

**VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA DE SUELOS FINO GRANULARES CON EL
CAMBIO DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

**CARMEN SOFÍA BARÓN SUAREZ
YENEY XIOMARA RUBIANO PICO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2010

**VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA DE SUELOS FINO GRANULARES CON EL
CAMBIO DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

**CARMEN SOFÍA BARÓN SUAREZ
YENEY XIOMARA RUBIANO PICO**

**Tesis de grado modalidad investigación
para optar el título de:
Ingeniero(a) Civil**

**Director:
WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ
Ingeniero Civil, M. Sc, Ph D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2010

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a todas las personas que con su apoyo y colaboración hicieron que este logro se hiciera realidad, a todos los que confiaron en nuestras capacidades, y a los que siempre estuvieron dando ánimo para no desfallecer en esta labor.

A cada uno de los que aportaron un granito de arena para superar los obstáculos que en la elaboración del proyecto se presentaron.

Al Ingeniero Wilfredo del Toro

A Germán por su colaboración

A Jairo Hernández por el gran apoyo brindado

A nuestros amigos por toda su colaboración

A Nancy García por brindarnos su colaboración incondicional.

En la vida existe el ser maravilloso al cual hoy doy mil gracias por cada uno de los imprevistos y aprietos en los que me acompaño, él es **DIOS**; a él que me otorgó unos maravillosos padres, **OLGA SUÁREZ** y **ORLANDO BARÓN** que me brindaron lo inalcanzable para demostrar que la valentía permanece en ellos, si de logros se trata ellos están ahí, igualmente el apoyo de mis hermanitos **ALEX, NIXON** y **YAS** que orgullosamente hoy les ofrezco este logro. También doy gracias al Ingeniero **RENÉ CORREDOR** mi novio por su apoyo emocional e incondicional. Las gracias se extienden para los seres que conocí en el transcurso de mi formación como ingeniera.

CARMEN SOFÍA BARÓN SUÁREZ

Mis agradecimientos primero a **DIOS** por permitirme cumplir una más de las metas propuestas por guiarme siempre por el buen camino y darme la oportunidad de contar con tantas personas maravillosas que me han brindado su apoyo incondicional en todos los momentos en que los he necesitado, a mi madre **MIREYA PICO**, mujer maravillosa emprendedora y trabajadora que con esfuerzo, paciencia y sacrificio me sacó adelante, me inculcó siempre los mejores valores y con su ejemplo de mujer intachable supo educarme y encaminarme siempre por el mejor sendero, gracias madre por ayudarme a llegar a esta meta tan importante para mi vida; Gracias a mi novio **JAIMÉ ALBERTO AYALA** por su paciencia, apoyo y colaboración, por saber entender y por compartir el triunfo de esta meta alcanzada; Gracias a mi padre a toda mi familia a mis amigos.

YENNEY XIOMARA RUBIANO PICO

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	21
1. MARCO TEÓRICO	23
1.1 SUELOS.....	23
1.2 ARCILLAS	25
1.3 ARENAS.....	25
1.4 PLASTICIDAD	26
2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	27
3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES A UTILIZAR	29
3.1 MATERIAL SELECCIONADO.....	29
3.2 GRANULOMETRÍA (I.N.V. E – 123).	30
3.3 LÍMITES DE ATTERBERG	31
3.4.1 Límite líquido (I. N. V. E – 125)	33
3.4.2 Límite plástico (I. N. V. E – 125).....	34
3.4.3 Índice de plasticidad (I. N. V. E–125).	34
4. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS NATURALES A ESTUDIAR	37
4.1 CLASIFICACIÓN DEL SUELO NATURAL POR EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA	37
4.2 CLASIFICACIÓN DEL SUELO NATURAL POR EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD ...	42
4.3 CLASIFICACIÓN DE ARENA	43
5. CONFORMACIÓN DE SUELOS CON DOSIFICACIONES 25% FINOS Y 40% FINOS	45
5.1 GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS A ESTUDIAR	45
5.1.1 Mezclado	47
6. FABRICACIÓN DE PROBETAS Y ENSAYOS.....	50

6.1 OBTENCIÓN DE LA HUMEDAD ÓPTIMA POR MEDIO DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO (I.N.V.E-142).....	50
6.1.1 Fabricación de probetas para hallar la humedad óp.....	53
6.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE (I.N.V. E – 152)	58
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	62
7.1 HUMEDADES DE PROBETAS EN EL MOMENTO DE LA FALLA	63
7.2 ANÁLISIS MUESTRAS CON ÍNDICE DE PLASTICIDAD ALTO.....	65
7.3 ANÁLISIS MUESTRAS CON ÍNDICE DE PLASTICIDAD MEDIO.....	66
7.4 ANÁLISIS MUESTRAS CON ÍNDICE DE PLASTICIDAD BAJO	69
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFIA.....	79
ANEXOS	80

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Maceración del suelo natural 1 en busca de finos	29
Figura 2. Maceración del suelo natural 2 en busca de finos	29
Figura 3. Maceración del suelo natural 3 en busca de finos	30
Figura 4. Tamizadora eléctrica y serie de tamices N°10 a N°200	30
Figura 5. Recipiente mezclador en porcelana de Evaporación y balanza.....	32
Figura 6. Cazuela de casa grande, Calibrador de máxima profundidad	32
Figura 7. Ranurador, Espátula, tamiz N°40.....	32
Figura 8. Elaboración ensayo límite líquido	33
Figura 9. Colocación de muestra en cazuela y elaboración de ranura	33
Figura 10. Elaboración de rollitos de la muestra limite líquido	34
Figura 11. Procedimiento para límite líquido	34
Figura 12. Carta de plasticidad	35
Figura 13. Mezclado de la dosificación 25%finos -75% arenas para elaborar la probeta.....	48
Figura 14. Mezclado de la dosificación 25%finos – 75% arenas para elaborar la probeta.....	48
Figura 15. Mezclado de la dosificación 40% finos -60% arenas para elaborar la probeta.....	48
Figura 16. Procedimiento para elaborar la probeta.....	50
Figura 17. Procedimiento para elaborar la probeta.....	50
Figura 18. Probeta y Muestra con humedad óptima a compactar.....	51
Figura 19. Martillo compactador y molde para prueba de pretor modificado	51

Figura 20. Muestra con humedad óptima lista para compactar	52
Figura 21. Adición del material al molde de compactación y enrasado para desencofrar la probeta.	52
Figura 22. Balanza y taras para hallar la humedad en las muestras	53
Figura 23. Calibrador y aparato de compresión simple.....	59
Figura 24. Probetas con dosificación 25%finos -75%arenas IP 29.....	59
Figura 25. Probetas con dosificación 40%finos -60%arenas IP. 29.....	60
Figura 26. Probetas con dosificación 25%finos -75%arenas IP. 8.....	60
Figura 27. Probetas con dosificación 40%finos -60%arenas IP. 8.....	60
Figura 28. Probetas con dosificación 25%finos -75%arenas IP. 41.....	61
Figura 29. Probetas con dosificación 40%finos -60%arenas IP. 41.....	61
Figura 30. Fallas producidas en las probetas con dosificación 25% finos- 40% arenas del suelo con IP. 29.....	62
Figura 31. Fallas producidas en las probetas con dosificación 25% finos- 40% arenas del suelo con IP. 8.	62

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Curva Granulométrica suelo 1, IP. 41.....	38
Gráfica 2. Curva Granulométrica suelo 2, I. P 8.....	39
Gráfica 3. Curva granulométrica suelo 3, I. P 29	40
Gráfica 4. % que pasa la granulometría suelo 1 con I. P 41, la cantidad a usar en este proyecto es la fracción fina, que es 8%.....	40
Gráfica 5. % que pasa la granulometría suelo 2 con I. P 29, la cantidad a usar en este proyecto es la fracción fina, que es 4%.....	41
Gráfica 6. % que la pasa granulometría suelo 3 con AP. 8, la cantidad a usar en este proyecto es la fracción fina, que es el 4%.....	41
Gráfica 7. Gráfica de granulometría de Arenas.....	44
Gráfica 8. % que pasa la granulometría arenas, la cantidad a usar en este proyecto es la sumatoria que compone el 99%	44
Gráfica 9. Humedad óptima IP. bajo 40% finos	56
Gráfica 10. Humedad óptima IP. bajo 25% finos	56
Gráfica 11. Humedad óptima IP. medio 40% finos	57
Gráfica 12. Humedad óptima IP. medio 25% finos	57
Gráfica 13. Humedad óptima IP. alto 40% finos	57
Gráfica 14. Humedad óptima IP. alto 25% finos	58
Gráfica 16. Comparación de resistencias de la misma dosificación	68
Gráfica 17. Comparación de resistencias de la misma dosificación	70
Gráfica 18. Índice de plasticidad VS esfuerzo por dosificación 25% finos	72
Gráfica 19. Índice de plasticidad VS esfuerzo por dosificación 40% finos	72

Gráfica 20. Resistencia vs AP. 25% finos	73
Gráfica 21. Resistencia vs I. P 40% finos	74
Gráfica 22. Resistencia vs humedad de falla 25% finos	75
Gráfica 23. Resistencia vs humedad de falla 40% finos	76
Gráfica 24. ANEXO Humedad óptima AP. Alto 40% finos	88
Gráfica 25. ANEXO Humedad óptima AP. alto 25% finos	89
Gráfica 26. ANEXO Humedad óptima AP. Medio 40% finos	90
Gráfica 27. ANEXO Humedad óptima AP. medio 25 % finos	91
Gráfica 28. ANEXO Humedad óptima AP. bajo 40% finos	92
Gráfica 29. ANEXO Humedad óptima AP. bajo 25% finos	93
Gráfica 30. ANEXO I.P alto 40- probeta 1	97
Gráfica 31. ANEXO I.P alto 40- probeta 2	97
Gráfica 32. ANEXO I.P alto 40- probeta 3	97
Gráfica 33. ANEXO I.P alto 25- probeta 1	101
Gráfica 34. ANEXO I.P alto 25- probeta 2	101
Gráfica 35. ANEXO I.P alto 25- probeta 3	101
Gráfica 36. ANEXO AP. medio 40- probeta 1	105
Gráfica 37. ANEXO AP. medio 40- probeta 2	105
Gráfica 38. ANEXO AP. medio 40- probeta 3	105
Gráfica 39. ANEXO AP. medio25- probeta 1	109
Gráfica 40. ANEXO AP. medio25- probeta 2	109
Gráfica 41. ANEXO AP. medio 25- probeta 3	109
Gráfica 42. ANEXO AP. bajo40- probeta 1	113

Gráfica 43. ANEXO AP. bajo40- probeta 2 113

Gráfica 44. ANEXO AP. bajo-40- probeta 3..... 113

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Tabla resumen de granulometría suelo 1, IP. 41	37
Tabla 2. Tabla resumen de granulometría suelo 2, AP. 8.....	38
Tabla 3. Tabla resumen de granulometría suelo 3, I. P 29	39
Tabla 4. Clasificación del suelo por el índice de plasticidad	42
Tabla 5. Resumen de rangos de plasticidad en probetas construidas.....	43
Tabla 6. Tabla resumen de granulometría arenas	43
Tabla 7. Granulometría y curva granulométrica de las probetas con dosificación 25% finos – 75% arenas	45
Tabla 8. Granulometría y curva granulométrica de las probetas con dosificación 40% finos – 60% arenas	46
Tabla 9. Pesos en Gr de la dosificación de finos y arenas en cada probeta.....	47
Tabla 10. Pesos de material de probetas a compacta	49
Tabla 11. Resumen de Densidades y Humedad.....	55
Tabla 12. Humedad en las probetas de la muestra 40% finos-60% arenas	63
Tabla 13. Humedad en las probetas de la muestra 25% finos-75% arenas	64
Tabla 14. Resultados de esfuerzos obtenidos en las dosificaciones con IP. Alto	66
Tabla 15. Resultados de esfuerzos obtenidos en las dosificaciones con IP. medio	68
Tabla 16. Resultados de esfuerzos obtenidos en las dosificaciones	70
con IP. bajo.....	70
Tabla 17. Resultados de los promedios de los esfuerzos de las probetas	71
Tabla 18. Resumen datos densidad vs resistencia para dosificación 25% finos. .	71

Tabla 19. Resumen datos densidad vs resistencia para dosificación 40% finos. .	72
Tabla 20. Resistencia vs AP. 25% finos	73
Tabla 21. Resistencia vs AP. 25% finos	74
Tabla 22. Resistencia vs humedad 25% finos	75
Tabla 23. Resistencia vs humedad 25% finos	75

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Ensayos de clasificación, granulometría por el método mecánico	81
Anexo B. Ensayo de clasificación, límite líquido y plástico	85
Anexo C. Ensayo de compactación proctor modificado, índice de plasticidad alto.....	88
Anexo D. Ensayo de compresión simple, lectura de falla de probetas con dosificación 40%finos -60% arenas; índice de plasticidad alto	94

RESUMEN

TITULO:

VARIACION DE LA RESISTENCIA DE SUELOS FINOGRANULARES CON EL CAMBIO DE INDICE DE PLASTICIDAD*

AUTORES:

BARÓN SUAREZ, Carmen Sofía
RUBIANO PICO, Yeney Xiomara **

PALABRAS CLAVES:

Tapia pisada, Resistencia, compactación, Finos, Arenas, Plasticidad, Probetas, Técnicas, Propiedades.

DESCRIPCIÓN:

La tapia pisada como sistema constructivo consiste en compactar tierra en estado semi seco, al reevaluar la técnica de la tapia pisada se deben considerar problemas ligados a su construcción, como la escogencia de la tierra, la estabilización, la compactación, la cimentación, y la formaleta.

Lo que presentamos en este trabajo es uno de los parámetros anteriores, la resistencia que adquiere el suelo debido a la compactación, simultáneamente se presenta un estudio del desempeño de finos combinados con arenas, con el objetivo de analizar cuáles son los efectos de la plasticidad y de la resistencia en las probetas a realizar.

Se trató que en este estudio se encuentren elementos indispensables para poder elaborar soluciones adaptadas al entorno de las personas que se inclinan por la técnica de construcción en tapia pisada.

En éstas construcciones existe gran variedad de técnicas de mejoramiento del suelo, pues hace más de trescientos años que se trabaja con ésta técnica constructiva y ha respondido a las exigencias estructurales incluso en las zonas de alto riesgo de amenaza sísmica, no obstante como todos los materiales el suelo tiene sus alcances y limitaciones que dependen de sus propiedades físico- mecánicas, es por ésta razón que en éste proyecto se trató una de esas propiedades la resistencia.

En Colombia no existen normas sobre este tipo de construcciones, se basan en unas normas francesas que intentan dar algunas especificaciones sobre el particular.

* Tesis de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela Ingeniería Civil. Director: Wilfredo del Toro Rodríguez. Ingeniero Civil, M. Sc, Ph D

ABSTRACT

TITLE:

VARIATION OF SOIL RESISTANCE TO CHANGING FINOGRANULARES PLASTICITY INDEX*

AUTHOR:

BARÓN SUAREZ, Carmen Sofía
RUBIANO PICO, Yeney Xiomara **

KEYWORDS:

Trodden wall, Resistance, compaction, Thin, Sands, Plasticity, Manometers, Technologies, Properties.

DESCRIPTION:

The rammed earth as a building system is compact in semi dry land; to reevaluate the technique of rammed earth must consider problems associated with its construction, like the choice of land, stabilization, compaction, foundation, and formwork.

What we present in this paper is one of the above parameters, the resistance acquired by the soil due to compaction, simultaneously presents a study of the performance of fine combined with sand, with the aim of analyzing what the effects of plasticity and of resistance in the test specimens to be performed.

It is in this study are essential elements to develop solutions adapted to the environment of people who are oriented towards the technique of rammed earth construction.

In these buildings there are a variety of techniques for soil improvement, as over three hundred years ago that this technique works with constructive and has responded to the structural requirements even in areas with high risk of seismic hazard, however as all materials the soil has their advantages and limitations that depend on their physical and mechanical properties, it is for this reason that in this project it was one of those resistance properties.

In Colombia there are no standards for this type of construction, are based on French standards that try to give some specifications on the subject.

* Thesis of Degree

** Faculty of Engineerings Physicist - mechanics. School Civil Engineering. The director: Wilfredo of the Bull Rodríguez. Engineer Civil, M. Sc, Ph D

INTRODUCCIÓN

Si se va a reevaluar la técnica de construcción en tapia pisada se deben considerar problemas ligados a su construcción, tales como: la escogencia de la tierra, la estabilización, la compactación, la cimentación, y la formaleta.

Teniendo en cuenta la escasez de publicaciones el tema en Colombia, se trata en este estudio se encuentren elementos indispensables, para poder elaborar soluciones adaptadas al entorno de las personas que se inclinen por la técnica de construcción en tapia pisada.

En las construcciones de tapia pisada existe gran variedad de técnicas de mejoramiento del suelo, en las que requiere gente suficientemente calificada, que lo pueda hacer, lo cual se logra formando especialistas que apliquen la tecnología moderna.

En Colombia no existen normas sobre este tipo de construcciones, se conocen unas normas francesas que intentan dar algunas especificaciones sobre el particular, pero se encuentra que las construcciones en tapia pisada en Colombia se hacen con materiales bastante alejados de los que proponen esas normas (normas que se encuentran estipuladas en la Craterre). Por ejemplo, imponen un rango en la granulometría con finos entre 35 y 60% y en Colombia se han realizado con contenidos de finos de hasta 90%.

En cuanto a la calidad o tipo de finos, se refieren a que deben estar entre 20 y 35% los limos y entre 15 y 25% las arcillas, sin especificar o limitar sus características de plasticidad.

Lo que presentamos en este trabajo es uno de los parámetros anteriores, la resistencia que adquiere el suelo debido a la compactación, simultáneamente se presenta un estudio del desempeño de finos combinados con arenas, con el objetivo de analizar cuáles son los efectos de la plasticidad y de la resistencia en las probetas a realizar.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar las variaciones de la resistencia del suelo con el cambio del índice de plasticidad de la fracción fina.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterización de la fracción fina de los suelos a utilizar.
- Análisis de las curvas granulométricas de los suelos para la selección de la dosificación adecuada en la fabricación de las probetas.
- Analizar los efectos de variación del índice de plasticidad en la resistencia de las diferentes dosificaciones de suelos fino-granulares y su comportamiento esfuerzo – deformación.
- Análisis de resultados y conclusiones

1. MARCO TEÓRICO

1.1 SUELOS

Los ingenieros civiles definen el suelo como la capa terrestre conformada por aglomerados de partículas de la descomposición de rocas, producto de la acción mecánica del agua, aire y procesos químicos que traen la descomposición o disolución de los minerales del suelo.

Por estos fenómenos las rocas llegan a formar arenas, en pocas cantidades limos y en casos especiales se produce formación de arcillas.

Cuando los suelos se desintegran físicamente su composición mineralógica es igual a la roca madre, a diferencia de la descomposición química.¹

El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo que debe considerarse como parte integral del mismo.²

Un suelo no tiene homogeneidad en estado natural; posee materia orgánica, la cual se rechaza por el efecto que ejerce de descomposición; por ello se hace necesario realizar una serie de pruebas en el laboratorio para conocer los diferentes componentes, comportamientos y propiedades, que se convierten en la base de proyectos a ejecutar.³

Debido al agua, la oxidación, carbonatación e hidratación, los efectos químicos juegan un papel apreciable; su finalidad es la conformación de arcillas como último producto de descomposición.

¹ CRESPO VILLALAZ, Carlos. Mecánica de suelos y fundaciones

² JUÁREZ BADILLO, Eulalio, RICO RODRÍGUEZ, Alfonso Mecánica De Suelos

³ *Ibíd.*

Los anteriores efectos se acentúan con los cambios de temperatura es por ello que en nuestro clima cálido y húmedo encontramos formaciones arcillosas importantes.

Una característica que hace distintivos a los diferentes tipos de suelos es la cohesión, debido a esto se clasifican los suelos en cohesivos y no cohesivos, los cohesivos son los que poseen la propiedad de atracción intermolecular como las arcillas y los no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación, como la arena y la grava.

Un suelo es un sistema multifase, los huecos, poros o intersticios puede estar llenos de agua, (suelos saturados), o con aire y agua (suelos semisaturados) lo que condiciona la respuesta del conjunto del material. En condiciones normales de presión y temperatura, el agua se considera incompresible. La respuesta del suelo, a nivel práctico frente a las acciones que introducen las obras de ingeniería, supone un movimiento de esas partículas a través de deslizamientos y giros entre ellas y depende de la proporción de materia sólida que exista en un volumen unitario de suelo de referencia, el tamaño y distribución de las partículas que facilita o dificulta el movimiento de los granos entre sí, el volumen relativo de huecos (a medida que este aumenta el suelo es mas deformable), y el tamaño medio de los huecos.

Todo lo anterior hace que en los suelos haya que analizar los problemas de deformabilidad que introducen las cargas y acciones exteriores, esta deformabilidad puede llegar a una situación extrema de rotura en que el cambio de volumen aparente aumenta de forma extraordinaria al cambiar muy poco las cargas exteriores quedando la resistencia definida por una gran deformabilidad y no por rotura de partículas.⁴

⁴ DE VALLEJO, Luis González. Ingeniería Geológica. Universidad Complutense de Madrid.

1.2 ARCILLAS

La arcilla está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura.

Representa la parte mas fina de los suelos; se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua, este tipo de suelo es cohesivo, al contrario de las arenas y las gravas son inestables y sensibles al cambio de humedad.

