
 N° de muestra / Prof. (m): **GU-05** Fecha: **05-abr-10**  
 Descripción / Zona: **Limolita carbonosa**

Partículas ret. 5" (%) : 0,0  
 Partículas ret. 4" (%) : 5,5  
 Partículas ret. 3" (%) : 4,3  
 D10 :  
 D30: 1,80  
 D60: 21,10  
 Grava (%) : 63,2  
 Arena (%) : 20,0  
 Cu:  
 Limos y Arcillas (%) : 16,9  
 Cc:

**Límites de Atterberg:**

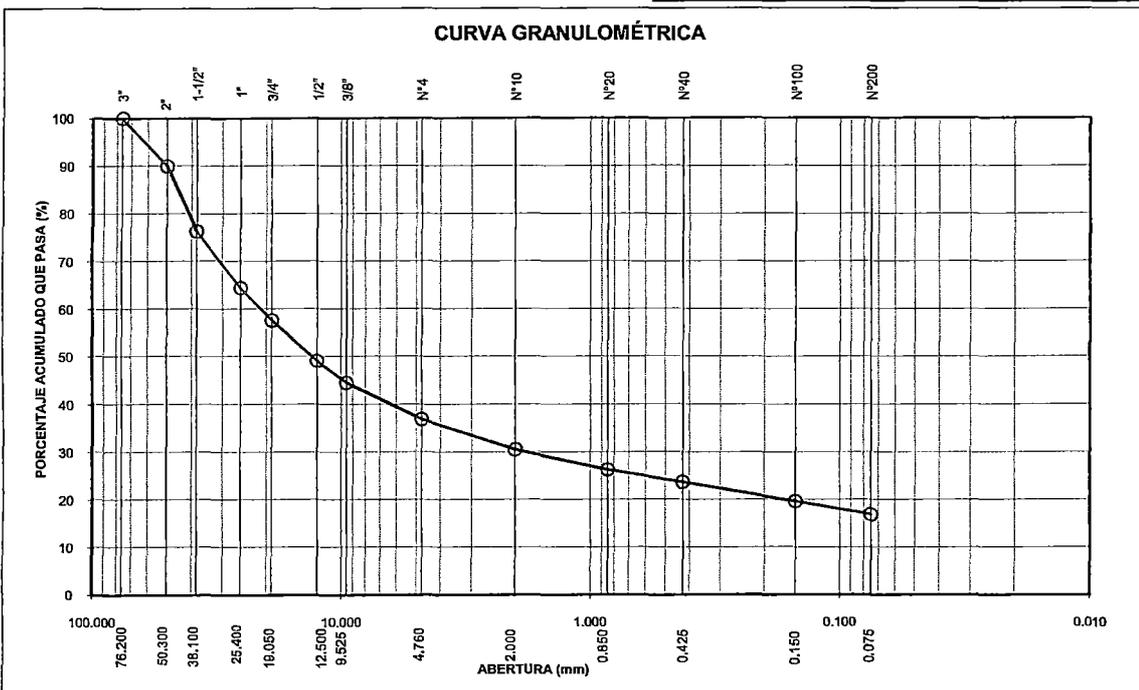
LL (%) : 38,0  
 LP (%) : 25,7  
 IP (%) : 12,3

Humedad (%) : 4,5

**Clasificación SUCS : GM**

Grava limosa con arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	89,9
1 1/2"	38,100	76,2
1"	25,400	64,4
3/4"	19,050	57,6
1/2"	12,500	49,1
3/8"	9,525	44,5
Nº4	4,760	36,8
Nº10	2,000	30,5
Nº20	0,850	26,3
Nº40	0,425	23,7
Nº100	0,150	19,7
Nº200	0,075	16,9



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

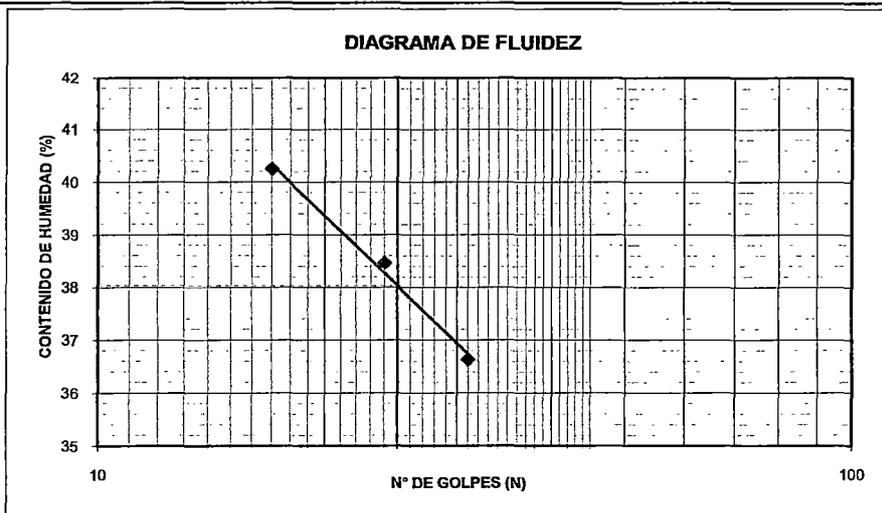
Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **MR / JF** Ingresado por: **JSCQ** Revisado por: **CSM** Laboratorio: **VP-019-10**

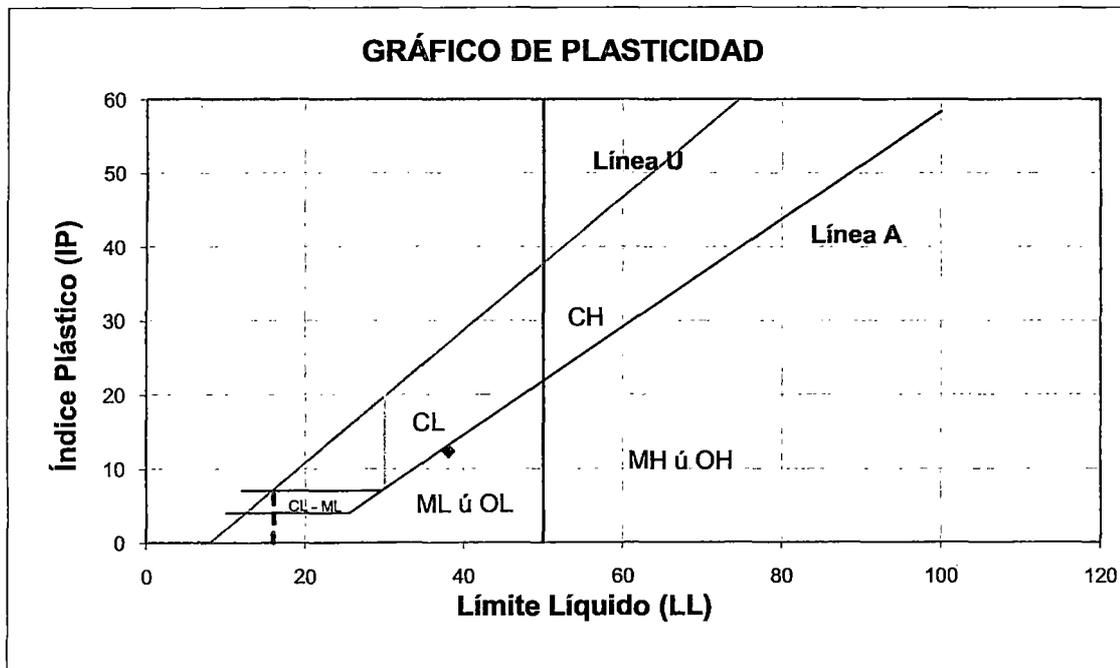
Nombre del Proyecto:	Stock Guaino		
Cliente	Barrick		
N° de Proyecto:	PEVC00158	N° Informe Lab :	VP-019-10
Ubicación:	Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad	Solicitado por:	Aldo Del Carpio
N° de muestra / Prof. (m):	GU-05	Fecha:	05-abr-10
Descripción / Zona:	Limolita carbonosa		

### Límites de Atterberg

LL (%): 38  
LP (%): 25.7  
IP (%): 12.3



### GRÁFICO DE PLASTICIDAD



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: MR      Ingresado por: JSCQ      Revisado por: CSM      Laboratorio: VP-019-10

### LABORATORIO GEOTECNICO

Nombre del Proyecto: **Stock Guaino**

Cliente: **Barrick**

N° de Proyecto: **PEVC00158**

N° Informe Lab : **VP-019-10**

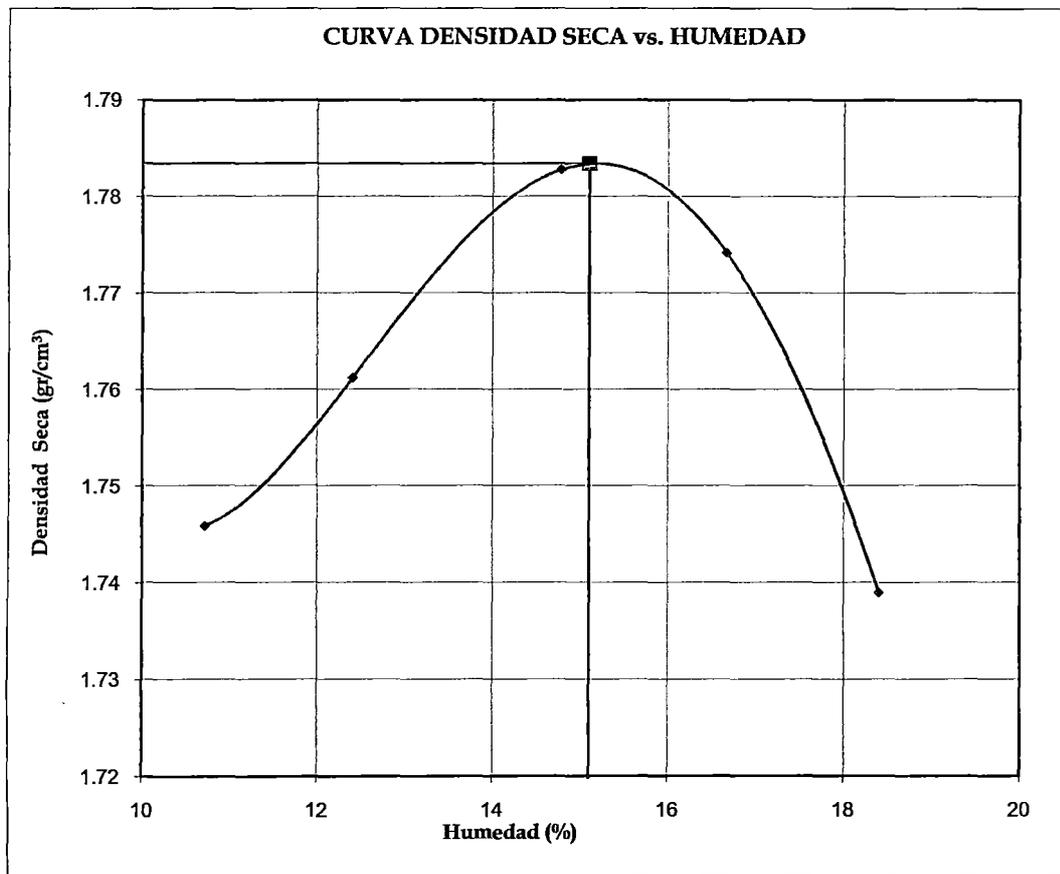
Ubicación: **Lagunas Norte - Santiago de Chuco - La Libertad** Solicitado por: **Aldo Del Carpio**

N° de muestra / Prof. (m): **GU-05**

Fecha: **05-abr-10**

Descripción / Zona: **Limolita carbonosa**

Prueba N°	1	2	3	4	5
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,746	1,761	1,783	1,774	1,739
Humedad(%)	10,7	12,4	14,8	16,7	18,4



<b>Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,783</b>
<b>Optimo Contenido de Humedad (%)</b>	<b>15,1</b>

<b>Fracción Sobre tamaño</b>
GS (Bulk) = 2,61
w(%) = 0,3

<b>Máx. Dens. Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,061</b>
<b>Opt. Cont. de Humedad Corregida (%)</b>	<b>8,8</b>

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JF

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

**VP-019-10**

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Nº de Proyecto	PEVC00158	Nº Informe de Lab	VP-019-10
Ubicación		Solicitado por	
Nº de muestra	GU-03	Fecha	06-may-10
Descripción	Limolita carbonosa		

Estado : Remoideado al 90% MDS de la muestra GU-05

Clasificación: GC

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31.00	30.39
Diámetro (cm)	15.15	14.69
Humedad (%)	13.50	14.78
Densidad seca (gr/cc)	1.651	1.791

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.90
Presión de celda kPa	607
Contra presión kPa	207
Esf. Efect. Inicial kPa	400

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	P. poros kPa	s <sub>a</sub> kPa	s <sub>i</sub> kPa	p kPa	q kPa	q / p	Oblicuidad (s <sub>i</sub> /s <sub>a</sub> )
0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	400.00	0.00	0.00	1.00
0.05	30.02	11.31	388.69	418.71	403.70	15.01	0.04	1.08
0.10	48.36	21.75	378.25	426.61	402.43	24.18	0.06	1.13
0.20	80.00	45.28	354.72	434.72	394.72	40.00	0.10	1.23
0.35	116.96	81.36	318.64	435.60	377.12	58.48	0.16	1.37
0.50	148.06	120.92	279.08	427.14	353.11	74.03	0.21	1.53
0.75	174.16	169.20	230.80	404.96	317.88	87.08	0.27	1.75
1.00	186.38	199.19	200.81	387.19	294.00	93.19	0.32	1.93
1.25	191.31	219.84	180.16	371.46	275.81	95.65	0.35	2.06
1.50	194.25	241.06	158.94	353.20	256.07	97.13	0.38	2.22
1.75	194.47	250.90	149.10	343.58	246.34	97.24	0.39	2.30
2.00	194.39	262.18	137.82	332.22	235.02	97.20	0.41	2.41
2.50	194.26	274.16	125.84	320.10	222.97	97.13	0.44	2.54
3.00	192.90	281.77	118.23	311.14	214.68	96.45	0.45	2.63
3.50	190.66	288.23	111.77	302.43	207.10	95.33	0.46	2.71
4.00	190.77	290.97	109.03	299.80	204.42	95.39	0.47	2.75
4.50	191.45	293.80	106.20	297.65	201.93	95.72	0.47	2.80
5.00	191.52	295.78	104.22	295.74	199.98	95.76	0.48	2.84
6.00	193.36	297.31	102.69	296.05	199.37	96.68	0.48	2.88
7.00	196.05	299.14	100.86	296.91	198.89	98.03	0.49	2.94
8.00	198.54	298.28	101.72	300.26	200.99	99.27	0.49	2.95
9.00	201.60	298.80	101.20	302.80	202.00	100.80	0.50	2.99
10.00	202.38	298.00	102.00	304.38	203.19	101.19	0.50	2.98
11.00	206.55	297.72	102.28	308.83	205.56	103.28	0.50	3.02
12.00	209.25	298.67	101.33	310.57	205.95	104.62	0.51	3.07
13.00	211.90	296.40	103.60	315.51	209.55	105.95	0.51	3.05
14.00	214.77	297.02	102.98	317.76	210.37	107.39	0.51	3.09

**Observaciones:**

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por: HEV      Ingresado por: TOM      Revisado por: CSM      Fecha: 06-may-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Nº de Proyecto	PEVC00158	Nº Informe de Lab	VP-019-10
Ubicación		Solicitado por	
Nº de muestra	GU-03	Fecha	06-may-10
Descripción	Limolita carbonosa		

Estado : Remoldeado al 90% MDS de la muestra GU-05

Clasificación: GC

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31.00	30.96
Diámetro (cm)	15.15	14.74
Humedad (%)	13.50	16.25
Densidad seca (gr/cc)	1.651	1.746

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.93
Presión de celda kPa	407
Contra presión kPa	207
Esf. Efect. Inicial kPa	200

Deformación (%)	Esf. Dev. kPa	P. poros kPa	$s_3$ kPa	$s_1$ kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $s_1/s_3$ )
0.00	0.00	0.00	200.00	200.00	200.00	0.00	0.00	1.00
0.05	17.16	10.28	189.72	206.88	198.30	8.58	0.04	1.09
0.10	27.61	20.61	179.39	207.00	193.20	13.80	0.07	1.15
0.20	43.03	38.33	161.67	204.70	183.19	21.52	0.12	1.27
0.35	58.05	59.63	140.37	198.42	169.40	29.02	0.17	1.41
0.50	67.81	77.55	122.45	190.26	156.35	33.90	0.22	1.55
0.75	73.38	94.56	105.44	178.83	142.13	36.69	0.26	1.70
1.00	75.02	105.10	94.90	169.91	132.40	37.51	0.28	1.79
1.25	76.47	114.33	85.67	162.14	123.91	38.24	0.31	1.89
1.50	75.37	118.37	81.63	157.00	119.31	37.69	0.32	1.92
1.75	73.78	124.40	75.60	149.38	112.49	36.89	0.33	1.98
2.00	72.84	127.14	72.86	145.70	109.28	36.42	0.33	2.00
2.50	69.05	132.10	67.90	136.95	102.42	34.53	0.34	2.02
3.00	66.06	135.05	64.95	131.01	97.98	33.03	0.34	2.02
3.50	63.07	138.62	61.38	124.46	92.92	31.54	0.34	2.03
4.00	59.77	140.57	59.43	119.20	89.32	29.89	0.33	2.01
4.50	59.78	141.88	58.12	117.90	88.01	29.89	0.34	2.03
5.00	58.14	142.32	57.68	115.82	86.75	29.07	0.34	2.01
6.00	57.32	144.81	55.19	112.51	83.85	28.66	0.34	2.04
7.00	59.02	145.84	54.16	113.18	83.67	29.51	0.35	2.09
8.00	58.48	146.70	53.30	111.78	82.54	29.24	0.35	2.10
9.00	59.36	147.44	52.56	111.92	82.24	29.68	0.36	2.13
10.00	59.90	148.46	51.54	111.45	81.50	29.95	0.37	2.16
11.00	61.73	148.20	51.80	113.53	82.67	30.87	0.37	2.19
12.00	61.18	148.97	51.03	112.21	81.62	30.59	0.37	2.20
13.00	61.88	147.94	52.06	113.94	83.00	30.94	0.37	2.19
14.00	62.84	149.02	50.98	113.82	82.40	31.42	0.38	2.23

**Observaciones:**

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por: HEV      Ingresado por: TOM      Revisado por: CSM      Fecha: 06-may-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Nº de Proyecto	PEVC00158	Nº Informe de Lab	VP-019-10
Ubicación		Solicitado por	
Nº de muestra	GU-03	Fecha	06-may-10
Descripción	Limolita carbonosa		

Estado : Remoldeado al 90% MDS de la muestra GU-05

Clasificación: GC

Etapa de consolidación	Inicial	Final	Velocidad (pulg/min)	
Altura (cm)	31.00	30.94		0.01
Diámetro (cm)	15.15	14.99		0.91
Humedad (%)	13.50	16.86	Presión de celda kPa	307
Densidad seca (gr/cc)	1.651	1.690	Contra presión kPa	207
			Esf. Efect. Inicial kPa	100