Surge de la descomposición de rocas ígneas y metamórficas que contienen feldespato y es frecuente encontrarlas en zonas donde predomina un clima húmedo y cálido, además en un proceso natural que dura decenas de miles de años.⁵

Son suelos de textura muy fina que forman terrones duros al secar y son las que determinan el grado de plasticidad y le da cohesión a los suelos.

1.3 ARENAS

La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos de carácter silicio, y cuyas partículas varían entre 2 y 0.02 mm de diámetro. Se le encuentra en el curso natural de muchos ríos, orillas de lagos, costas y en terrenos áridos o en la peña de una loma. Es el producto de la desintegración química y mecánica de las rocas bajo meteorización y abrasión.

⁵ Benítez Rodríguez Lina María y Navas Corena Camilo José, influencia de las propiedades físico-mecánicas en el material tierra para construcción con tapia pisada Universidad Industrial de Santander, proyecto de grado 2009.

Se caracterizar por que no retiene humedad y no se es capaz con este tipo de suelo formar una bola⁶

El uso industrial de este material depende de la roca de su procedencia, su manera de extraerla y la clasificación para el destino que se necesite debido a que mantiene un color específico.

GRAVAS. Se caracterizan porque los granos son observables directamente, no retienen el agua, por la inactividad de su superficie y los grandes huecos existentes entre partículas.

LIMOS. Con partículas comprendidas entre 0.060 y 0.002 mm, retienen el agua mejor que los tamaños superiores, si se forma una pasta agua- limo y se coloca sobre la mano, al golpear con la mano se exhuda con facilidad.

1.4 PLASTICIDAD

En Mecánica de Suelos puede definirse la plasticidad como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse; convirtiéndose en la característica más importante en los suelo de arcilla.

En las investigaciones posteriores han probado que la plasticidad de un suelo es debida a su contenido de partículas más finas de forma laminar, la forma laminar ejerce una influencia importante en la compresibilidad del suelo, mientras que el pequeño tamaño propio de esas partículas hace que la permeabilidad del conjunto sea muy baja existiendo así, una relación entre la plasticidad y otras propiedades físicas de importancia.

⁶ [www.botanical-online.com/tipos de suelo.](http://www.botanical-online.com/tipos%20de%20suelo)

2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

El interés principal es fabricar un tipo de suelo y con diferente granulometría que posean variedad en su índice de plasticidad para analizar su comportamiento. El objetivo es ver como influye el índice de plasticidad en el comportamiento de la resistencia de los suelos cuando varía de I.P. Bajo a I. P Alto.

Para tal fin se decidió buscar tres tipos de suelos; inicialmente se prefería que fuesen de ciudades diferentes, pero como la finalidad era tener en cuenta diferentes rangos de plasticidad encontramos una fuente que nos sugirió el municipio del Socorro Santander, debido a que allí se realizo estudios cercanos a esta zona y nos informo que encontraríamos suelos con variedad en los rangos de su clasificación por la plasticidad.

Como primer suelo se selecciono la mas difícil para la extracción, se realizó una apique de 1.50.mts de profundidad para lograr sacar dicho material y evitar que la muestra incluyera materia orgánica, puesto que el sitio de extracción está en zona de estudio para la urbanización Santa Clara I y no se atreven a realizar obra alguna, debido a las propiedades físicas del suelo, de antemano sabemos que posee gran cantidad de partículas finas, es por ello que ante la acción del agua se convierte en una masa altamente cohesiva, ese fue el estado al encontrarla.

El segundo suelo se extrae por medio de un apique, del pie del talud, de el sitio donde se lleva a cabo el proyecto constructivo mencionado, retirando la materia orgánica e impurezas en el material, el cual se presenta en grumos cuya forma de terrones son de tamaño medio, lo visible es la humedad aparente y la expansión que mantiene el suelo al extraerlo. El suelo tres se extrae por medio de un apique, sobre el talud a una profundidad de 0.5 m, en el momento no poseía materia

orgánica visible, pues ya presentaba actividades preliminares para el desarrollo del proyecto urbanístico, lo único que poseía es leve humedad aparente.

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES A UTILIZAR

3.1 MATERIAL SELECCIONADO

El objetivo buscado es obtener la fracción fina del suelo, para conseguir mayor cantidad de finos en los suelos y revisar el comportamiento del proceso de compactación en construcciones con técnica de tapia pisada, se decidió triturar manualmente el suelo uno a uno los terrones que estos presentaban, bajo la acción de una fuerza manual como la producida por un mazo de madera golpeando ligeramente

Figura 1. Maceración del suelo natural 1 en busca de finos



Figura 2. Maceración del suelo natural 2 en busca de finos



Figura 3. Maceración del suelo natural 3 en busca de finos



En el momento de realizar este proceso manual, el resultado que se esperaba de la fracción fina no favorecía; pues la cantidad proporcionada por la muestra era poca respecto de la esperada, según los antecedentes que se conocían

3.2 GRANULOMETRÍA (I.N.V. E – 123).

Para clasificar por tamaño las partículas gruesas el procedimiento mas conocido es el tamizado. Sin embargo; al aumentar la finura de los suelos el tamizado se hace cada vez más difícil.

Figura 4. Tamizadora eléctrica y serie de tamices N°10 a N°200



Este procedimiento indica las proporciones de tamaños arenas y arcillas en las muestras. Se basan en encontrar los tamaños de las partículas y así definir los elementos que componen los suelos que encontramos en la capa terrestre; El peso de cada material se relaciona como porcentaje total del suelo en estudio, los resultados son relacionados en una grafica donde las abscisas corresponden al tamaño de los tamices y las ordenadas al porcentaje de peso del suelo que pasa, la curva recibe el nombre de curva granulométrica.

3.3 LÍMITES DE ATTERBERG

Indica el comportamiento del suelo ante la presencia de agua. Es muy importante puesto que la humedad es una variable a la hora de compactar y de la cual depende la cohesión de las partículas del suelo y de las fisuras que aparecen por retracción. Con los resultados arrojados se define el proceso de estabilización si el suelo lo requiere.

A partir de diversos estudios prácticos Casagrande definió que los suelos con limite liquido mayor de 50 son de alta plasticidad (admiten mucha agua pueden experimentar deformaciones plásticas grandes) por debajo de este valor los suelos se consideran de baja plasticidad.

Con este laboratorio clasificamos los diferentes tipos de muestras como I. P-alto I. P -medio e I. P -bajo.

Figura 5. Recipiente mezclador en porcelana de Evaporación y balanza



Figura 6. Cazuela de casa grande, Calibrador de máxima profundidad



Figura 7. Ranurador, Espátula, tamiz N°40



Se realizó el ensayo de límites solamente a la fracción fina del suelo natural, puesto que es éste el material que usaremos en el desarrollo del proyecto

3.4.1 Límite líquido (I. N. V. E – 125). Se define como el contenido de humedad del suelo expresado en porcentaje con respecto del peso seco de la muestra, indica el momento en que el suelo cambia de estado plástico a estado líquido y es medido con la conocida cazuela Casagrande. La cohesión de un suelo en el límite líquido es prácticamente nula, de acuerdo a esta definición, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida.⁷

Figura 8. Elaboración ensayo límite líquido



Figura 9. Colocación de muestra en cazuela y elaboración de ranura



⁷ Carlos Crespo villalaz. Mecánica de suelos y fundaciones

3.4.2 Límite plástico (I. N. V. E – 125). Se define como el contenido de humedad del suelo expresado en porcentaje con respecto del peso seco de la muestra e indica la frontera entre sólido, semisólido y plástico, se toma de la muestra anterior se masajea hasta sacarle humedad y que permita realizar cordones cuyo diámetro alcanzado es 3 mm en este momento se fisura y ahí se culmina el ensayo.

En ambos ensayos se pesan las muestras antes y después de someterlas a altas temperatura o secarlas al horno, para conocer el contenido de humedad.

Figura 10. Elaboración de rollitos de la muestra límite líquido



Figura 11. Procedimiento para límite líquido

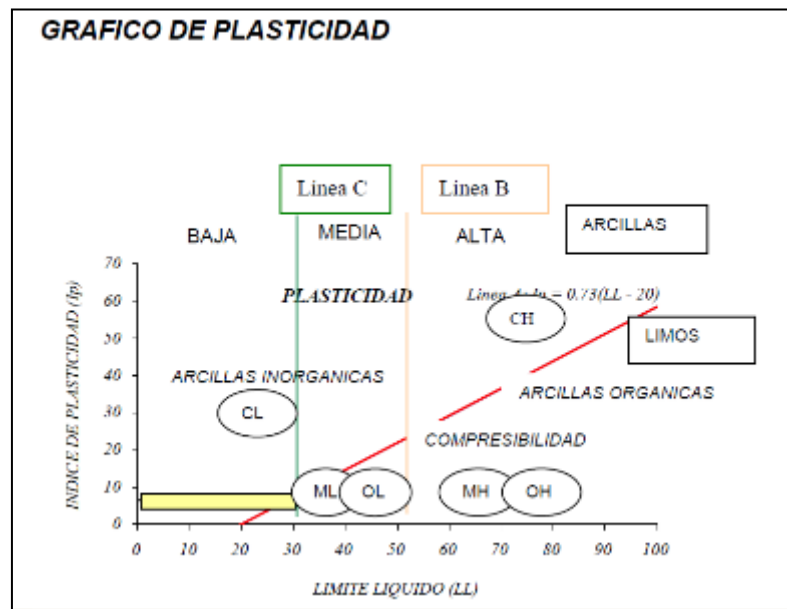


3.4.3 Índice de plasticidad (I. N. V. E-125). Depende de la cantidad de arcilla e indica el rango de humedad a través del cual los suelos con cohesión tiene

propiedades de un material plástico después de culminados los dos ensayos anteriores se concluye con la resta entre el límite líquido y el límite plástico respectivamente.

El ensayo de límites se le realizó a la fracción fina de los suelos escogidos, y presento un comportamiento diferente al que se dedujo, en el laboratorio realizado como lo estipula la norma con material que pasa el tamiz nº 40, de esta manera se observo que existió un aumento en los datos obtenidos, el cual esta representado en la clasificación del suelo a utilizar.

Figura 12. Carta de plasticidad



Los suelos limosos y con apreciable contenido orgánico tienen un intervalo de humedad menor para pasar del estado semisólido a semilíquido, situándose por debajo de la línea A, mientras que las arcillas están por encima de dicha línea, se definen así varios tipos de suelos, arcillas de baja plasticidad (CL), arcillas de alta plasticidad (CH), limos y suelos orgánicos de baja plasticidad (ML-OL) y limos y suelos orgánicos de alta plasticidad (MH-OH).

Se representa el punto correspondiente a los valores determinados de límite líquido e índice de plasticidad y se obtiene una clasificación que sirve para completar la identificación de un suelo, con lo que se puede conocer el predominio de la fracción arcillosa o limosa.⁸


⁸Luis González de Vallejo, Ingeniería Geológica, Universidad Complutense de Madrid,

4. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS NATURALES A ESTUDIAR

4.1 CLASIFICACIÓN DEL SUELO NATURAL POR EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

Los resultados se muestran a continuación en las graficas granulométricas:

Tabla 1. Tabla resumen de granulometría suelo 1, IP. 41

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos y suelos Tabla resumen de granulometria INV-E- 123											
fecha	30/04/2010										
proyecto	Variacion de la resistencia de los suelos fino granulares con variacion del indice de plasticidad										
localizacion	Bucaramanga										
muestra	Suelo 1 I.P 41										
peso molde (gr)	2473,4										
MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIEN TO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIEN TO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%		%	****	mm	gr	%		%
2"	50,8	0	0		100	10	2,00	0,00	0,00		100,00
1 1/2"	36,1	0	0		100	20	0,84	395,80	39,50		60,50
1"	25,4	0	0		100	40	0,42	231,61	23,11		37,39
3/4"	19,05	0	0		100	60	0,25	75,76	7,56		29,83
ø	ø	0	0		100	80	0,18	86,77	8,66		21,17
1/2"	12,7	0	0		100	100	0,15	29,65	2,96		18,21
3/8"	9,52	0	0		100	200	0,07	116,87	11,66		6,55
No 4	4,75	0	0		100	FONDO	*****	65,61	6,55		
SUMA	*****	0	0			SUMA	*****	1002,07	100,00		
						TOTAL		1002,07			

Gráfica 1. Curva Granulométrica suelo 1, IP. 41

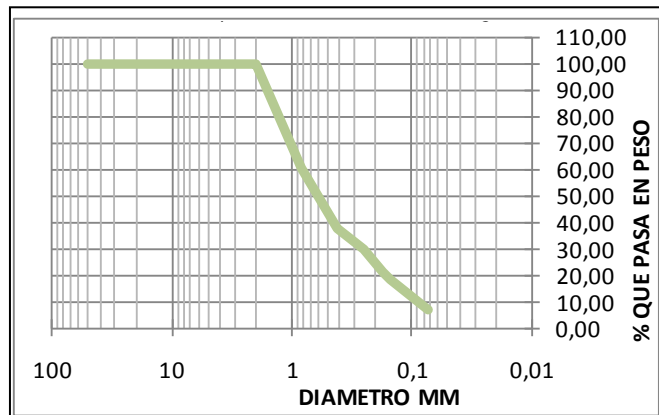


Tabla 2. Tabla resumen de granulometría suelo 2, AP. 8

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingeniería Civil Laboratorio de Pavimentos y suelos Tabla resumen de granulometria INV-E- 123											
fecha		30/04/2010									
proyecto		Variacion de la resistencia de los suelos									
		fino granulares con variacion del indice de plasticidad									
localizacion		Bucaramanga									
muestra		Suelo 2 I.P 8									
peso molde (gr)		2473,4									
MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIEN TO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIEN TO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%		%	****	mm	gr	%		%
2"	50,80	0,00	0,00		100,00	10	2,00	0,00	0,00		100,00
1 1/2"	36,10	0,00	0,00		100,00	20	0,84	394,50	43,79		56,21
1"	25,40	0,00	0,00		100,00	40	0,42	244,96	27,19		29,02
3/4"	19,05	0,00	0,00		100,00	60	0,25	41,30	4,58		24,43
ø	ø	0,00	0,00		100,00	80	0,18	96,37	10,70		13,73
1/2"	12,70	0,00	0,00		100,00	100	0,15	23,88	2,65		11,08
3/8"	9,52	0,00	0,00		100,00	200	0,07	82,50	9,16		1,92
No 4	4,75	0,00	0,00		100,00	FONDO	*****	17,33	1,92		
SUMA	*****	0,00	0,00			SUMA	*****	900,84	100,00		
						TOTAL		900,84			

Gráfica 2. Curva Granulométrica suelo 2, I. P 8

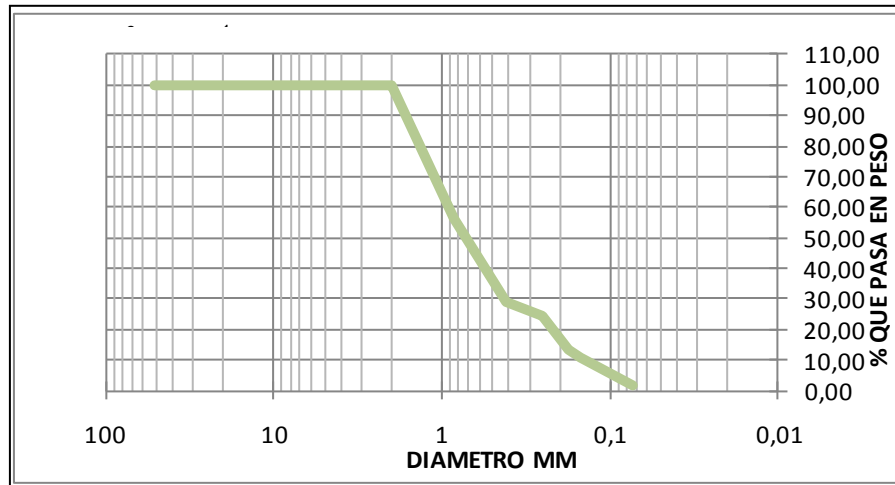



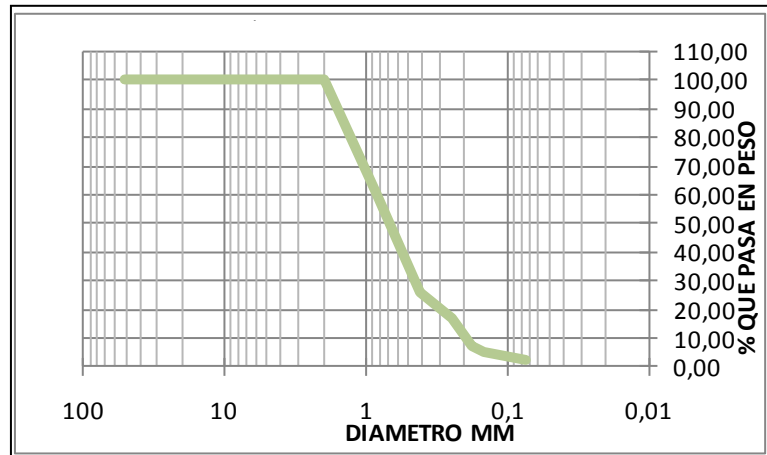
Tabla 3. Tabla resumen de granulometría suelo 3, I. P 29

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingeniería Civil Laboratorio de Pavimentos y suelos Tabla resumen de granulometria INV-E- 123	
--	--

fecha	30/04/2010
proyecto	Variación de la resistencia de los suelos fino granulares con variación del índice de plasticidad
localización	Bucaramanga
muestra	Suelo 3 I.P. 29
peso molde (gr)	2473,4

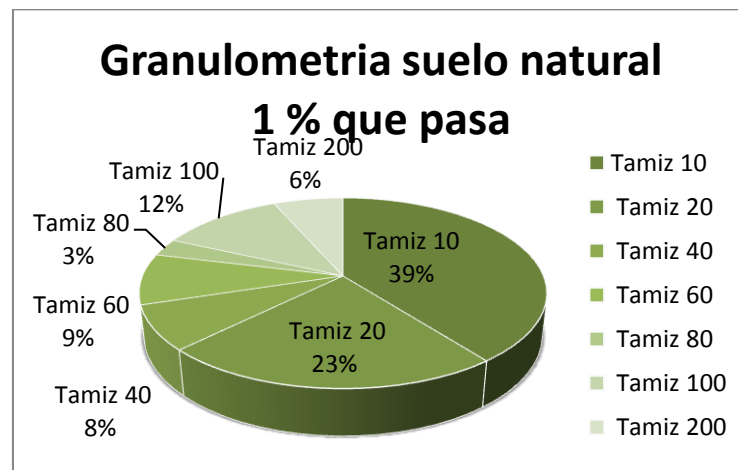
MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%		%	****	mm	gr	%		%
2"	50,80	0,00	0,00		100,00	10	2,00	0,00	0,00		100,00
1 1/2"	36,10	0,00	0,00		100,00	20	0,84	426,40	39,46		60,54
1"	25,40	0,00	0,00		100,00	40	0,42	372,26	34,45		26,08
3/4"	19,05	0,00	0,00		100,00	60	0,25	98,94	9,16		16,93
ø	ø	0,00	0,00		100,00	80	0,18	106,27	9,84		7,09
1/2"	12,70	0,00	0,00		100,00	100	0,15	18,23	1,69		5,40
3/8"	9,52	0,00	0,00		100,00	200	0,07	29,89	2,77		2,64
No 4	4,75	0,00	0,00		100,00	FONDO	*****	28,50	2,64		
SUMA	*****	0,00	0,00			SUMA	*****	1080,49	100,00		
						TOTAL		1080,49			

Gráfica 3. Curva granulométrica suelo 3, I. P 29

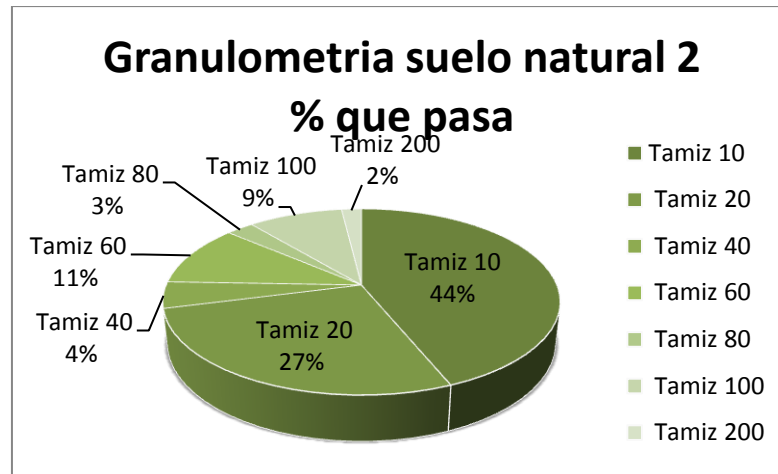


A continuación presentamos porcentualmente los tamaños de la fracción fina del suelo natural a usar en el desarrollo del proyecto.