Deformación (%)	Esf. Dev. kPa	P. poros kPa	$s_s$ kPa	$s_1$ kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $s_1/s_s$ )
0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	1.00
0.05	7.85	6.74	93.26	101.11	97.18	3.92	0.04	1.08
0.10	12.10	12.90	87.10	99.20	93.15	6.05	0.06	1.14
0.20	21.49	22.88	77.12	98.61	87.86	10.75	0.12	1.28
0.35	27.85	32.97	67.03	94.88	80.96	13.92	0.17	1.42
0.50	32.17	40.80	59.20	91.37	75.29	16.08	0.21	1.54
0.75	33.18	49.00	51.00	84.18	67.59	16.59	0.25	1.65
1.00	32.55	54.76	45.24	77.78	61.51	16.27	0.26	1.72
1.25	30.69	57.70	42.30	72.99	57.64	15.34	0.27	1.73
1.50	28.24	61.41	38.59	66.84	52.72	14.12	0.27	1.73
1.75	26.89	61.96	38.04	64.93	51.49	13.44	0.26	1.71
2.00	26.18	64.50	35.50	61.68	48.59	13.09	0.27	1.74
2.50	22.33	65.84	34.16	56.49	45.33	11.16	0.25	1.65
3.00	19.18	67.23	32.77	51.95	42.36	9.59	0.23	1.59
3.50	18.78	68.61	31.39	50.17	40.78	9.39	0.23	1.60
4.00	16.22	68.90	31.10	47.33	39.21	8.11	0.21	1.52
4.50	15.86	70.94	29.06	44.92	36.99	7.93	0.21	1.55
5.00	14.91	70.62	29.38	44.29	36.84	7.45	0.20	1.51
6.00	15.26	72.10	27.90	43.16	35.53	7.63	0.21	1.55
7.00	13.74	71.58	28.42	42.16	35.29	6.87	0.19	1.48
8.00	13.27	72.70	27.30	40.57	33.94	6.64	0.20	1.49
9.00	13.25	73.84	26.16	39.40	32.78	6.62	0.20	1.51
10.00	14.33	73.77	26.23	40.56	33.40	7.16	0.21	1.55
11.00	14.03	73.87	26.13	40.15	33.14	7.01	0.21	1.54
12.00	15.05	73.18	26.82	41.87	34.34	7.53	0.22	1.56
13.00	14.95	75.05	24.95	39.90	32.43	7.47	0.23	1.60
14.00	15.89	75.76	24.24	40.13	32.18	7.95	0.25	1.66

**Observaciones:**

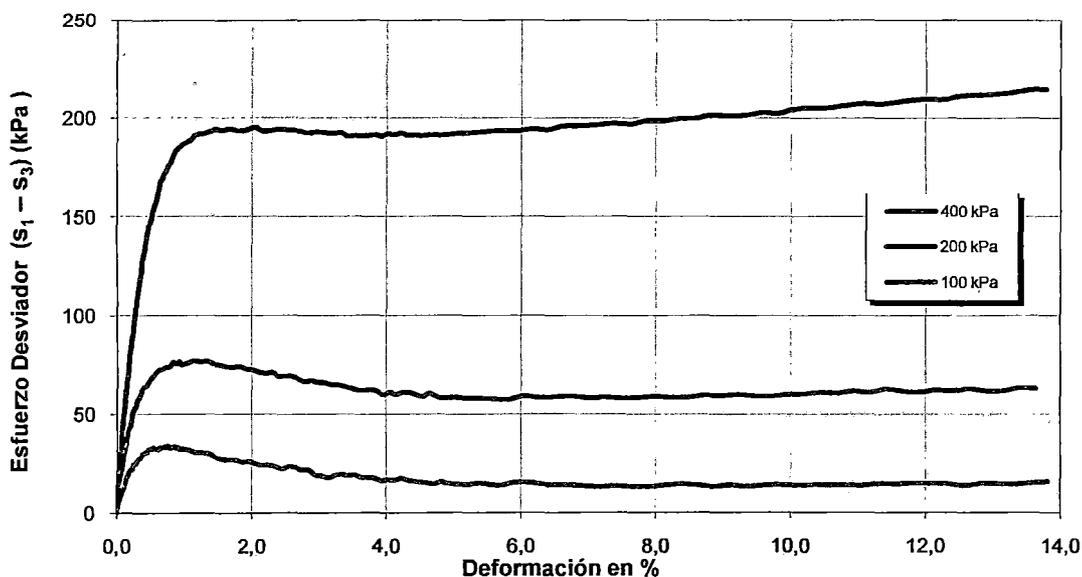
Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

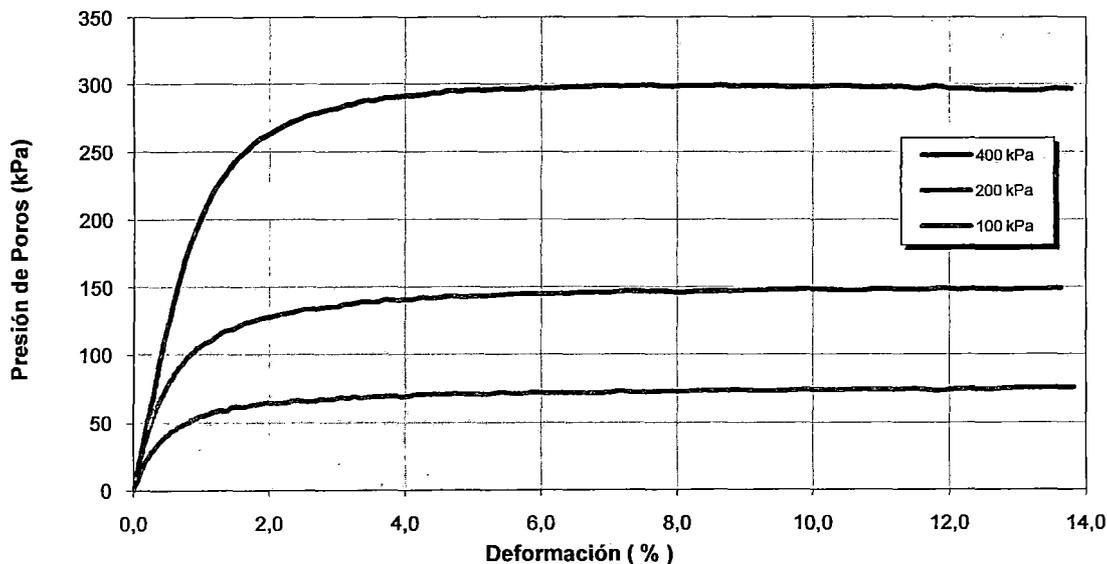
Realizado por: HEV      Ingresado por: TOM      Revisado por: CSM      Fecha: 06-may-10

Estado : Remoldeado al 90% MDS de la muestra GU-05      Clasificación : GC

### ESFUERZO vs. DEFORMACIÓN



### PRESIÓN DE POROS vs. DEFORMACIÓN



Realizado por:

HEV

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-may-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

N° de Proyecto PEVC00158

N° Informe de Lab

VP-019-10

Ubicación

Solicitado por N° de muestra GU-03

Fecha

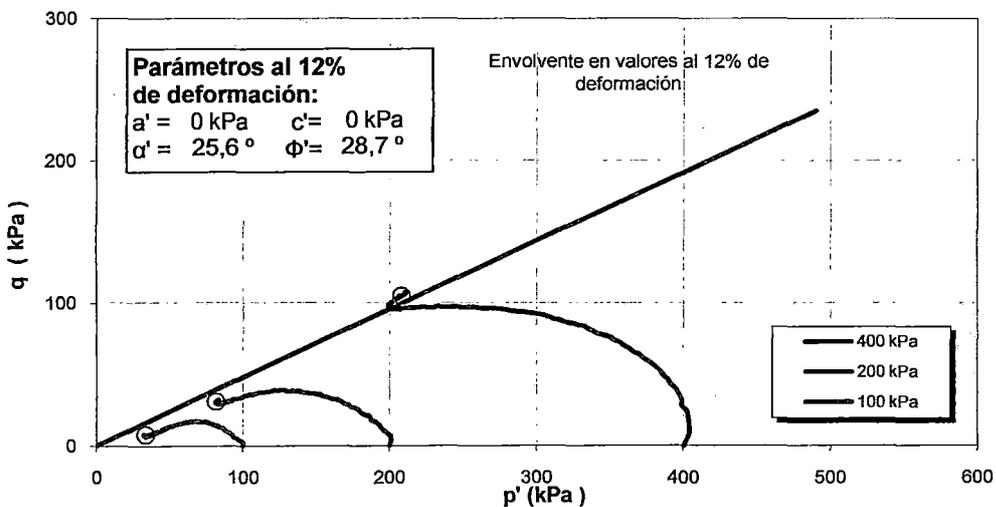
06-may-10

Descripción Limolita carbonosa

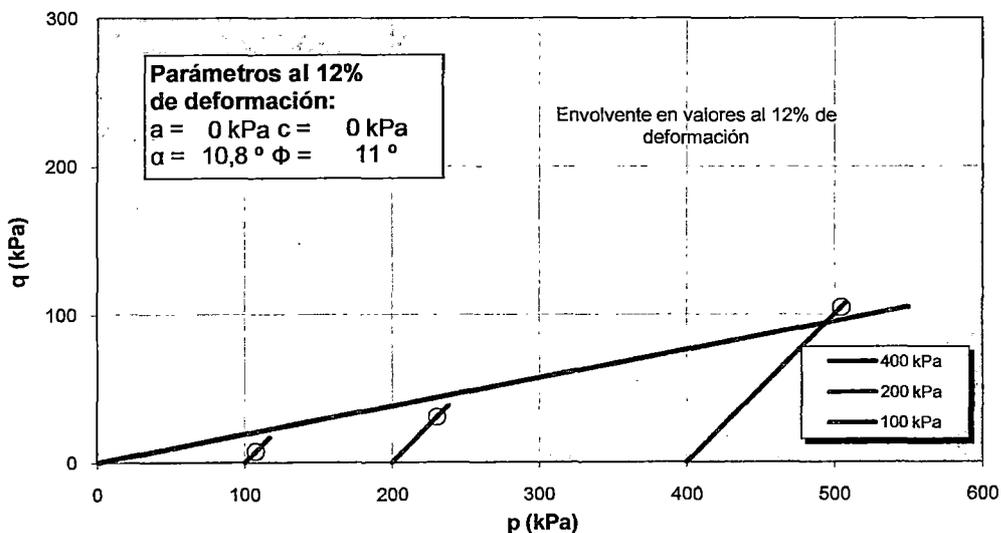
Estado : Remoldeado al 90% MDS de la muestra GU-05

Clasificación : GC

### TRAYECTORIA DE ESFUERZOS



### p vs. q



#### Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-may-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

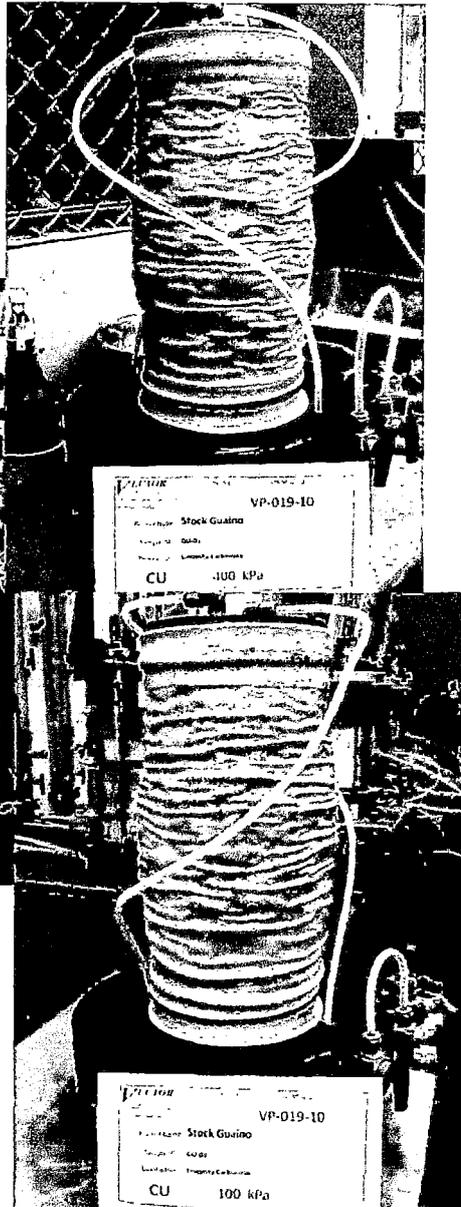
ASTM - D4767

Nº de Proyecto	PEVC00158	Nº Informe de Lab	VP-019-10
Ubicación		Solicitado	
Nº de muestra	GU-03	Fecha	06-may-10
Descripción	Limolita carbonosa		

Estado : Remoldeado al 90% MDS de la muestra GU-05

Clasificación : GC

### PANEL FOTOGRAFICO



#### Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por: HEV      Ingresado por: TOM      Revisado por: CSM      Fecha: 06-may-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Nº de Proyecto PEVC00158

Nº Informe de Lab

VP-019-10

Ubicación

Solicitado por

Nº de muestra GU-05

Fecha

06-may-10

Descripción Limolita carbonosa

Estado : Remoldeado al 90% MDS (A solicitud del cliente)

Clasificación: GM

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31.00	30.28
Diámetro (cm)	15.15	14.68
Humedad (%)	13.50	16.52
Densidad seca (gr/cc)	1.661	1.813

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.90
Presión de celda kPa	607
Contra presión kPa	207
Esf. Efect. Inicial kPa	400

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	P. poros kPa	s <sub>3</sub> kPa	s <sub>1</sub> kPa	p̄ kPa	q̄ kPa	q̄ / p̄	Oblicuidad (s <sub>1</sub> /s <sub>3</sub> )
0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	400.00	0.00	0.00	1.00
0.05	18.78	4.10	395.90	414.68	405.29	9.39	0.02	1.05
0.10	55.16	18.20	381.80	436.96	409.38	27.58	0.07	1.14
0.20	89.17	39.32	360.68	449.84	405.26	44.58	0.11	1.25
0.35	132.77	71.79	328.21	460.98	394.60	66.38	0.17	1.40
0.50	167.51	103.46	296.54	464.05	380.29	83.75	0.22	1.56
0.75	206.80	153.82	246.18	452.97	349.57	103.40	0.30	1.84
1.00	227.95	184.82	215.18	443.14	329.16	113.98	0.35	2.06
1.25	237.47	206.89	193.11	430.58	311.85	118.73	0.38	2.23
1.50	244.27	229.07	170.93	415.19	293.06	122.13	0.42	2.43
1.75	247.58	241.54	158.46	406.04	282.25	123.79	0.44	2.56
2.00	248.33	254.20	145.80	394.13	269.97	124.17	0.46	2.70
2.50	253.29	268.21	131.79	385.08	258.44	126.64	0.49	2.92
3.00	255.13	276.06	123.94	379.07	251.50	127.57	0.51	3.06
3.50	259.85	280.84	119.16	379.01	249.08	129.92	0.52	3.18
4.00	264.53	283.02	116.98	381.52	249.25	132.27	0.53	3.26
4.50	267.58	285.72	114.28	381.86	248.07	133.79	0.54	3.34
5.00	274.09	285.33	114.67	388.76	251.72	137.05	0.54	3.39
6.00	288.25	284.07	115.93	404.18	260.06	144.13	0.55	3.49
7.00	298.84	282.75	117.25	416.10	266.68	149.42	0.56	3.55
8.00	304.26	281.09	118.91	423.17	271.04	152.13	0.56	3.56
9.00	315.40	278.90	121.10	436.49	278.79	157.70	0.57	3.60
10.00	320.84	277.57	122.43	443.26	282.84	160.42	0.57	3.62
11.00	331.91	276.14	123.86	455.77	289.82	165.95	0.57	3.68
12.00	338.76	272.89	127.11	465.88	296.49	169.38	0.57	3.67
13.00	347.51	270.34	129.66	477.17	303.41	173.76	0.57	3.68
14.00	354.52	270.15	129.85	484.37	307.11	177.26	0.58	3.73

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-may-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Nº de Proyecto PEVC00158

Nº Informe de Lab

VP-019-10

Ubicación

Solicitado por

Nº de muestra GU-05

Fecha

06-may-10

Descripción Limolita carbonosa

Estado : Remoldeado al 90% MDS (A solicitud del cliente)

Clasificación: GM

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31.00	30.60
Diámetro (cm)	15.15	14.82
Humedad (%)	13.50	17.78
Densidad seca (gr/cc)	1.661	1.760

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.90
Presión de celda kPa	407
Contra presión kPa	207
Esf. Efect. Inicial kPa	200

Deformación (%)	Esf. Dev. kPa	P. poros kPa	s <sub>3</sub> kPa	s <sub>1</sub> kPa	p̄ kPa	q̄ kPa	q̄ / p̄	Oblicuidad (s <sub>1</sub> /s <sub>3</sub> )
0.00	0.00	0.00	200.00	200.00	200.00	0.00	0.00	1.00
0.05	16.99	7.18	192.82	209.81	201.32	8.50	0.04	1.09
0.10	29.64	15.55	184.45	214.09	199.27	14.82	0.07	1.16
0.20	48.91	30.16	169.84	218.75	194.30	24.45	0.13	1.29
0.35	69.26	49.95	150.05	219.32	184.69	34.63	0.19	1.46
0.50	83.33	66.74	133.26	216.59	174.93	41.67	0.24	1.63
0.75	96.58	88.92	111.08	207.66	159.37	48.29	0.30	1.87
1.00	103.44	101.61	98.39	201.82	150.11	51.72	0.34	2.05
1.25	104.90	108.95	91.05	195.95	143.50	52.45	0.37	2.15
1.50	108.09	117.50	82.50	190.59	136.54	54.04	0.40	2.31
1.75	109.36	123.34	76.66	186.02	131.34	54.68	0.42	2.43
2.00	108.92	125.49	74.51	183.43	128.97	54.46	0.42	2.46
2.50	110.95	130.73	69.27	180.23	124.75	55.48	0.44	2.60
3.00	111.35	134.00	66.00	177.34	121.67	55.67	0.46	2.69
3.50	111.79	135.41	64.59	176.37	120.48	55.89	0.46	2.73
4.00	111.23	137.55	62.45	173.68	118.07	55.62	0.47	2.78
4.50	113.00	138.94	61.06	174.06	117.56	56.50	0.48	2.85
5.00	114.48	138.93	61.07	175.55	118.31	57.24	0.48	2.87
6.00	118.69	138.88	61.12	179.81	120.46	59.34	0.49	2.94
7.00	120.66	138.87	61.13	181.79	121.46	60.33	0.50	2.97
8.00	124.81	138.46	61.54	186.35	123.95	62.41	0.50	3.03
9.00	128.26	138.67	61.33	189.59	125.46	64.13	0.51	3.09
10.00	130.57	137.51	62.49	193.06	127.78	65.29	0.51	3.09
11.00	133.76	136.57	63.43	197.19	130.31	66.88	0.51	3.11
12.00	134.59	136.84	63.16	197.75	130.46	67.30	0.52	3.13
13.00	137.75	136.01	63.99	201.74	132.87	68.87	0.52	3.15
14.00	137.57	135.73	64.27	201.84	133.06	68.78	0.52	3.14

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-may-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Nº de Proyecto PEVC00158

Nº Informe de Lab

VP-019-10

Ubicación

Solicitado por

Nº de muestra GU-05

Fecha

06-may-10

Descripción Limolita carbonosa

Estado : Remoldeado al 90% MDS (A solicitud del cliente)

Clasificación: GM

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31.00	30.75
Diámetro (cm)	15.15	14.95
Humedad (%)	13.50	18.43
Densidad seca (gr/cc)	1.661	1.719

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.90
Presión de celda kPa	307
Contra presión kPa	207
Esf. Efect. Inicial kPa	100