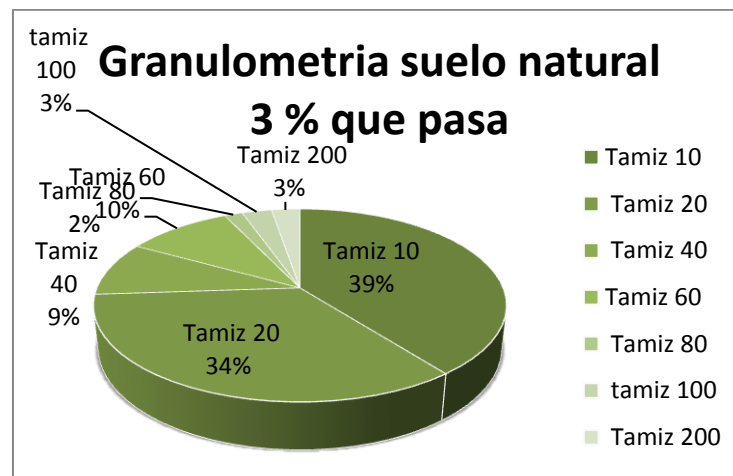
Gráfica 4. % que pasa la granulometría suelo 1 con I. P 41, la cantidad a usar en este proyecto es la fracción fina, que es 8%.



Gráfica 5. % que pasa la granulometría suelo 2 con I. P 29, la cantidad a usar en este proyecto es la fracción fina, que es 4%.



Gráfica 6. % que la pasa granulometría suelo 3 con AP. 8, la cantidad a usar en este proyecto es la fracción fina, que es el 4%.



A partir de este ensayo se aprecia la cantidad de finos que se obtiene de cada suelo natural y de esta manera establecer las dosificaciones necesarias para el desarrollo del proyecto. Se desarrollaron dos propuestas de dosificaciones debido a la dificultad en la obtención de los finos, definiendo las proporciones deseadas

para los dos tipos de granulometría en el suelo que construiremos y su composición será así: 25% finos - 75% arenas y 40% finos - 60% arenas.

4.2 CLASIFICACIÓN DEL SUELO NATURAL POR EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Según Atterberg, la plasticidad se clasifica en:

Tabla 4. Clasificación del suelo por el índice de plasticidad

RANGO DE PLASTICIDAD	TIPO PLASTICIDAD
>30	ALTA
10 - 30	MEDIA
< 10	BAJA

Se tomó tres tipos de suelos, de los cuales su fracción fina estuviera en los rangos anteriores, a cada muestra de suelo, se le elaboró el ensayo de límites de Atterberg para corroborar que cumplían.

Teóricamente está demostrado que cada suelo que presente índice de plasticidad de diferente rango necesita establecer la cantidad de agua que influye en su comportamiento.

A continuación se referencian los suelos analizados con sus respectivos índices de plasticidad y su resultado de ensayo se resume en el anexo B

Tabla 5. Resumen de rangos de plasticidad en probetas construidas.

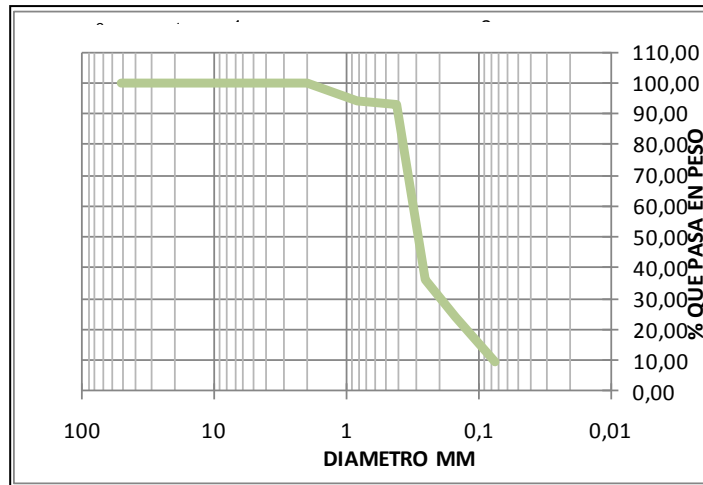
Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos y suelos Informe limites de Attemberg INV-E 125-126		
Fecha	29/01/2010	
Proyecto	Variacion de la resistencia de los suelos fino granulares con variacion del indice de plasticidad	
Localizacion	Bucaramanga	
Muestra	tabla resumen limites de Attemberg en muestras usadas	
Peso molde (gr)	2476,7	
SUELOS	RANGO	INDICE DE PLASTICIDAD
1	0 - 7	8
2	20 - 30	29
3	> 30	41

4.3 CLASIFICACIÓN DE ARENA

Tabla 6. Tabla resumen de granulometría arenas

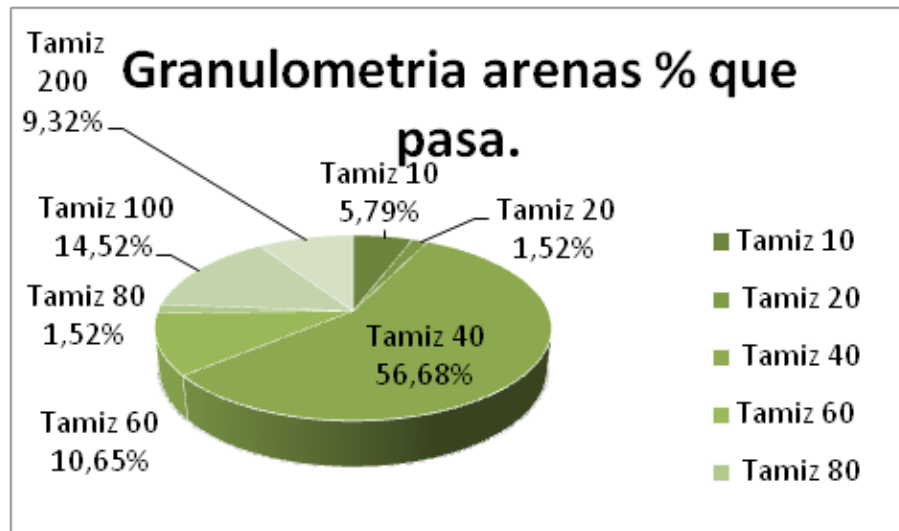
Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos y suelos Tabla resumen de granulometria INV-E- 123						Universidad Industrial de Santander					
fecha	30/04/2010										
proyecto	Variacion de la resistencia de los suelos fino granulares con variacion del indice de plasticidad										
localizacion	Bucaramanga										
muestra	Arenas										
peso molde (gr)	2473,4										
MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIEN TO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIEN TO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%		%	****	mm	gr	%		%
2"	50,80	0,00	0,00		100,00	10	2,00	0,00	0,00		100,00
1 1/2"	36,10	0,00	0,00		100,00	20	0,84	84,20	5,79		94,21
1"	25,40	0,00	0,00		100,00	40	0,42	22,08	1,52		92,69
3/4"	19,05	0,00	0,00		100,00	60	0,25	824,00	56,68		36,01
-	-	-	-		-	80	0,18	154,90	10,65		25,36
1/2"	12,70	0,00	0,00		100,00	100	0,15	22,15	1,52		23,83
3/8"	9,52	0,00	0,00		100,00	200	0,07	211,05	14,52		9,32
No 4	4,75	0,00	0,00		100,00	FONDO	*****	135,46	9,32		
SUMA	*****	0,00	0,00			SUMA	*****	1453,84	100,00		
						TOTAL		1453,84			

Gráfica 7. Gráfica de granulometría de Arenas.



Se trabajó con arena fina, limpia y seca de río la cual se tamizó para cumplir con la cantidad necesaria y conformar las dosificaciones especificadas en la granulometría; dicha granulometría se encuentra representada en la gráfica 8. Corresponde a la adición física a dicho material, de finos para fabricar y complementar su granulometría, debido a que las arenas al secarse no se contraen, no son plásticas y son mucho menos compresibles que la arcilla.

Gráfica 8. % que pasa la granulometría arenas, la cantidad a usar en este proyecto es la sumatoria que compone el 99%.




5. CONFORMACIÓN DE SUELOS CON DOSIFICACIONES 25% FINOS Y 40% FINOS

5.1 GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS A ESTUDIAR

Las dosificaciones propuestas fueron las de adicionar 25% y 40% de cada uno de los finos al 75% y 60% de arena respectivamente. Como se muestra en las gráficas siguientes.

Tabla 7. Granulometría y curva granulométrica de las probetas con dosificación 25% finos – 75% arenas

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingeniería Civil Ensayo Pavimentos y suelos Tabla resumen de Granulometria de las probetas	
---	---

Fecha	30/04/2010
Proyecto	Variación de la resistencia de los suelo fino granulares con variación del índice de plasticidad
Localización	Bucaramanga
Muestra	Granulometria de las probetas dosificación 25% de finos
Peso molde (gr)	2473,4

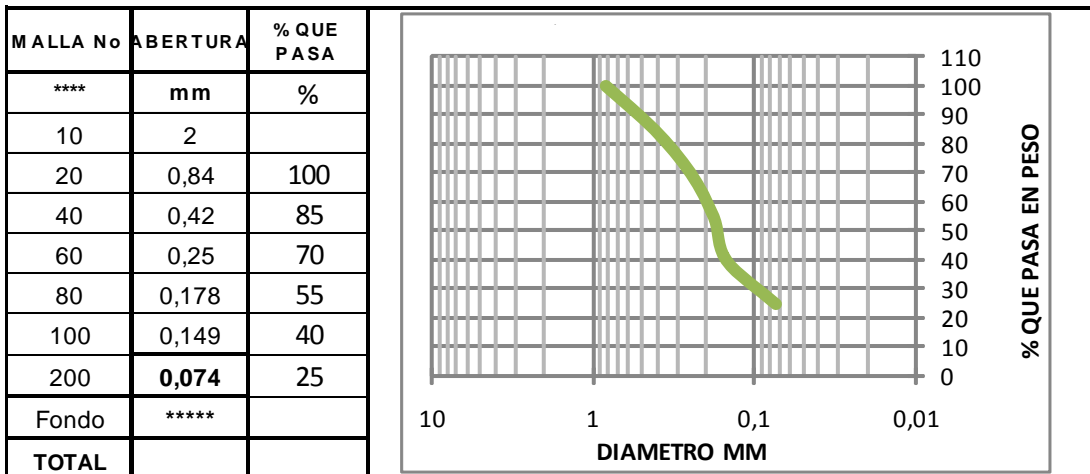
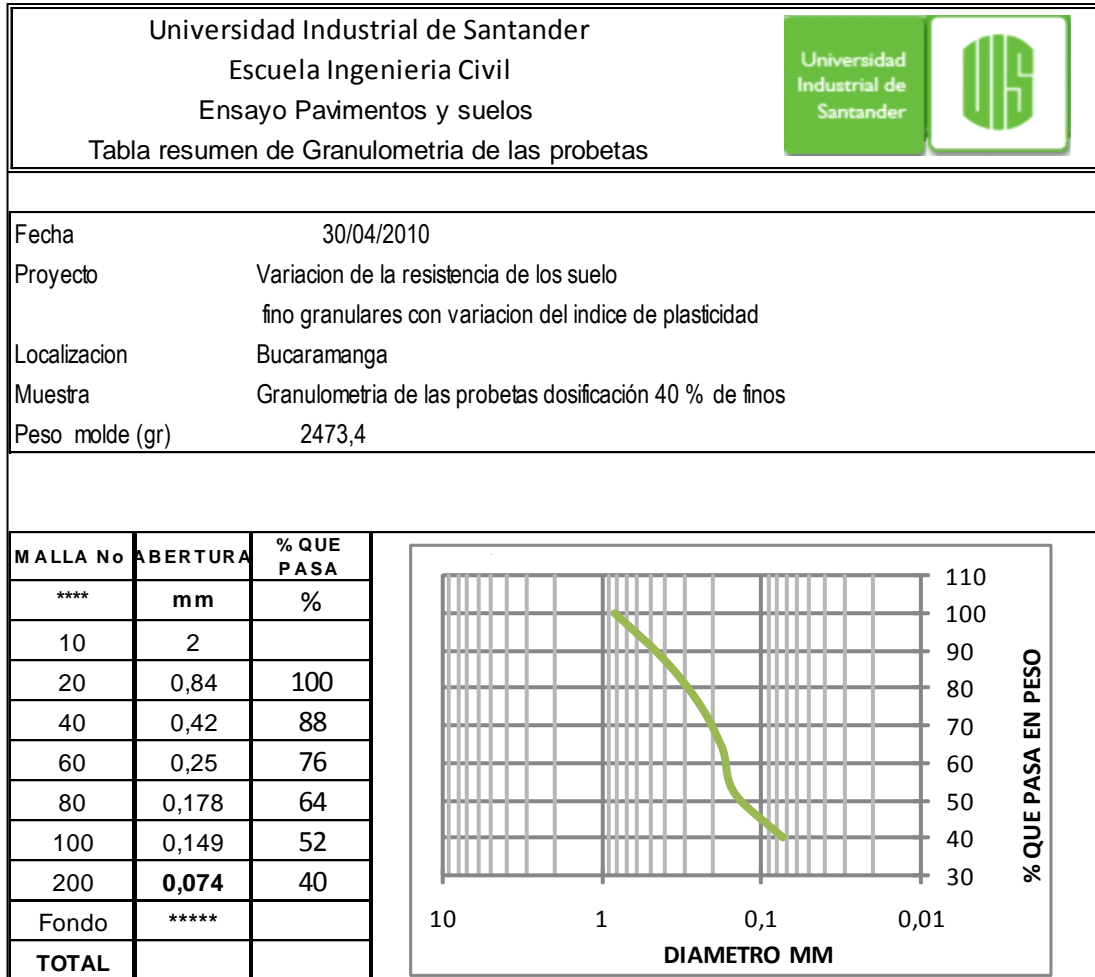



Tabla 8. Granulometría y curva granulométrica de las probetas con dosificación 40% finos – 60% arenas



Al hacer las probetas con las dos dosificaciones establecidas encontramos en la siguiente tabla el resumen del peso de acuerdo al porcentaje establecido de los componentes de las muestras.

Tabla 9. Pesos en Gr de la dosificación de finos y arenas en cada probeta

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos y suelos Tabla resumen GR de material en cada probeta				
Fecha	30/04/2010			
Proyecto	variacion de la resistencia de los suelos fino granulares con el cambio de I.P			
peso muestra	1560 Gr			
Localizacion	Bucaramanga			
Muestra	Gr necesarios de material en cada probetas			
Peso molde (gr)	2473,4			
# tamiz	Gr segun % muestra de 25% finos		Gr segun % muestra de 40% finos	
20	Arena	234	Arena	187,2
40	Arena	234	Arena	187,2
60	Arena	234	Arena	187,2
80	Arena	234	Arena	187,2
100	Arena	234	Arena	187,2
200				
fondo	Fino	390	Fino	624

5.1.1 Mezclado. Para este ítem se realizó la composición entre finos y arenas para fabricar muestras de tres tipos de finos clasificados con índice de plasticidad alto, índice de plasticidad medio e índice de plasticidad bajo.

Se realizó con el mayor cuidado buscando que los componentes se mezclaran uniformemente para evitar que existiera unión del mismo material es decir grumos, lo que se busca es conseguir una mezcla homogénea, para que los análisis y resultados sean lo mas adecuados.

Con esta dosificación se busca confirmar que un suelo fabricado bajo sus propiedades de plasticidad y cohesión logra tener mayor resistencia cuando se presenten esfuerzos exteriores como construcciones o usos del hombre.

Figura 13. Mezclado de la dosificación 25% finos -75% arenas para elaborar la probeta




Figura 14. Mezclado de la dosificación 25% finos – 75% arenas para elaborar la probeta



Figura 15. Mezclado de la dosificación 40% finos -60% arenas para elaborar la probeta



Tabla 10. Pesos de material de probetas a compacta

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos y suelos Tabla resumen de pesos de material de probetas						
Fecha	30/04/2010					
Proyecto	Variacion de laresistencia de los suelos fino granulares con variacion del indice de plasticidad					
Localizacion	Bucaramanga					
Muestra	Pesos material de probetas compactadas					
Peso molde (gr)	2473,4					
	dosificación 25%finos-75% arenas			dosificación 40 %finos-60 % arenas		
	peso(gr)			peso(gr)		
Probetas	1	2	3	1	2	3
Suelo 1 I.P alto	1559,40	1558,10	1560,00	1557,50	1554,50	1553,40
Suelo 2 I.Pbajo	1559,00	1556,30	1546,00	1557,00	1556,90	1559,20
Suelo 3 I.P medio	1790,00	1784,90	1568,30	1545,10	1560,00	1554,00

6. FABRICACIÓN DE PROBETAS Y ENSAYOS

6.1 OBTENCIÓN DE LA HUMEDAD ÓPTIMA POR MEDIO DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO (I.N.V.E-142).

Figura 16. Procedimiento para elaborar la probeta



Figura 17. Procedimiento para elaborar la probeta



Este ensayo consiste en determinar la cantidad óptima de agua de un suelo para la obtención de la máxima densidad posible y así permitir un mejor movimiento de partículas, dando una buena compactación para una energía dada. Cuando se compacta un material se busca disminuir el volumen de vacíos, haciendo que el material sea más resistente, menos deformable y menos permeable. El suelo compactado adquiere su máxima capacidad para soportar esfuerzos cuando

adquiere su máxima densidad, y ésta se logra cuando se compacta a la humedad óptima que se define con el ensayo de compactación Proctor modificado. Cada suelo presenta una humedad óptima y una densidad máxima; el ensayo se realiza en molde de un tamaño dado, con un martillo de 5.0 kg (10lb) que cae desde una altura de 457 mm (18"). Para medir el grado de compactación de material de un suelo o un relleno se debe establecer la densidad seca del material. En la obtención de la densidad seca se debe tener en cuenta los parámetros de la energía utilizada durante la compactación y también depende del contenido de humedad durante el mismo. Los ensayos de compactación y los resultados de humedad óptima y densidad seca se encuentran en el Anexo D.

Figura 18. Probeta y Muestra con humedad óptima a compactar

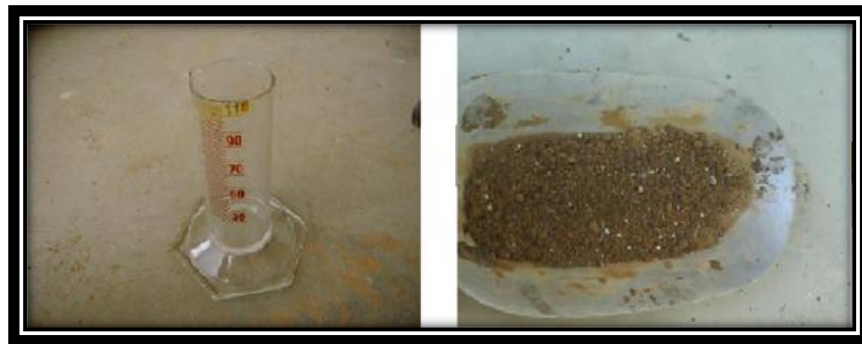


Figura 19. Martillo compactador y molde para prueba de pretor modificado



Figura 20. Muestra con humedad óptima lista para compactar



Figura 21. Adición del material al molde de compactación y enrasado para desencofrar la probeta.



El agua suele estar presente en los suelos o terrenos en forma de una delgada capa absorbida a la superficie de las partículas o como líquido libre entre éstas. La idea general es realizar mínimo tres probetas de cada uno de los suelos propuestos con sus respectivos finos con la finalidad de graficar los datos obtenidos y conseguir el valor de la humedad óptima⁹

⁹ <http://grupos.unican.es/guidai/assignatura/cimentaciones>

Con el ensayo de proctor modificado y la cantidad adecuada de cada una de las tres muestras se inició adicionándole el 2% de su peso en agua asumiendo el valor como si fuera mililitros y procedimos a mezclar hasta conseguir una masa homogénea, se realizó la probeta con cinco capas cada una de 36 golpes, se procedió a pesar la muestra ya compactada, realizando este proceso consecutivamente hasta que el valor del peso disminuyera en relación con los datos registrados.

Figura 22. Balanza y taras para hallar la humedad en las muestras



6.1.1 Fabricación de probetas para hallar la humedad óptima. Para el desarrollo del ensayo se utilizaron probetas de 15 cm de alto por 8 cm de ancho. No se utilizó el molde estándar para que no se tuviera un proceso de compactación diferente en el ensayo y en la conformación de las muestras para ensayarlas a compresión simple; es decir se tuvo en cuenta que el proceso de compactación fuera una constante en el estudio. Para hallar el número de golpes se tomó la ecuación de la energía de compactación, teniendo en cuenta las dimensiones del molde, las características del martillo con las respectivas capas a utilizar y dimensiones que se mantienen a lo largo de los ensayos de compactación y compresión simple.

$$E = \frac{n * N * W * h}{V}$$

Donde:

$$E = \frac{n * N * W * h}{V}$$

Donde:

E= Energía de compactación del pretor modificado

V= Volumen del molde 753,98

n = número de capas 5

W= peso del martillo 5 kg

$$N = \frac{E * V}{n * W * h}$$

Cálculo tipo

$$N = \frac{27.27 * 753.98}{5 * 5 * 45.7}$$


$$N = 35.9$$

$$N = 36 \text{ golpes}$$

Con este parámetro, la energía de compactación y la altura de caída y lo que establece el ensayo de proctor modificado, se elaboraron las probetas. Luego de realizada se registró el peso de la probeta compactada, posteriormente se rompe para repetir el anterior proceso con el mismo material de ensayo y de ésta manera obtener diferentes puntos de referencia que permitan hallar la densidad.

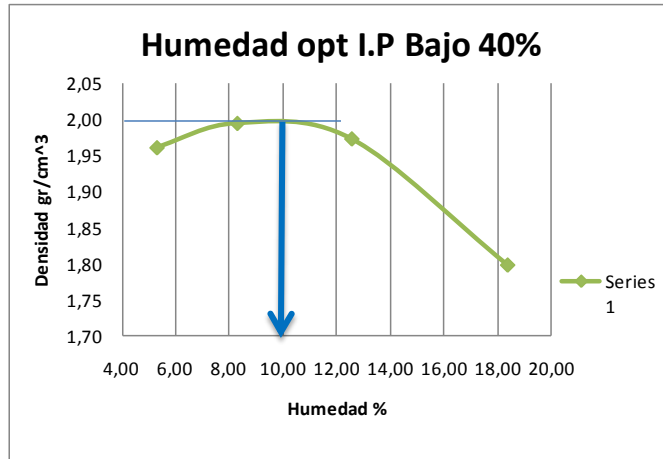
6.1.2 Densidad. La densidad real de un suelo depende principalmente de la composición y cantidad de minerales y de la proporción de materia orgánica e inorgánica que contiene; al compactar un suelo se obtiene mayor densidad del mismo, debido a lo anterior se obtiene una mejor distribución de fuerzas que actúan directamente sobre el suelo lo que nos da una mayor capacidad para soportar cargas y deformaciones. Obteniendo los resultados que se registran de manera simplificada en la siguiente tabla.

Tabla 11. Resumen de Densidades y Humedad

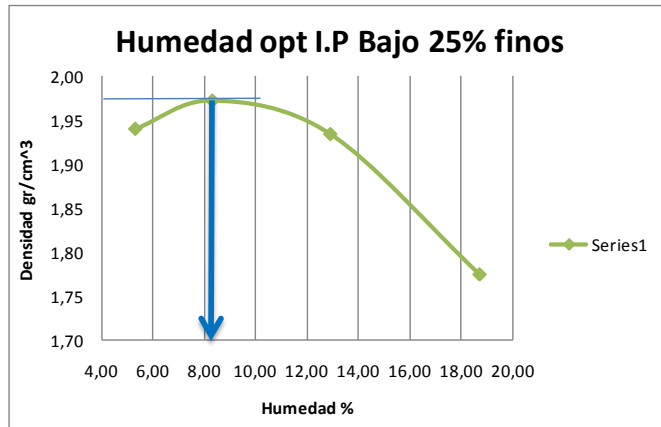
Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Ensayo Pavimentos y suelos Tabla resumen de Humedad y Densidad				
Fecha	30/04/2010			
Proyecto	Variacion de las propiedades geomecanicas de suelo fino granulares con variacion del indice de plasticidad			
Localizacion	Bucaramanga			
Muestra	Resumen de densidades y humedades			
Peso molde (gr)	2473,4			
I.P BAJO 40% FINOS				
HUMEDAD %	5,28	8,28	12,55	18,36
DENSIDAD SECA Gr/cm³	1,96	1,99	1,97	1,80
I.P BAJO 25% FINOS				
HUMEDAD %	5,34	8,33	12,91	18,70
DENSIDAD SECA Gr/cm³	1,94	1,97	1,93	1,78
I.P MEDIO 40% FINOS				
HUMEDAD %	5,37	8,37	12,86	18,66
DENSIDAD SECA Gr/cm³	1,93	1,98	1,93	1,78
I.P MEDIO 25% FINOS				
HUMEDAD %	5,52	8,42	12,95	18,63
DENSIDAD SECA Gr/cm³	5,52	8,42	12,95	18,63
I.P ALTA 40% FINOS				
HUMEDAD %	5,53	8,45	12,86	18,77
DENSIDAD SECA Gr/cm³	1,88	1,96	1,94	1,77
I.P ALTO 25% FINOS				
HUMEDAD %	5,25	8,32	12,73	18,80
DENSIDAD SECA Gr/cm³	1,97	2,00	1,95	1,76

Se procede a obtener la humedad óptima, trazando una tangente en el punto máximo de la gráfica, para cada dosificación y para cada índice de plasticidad obteniendo los resultados que se presentan a continuación en las gráficas de densidad VS humedad.

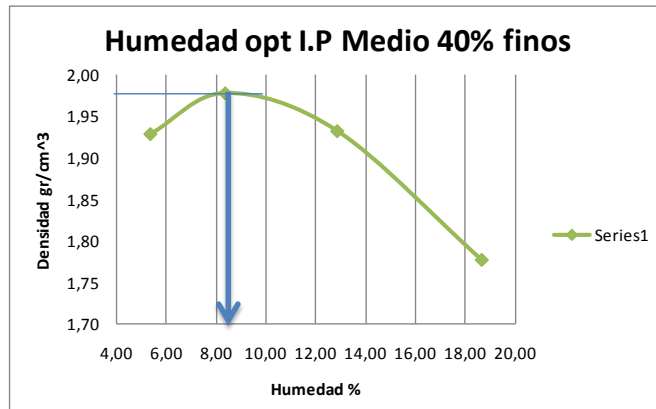
Gráfica 9. Humedad óptima IP. bajo 40% finos



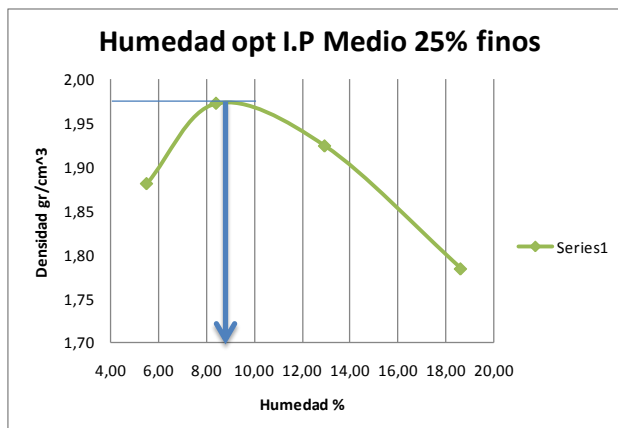
Gráfica 10. Humedad óptima IP. bajo 25% finos



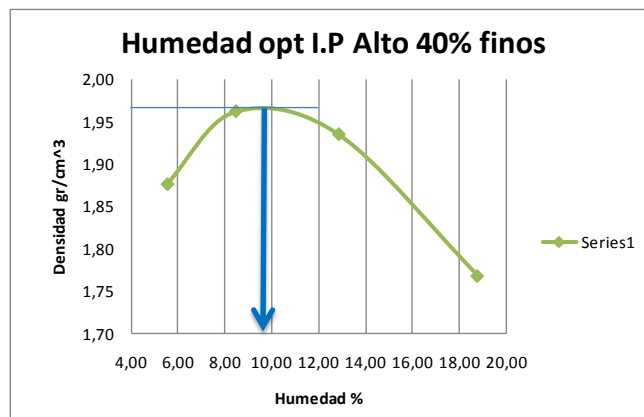
Gráfica 11. Humedad óptima IP. medio 40% finos



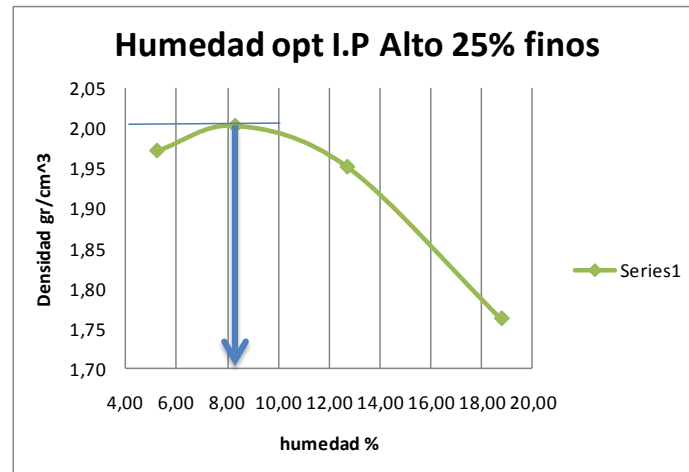
Gráfica 12. Humedad óptima IP. medio 25% finos



Gráfica 13. Humedad óptima IP. alto 40% finos



Gráfica 14. Humedad óptima IP. alto 25% finos



6.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE (I.N.V. E – 152)

Este ensayo debido a que no existe confinamiento solo se aplica a suelos cohesivos, consiste en aplicar una carga longitudinal de compresión a una probeta elaborada en laboratorio bajo condición inalterada.

La resistencia a la compresión inconfiada es la carga por unidad de área a la cual una probeta de suelo falla en el ensayo de compresión simple, éste determina las relaciones esfuerzo – deformación de los suelos. Este ensayo se realizó en las probetas con la diferente cantidad de finos establecida, en la máquina de compresión cuya lectura de carga es electrónica.

Figura 23. Calibrador y aparato de compresión simple



Ya elaboradas las probetas como se muestra en las figuras 23, 24, 26, 27, 29, 30 se estipuló que el tiempo de secado sería el mínimo que permitiera realizar éste ensayo, el cual fue un día a temperatura ambiente, para que el suelo construido permaneciera en lo posible con la humedad óptima que se elaboró cada probeta.

Figura 24. Probetas con dosificación 25%finos -75%arenas IP 29.



Figura 25. Probetas con dosificación 40%finos -60%arenas IP. 29.



Figura 26. Probetas con dosificación 25%finos -75%arenas IP. 8



Figura 27. Probetas con dosificación 40%finos -60%arenas IP. 8



Figura 28. Probetas con dosificación 25%finos -75%arenas IP. 41



Figura 29. Probetas con dosificación 40%finos -60%arenas IP. 41.



7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cumplido este tiempo sería posible encontrar la cantidad de humedad presente en cada probeta; se procedió a fallar y a lo largo de cada falla tomar una muestra significativa del suelo fabricado, para de ésta manera controlar la humedad en el momento de la falla y obtener los comportamiento del ensayo de compresión simple que se presentan en las siguientes graficas:

Figura 30. Fallas producidas en las probetas con dosificación 25% finos-40% arenas del suelo con IP. 29.



Figura 31. Fallas producidas en las probetas con dosificación 25% finos-40% arenas del suelo con IP. 8.



7.1 HUMEDADES DE PROBETAS EN EL MOMENTO DE LA FALLA

Las siguientes tablas contienen el peso cuando se fabricó la probeta, y el peso de la muestra después de la falla, es decir la muestra seca, con éstos datos se puede controlar la humedad q se perdió en el lapso de ensayo y falla.

Tabla 12. Humedad en las probetas de la muestra 40% finos-60% arenas




Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos y suelos Tabla resumen humedad de probetas			
Fecha	29/01/2010		
Proyecto	Variacion de la resistencias del suelo fino granulares con variacion del indice de plasticidad		
Localizacion	Bucaramanga		
Muestra	pesos y humedad de probetas fabricadas		
Peso molde (gr)	2473,4		
HUMEDADES EN LA FALLA DE CADA PROBETA 40 % FINOS			
Probeta	Peso muestra humeda	Peso muestr seca+tara	% Humedad
I.P Medio 40% finos			
1	20,7	19,4	7%
2	20,6	19,3	7%
3	23,9	22,2	8%
I.P Bajo 40% finos			
1	22,7	21,1	8%
2	25,4	23,5	8%
3	27,3	25	9%
I.P Alto 40% finos			
1	15	13,9	8%
2	17,3	15,9	9%
3	16,7	15,3	9%

Tabla 13. Humedad en las probetas de la muestra 25% finos-75% arenas

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos y suelos Tabla resumen humedad de probetas			
Fecha	29/01/2010		
Proyecto	Variacion de la resistencias del suelo fino granulares con variacion del indice de plasticidad		
Localizacion	Bucaramanga		
Muestra	pesos y humedad de probetas fabricadas		
Peso molde (gr)	2473,4		
HUMEDADES EN LA FALLA DE CADA PROBETA 25 % FINOS			
Probeta	Peso muestra humeda +tara	Peso muestr seca+tara	% Humedad
I.P Medio 25% finos			
1	25,5	23,7	8%
2	22,2	20,8	7%
3	24,3	22,7	7%
I.P Bajo 25% finos			
1	19,8	18,5	7%
2	22,7	21	8%
3	15,9	14,9	7%
I.P Alto 25% finos			
1	13,6	12,7	7%
2	14,3	13,4	7%
3	12,7	11,9	7%

En cada una de las probetas se observa que al estar expuestas a temperatura ambiente la disminuci3n en la humedad 3ptima no es alta.

7.2 ANÁLISIS MUESTRAS CON ÍNDICE DE PLASTICIDAD ALTO.

La resistencia de las muestras según el ensayo a compresión simple y de acuerdo con las dosificaciones, son:

- **ARENAS 60% Y FINO 40%.**

Probeta 1 la resistencia 4.2 Kg/cm²

Probeta 2 la resistencia es 4.1 Kg/cm²

Probeta 3 la resistencia es 4.3 Kg/cm²

- **Promedio**

qu = resistencia última

n = número de datos de resistencia

$$qu = \frac{qu_1 + qu_2 + qu_3}{n}$$

$$qu = \frac{4,2 + 4,1 + 4,3}{3}$$

$$qu = 4,13$$

- **ARENA 75% Y FINO 25%.**

Probeta 1 la resistencia es 3.48 Kg/cm²

Probeta 2 la resistencia es 3.9 Kg/cm²

Probeta 3 la resistencia es 3.79 Kg/cm²

- **Promedio**

qu = resistencia última


n = número de datos de resistencia

$$qu = \frac{qu_1 + qu_2 + qu_3}{n}$$

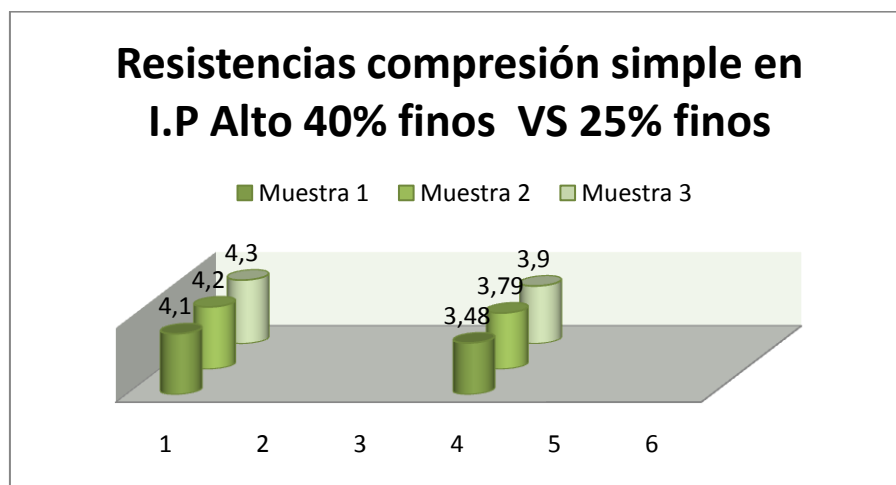
$$qu = \frac{3,48 + 3,9 + 3,79}{3}$$

$$qu = 3,7$$

Tabla 14. Resultados de esfuerzos obtenidos en las dosificaciones con IP. Alto

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos Tabla resumen de esfuerzos muestra 1		Universidad Industrial de Santander 	
Fecha	3*/04/2010	longitud en cm	15
Proyecto	variacion dela resistencia en los suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
localizacon	I.P alto 40% finos-60% arenas vs 25% finos-75% arenas		
humedad optima	8%	# probeta	1,2,3
muestra	40% finos-60% arenas	25% finos-75% arenas	
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	
1	4,1	3,48	
2	4,2	3,79	
3	4,3	3,9	

Gráfica 15. Comparación de resistencias de la misma dosificación



7.3 ANÁLISIS MUESTRAS CON ÍNDICE DE PLASTICIDAD MEDIO

La resistencia que las muestras soportan según el ensayo a compresión simple

Son:

- **ARENAS 60% y Fino 40%.**

Probeta 1 la resistencia es 4.0 Kg/cm²

Probeta 2 la resistencia es 3.8 Kg/cm²

Probeta 3 la resistencia es 3,8Kg/cm²

- **Promedio**

qu = resistencia ultima

n = numero de datos de resistencia

$$qu = \frac{qu_1 + qu_2 + qu_3}{n}$$

$$qu = \frac{4,0 + 3,8 + 3,8}{3}$$

$$qu = 3,8$$

- **ARENA 75% y Fino 25%.**

Probeta 1 la resistencia es 3.6 Kg/cm²

Probeta 2 la resistencia es 3.4 Kg/cm²

Probeta 3 la resistencia es 3.0 Kg/cm²

- **Promedio**

qu = resistencia última


n = número de datos de resistencia

$$qu = \frac{qu_1 + qu_2 + qu_3}{n}$$

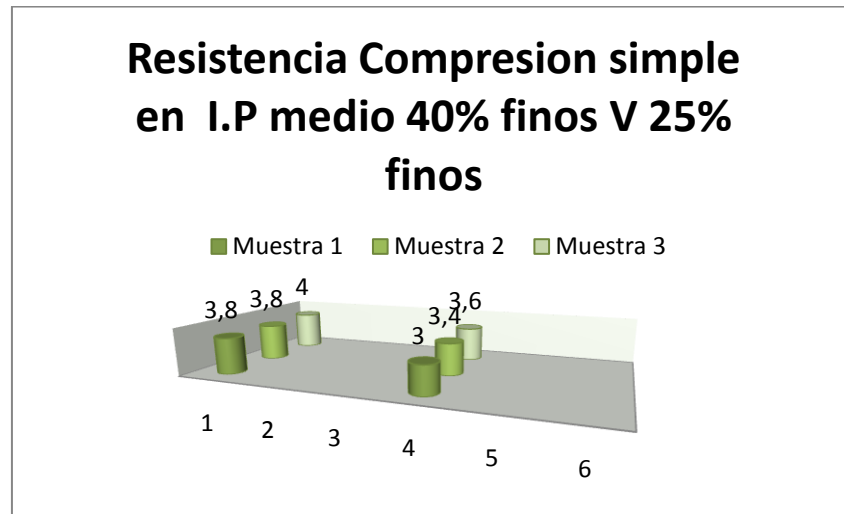
$$qu = \frac{3,6 + 3,4 + 3,0}{3}$$

$$qu = 3,3$$

Tabla 15. Resultados de esfuerzos obtenidos en las dosificaciones con I.P. medio

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil laboratorio de Pavimentos tabla resumen de esfuerzos muestra 2		Universidad Industrial de Santander	
Fecha	3*/04/2010	longitud en cm	15
Proyecto	ariacion dela resistencia en los suelos fino granulares con difirente indice de plasticida		
localizacon	I.P medio 40% finos-60% arenas vs 25% finos-75% arenas		
humedad optima	8%	# probeta	1,2,3
muestra	40% finos-60% arenas	25% finos-75% arenas	
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	
1	3,8	3	
2	3,8	3,4	
3	4	3,6	

Gráfica 16. Comparación de resistencias de la misma dosificación



7.4 ANÁLISIS MUESTRAS CON ÍNDICE DE PLASTICIDAD BAJO

La resistencia que las muestras soportan según el ensayo a compresión simple son: en la dosificación los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- **ARENAS 60% y FINO 40%.**

En la probeta 1 la resistencia es 3.36 Kg/cm²

En la probeta 2 la resistencia es 3,4 Kg/cm²

En la probeta 3 la resistencia es 3.5 Kg/cm²

- **Promedio**

qu = resistencia última

n = número de datos de resistencia

$$qu = \frac{qu_1 + qu_2 + qu_3}{n}$$

$$qu = \frac{3,36 + 3,4 + 3,5}{3}$$

$$qu = 3,42$$

- **ARENAS 75% Y FINOS 25%.**

En la probeta 1 la resistencia es 3.04 Kg/cm²

En la probeta 2 la resistencia es 3.4 Kg/cm²

En la probeta 3 la resistencia es 3.3 Kg/cm²

- **Promedio**

qu = resistencia última


n = número de datos de resistencia

$$qu = \frac{qu_1 + qu_2 + qu_3}{n}$$

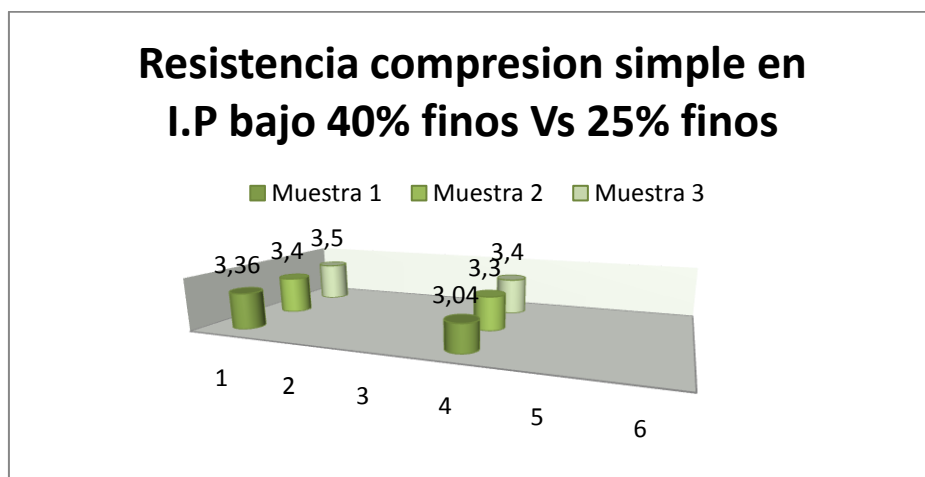
$$qu = \frac{3,04 + 3,4 + 3,3}{3}$$

$$qu = 3,25$$

Tabla 16. Resultados de esfuerzos obtenidos en las dosificaciones con IP. bajo

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil laboratorio de Pavimentos tabla resumen de esfuerzos muestra 3		Universidad Industrial de Santander	
Fecha	3*/04/2010	longitud en cm	15
Proyecto	ariacion dela resistencia en los suelos fino granulares con difirente indice de plasticida		
localizacon	I.P bajo 40% finos-60% arenas vs 25% finos-75% arenas		
humedad optima	8%	# probeta	1,2,3
	Kg/cm ²		Kg/cm ²
muestra	40% finos-60% arenas		25% finos-75% arenas
1	3,36		3,04
2	3,4		3,3
3	3,5		3,4

Gráfica 17. Comparación de resistencias de la misma dosificación



El comportamiento de la resistencia del suelo debido al índice de plasticidad se resume en la siguiente tabla.