Deformación (%)	Esf. Dev. kPa	P. poros kPa	$s_3$ kPa	$s_1$ kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $s_1/s_3$ )
0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	1.00
0.05	9.37	4.18	95.82	105.19	100.50	4.69	0.05	1.10
0.10	17.72	8.50	91.50	109.22	100.36	8.86	0.09	1.19
0.20	26.35	16.32	83.68	110.03	96.86	13.18	0.14	1.31
0.35	34.96	26.60	73.40	108.36	90.88	17.48	0.19	1.48
0.50	41.26	34.70	65.30	106.56	85.93	20.63	0.24	1.63
0.75	46.56	42.94	57.06	103.62	80.34	23.28	0.29	1.82
1.00	48.08	48.05	51.95	100.03	75.99	24.04	0.32	1.93
1.25	47.54	51.37	48.63	96.17	72.40	23.77	0.33	1.98
1.50	48.24	56.24	43.76	92.00	67.88	24.12	0.36	2.10
1.75	48.24	57.28	42.72	90.96	66.84	24.12	0.36	2.13
2.00	49.47	60.02	39.98	89.46	64.72	24.74	0.38	2.24
2.50	49.68	61.95	38.05	87.74	62.90	24.84	0.39	2.31
3.00	50.83	63.64	36.36	87.19	61.78	25.42	0.41	2.40
3.50	50.51	65.09	34.91	85.43	60.17	25.26	0.42	2.45
4.00	52.21	65.87	34.13	86.34	60.23	26.11	0.43	2.53
4.50	52.58	66.02	33.98	86.56	60.27	26.29	0.44	2.55
5.00	53.54	66.04	33.96	87.50	60.73	26.77	0.44	2.58
6.00	55.46	66.53	33.47	88.93	61.20	27.73	0.45	2.66
7.00	57.62	66.95	33.05	90.67	61.86	28.81	0.47	2.74
8.00	58.21	66.60	33.40	91.60	62.50	29.10	0.47	2.74
9.00	58.48	67.06	32.94	91.42	62.18	29.24	0.47	2.78
10.00	59.93	67.23	32.77	92.70	62.73	29.97	0.48	2.83
11.00	60.63	66.63	33.37	94.00	63.68	30.31	0.48	2.82
12.00	61.37	64.73	35.27	96.64	65.96	30.68	0.47	2.74
13.00	61.53	66.46	33.54	95.07	64.31	30.76	0.48	2.83
14.00	61.22	67.07	32.93	94.15	63.54	30.61	0.48	2.86

**Observaciones:**

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:

Ingresado por:

Revisado por:

Fecha:

HEV

TOM

CSM

06-may-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

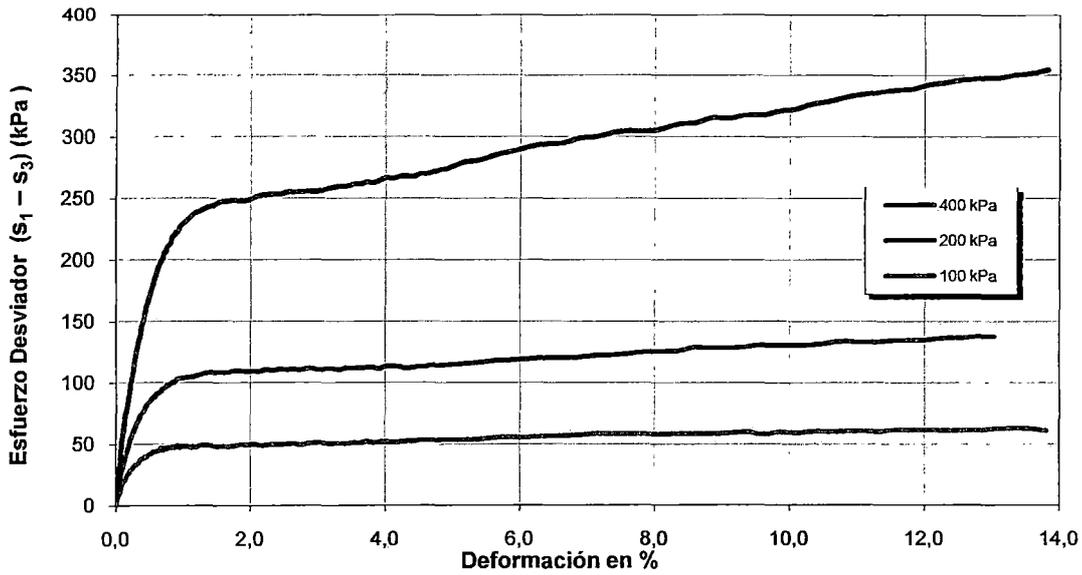
Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

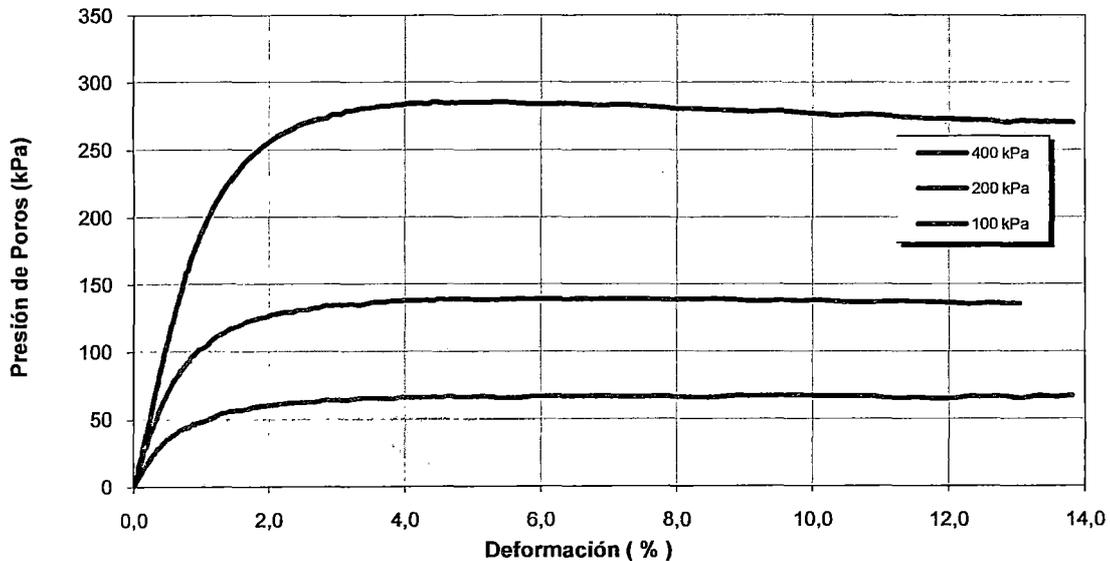
Nº de Proyecto	PEVC00158	Nº Informe de Lab Solicitado	VP-019-10
Ubicación		Fecha	06-may-10
Nº de muestra	GU-05		
Descripción	Limolita carbonosa		

Estado : Remoldeado al 90% MDS (A solicitud del cliente) Clasificación : GM

### ESFUERZO vs. DEFORMACIÓN



### PRESIÓN DE POROS vs. DEFORMACIÓN



Realizado por:

HEV

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Fecha:

06-may-10

Nombre del Proyecto: **Botadero de Desmonte Este**  
 Cliente: **Minera Barrick Misquichilca**  
 N° de Proyecto: 08.82.13.35 N° Informe Lab : VP-250-08  
 Ubicación: **Mina Lagunas Norte - Santiago de Chuco , La Libertad**  
 N° de muestra / Prof. (m): EWD - 4090 Fecha: 15-Ene-09  
 Descripción / Zona:

Partículas >3" (%) : —

Grava (%) : 49.1  
 Arena (%) : 24.9  
 Limos y Arcillas (%) : 25.9

D10 :  
 D30 : 0.17  
 D60 : 8.13  
 Cu :  
 Cc :

Límites de Atterberg:

LL (%) : 24.9  
 LP (%) : 11.4  
 IP (%) : 13.5

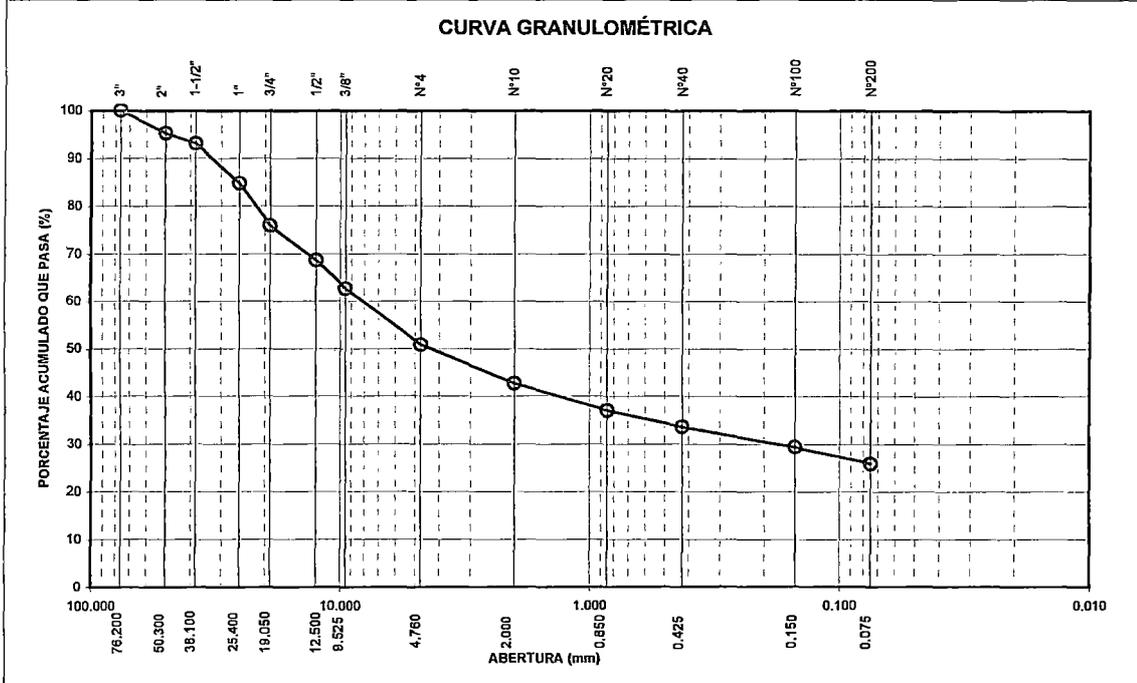
Humedad (%) : 1.8

Clasificación SUCS : **GC**

Grava arcillosa con arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	95.3
1 1/2"	38.100	93.1
1"	25.400	84.7
3/4"	19.050	75.9
1/2"	12.500	68.6
3/8"	9.525	62.7
Nº4	4.760	50.9
Nº10	2.000	42.8
Nº20	0.850	37.1
Nº40	0.425	33.6
Nº100	0.150	29.4
Nº200	0.075	25.9