Tabla 17. Resultados de los promedios de los esfuerzos de las probetas

Dosificación	I.P	Promedio resistencia
60-40	8	3,42
	29	3,8
	41	4,13
25-75	8	3,25
	29	3,3
	41	3,7

A continuación en las graficas y tablas se plasma los resultados obtenidos del comportamiento de la densidad respecto de la resistencia, en cada una de las dosificaciones a los cuales se le evidencia que a medida que aumenta su densidad, de igual manera aumenta la resistencia.

Tabla 18. Resumen datos densidad vs resistencia para dosificación 25% finos.

DENSIDAD VS RESISTENCIA		
DENSIDAD Gr/cm ³	25% Finos	I P
1,97	3,25	8
1,98	3,33	29
2	3,72	41

Gráfica 18. Índice de plasticidad VS esfuerzo por dosificación 25% finos

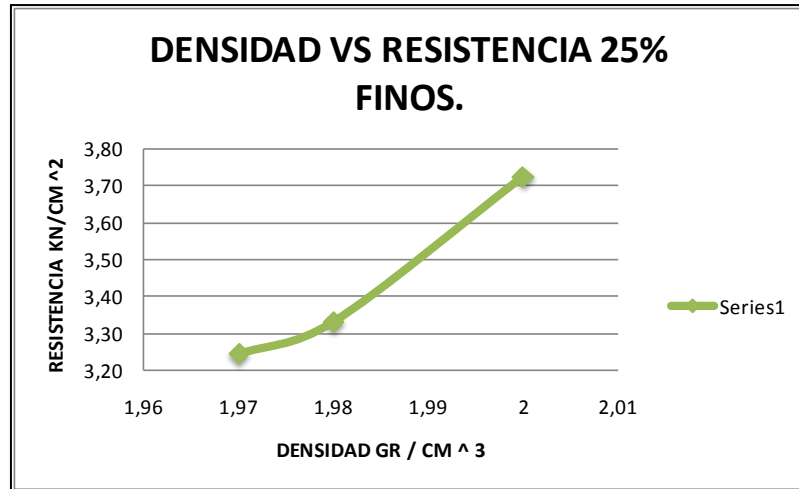
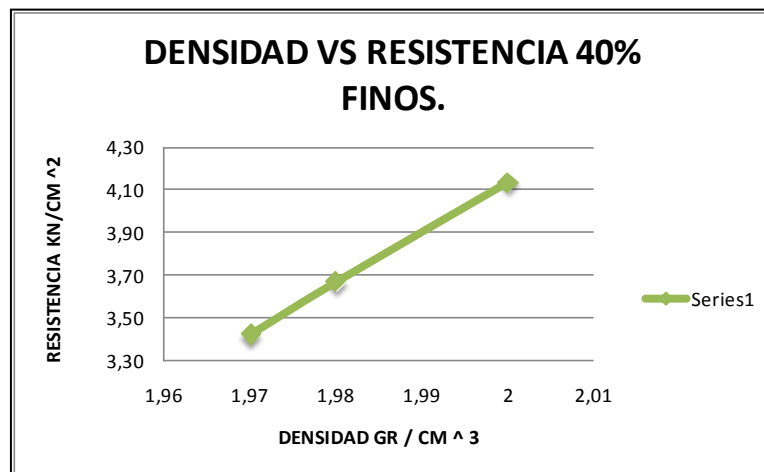


Tabla 19. Resumen datos densidad vs resistencia para dosificación 40% finos.

DENSIDAD VS RESISTENCIA		
DENSIDAD Gr/cm ³	40% Finos	I P
1,97	3,42	8
1,98	3,67	29
2	4,13	41

Gráfica 19. Índice de plasticidad VS esfuerzo por dosificación 40% finos



A continuación en las gráficas se representan la diferencia que existe en el comportamiento de la resistencia, respecto de la dosificación y su plasticidad, a manera de conclusión en ésta no se evidencia una tendencia representativa sin embargo el comportamiento verifica lo estipulado en la teoría.

Para índice de plasticidad más alto la gráfica muestra una tendencia al aumento de la resistencia. El comportamiento de la dosificación 40% finos-60% arenas contra 25% finos-75% arenas ratifica la primer conclusión referida a la cohesión.

Tabla 20. Resistencia vs AP. 25% finos

RESISTENCIA VS I.P 25%	
I.P	R promedio 25%
8	3,25
29	3,3
41	3,8

Gráfica 20. Resistencia vs AP. 25% finos

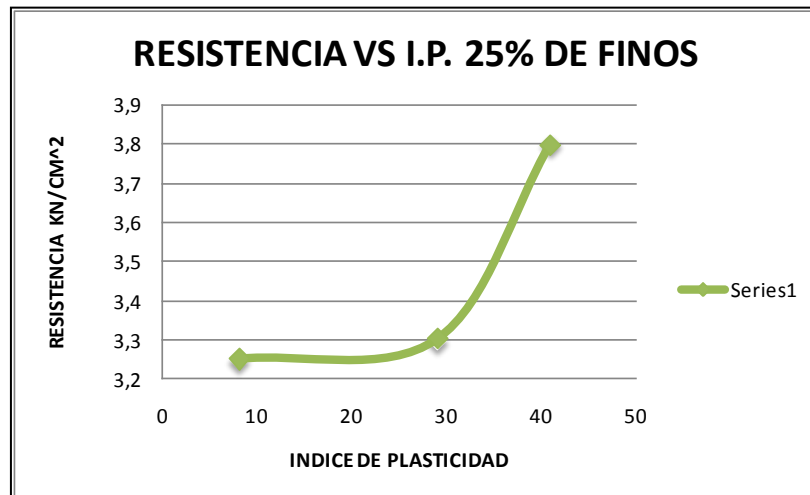
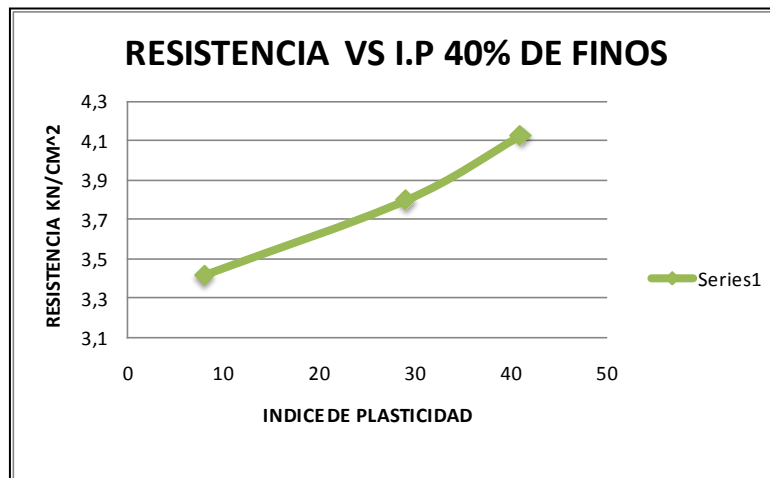


Tabla 21. Resistencia vs AP. 25% finos

RESISTENCIA VS I.P 40%	
I.P	R promedio 40%
8	3,42
29	3,8
41	4,13

Gráfica 21. Resistencia vs I. P 40% finos



A continuación en las gráficas se representan la diferencia que existe en el comportamiento de la resistencia, respecto de la dosificación y humedad en la zona de la falla, de cada probeta a manera de conclusión en ésta no se evidencia una tendencia representativa sin embargo hay pérdida de humedad.

Tabla 22. Resistencia vs humedad 25% finos

RESISTENCIA VS HUMEDAD FINAL 25%		
I.P	W DE FALLA	Resistencia prom 25%
8	7%	3,25
29	7%	3,3
41	7%	3,8

Gráfica 22. Resistencia vs humedad de falla 25% finos

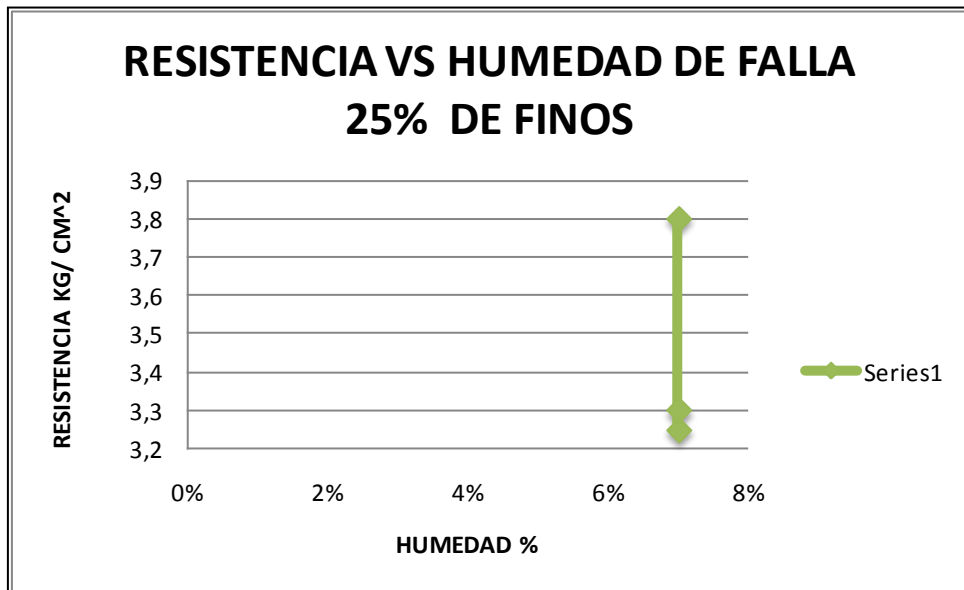
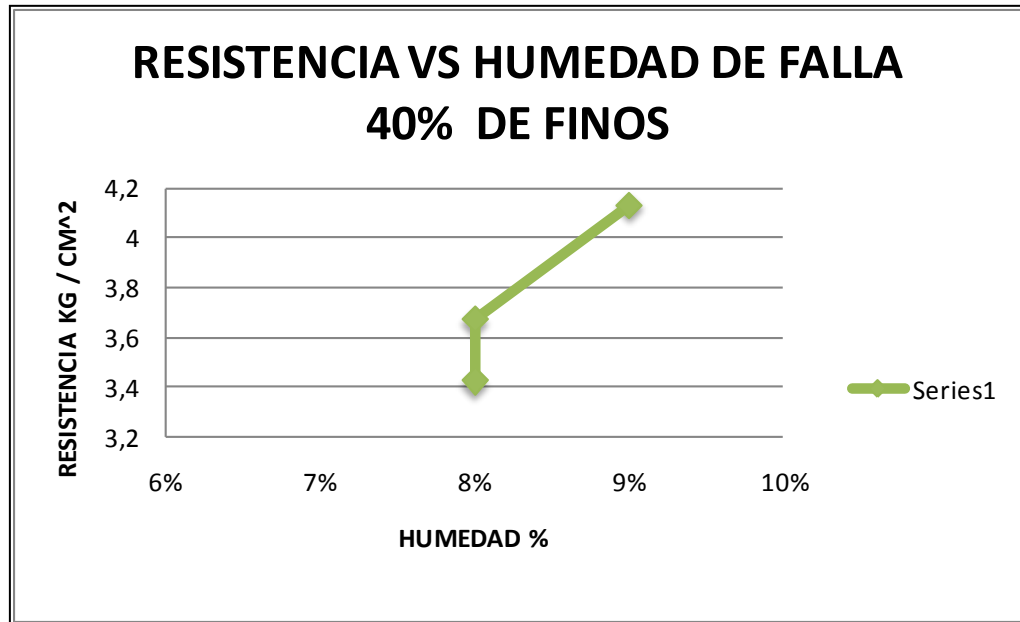


Tabla 23. Resistencia vs humedad 25% finos

RESISTENCIA VS HUMEDAD FINAL 40%		
I.P	W DE FALLA	Resistencia prom 40%
8	8%	3,42
29	8%	3,67
41	9%	4,13

Gráfica 23. Resistencia vs humedad de falla 40% finos



CONCLUSIONES

Se comprobó al referirnos a la plasticidad en la construcción en tapia pisada que la fracción fina aporta mayor cohesión cuando se aumenta del 25% al 40% de finos como lo muestran los valores obtenidos en el ensayo de compresión simple. En general cuando se tuvo una fracción arcillosa del 40% de finos para un I. P alto se obtuvo valores de resistencia a la compresión simple del orden del 10% mayor respecto de la de 25% de finos, Cuando se tuvo una fracción arcillosa del 40% de finos para un I. P medio se obtuvieron valores de resistencia a la compresión simple del orden del 13% mayor respecto de la de 25% de finos; En la fracción arcillosa del 40% de finos para un I. P bajo se obtuvieron valores de resistencia a la compresión simple del orden del 5% mayor respecto de la de 25% de finos.

Todas las probetas se comportaron de manera similar, lo cual quiere decir que la mezcla estaba homogéneamente preparada; esto se puede apreciar observando los resultados de los ensayos en las probetas en cada dosificación y su comportamiento en la falla.

De acuerdo a los porcentajes de dosificación estipulados en este proyecto, se concluye que no se evidencio un cambio notorio en el comportamiento de los suelos por efecto de la plasticidad.

Como aporte para las personas que trabajan en la técnica de construcciones en tapia pisada se les recomienda trabajar con suelos de índice de plasticidad alto, puesto que con los resultados obtenidos por medio del ensayo de compresión simple son suelos que presentan mayor resistencia.

RECOMENDACIONES

La selección de la dosificación se estipuló teniendo en cuenta un factor importantísimo en la composición del suelo, la fracción fina, quizá esta se convierta en un obstáculo para encontrar mayores variaciones en las resistencias, por dicha razón no se trabajó una dosificación con gran contenido de finos, es recomendable utilizar mayor cantidad de finos en la fabricación de probetas en próximos trabajos para evidenciar si realmente existen cambios notorios en la resistencia.

Variar las dosificaciones, para establecer si existe un comportamiento similar, por que uno de los parámetros difíciles de establecer es el que dos suelos con igual IP, no se comportan de la misma manera.

Seguir con el proceso de estudio en los problemas que se ligan a la construcción con técnica de tapia pisada.

BIBLIOGRAFIA

BENÍTEZ RODRÍGUEZ, Lina María y NAVAS CORENA, Camilo José. Influencia de las propiedades físico-mecánicas en el material tierra para construcción con tapia pisada. Universidad Industrial de Santander, proyecto de grado 2009.

CRESPO VILLALAZ, Carlos. Mecánica de suelos y fundaciones.

DE VALLEJO, Luis González. Ingeniería Geológica. Universidad Complutense de Madrid.

DE VALLEJO, Luis González. Ingeniería Geológica. Universidad Complutense de Madrid.


<http://grupos.unican.es/guidai/assignatura/cimentaciones>

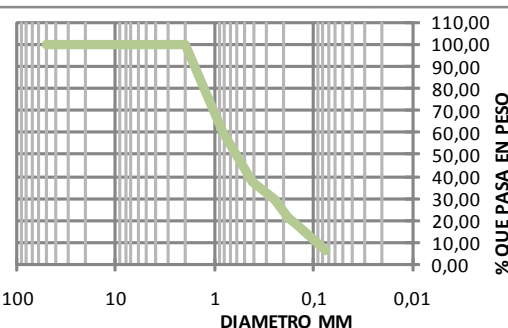
JUÁREZ BADILLO, Eulalio y RICO RODRÍGUEZ, Alfonso. Mecánica de Suelos.

[www.botanical-online.com/tipos de suelo.](http://www.botanical-online.com/tipos_de_suelo)

ANEXOS

Anexo A. Ensayos de clasificación, granulometría por el método mecánico

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingeniería Civil Laboratorio de Pavimentos y suelos Tabla resumen de granulometria INV-E- 123											
fecha	30/04/2010										
proyecto	Variacion de la resistencia de los suelos fino granulares con variacion del indice de plasticidad										
localizacion	Bucaramanga										
muestra	Suelo 1 I.P 41										
peso molde (gr)	2473,4										
MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%		%	****	mm	gr	%		%
2"	50,8	0	0		100	10	2,00	0,00	0,00		100,00
1 1/2"	36,1	0	0		100	20	0,84	395,80	39,50		60,50
1"	25,4	0	0		100	40	0,42	231,61	23,11		37,39
3/4"	19,05	0	0		100	60	0,25	75,76	7,56		29,83
ø	ø	0	0		100	80	0,18	86,77	8,66		21,17
1/2"	12,7	0	0		100	100	0,15	29,65	2,96		18,21
3/8"	9,52	0	0		100	200	0,07	116,87	11,66		6,55
No 4	4,75	0	0		100	FONDO	*****	65,61	6,55		
SUMA	*****	0	0			SUMA	*****	1002,07	100,00		
						TOTAL		1002,07			

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>GRAVAS=</td> <td style="text-align: center;">0,00</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>ARENAS =</td> <td style="text-align: center;">93,45</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>FINOS=</td> <td style="text-align: center;">6,55</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </table>	GRAVAS=	0,00	%	ARENAS =	93,45	%	FINOS=	6,55	%
GRAVAS=	0,00	%								
ARENAS =	93,45	%								
FINOS=	6,55	%								

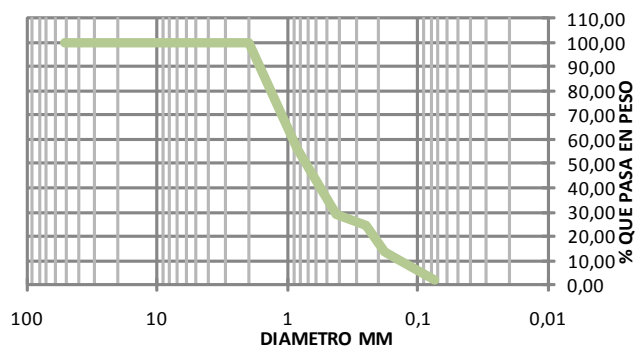
CLASIFICACION SUCS: OH (LIMO ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD Y BAJA COMPRESIBILIDAD)

Por carta de plasticidad es OH limo orgánico de alta plasticidad y baja compresibilidad.



fecha 30/04/2010
 proyecto Variacion de la resistencia de los suelos
 fino granulares con variacion del indice de plasticidad
 localizacion Bucaramanga
 muestra Suelo 2 I.P 8
 peso molde (gr) 2473.4

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%		%	****	mm	gr	%		%
2"	50,80	0,00	0,00		100,00	10	2,00	0,00	0,00		100,00
1 1/2"	36,10	0,00	0,00		100,00	20	0,84	394,50	43,79		56,21
1"	25,40	0,00	0,00		100,00	40	0,42	244,96	27,19		29,02
3/4"	19,05	0,00	0,00		100,00	60	0,25	41,30	4,58		24,43
ø	ø	0,00	0,00		100,00	80	0,18	96,37	10,70		13,73
1/2"	12,70	0,00	0,00		100,00	100	0,15	23,88	2,65		11,08
3/8"	9,52	0,00	0,00		100,00	200	0,07	82,50	9,16		1,92
No 4	4,75	0,00	0,00		100,00	FONDO	*****	17,33	1,92		
SUMA	*****	0,00	0,00			SUMA	*****	900,84	100,00		
						TOTAL		900,84			



GRAVAS=	0,00	%
ARENAS =	98,08	%
FINOS=	192	%

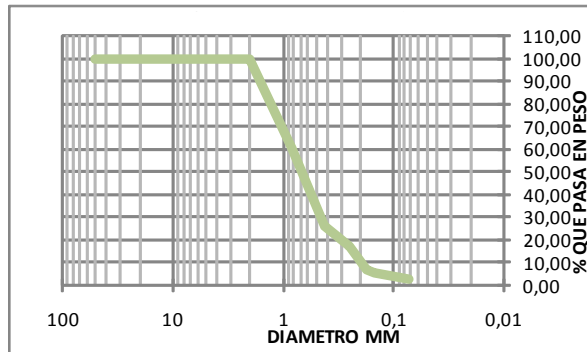
CLASIFICACION sucs: MH (LIMO ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD Y BAJA COMPRESIBILIDAD)

Por carta de plasticidad es ML limo orgánico de alta plasticidad y baja compresibilidad.



fecha 30/04/2010
 proyecto Variación de la resistencia de los suelos
 fino granulares con variación del índice de plasticidad
 localización Bucaramanga
 muestra Suelo 3 I.P 29
 peso molde (gr) 2473.4

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%		%	****	mm	gr	%		%
2"	50,80	0,00	0,00		100,00	10	2,00	0,00	0,00		100,00
1 1/2"	36,10	0,00	0,00		100,00	20	0,84	426,40	39,46		60,54
1"	25,40	0,00	0,00		100,00	40	0,42	372,26	34,45		26,08
3/4"	19,05	0,00	0,00		100,00	60	0,25	98,94	9,16		16,93
ø	ø	0,00	0,00		100,00	80	0,18	106,27	9,84		7,09
1/2"	12,70	0,00	0,00		100,00	100	0,15	18,23	1,69		5,40
3/8"	9,52	0,00	0,00		100,00	200	0,07	29,89	2,77		2,64
No 4	4,75	0,00	0,00		100,00	FONDO	*****	28,50	2,64		
SUMA	*****	0,00	0,00			SUMA	*****	1080,49	100,00		
						TOTAL		1080,49			



GRAVAS=	0,00	%
ARENAS =	97,36	%
FINOS=	2,64	%

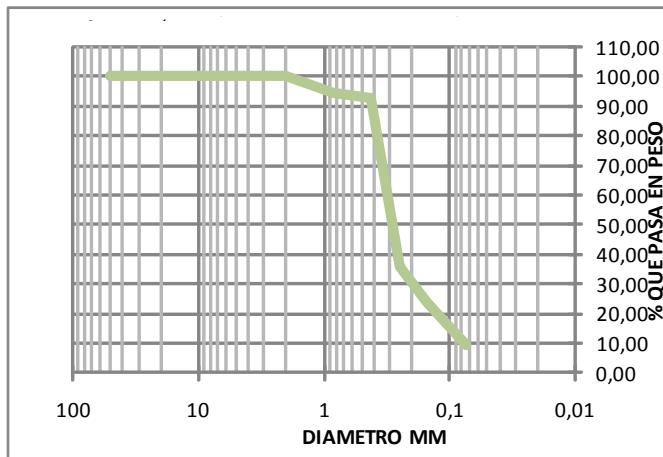
CLASIFICACION sucs: OH (LIMO ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD Y BAJA COMPRESIBILIDAD)

Por carta de plasticidad es MH limo orgánico de alta plasticidad y baja compresibilidad



fecha 30/04/2010
 proyecto Variación de la resistencia de los suelos
 fino granulares con variación del índice de plasticidad peso inicial de la mezcla en gr 1560
 localización Bucaramanga
 muestra Arenas
 peso molde (gr) 2473,4

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU
****	mm	gr	%		%	****	mm	gr	%	
2"	50,80	0,00	0,00		100,00	10	2,00	0,00	0,00	
1 1/2"	36,10	0,00	0,00		100,00	20	0,84	84,20	5,79	
1"	25,40	0,00	0,00		100,00	40	0,42	22,08	1,52	
3/4"	19,05	0,00	0,00		100,00	60	0,25	824,00	56,68	
-	-	-	-		-	80	0,18	154,90	10,65	
1/2"	12,70	0,00	0,00		100,00	100	0,15	22,15	1,52	
3/8"	9,52	0,00	0,00		100,00	200	0,07	211,05	14,52	
No 4	4,75	0,00	0,00		100,00	FONDO	*****	135,46	9,32	
SUMA	*****	0,00	0,00			SUMA	*****	1453,84	100,00	
						TOTAL		1453,84		


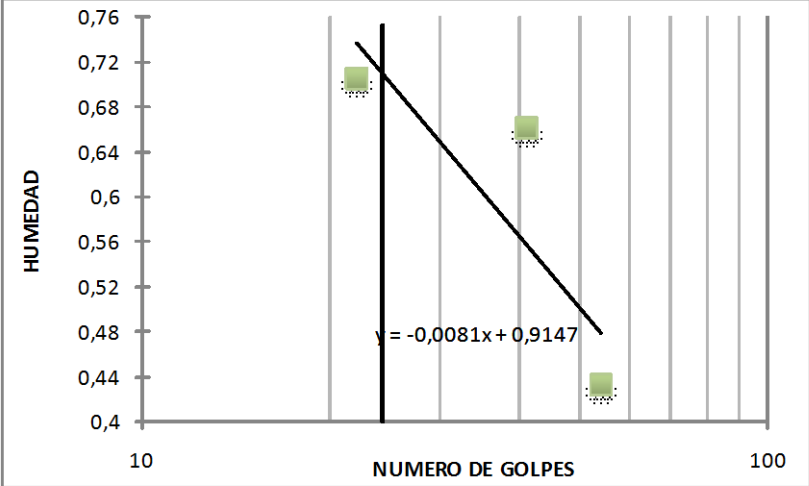


GRAVAS=	0,00	%
ARENAS =	90,68	%
FINOS=	9,32	%

CLASIFICACION SUCS: ARENA MAL GRADADA

Por carta de plasticidad es Arena mal gradada.

Anexo B. Ensayo de clasificación, límite líquido y plástico

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos y suelos Informe limites de Attemberg INV-E 125-126															
fecha	30/04/2010														
proyecto	Variacion de la resistencia del suelo fino granulares con variacion del indice de plasticidad														
localizacion	Bucaramanga														
muestra	Limites de Attemberg Suelo 1														
peso molde (gr)	2473,4														
LIMITE LIQUIDO															
RANGO GOLPES No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA gr	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO gr	PESO CAPSULA + SUELO SECO gr	PESO DEL AGUA gr	PESO SUELO SECO gr	CONTENIDO DE AGUA %								
25-30	54	6,8	13,68	11,6	2,08	4,8	43,33%								
20-30	41	7,2	12,6	10,45	2,15	3,25	66,15%								
15-25	22	7,40	13,2	10,8	2,4	3,4	70,59%								
LIMITE PLASTICO															
1		7,1	11,8	10,1	1,7	3	56,67%								
2		6,8	10,1	9,2	0,9	2,4	37,50%								
<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 0.5; padding-left: 10px;"> <table border="0"> <tr> <td>LIMITE LIQUIDO</td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">88%</td> </tr> <tr> <td>LIM. PLASTICO :</td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">47%</td> </tr> <tr> <td>IND. DE PLASTI.</td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">41%</td> </tr> <tr> <td>CLASIFICACION</td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">ML</td> </tr> </table> </div> </div>								LIMITE LIQUIDO	88%	LIM. PLASTICO :	47%	IND. DE PLASTI.	41%	CLASIFICACION	ML
LIMITE LIQUIDO	88%														
LIM. PLASTICO :	47%														
IND. DE PLASTI.	41%														
CLASIFICACION	ML														



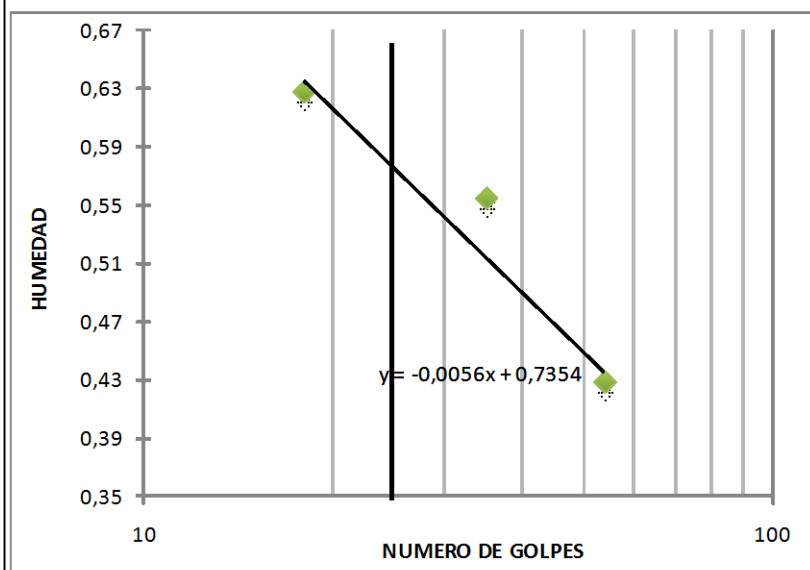
fecha 29/01/2010
 proyecto Variación de la resistencia del suelo
 fino granulares con variación del índice de plasticidad
 localización Bucaramanga
 muestra Límites de Attemberg suelo 2
 peso molde (gr) 2473,4

LIMITE LIQUIDO

RANGO GOLPES No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA gr	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO gr	PESO CAPSULA + SUELO SECO gr	PESO DEL AGUA gr	PESO SUELO SECO gr	CONTENIDO DE AGUA %
25-30	54	7,5	13,5	11,7	1,8	4,2	42,86%
20-30	35	7,4	12,5	10,68	1,82	3,28	55,49%
15-25	18	6,8	11,70	9,81	1,89	3,01	62,79%

LIMITE PLASTICO

1	7,2	10,02	9	1,02	1,8	56,67%
2	7,4	10,7	9,3	1,4	1,9	73,68%



LIMITE LIQUIDO 73%
 LIM. PLASTICO : 65%
 IND. DE PLASTI. 8%
 CLASIFICACION SUCS. :



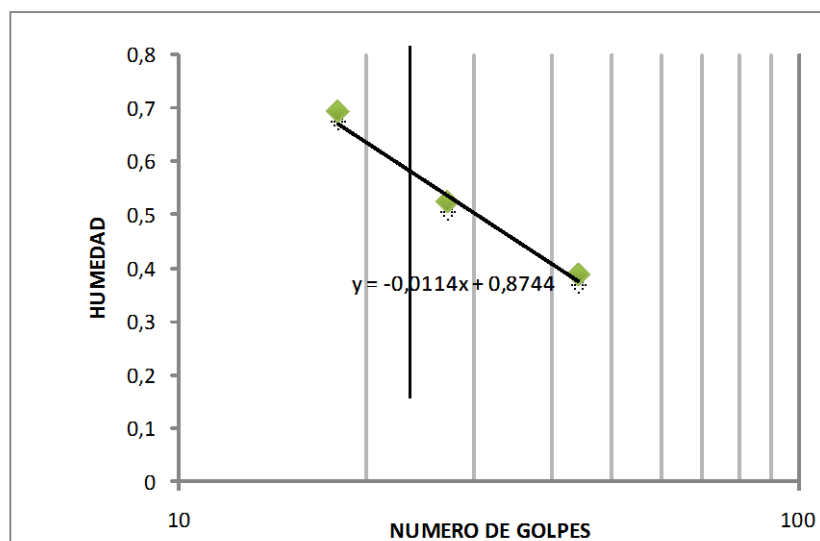
fecha 29/01/2010
 proyecto Variacion de la resistencia del suelo
 fino granulares con variacion del indice de plasticidad
 localizacion Bucaramanga
 muestra limites de Attemberg Suelo 3
 peso molde (gr) 2473,4

LIMITE LIQUIDO

RANGO GOLPES	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CAPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
No		gr	gr	gr	gr	gr	%
25-30	44	7,3	12,3	10,9	1,4	3,6	38,89%
20-30	27	6,8	12,6	10,6	2	3,8	52,63%
15-25	18	7,20	12,8	10,5	2,3	3,3	69,70%

LIMITE PLASTICO

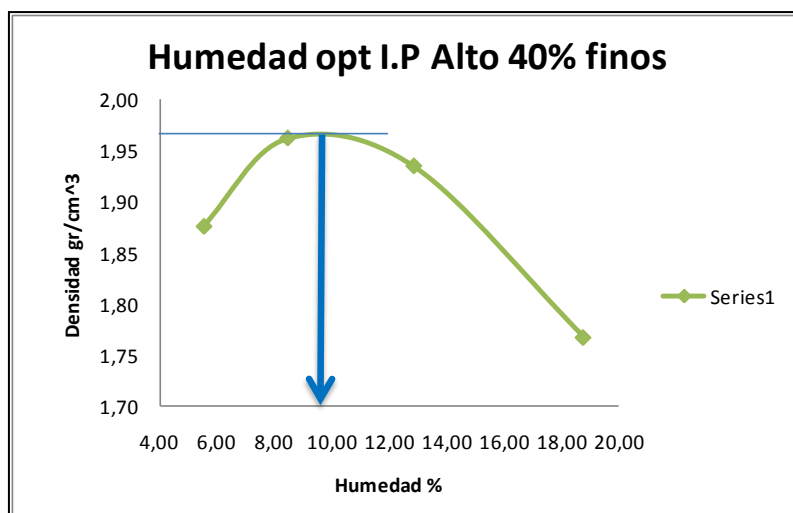
1	6,8	10,5	9,4	1,1	2,6	42,31%
3	7,2	12,4	10,35	2,05	3,15	65,08%



LIMITE LIQUIDO 83%
 LIM. PLASTICO : 54%
 IND. DE PLASTI. 29%
 CLASIFICACION ML

Anexo C. Ensayo de compactación proctor modificado,
índice de plasticidad alto.

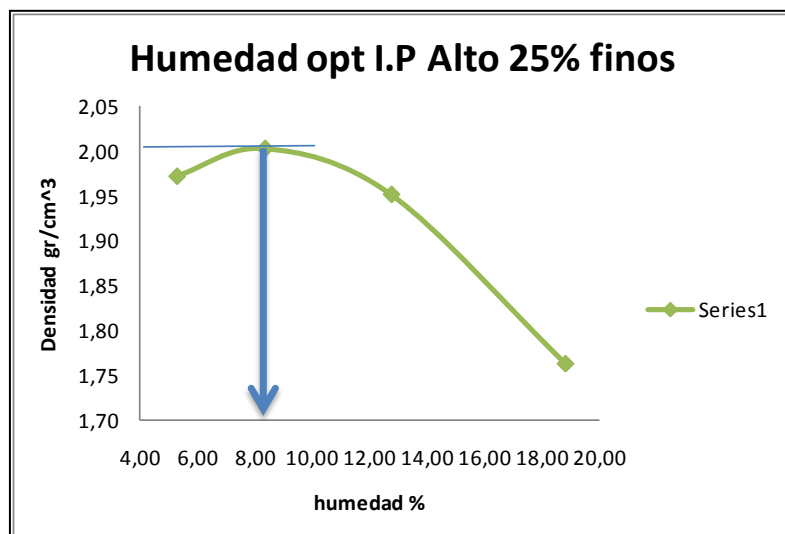
Universidad Industrial de Santander Escuela Ingeniería Civil Ensayo Pavimentos y suelos Ensayo de Compactación Proctor Modificado INV-E-142					
fecha	30/04/2010				
proyecto	Variación de la resistencia de suelo fino granulares con variación del índice de plasticidad				
localización	Bucaramanga				
muestra	I.P ALTO 40% finos				
peso molde (gr)	2473,40				
numero de capas	5,00				
numero de golpes x capa	36,00				
numero muestras realizadas	4,00				
diámetro molde (cm)	8,00				
altura molde (cm)	15,00				
Volumen del molde (cm ³)	753,96				
	1,00	2,00	3,00	4,00	
PESO DEL SUELO HUMEDO	1492,60	1604,60	1646,60	1582,60	
PESO DEL SUELO SECO	1414,40	1479,53	1458,99	1332,46	
PESO DEL AGUA	78,20	125,07	187,61	250,14	
HUMEDAD %	5,53	8,45	12,86	18,77	
PESO DEL MOLDE (Gr)	2473,40	2473,40	2473,40	2473,40	
PESO DEL MOLDE+ SUELO HUMEDO (Gr)	3966,00	4078,00	4120,00	4056,00	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	1492,60	1604,60	1646,60	1582,60	
DENSIDAD HUMEDA (GR/CM ³)	1,98	2,13	2,18	2,10	
DENSIDAD SECA (Gr/CM³)	1,88	1,96	1,94	1,77	



Gráfica 24. ANEXO Humedad óptima AP. Alto 40% finos




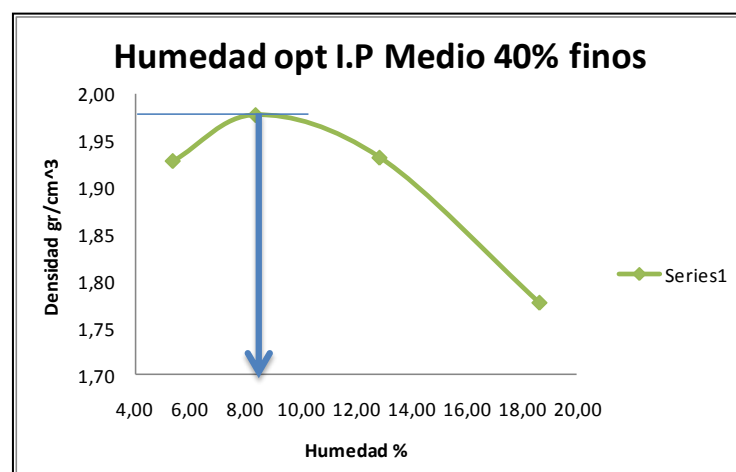
fecha	30/04/2010				
proyecto	Variacion de la resistencia de suelo fino granulares con variacion del indice de plasticidad				
localizacion	Bucaramanga				
muestra	I.P ALTO 25% finos				
peso molde (gr)	2473,40				
numero de capas	5,00				
numero de golpesx capa	36,00				
numero muestras realizadas	4,00				
diametro molde (cm)	8,00				
altura molde (cm)	15,00				
Volumen del molde(cm ³)	753,96				
	1,00	2,00	3,00	4,00	
PESO DEL SUELO HUMEDO	1564,60	1624,60	1658,60	1578,60	
PESO DEL SUELO SECO	1486,55	1499,80	1471,30	1328,83	
PESO DEL AGUA	78,05	124,80	187,30	249,77	
HUMEDAD %	5,25	8,32	12,73	18,80	
PESO DEL MOLDE (Gr)	2473,40	2473,40	2473,40	2473,40	
PESO DEL MOLDE+ SUELO HUMEDO (Gr)	4038,00	4109,00	4132,00	4052,00	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	1564,60	1635,60	1658,60	1578,60	
DENSIDAD HUMEDA(GR/CM ³)	2,08	2,17	2,20	2,09	
DENSIDAD SECA(Gr/CM³)	1,97	2,00	1,95	1,76	



Gráfica 25. ANEXO Humedad óptima AP. alto 25% finos

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO, ÍNDICE DE PLASTICIDAD MEDIO.

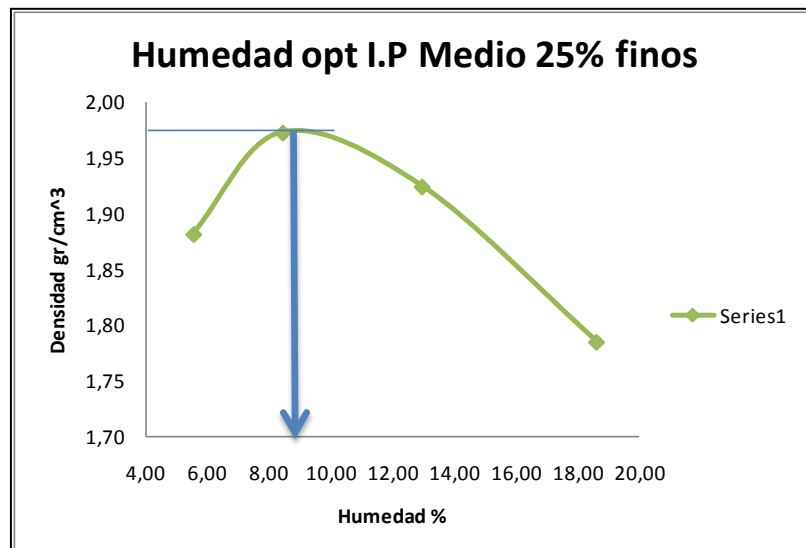
Universidad Industrial de Santander Escuela Ingeniería Civil Ensayo Pavimentos y suelos Ensayo de Compactación Proctor Modificado INV-E-142				
				
fecha	30/04/2010			
proyecto	Variacion de la resistencia de suelo fino granulares con variacion del indice de plasticidad			
localizacion	Bucaramanga			
muestra	I.P MEDIO 40% finos			
peso molde (gr)	2473,40			
numero de capas	5,00			
numero de golpesx capa	36,00			
numero muestras realizadas	4,00			
diametro molde (cm)	8,00			
altura molde (cm)	15,00			
Volumen del molde(cm ³)	753,96			
	1,00	2,00	3,00	4,00
PESO DEL SUELO HUMEDO	1532,60	1616,60	1644,60	1589,60
PESO DEL SUELO SECO	1454,50	1491,72	1457,20	1339,68
PESO DEL AGUA	78,10	124,88	187,40	249,92
HUMEDAD %	5,37	8,37	12,86	18,66
PESO DEL MOLDE (Gr)	2473,40	2473,40	2473,40	2473,40
PESO DEL MOLDE+ SUELO HUMEDO (Gr)	4006,00	4090,00	4118,00	4063,00
PESO SUELO HUMEDO (GR)	1532,60	1616,60	1644,60	1589,60
DENSIDAD HUMEDA(Gr/CM ³)	2,03	2,14	2,18	2,11
DENSIDAD SECA(Gr/CM³)	1,93	1,98	1,93	1,78



Gráfica 26. ANEXO Humedad óptima AP. Medio 40% finos




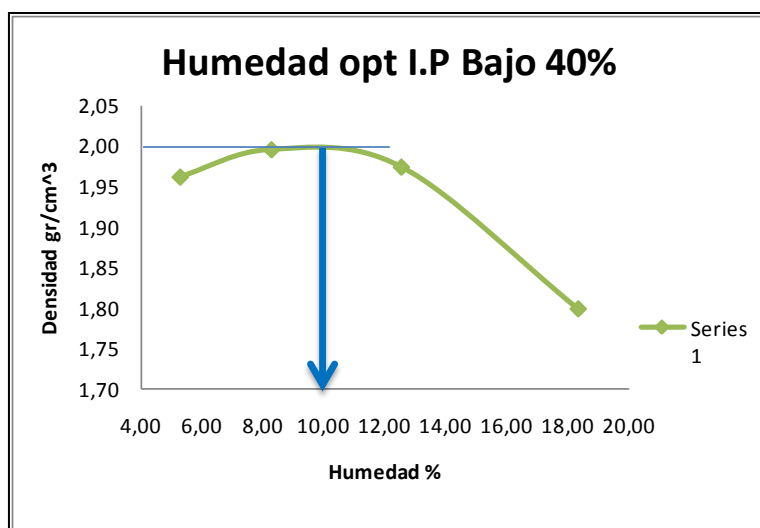
fecha	30/04/2010				
proyecto	Variacion de la resistencia de suelo fino granulares con variacion del indice de plasticidad				
localizacion	Bucaramanga				
muestra	I.P MEDIO 25% finos				
peso molde (gr)	2473,40				
numero de capas	5,00				
numero de golpesx capa	36,00				
numero muestras realizadas	4,00				
diametro molde (cm)	8,00				
altura molde (cm)	15,00				
Volumen del molde(cm ³)	753,96				
	1,00	2,00	3,00	4,00	
PESO DEL SUELO HUMEDO	1496,60	1612,60	1638,60	1595,60	
PESO DEL SUELO SECO	1418,30	1487,32	1450,68	1345,04	
PESO DEL AGUA	78,30	125,28	187,92	250,56	
HUMEDAD %	5,52	8,42	12,95	18,63	
PESO DEL MOLDE (Gr)	2473,40	2473,40	2473,40	2473,40	
PESO DEL MOLDE+ SUELO HUMEDO (Gr)	3970,00	4086,00	4112,00	4069,00	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	1496,60	1612,60	1638,60	1595,60	
DENSIDAD HUMEDA(GR/CM ³)	1,98	2,14	2,17	2,12	
DENSIDAD SECA(Gr/CM³)	1,88	1,97	1,92	1,78	



Gráfica 27. ANEXO Humedad óptima AP. medio 25 % finos

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO, ÍNDICE DE PLASTICIDAD BAJO.