CURVA GRANULOMÉTRICA



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

DC

Ingresado por:

TOM

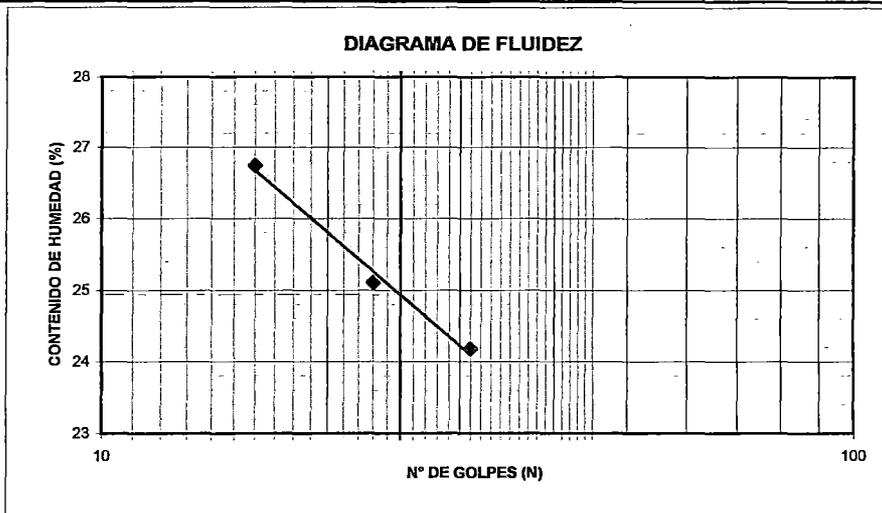
Revisado por:

Laboratorio:

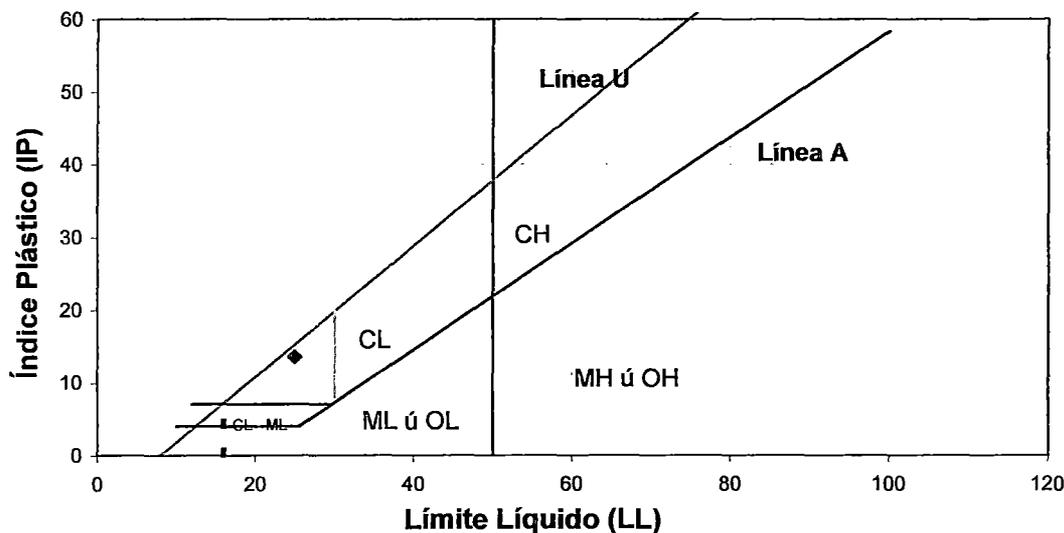
Nombre del Proyecto:	<b>Botadero de Desmonte Este</b>		
Cliente	<b>Minera Barrick Misquichilca</b>		
N° de Proyecto:	08.82.13.35	N° Informe Lab :	VP-250-08
Ubicación:	Mina Lagunas Norte - Santiago de Chuco , La Libertad		
N° de muestra / Prof. (m):	EWD - 4090	Fecha:	19-Ene-09
Descripción / Zona:			

**Límites de Atterberg**

**LL (%): 24.9**  
**LP (%): 11.4**  
**IP (%): 13.5**



**GRÁFICO DE PLASTICIDAD**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: **DC**      Ingresado por: **TOM**      Revisado por: **SM**      Laboratorio: **Vector Perú S.A.C.**

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Nº de Proyecto **08.82.13.35**

Nº Informe de Lab

VP-250-08

Ubicación **Mina Lagunas Norte - Santiago de Chuco, La Libertad**

Solicitado por

Carlos Aguirre

Nº de muestra **EWD - 4090**

Fecha

04-Feb-09

Descripción / Zona

Estado : Remoldeado al 90% M.D.S Proctor Modificado

Clasificación: GC

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31.77	31.34
Diámetro (cm)	15.16	14.84
Humedad (%)	4.80	9.20
Densidad seca (gr/cc)	2.076	2.199

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.92
Presión de celda kPa	676
Contra presión kPa	276
Esf. Efect. Inicial kPa	400

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	$\mu$ kPa	$\sigma_3$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $\bar{\sigma}_1 / \bar{\sigma}_3$ )
0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	400.00	0.00	0.00	1.00
0.05	36.35	8.04	391.96	428.31	410.13	18.18	0.04	1.09
0.10	76.40	20.52	379.48	455.87	417.68	38.20	0.09	1.20
0.20	120.75	40.80	359.20	479.95	419.58	60.38	0.14	1.34
0.35	168.21	68.55	331.45	499.66	415.55	84.10	0.20	1.51
0.50	212.77	97.88	302.12	514.88	408.50	106.38	0.26	1.70
0.75	254.17	132.64	267.36	521.54	394.45	127.09	0.32	1.95
1.00	276.51	154.16	245.84	522.36	384.10	138.26	0.36	2.12
1.25	301.44	179.18	220.82	522.26	371.54	150.72	0.41	2.37
1.50	318.59	195.40	204.60	523.19	363.90	159.29	0.44	2.56
1.75	326.37	203.39	196.61	522.98	359.79	163.19	0.45	2.66
2.00	336.87	212.63	187.37	524.24	355.81	168.44	0.47	2.80
2.50	351.03	223.18	176.82	527.85	352.33	175.52	0.50	2.99
3.00	360.37	229.06	170.94	531.31	351.12	180.18	0.51	3.11
3.50	368.56	231.47	168.53	537.09	352.81	184.28	0.52	3.19
4.00	378.24	232.68	167.32	545.57	356.44	189.12	0.53	3.26
4.50	388.25	232.35	167.65	555.90	361.78	194.12	0.54	3.32
5.00	393.35	232.11	167.89	561.24	364.56	196.68	0.54	3.34
6.00	408.53	228.71	171.29	579.82	375.56	204.26	0.54	3.39
7.00	424.85	223.80	176.20	601.05	388.62	212.43	0.55	3.41
8.00	437.64	218.19	181.81	619.45	400.63	218.82	0.55	3.41
9.00	448.64	214.16	185.84	634.48	410.16	224.32	0.55	3.41
10.00	460.69	208.12	191.88	652.56	422.22	230.34	0.55	3.40
11.00	469.69	203.02	196.98	666.67	431.83	234.84	0.54	3.38
12.00	479.18	198.60	201.40	680.59	440.99	239.59	0.54	3.38
13.00	488.86	193.68	206.32	695.19	450.76	244.43	0.54	3.37
14.00	492.88	190.31	209.69	702.57	456.13	246.44	0.54	3.35

**Observaciones:**

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

Fecha:

04-Feb-09

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Nº de Proyecto **08.82.13.35**

Nº Informe de Lab

VP-250-08

Ubicación **Mina Lagunas Norte - Santiago de Chuco, La Libertad**

Solicitado por

Carlos Aguirre

Nº de muestra **EWD - 4090**

Fecha

04-Feb-09

Descripción / Zona

Estado : Remoldeado al 90% M.D.S Proctor Modificado

Clasificación: GC

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31.77	31.49
Diámetro (cm)	15.14	14.84
Humedad (%)	4.80	10.07
Densidad seca (gr/cc)	2.082	2.186

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.93
Presión de celda kPa	476
Contra presión kPa	276
Esf. Efect. Inicial kPa	200

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	$\mu$ kPa	$\sigma_3$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $\sigma_1 / \sigma_3$ )
0.00	0.00	0.00	200.00	200.00	200.00	0.00	0.00	1.00
0.05	21.30	6.83	193.17	214.46	203.81	10.65	0.05	1.11
0.10	36.75	15.29	184.71	221.46	203.09	18.38	0.09	1.20
0.20	65.66	32.46	167.54	233.20	200.37	32.83	0.16	1.39
0.35	90.15	49.26	150.74	240.89	195.82	45.07	0.23	1.60
0.50	108.04	62.35	137.65	245.69	191.67	54.02	0.28	1.78
0.75	129.00	79.40	120.60	249.60	185.10	64.50	0.35	2.07
1.00	139.91	88.31	111.69	251.60	181.64	69.95	0.39	2.25
1.25	151.39	97.76	102.24	253.63	177.94	75.69	0.43	2.48
1.50	155.98	102.15	97.85	253.83	175.84	77.99	0.44	2.59
1.75	163.77	107.59	92.41	256.18	174.29	81.88	0.47	2.77
2.00	167.58	109.98	90.02	257.60	173.81	83.79	0.48	2.86
2.50	176.08	115.21	84.79	260.87	172.83	88.04	0.51	3.08
3.00	181.03	118.59	81.41	262.44	171.92	90.51	0.53	3.22
3.50	185.39	120.03	79.97	265.36	172.66	92.70	0.54	3.32
4.00	189.77	119.95	80.05	269.82	174.93	94.89	0.54	3.37
4.50	193.31	119.34	80.66	273.96	177.31	96.65	0.55	3.40
5.00	197.39	119.64	80.36	277.75	179.05	98.69	0.55	3.46
6.00	204.94	118.09	81.91	286.85	184.38	102.47	0.56	3.50
7.00	211.43	116.56	83.44	294.87	189.15	105.71	0.56	3.53
8.00	219.07	113.60	86.40	305.47	195.93	109.53	0.56	3.54
9.00	224.12	111.48	88.52	312.64	200.58	112.06	0.56	3.53
10.00	229.62	109.29	90.71	320.33	205.52	114.81	0.56	3.53
11.00	234.92	106.46	93.54	328.46	211.00	117.46	0.56	3.51
12.00	240.19	103.19	96.81	337.00	216.91	120.10	0.55	3.48
13.00	244.76	101.07	98.93	343.69	221.31	122.38	0.55	3.47
14.00	247.50	99.84	100.16	347.66	223.91	123.75	0.55	3.47