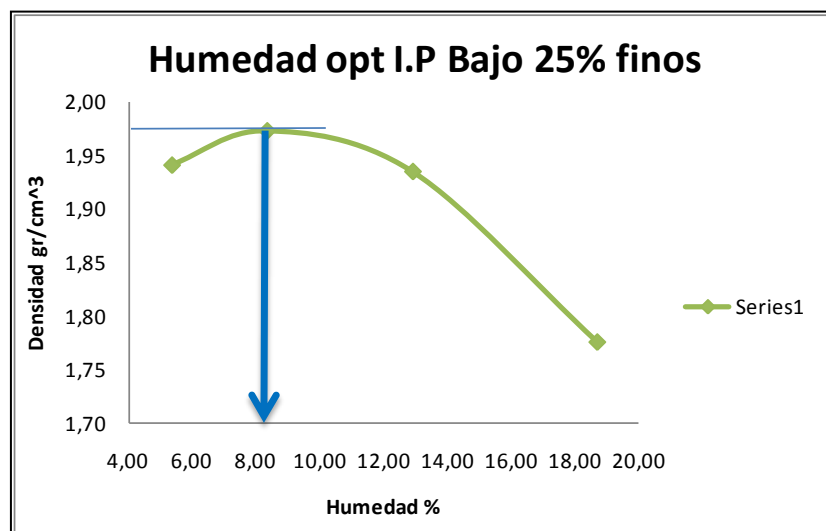
Universidad Industrial de Santander Escuela Ingeniería Civil Ensayo Pavimentos y suelos Ensayo de Compactación Proctor Modificado INV-E-142					
					
fecha	29/04/2010				
proyecto	Variación de la resistencia de suelo fino granulares con variación del índice de plasticidad				
localización	Bucaramanga				
muestra	I.P BAJO 40% finos				
peso molde (gr)	2473,4				
numero de golpesx capa	36				
numero muestras realizadas	4				
diametro molde (cm)	8				
altura molde (cm)	15				
Volumen del molde(cm ³)	753,96				
	1,00	2,00	3,00	4,00	
PESO DEL SUELO HUMEDO	1556,60	1628,60	1674,60	1604,60	
PESO DEL SUELO SECO	1478,60	1504,13	1487,90	1355,65	
PESO DEL AGUA	1556,60	124,47	186,70	248,95	
HUMEDAD %	5,28	8,28	12,55	18,36	
PESO DEL MOLDE (Gr)	2473,40	2473,40	2473,40	2473,40	
PESO DEL MOLDE+ SUELO HUMEDO (Gr)	4030,00	4102,00	4148,00	4078,00	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	1556,60	1628,60	1674,60	1604,60	
DENSIDAD HUMEDA(GR/CM ³)	2,06	2,16	2,22	2,13	
DENSIDAD SECA(GR/CM³)	1,96	1,99	1,97	1,80	



Gráfica 28. ANEXO Humedad óptima AP. bajo 40% finos




fecha	30/04/2010				
proyecto	Variación de la resistencia de suelo fino granulares con variación del índice de plasticidad				
localización	Bucaramanga				
muestra	I.P BAJO 25% finos				
peso molde (gr)	2473,40				
numero de capas	5,00				
numero de golpesx capa	36,00				
numero muestras realizadas	4,00				
diametro molde (cm)	8,00				
altura molde (cm)	15,00				
Volumen del molde(cm ³)	753,96				
	1,00	2,00	3,00	4,00	
PESO DEL SUELO HUMEDO	1541,60	1626,60	1641,60	1588,60	
PESO DEL SUELO SECO	1463,40	1501,48	1453,92	1338,36	
PESO DEL AGUA	78,20	125,12	187,68	250,24	
HUMEDAD %	5,34	8,33	12,91	18,70	
PESO DEL MOLDE (Gr)	2473,40	2473,40	2473,40	2473,40	
PESO DEL MOLDE+ SUELO HUMEDO (Gr)	4015,00	4085,00	4115,00	4062,00	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	1541,60	1611,60	1641,60	1588,60	
DENSIDAD HUMEDA(Gr/cm ³)	2,04	2,14	2,18	2,11	
DENSIDAD SECA(Gr/cm³)	1,94	1,97	1,93	1,78	



Gráfica 29. ANEXO Humedad óptima AP. bajo 25% finos

Anexo D. Ensayo de compresión simple, lectura de falla de probetas con dosificación 40% finos -60% arenas; índice de plasticidad alto.

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingeniería Civil Laboratorio de Pavimentos Tabla resumen de compresion Simple				
Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15	
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con diferente indice de plasticidad			
Localizacion	indice plastidad alto 40% finos-60% arenas	Area en cm	50,26	
Humedad optima	10%	# probeta	1	

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	34300	0,0017	1,00	50,35	681,30
20	0,0508	39300	0,0034	1,00	50,43	779,29
30	0,0762	49100	0,0051	0,99	50,52	971,96
40	0,1016	59200	0,0068	0,99	50,60	1169,90
50	0,127	65300	0,0085	0,99	50,69	1288,24
60	0,1524	74800	0,0102	0,99	50,78	1473,14
70	0,1778	87500	0,0119	0,99	50,86	1720,31
80	0,2032	92300	0,0135	0,99	50,95	1811,57
90	0,2286	99500	0,0152	0,98	51,04	1949,53
100	0,254	114400	0,0169	0,98	51,13	2237,62
110	0,2794	122700	0,0186	0,98	51,21	2395,83
120	0,3048	132600	0,0203	0,98	51,30	2584,67
130	0,3302	136500	0,0220	0,98	51,39	2656,09
140	0,3556	142000	0,0237	0,98	51,48	2758,33
150	0,381	148200	0,0254	0,97	51,57	2873,77
160	0,4064	153000	0,0271	0,97	51,66	2961,69
170	0,4318	160100	0,0288	0,97	51,75	3093,74
180	0,4572	168900	0,0305	0,97	51,84	3258,10
190	0,4826	172000	0,0322	0,97	51,93	3312,10
200	0,508	176000	0,0339	0,97	52,02	3383,20
210	0,5334	183500	0,0356	0,96	52,11	3521,18
220	0,5588	184500	0,0373	0,96	52,20	3534,16
230	0,5842	191600	0,0389	0,96	52,30	3663,71
240	0,6096	199700	0,0406	0,96	52,39	3811,86
250	0,635	201400	0,0423	0,96	52,48	3837,53
260	0,6604	206600	0,0440	0,96	52,57	3929,65
270	0,6858	209100	0,0457	0,95	52,67	3970,15
280	0,7112	214000	0,0474	0,95	52,76	4055,98
290	0,7366	216300	0,0491	0,95	52,86	4092,28
300	0,762	214100	0,0508	0,95	52,95	4043,45
310	0,7874	217400	0,0525	0,95	53,04	4098,45
320	0,8128	223400	0,0542	0,95	53,14	4204,03
330	0,8382	221800	0,0559	0,94	53,23	4166,45
340	0,8636	221400	0,0576	0,94	53,33	4151,48
350	0,889	220000	0,0593	0,94	53,43	4117,81

(Ver figura 16)



Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacon	indice plastidad alto 40% finos-60% arenas	Area en cm	50,26
Humedad optima	10%	# probeta	2

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	35800	0,0017	1,00	50,35	711,09
20	0,0508	44100	0,0034	1,00	50,43	874,47
30	0,0762	51600	0,0051	0,99	50,52	1021,45
40	0,1016	56100	0,0068	0,99	50,60	1108,64
50	0,127	58200	0,0085	0,99	50,69	1148,17
60	0,1524	65200	0,0102	0,99	50,78	1284,07
70	0,1778	71200	0,0119	0,99	50,86	1399,84
80	0,2032	78000	0,0135	0,99	50,95	1530,91
90	0,2286	78900	0,0152	0,98	51,04	1545,91
100	0,254	82600	0,0169	0,98	51,13	1615,62
110	0,2794	86500	0,0186	0,98	51,21	1688,99
120	0,3048	87800	0,0203	0,98	51,30	1711,42
130	0,3302	89800	0,0220	0,98	51,39	1747,38
140	0,3556	95000	0,0237	0,98	51,48	1845,36
150	0,381	98400	0,0254	0,97	51,57	1908,09
160	0,4064	99100	0,0271	0,97	51,66	1918,33
170	0,4318	102300	0,0288	0,97	51,75	1976,82
180	0,4572	115400	0,0305	0,97	51,84	2226,08
190	0,4826	118600	0,0322	0,97	51,93	2283,81
200	0,508	120500	0,0339	0,97	52,02	2316,34
210	0,5334	139000	0,0356	0,96	52,11	2667,27
220	0,5588	155600	0,0373	0,96	52,20	2980,57
230	0,5842	165400	0,0389	0,96	52,30	3162,72
240	0,6096	175600	0,0406	0,96	52,39	3351,84
250	0,635	177500	0,0423	0,96	52,48	3382,13
260	0,6604	181100	0,0440	0,96	52,57	3444,62
270	0,6858	199500	0,0457	0,95	52,67	3787,88
280	0,7112	215100	0,0474	0,95	52,76	4076,83
290	0,7366	218400	0,0491	0,95	52,86	4132,02
300	0,762	210200	0,0508	0,95	52,95	3969,79
310	0,7874	200000	0,0525	0,95	53,04	3770,42

(Ver figura 17)

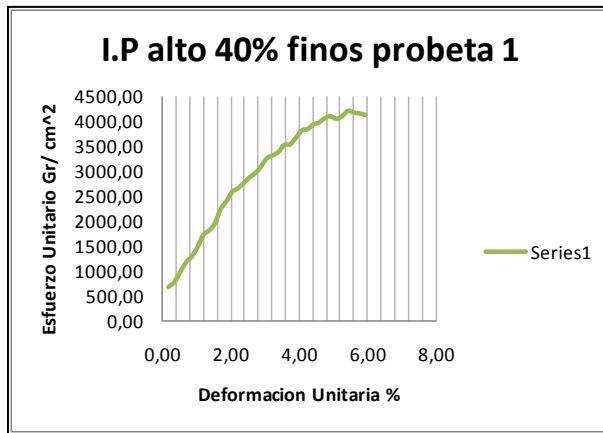
Universidad Industrial de Santander
Escuela Ingenieria Civil
Laboratorio de Pavimentos
Tabla resumen de compresion Simple



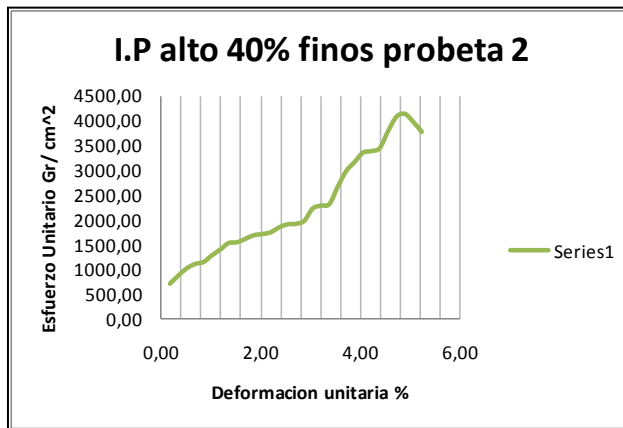
Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacon	indice plastidad alto 40% finos-60% arenas	Area en cm	50,26
Humedad optima	10%	# probeta	3

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	16300	0,0017	1,00	50,35	323,76
20	0,0508	19300	0,0034	1,00	50,43	382,70
30	0,0762	26200	0,0051	0,99	50,52	518,64
40	0,1016	33000	0,0068	0,99	50,60	652,14
50	0,127	39800	0,0085	0,99	50,69	785,18
60	0,1524	47300	0,0102	0,99	50,78	931,54
70	0,1778	54400	0,0119	0,99	50,86	1069,54
80	0,2032	62500	0,0135	0,99	50,95	1226,69
90	0,2286	69700	0,0152	0,98	51,04	1365,65
100	0,254	75300	0,0169	0,98	51,13	1472,84
110	0,2794	83500	0,0186	0,98	51,21	1630,42
120	0,3048	96700	0,0203	0,98	51,30	1884,90
130	0,3302	99200	0,0220	0,98	51,39	1930,29
140	0,3556	111500	0,0237	0,98	51,48	2165,87
150	0,381	120200	0,0254	0,97	51,57	2330,82
160	0,4064	128500	0,0271	0,97	51,66	2487,44
170	0,4318	134300	0,0288	0,97	51,75	2595,18
180	0,4572	141000	0,0305	0,97	51,84	2719,90
190	0,4826	150000	0,0322	0,97	51,93	2888,46
200	0,508	154500	0,0339	0,97	52,02	2969,91
210	0,5334	157800	0,0356	0,96	52,11	3028,03
220	0,5588	166200	0,0373	0,96	52,20	3183,62
230	0,5842	177100	0,0389	0,96	52,30	3386,44
240	0,6096	183900	0,0406	0,96	52,39	3510,27
250	0,635	193800	0,0423	0,96	52,48	3692,71
260	0,6604	195400	0,0440	0,96	52,57	3716,62
270	0,6858	202500	0,0457	0,95	52,67	3844,84
280	0,7112	205400	0,0474	0,95	52,76	3892,98
290	0,7366	215000	0,0491	0,95	52,86	4067,69
300	0,762	220100	0,0508	0,95	52,95	4156,76
310	0,7874	227000	0,0525	0,95	53,04	4279,43
320	0,8128	223700	0,0542	0,95	53,14	4209,68
330	0,8382	223600	0,0559	0,94	53,23	4200,26
340	0,8636	220500	0,0576	0,94	53,33	4134,60

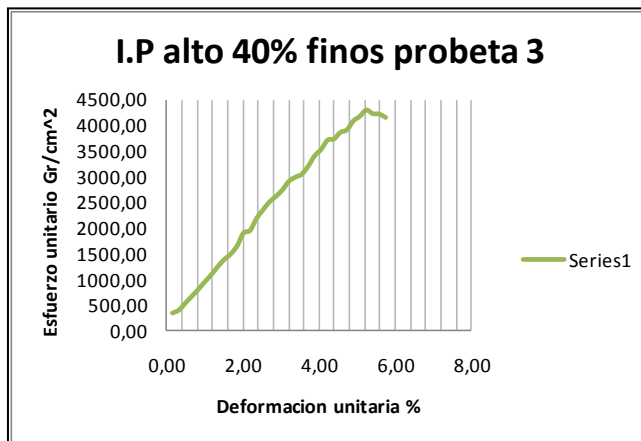
(Ver figura 18)



Gráfica 30. ANEXO I.P alto 40- probeta 1





Gráfica 31. ANEXO I.P alto 40- probeta 2



Gráfica 32. ANEXO I.P alto 40- probeta 3

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE, LECTURA DE FALLA DE PROBETAS
CON DOSIFICACIÓN 25%FINOS - 75% ARENAS;
ÍNDICE DE PLASTICIDAD ALTO.**

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingeniería Civil Laboratorio de Pavimentos Tabla resumen de compresion Simple	 
--	---

Fecha	30-Abr-10	longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
localizacon	indice plastidad alto 25% finos-75% arenas	area en cm	50,26
humedad optima	8%	# probeta	1

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 - ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	37600	0,0017	1,00	50,35	746,84
20	0,0508	47300	0,0034	1,00	50,43	937,92
30	0,0762	55900	0,0051	0,99	50,52	1106,57
40	0,1016	59000	0,0068	0,99	50,60	1165,94
50	0,127	66100	0,0085	0,99	50,69	1304,03
60	0,1524	77100	0,0102	0,99	50,78	1518,44
70	0,1778	82200	0,0119	0,99	50,86	1616,11
80	0,2032	91600	0,0135	0,99	50,95	1797,83
90	0,2286	99300	0,0152	0,98	51,04	1945,62
100	0,254	107700	0,0169	0,98	51,13	2106,57
110	0,2794	112300	0,0186	0,98	51,21	2192,76
120	0,3048	120200	0,0203	0,98	51,30	2342,97
130	0,3302	123800	0,0220	0,98	51,39	2408,97
140	0,3556	127700	0,0237	0,98	51,48	2480,55
150	0,381	126500	0,0254	0,97	51,57	2452,98
160	0,4064	133800	0,0271	0,97	51,66	2590,03
170	0,4318	136700	0,0288	0,97	51,75	2641,56
180	0,4572	148300	0,0305	0,97	51,84	2860,72
190	0,4826	159600	0,0322	0,97	51,93	3073,32
200	0,508	165700	0,0339	0,97	52,02	3185,20
210	0,5334	167300	0,0356	0,96	52,11	3210,32
220	0,5588	178600	0,0373	0,96	52,20	3421,14
230	0,5842	181700	0,0389	0,96	52,30	3474,40
240	0,6096	182300	0,0406	0,96	52,39	3479,73
250	0,635	174400	0,0423	0,96	52,48	3323,06
260	0,6604	170100	0,0440	0,96	52,57	3235,40
270	0,6858	160100	0,0457	0,95	52,67	3039,80

(Ver figura 19)



Fecha	30-Abr-10	longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
localizacon	indice plastidad alto 25% finos-75% arenas	area en cm	50,26
humedad optima	8%	# probeta	2

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	12600	0,0017	1,00	50,35	250,27
20	0,0508	22900	0,0034	1,00	50,43	454,09
30	0,0762	30700	0,0051	0,99	50,52	607,72
40	0,1016	37500	0,0068	0,99	50,60	741,07
50	0,127	45200	0,0085	0,99	50,69	891,71
60	0,1524	54100	0,0102	0,99	50,78	1065,47
70	0,1778	61400	0,0119	0,99	50,86	1207,17
80	0,2032	66900	0,0135	0,99	50,95	1313,05
90	0,2286	72000	0,0152	0,98	51,04	1410,72
100	0,254	74600	0,0169	0,98	51,13	1459,15
110	0,2794	89300	0,0186	0,98	51,21	1743,67
120	0,3048	103400	0,0203	0,98	51,30	2015,50
130	0,3302	115100	0,0220	0,98	51,39	2239,68
140	0,3556	130500	0,0237	0,98	51,48	2534,94
150	0,381	141400	0,0254	0,97	51,57	2741,91
160	0,4064	152200	0,0271	0,97	51,66	2946,21
170	0,4318	159500	0,0288	0,97	51,75	3082,14
180	0,4572	160000	0,0305	0,97	51,84	3086,41
190	0,4826	165600	0,0322	0,97	51,93	3188,86
200	0,508	170400	0,0339	0,97	52,02	3275,55
210	0,5334	183400	0,0356	0,96	52,11	3519,27
220	0,5588	191900	0,0373	0,96	52,20	3675,91
230	0,5842	206300	0,0389	0,96	52,30	3944,79
240	0,6096	208800	0,0406	0,96	52,39	3985,56
250	0,635	205100	0,0423	0,96	52,48	3908,03
260	0,6604	202000	0,0440	0,96	52,57	3842,15

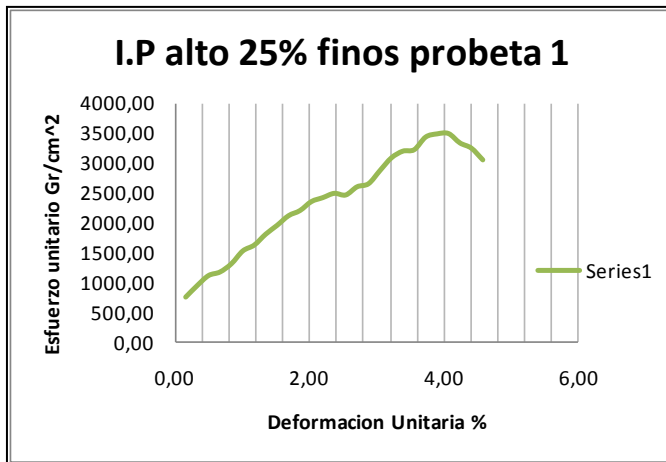
(Ver figura 20)