**Observaciones:**

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

Fecha:

04-Feb-09

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Nº de Proyecto 08.82.13.35

Nº Informe de Lab

VP-250-08

Ubicación Mina Lagunas Norte - Santiago de Chuco, La Libertad

Solicitado por

Carlos Aguirre

Nº de muestra EWD - 4090

Fecha

04-Feb-09

Descripción / Zona

Estado : Remoldeado al 90% M.D.S Proctor Modificado

Clasificación: GC

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	31.77	31.61
Diámetro (cm)	15.14	14.92
Humedad (%)	4.80	10.55
Densidad seca (gr/cc)	2.075	2.146

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.95
Presión de celda kPa	376
Contra presión kPa	276
Esf. Efect. Inicial kPa	100

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	$\mu$ kPa	$\sigma_3$ kPa	$\sigma_1$ kPa	$\bar{p}$ kPa	$\bar{q}$ kPa	$\bar{q}/\bar{p}$	Oblicuidad ( $\sigma_1/\sigma_3$ )
0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	1.00
0.05	12.01	6.83	93.17	105.18	99.17	6.01	0.06	1.13
0.10	20.20	12.26	87.74	107.93	97.83	10.10	0.10	1.23
0.20	32.57	20.18	79.82	112.39	96.10	16.28	0.17	1.41
0.35	44.48	28.35	71.65	116.13	93.89	22.24	0.24	1.62
0.50	53.95	34.55	65.45	119.40	92.43	26.97	0.29	1.82
0.75	63.34	39.74	60.26	123.60	91.93	31.67	0.34	2.05
1.00	67.74	42.46	57.54	125.28	91.41	33.87	0.37	2.18
1.25	70.77	44.25	55.75	126.52	91.14	35.38	0.39	2.27
1.50	75.70	46.54	53.46	129.16	91.31	37.85	0.41	2.42
1.75	79.22	47.53	52.47	131.69	92.08	39.61	0.43	2.51
2.00	80.42	47.55	52.45	132.87	92.66	40.21	0.43	2.53
2.50	84.56	48.64	51.36	135.93	93.65	42.28	0.45	2.65
3.00	87.86	48.57	51.43	139.29	95.36	43.93	0.46	2.71
3.50	91.51	49.61	50.39	141.91	96.15	45.76	0.48	2.82
4.00	95.83	49.17	50.83	146.66	98.74	47.92	0.49	2.89
4.50	99.01	48.20	51.80	150.81	101.31	49.50	0.49	2.91
5.00	101.14	48.31	51.69	152.83	102.26	50.57	0.49	2.96
6.00	106.68	47.31	52.69	159.37	106.03	53.34	0.50	3.02
7.00	111.76	45.61	54.39	166.15	110.27	55.88	0.51	3.05
8.00	117.33	45.64	54.36	171.70	113.03	58.67	0.52	3.16
9.00	121.44	43.35	56.65	178.09	117.37	60.72	0.52	3.14
10.00	125.97	42.29	57.71	183.67	120.69	62.98	0.52	3.18
11.00	131.40	40.56	59.44	190.83	125.13	65.70	0.53	3.21
12.00	136.12	38.95	61.05	197.17	129.11	68.06	0.53	3.23
13.00	138.73	37.77	62.23	200.96	131.59	69.36	0.53	3.23
14.00	140.47	38.32	61.68	202.15	131.92	70.23	0.53	3.28

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

Fecha:

04-Feb-09

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

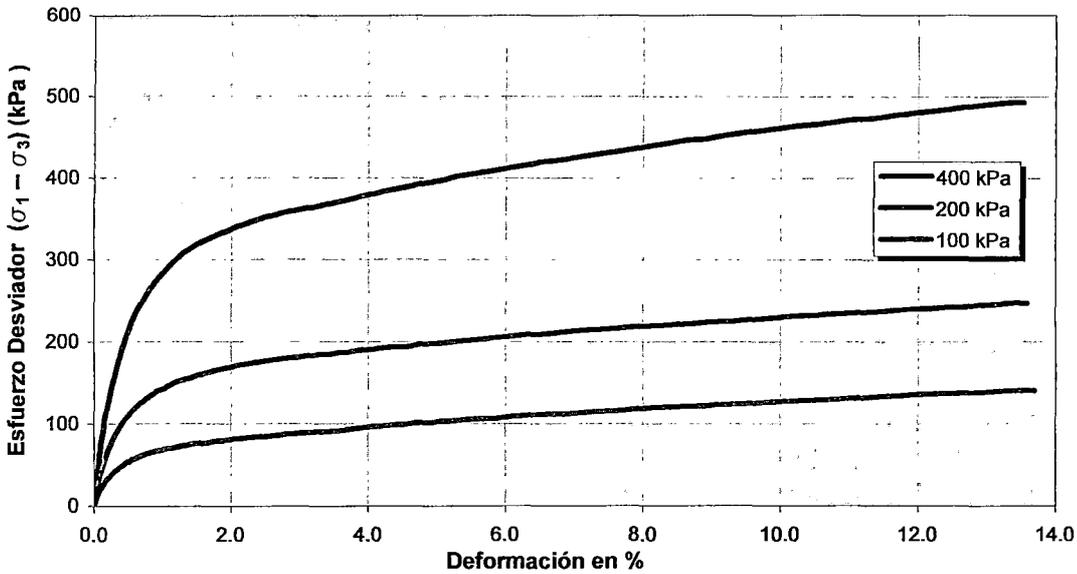
Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

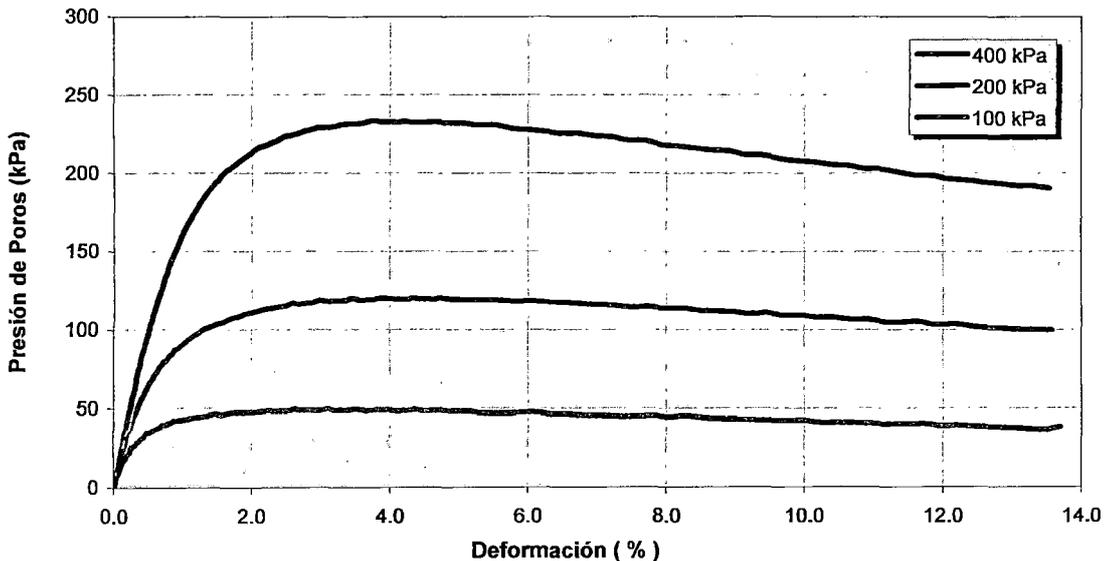
Nº de Proyecto	08.82.13.35	Nº Informe de Lab	VP-250-08
Ubicación	Mina Lagunas Norte - Santiago de Chuco, La Libertad	Solicitado por	Carlos Aguirre
Nº de muestra	EWD - 4090	Fecha	04-Feb-09
Descripción / Zona			

Estado : Remoldeado al 90% M.D.S Proctor Modificado      Clasificación : GC

### ESFUERZO vs. DEFORMACIÓN



### PRESIÓN DE POROS vs. DEFORMACIÓN



## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Nº de Proyecto 08.82.13.35

Nº Informe de Lab

VP-250-08

Ubicación Mina Lagunas Norte - Santiago de Chuco, La Libertad

Solicitado por

Carlos Aguirre

Nº de muestra EWD - 4090

Fecha

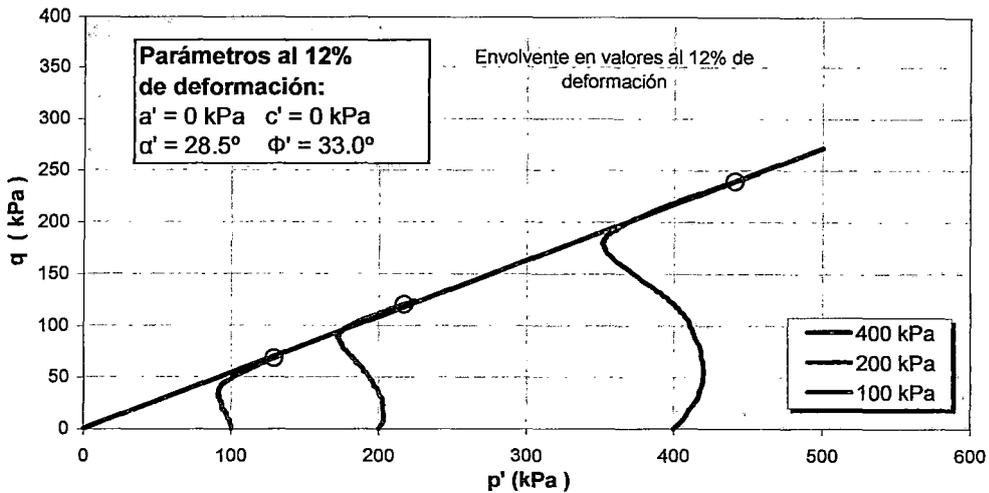
04-Feb-09

Descripción / Zona

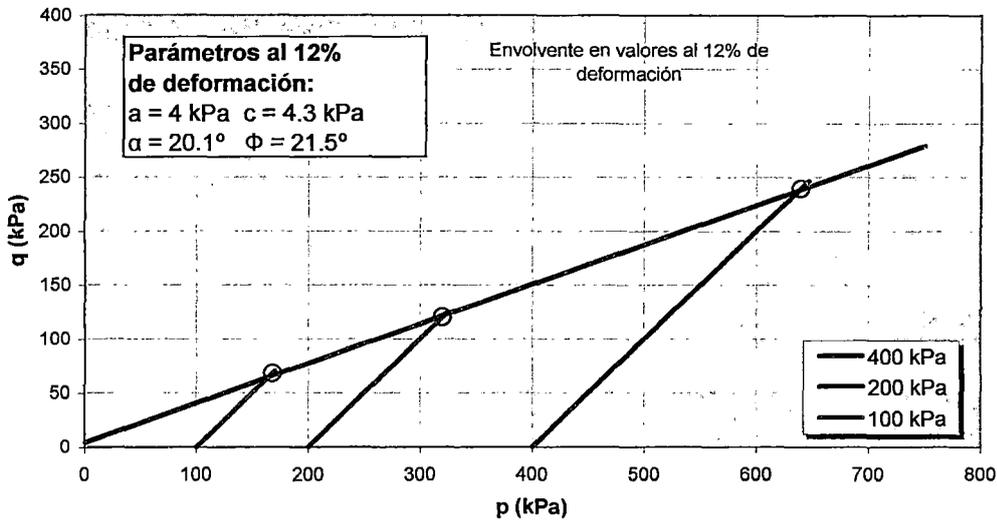
Estado : Remoldeado al 90% M.D.S Proctor Modificado

Clasificación : GC

### TRAYECTORIA DE ESFUERZOS



p vs. q



#### Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:

Ingresado por:

Revisado por:

HEV

TOM

Fecha:

04 Feb 09

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Nº de Proyecto PEVC00158

Nº Informe de Lab

VP-019-10

Ubicación

Solicitado por

Nº de muestra GU-05

Fecha

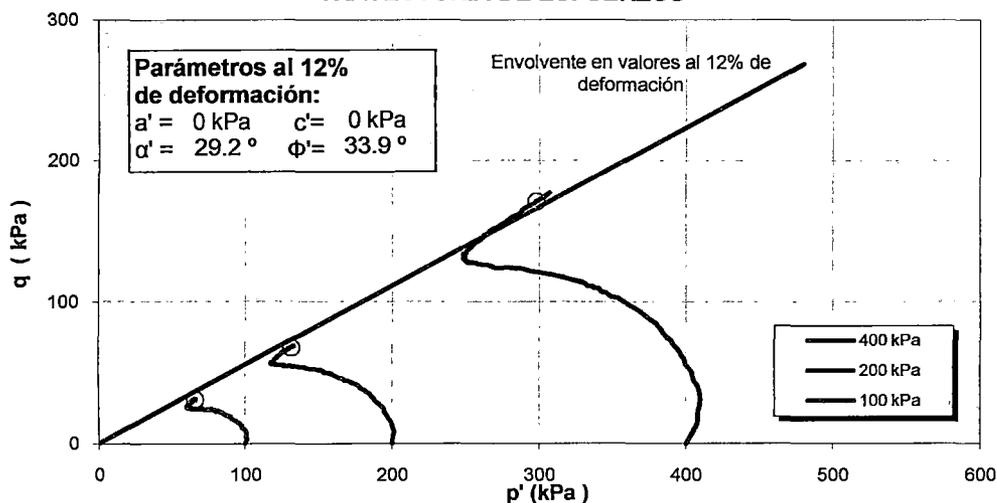
06-may-10

Descripción Limolita carbonosa

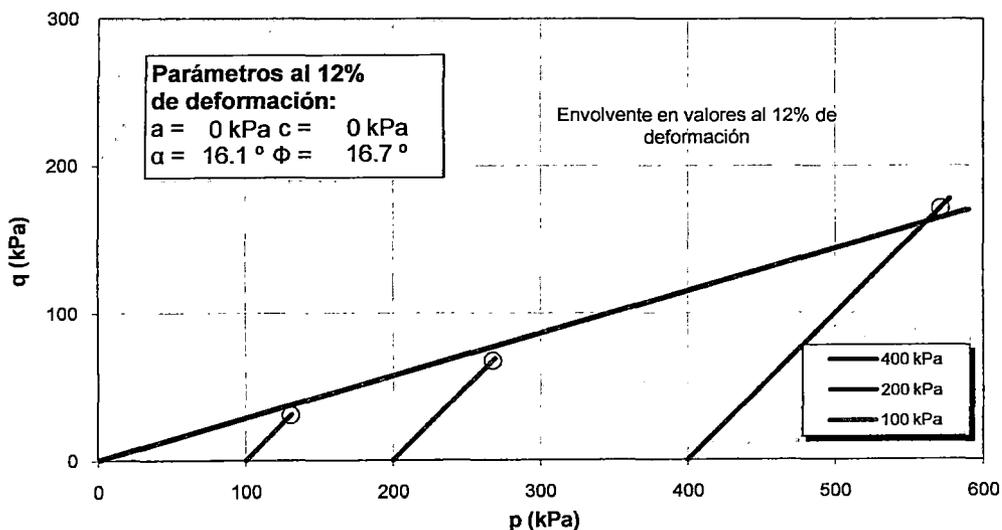
Estado : Remoldeado al 90% MDS (A solicitud del cliente)

Clasificación : GM

### TRAYECTORIA DE ESFUERZOS



### p vs. q



#### Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:

Ingresado por:

Revisado por:

Fecha:

HEV

TOM

CSM

06-may-10

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

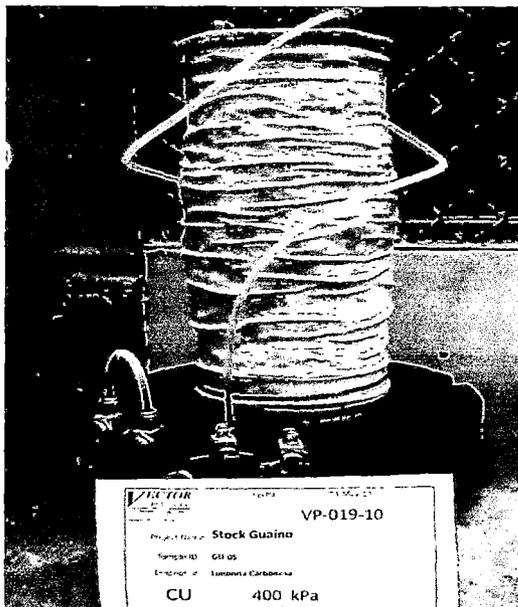
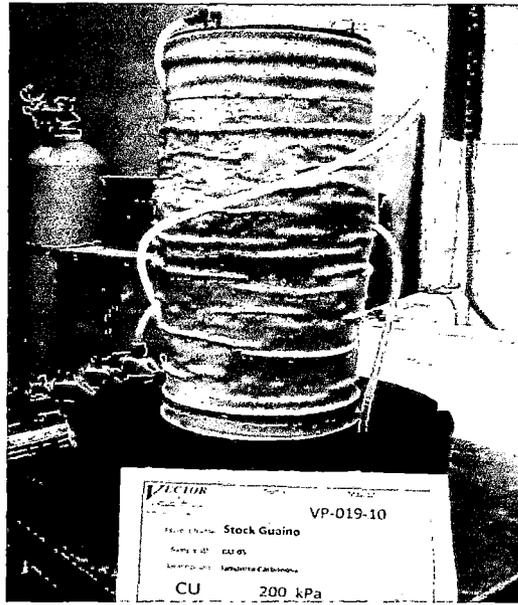
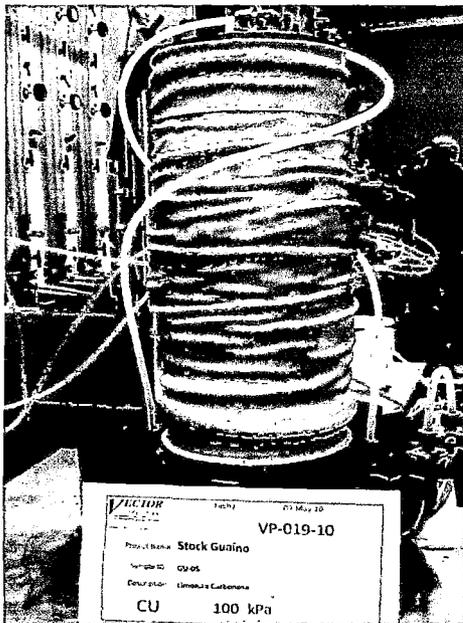
ASTM - D4767

Nº de Proyecto	PEVC00158	Nº Informe de Lab	VP-019-10
Ubicación		Solicitado	
Nº de muestra	GU-05	Fecha	06-may-10
Descripción	Limolita carbonosa		

Estado : Remoldeado al 90% MDS (A solicitud del cliente)

Clasificación : GM

### PANEL FOTOGRAFICO



#### Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por: HEV      Ingresado por: TOM      Revisado por: CSM      Fecha: 06-may-10