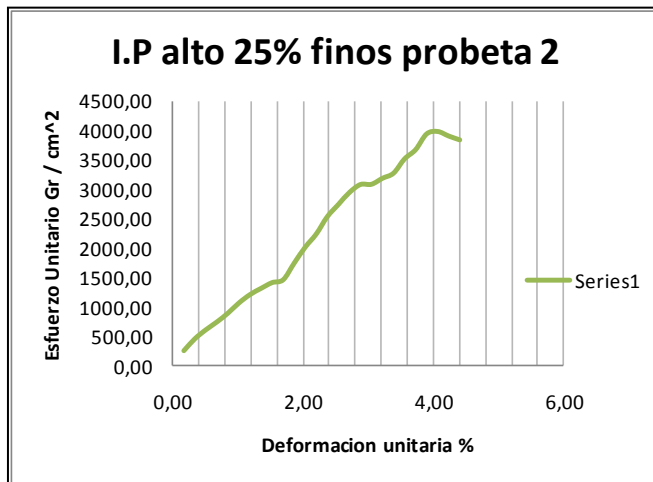
Fecha	30-Abr-10	longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
localizacon	indice plastidad alto 25% finos-75% arenas	area en cm	50,26
humedad optima	8%	# probeta	3

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	16000	0,0017	1,00	50,35	317,81
20	0,0508	25400	0,0034	1,00	50,43	503,66
30	0,0762	36400	0,0051	0,99	50,52	720,55
40	0,1016	48300	0,0068	0,99	50,60	954,49
50	0,127	59100	0,0085	0,99	50,69	1165,93
60	0,1524	68200	0,0102	0,99	50,78	1343,16
70	0,1778	84500	0,0119	0,99	50,86	1661,33
80	0,2032	95600	0,0135	0,99	50,95	1876,34
90	0,2286	107000	0,0152	0,98	51,04	2096,48
100	0,254	116500	0,0169	0,98	51,13	2278,70
110	0,2794	123800	0,0186	0,98	51,21	2417,31
120	0,3048	133600	0,0203	0,98	51,30	2604,16
130	0,3302	142300	0,0220	0,98	51,39	2768,95
140	0,3556	146900	0,0237	0,98	51,48	2853,51
150	0,381	151000	0,0254	0,97	51,57	2928,07
160	0,4064	154400	0,0271	0,97	51,66	2988,79
170	0,4318	158700	0,0288	0,97	51,75	3066,68
180	0,4572	169600	0,0305	0,97	51,84	3271,60
190	0,4826	173200	0,0322	0,97	51,93	3335,21
200	0,508	178700	0,0339	0,97	52,02	3435,10
210	0,5334	185300	0,0356	0,96	52,11	3555,72
220	0,5588	196900	0,0373	0,96	52,20	3771,68
230	0,5842	198600	0,0389	0,96	52,30	3797,56
240	0,6096	182200	0,0406	0,96	52,39	3477,82
250	0,635	151800	0,0423	0,96	52,48	2892,44

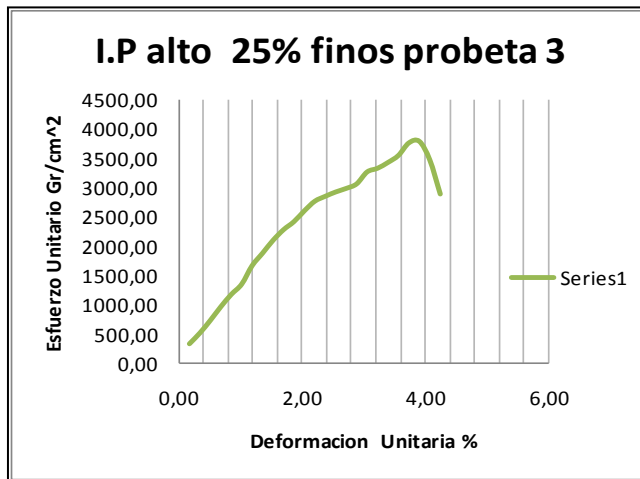
(Ver figura 21)



Gráfica 33. ANEXO I.P alto 25- probeta 1




Gráfica 34. ANEXO I.P alto 25- probeta 2



Gráfica 35. ANEXO I.P alto 25- probeta 3

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE, LECTURA DE FALLA DE PROBETAS
CON DOSIFICACIÓN 40%FINOS -60% ARENAS; ÍNDICE DE PLASTICIDAD
MEDIO.**

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos Tabla resumen de compresion Simple	
--	---

Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacion	indice plastidad medio 40% finos-60% arenas	Area en cm	50,26
Humedad optima	8%	# probeta	1

lectura deformimetro	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	11300	0,0017	1,00	50,35	224,45
20	0,0508	21000	0,0034	1,00	50,43	416,41
30	0,0762	26200	0,0051	0,99	50,52	518,64
40	0,1016	39300	0,0068	0,99	50,60	776,64
50	0,127	51100	0,0085	0,99	50,69	1008,10
60	0,1524	60900	0,0102	0,99	50,78	1199,39
70	0,1778	73400	0,0119	0,99	50,86	1443,10
80	0,2032	75600	0,0135	0,99	50,95	1483,80
90	0,2286	86400	0,0152	0,98	51,04	1692,86
100	0,254	95700	0,0169	0,98	51,13	1871,86
110	0,2794	106700	0,0186	0,98	51,21	2083,42
120	0,3048	118500	0,0203	0,98	51,30	2309,83
130	0,3302	125200	0,0220	0,98	51,39	2436,21
140	0,3556	127600	0,0237	0,98	51,48	2478,61
150	0,381	136300	0,0254	0,97	51,57	2643,02
160	0,4064	145500	0,0271	0,97	51,66	2816,51
170	0,4318	156200	0,0288	0,97	51,75	3018,37
180	0,4572	167600	0,0305	0,97	51,84	3233,02
190	0,4826	169800	0,0322	0,97	51,93	3269,74
200	0,508	170800	0,0339	0,97	52,02	3283,24
210	0,5334	171400	0,0356	0,96	52,11	3289,00
220	0,5588	175900	0,0373	0,96	52,20	3369,42
230	0,5842	180500	0,0389	0,96	52,30	3451,45
240	0,6096	185100	0,0406	0,96	52,39	3533,18
250	0,635	196300	0,0423	0,96	52,48	3740,35
260	0,6604	203200	0,0440	0,96	52,57	3864,98
270	0,6858	210400	0,0457	0,95	52,67	3994,84
280	0,7112	214000	0,0474	0,95	52,76	4055,98
290	0,7366	216400	0,0491	0,95	52,86	4094,18
300	0,762	216600	0,0508	0,95	52,95	4090,66
310	0,7874	216500	0,0525	0,95	53,04	4081,48

(Ver figura 22)

Universidad Industrial de Santander
Escuela Ingenieria Civil
Laboratorio de Pavimentos
Tabla resumen de compresion Simple



Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacon	indice plastidad medio 40% finos-60% arenas	Area en cm	50,26
Humedad optima	8%	# probeta	2

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	31200	0,0017	1,00	50,35	619,72
20	0,0508	39400	0,0034	1,00	50,43	781,27
30	0,0762	53900	0,0051	0,99	50,52	1066,98
40	0,1016	65300	0,0068	0,99	50,60	1290,44
50	0,127	72100	0,0085	0,99	50,69	1422,39
60	0,1524	85200	0,0102	0,99	50,78	1677,96
70	0,1778	95300	0,0119	0,99	50,86	1873,66
80	0,2032	104300	0,0135	0,99	50,95	2047,10
90	0,2286	114500	0,0152	0,98	51,04	2243,43
100	0,254	127300	0,0169	0,98	51,13	2489,94
110	0,2794	131100	0,0186	0,98	51,21	2559,85
120	0,3048	144200	0,0203	0,98	51,30	2810,78
130	0,3302	145100	0,0220	0,98	51,39	2823,44
140	0,3556	150700	0,0237	0,98	51,48	2927,33
150	0,381	157500	0,0254	0,97	51,57	3054,11
160	0,4064	168900	0,0271	0,97	51,66	3269,48
170	0,4318	176200	0,0288	0,97	51,75	3404,85
180	0,4572	178100	0,0305	0,97	51,84	3435,57
190	0,4826	180200	0,0322	0,97	51,93	3470,00
200	0,508	188200	0,0339	0,97	52,02	3617,71
210	0,5334	188700	0,0356	0,96	52,11	3620,97
220	0,5588	192200	0,0373	0,96	52,20	3681,65
230	0,5842	196100	0,0389	0,96	52,30	3749,75
240	0,6096	197000	0,0406	0,96	52,39	3760,32
250	0,635	195200	0,0423	0,96	52,48	3719,39
260	0,6604	200200	0,0440	0,96	52,57	3807,92
270	0,6858	200700	0,0457	0,95	52,67	3810,66
280	0,7112	202200	0,0474	0,95	52,76	3832,33
290	0,7366	198100	0,0491	0,95	52,86	3747,95
300	0,762	198000	0,0508	0,95	52,95	3739,39
310	0,7874	185200	0,0525	0,95	53,04	3491,41

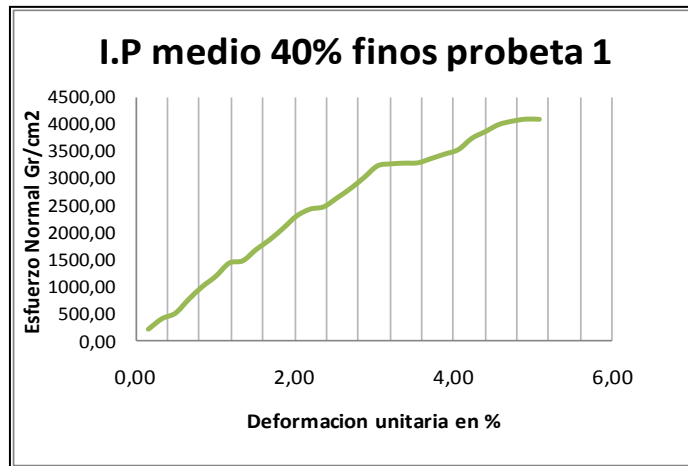
(Ver figura 23)



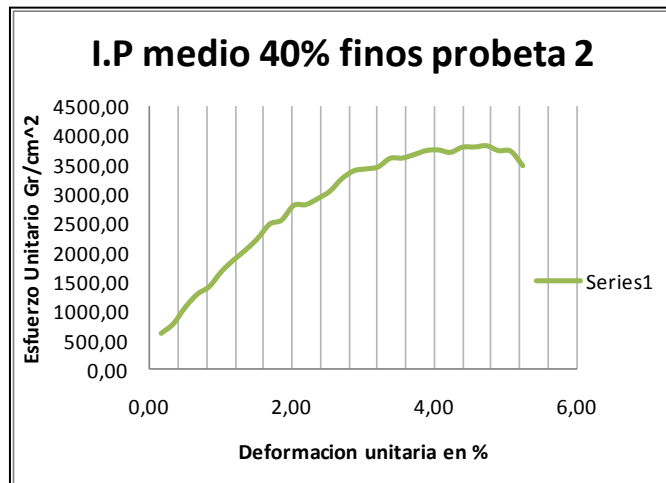
Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacon	indice plastidad medio 40% finos-60% arenas	Area en cm	50,26
Humedad optima	8%	# probeta	3

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	31600	0,0017	1,00	50,35	627,67
20	0,0508	46800	0,0034	1,00	50,43	928,00
30	0,0762	60600	0,0051	0,99	50,52	1199,61
40	0,1016	71200	0,0068	0,99	50,60	1407,04
50	0,127	76300	0,0085	0,99	50,69	1505,25
60	0,1524	82100	0,0102	0,99	50,78	1616,91
70	0,1778	95100	0,0119	0,99	50,86	1869,73
80	0,2032	101900	0,0135	0,99	50,95	1999,99
90	0,2286	111400	0,0152	0,98	51,04	2182,70
100	0,254	118300	0,0169	0,98	51,13	2313,90
110	0,2794	124300	0,0186	0,98	51,21	2427,07
120	0,3048	128000	0,0203	0,98	51,30	2495,01
130	0,3302	135800	0,0220	0,98	51,39	2642,47
140	0,3556	137500	0,0237	0,98	51,48	2670,92
150	0,381	142100	0,0254	0,97	51,57	2755,48
160	0,4064	147300	0,0271	0,97	51,66	2851,36
170	0,4318	148500	0,0288	0,97	51,75	2869,58
180	0,4572	152900	0,0305	0,97	51,84	2949,45
190	0,4826	154300	0,0322	0,97	51,93	2971,26
200	0,508	156900	0,0339	0,97	52,02	3016,04
210	0,5334	160100	0,0356	0,96	52,11	3072,16
220	0,5588	168300	0,0373	0,96	52,20	3223,84
230	0,5842	174200	0,0389	0,96	52,30	3330,99
240	0,6096	185100	0,0406	0,96	52,39	3533,18
250	0,635	199300	0,0423	0,96	52,48	3797,51
260	0,6604	180200	0,0440	0,96	52,57	3427,50
270	0,6858	169200	0,0457	0,95	52,67	3212,58
280	0,7112	152100	0,0474	0,95	52,76	2882,78

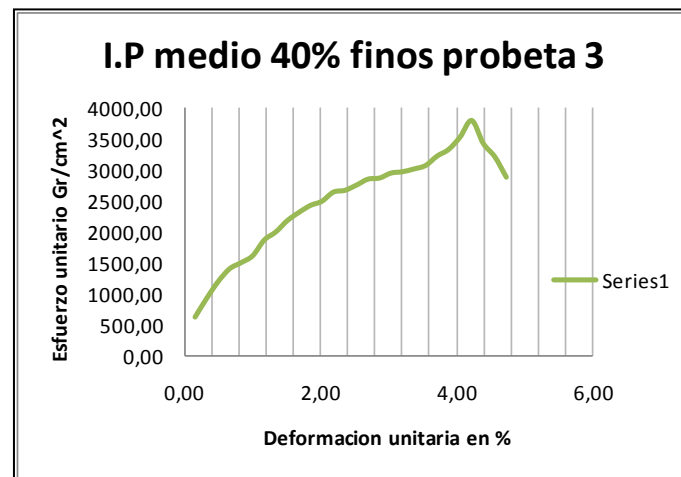
(Ver figura 24)



Gráfica 36: ANEXO AP. medio 40- probeta 1



Gráfica 37: ANEXO AP. medio 40- probeta 2



Gráfica 38: ANEXO AP. medio 40- probeta 3

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE, LECTURA DE FALLA DE PROBETAS
CON DOSIFICACIÓN 25%FINOS - 75% ARENAS;
ÍNDICE DE PLASTICIDAD MEDIO.**

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos Tabla resumen de compresion Simple						
Fecha	30-Abr-10		Longitud en cm	15		
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad					
Localización	indice plastidad medio 25% finos-75% arenas		Area en cm	50,26		
Humedad optima	8%		# probeta	1		
lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	21900	0,0017	1,00	50,35	435,00
20	0,0508	30400	0,0034	1,00	50,43	602,81
30	0,0762	39100	0,0051	0,99	50,52	774,00
40	0,1016	46800	0,0068	0,99	50,60	924,85
50	0,127	53000	0,0085	0,99	50,69	1045,59
60	0,1524	58600	0,0102	0,99	50,78	1154,09
70	0,1778	65100	0,0119	0,99	50,86	1279,91
80	0,2032	69200	0,0135	0,99	50,95	1358,19
90	0,2286	77300	0,0152	0,98	51,04	1514,56
100	0,254	79200	0,0169	0,98	51,13	1549,12
110	0,2794	81900	0,0186	0,98	51,21	1599,17
120	0,3048	89500	0,0203	0,98	51,30	1744,56
130	0,3302	91300	0,0220	0,98	51,39	1776,57
140	0,3556	98700	0,0237	0,98	51,48	1917,23
150	0,381	100100	0,0254	0,97	51,57	1941,06
160	0,4064	102400	0,0271	0,97	51,66	1982,21
170	0,4318	104700	0,0288	0,97	51,75	2023,20
180	0,4572	112800	0,0305	0,97	51,84	2175,92
190	0,4826	115900	0,0322	0,97	51,93	2231,82
200	0,508	129700	0,0339	0,97	52,02	2493,19
210	0,5334	151200	0,0356	0,96	52,11	2901,38
220	0,5588	167900	0,0373	0,96	52,20	3216,18
230	0,5842	175300	0,0389	0,96	52,30	3352,02
240	0,6096	187700	0,0406	0,96	52,39	3582,81
250	0,635	182400	0,0423	0,96	52,48	3475,50
260	0,6604	170700	0,0440	0,96	52,57	3246,81

(Ver figura 25)

Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacon	indice plastidad medio 25% finos-75% arenas	Area en cm	50,26
Humedad optima	8%	# probeta	2

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	15600	0,0017	1,00	50,35	309,86
20	0,0508	29600	0,0034	1,00	50,43	586,94
30	0,0762	40900	0,0051	0,99	50,52	809,63
40	0,1016	56100	0,0068	0,99	50,60	1108,64
50	0,127	70900	0,0085	0,99	50,69	1398,72
60	0,1524	80300	0,0102	0,99	50,78	1581,46
70	0,1778	100600	0,0119	0,99	50,86	1977,87
80	0,2032	114100	0,0135	0,99	50,95	2239,44
90	0,2286	125800	0,0152	0,98	51,04	2464,84
100	0,254	136900	0,0169	0,98	51,13	2677,71
110	0,2794	143800	0,0186	0,98	51,21	2807,83
120	0,3048	151400	0,0203	0,98	51,30	2951,13
130	0,3302	156100	0,0220	0,98	51,39	3037,48
140	0,3556	160200	0,0237	0,98	51,48	3111,86
150	0,381	162000	0,0254	0,97	51,57	3141,37
160	0,4064	169700	0,0271	0,97	51,66	3284,96
170	0,4318	170000	0,0288	0,97	51,75	3285,04
180	0,4572	173800	0,0305	0,97	51,84	3352,62
190	0,4826	175000	0,0322	0,97	51,93	3369,87
200	0,508	176100	0,0339	0,97	52,02	3385,12
210	0,5334	176900	0,0356	0,96	52,11	3394,54
220	0,5588	173000	0,0373	0,96	52,20	3313,87
230	0,5842	168000	0,0389	0,96	52,30	3212,43

(Ver figura 26)

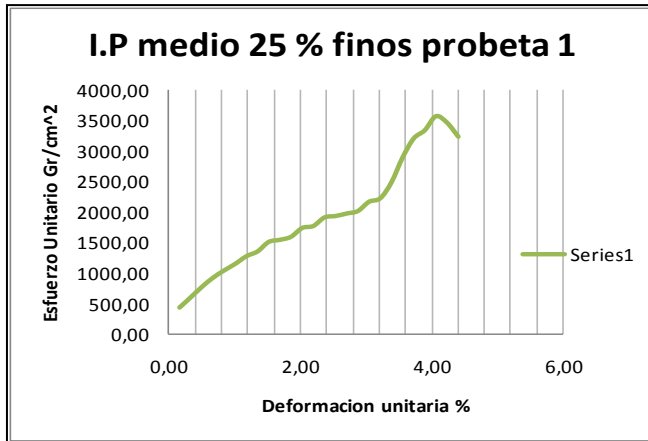
Universidad Industrial de Santander
Escuela Ingenieria Civil
Laboratorio de Pavimentos
Tabla resumen de compresion Simple



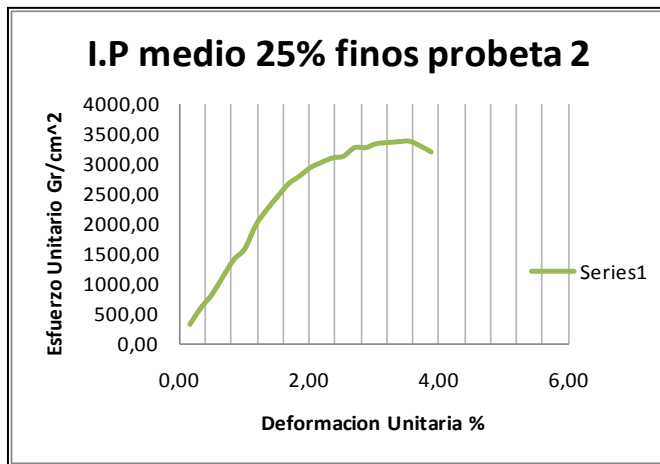
Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacon	indice plastidad medio 25% finos-75% arenas	Area en cm	50,26
Humedad optima	8%	# probeta	3

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	12200	0,0017	1,00	50,35	242,33
20	0,0508	18300	0,0034	1,00	50,43	362,87
30	0,0762	20100	0,0051	0,99	50,52	397,89
40	0,1016	25400	0,0068	0,99	50,60	501,95
50	0,127	30000	0,0085	0,99	50,69	591,84
60	0,1524	35100	0,0102	0,99	50,78	691,27
70	0,1778	39000	0,0119	0,99	50,86	766,77
80	0,2032	43100	0,0135	0,99	50,95	845,92
90	0,2286	45600	0,0152	0,98	51,04	893,46
100	0,254	52100	0,0169	0,98	51,13	1019,06
110	0,2794	56200	0,0186	0,98	51,21	1097,36
120	0,3048	61000	0,0203	0,98	51,30	1189,03
130	0,3302	64400	0,0220	0,98	51,39	1253,13
140	0,3556	70200	0,0237	0,98	51,48	1363,62
150	0,381	72900	0,0254	0,97	51,57	1413,62
160	0,4064	78100	0,0271	0,97	51,66	1511,82
170	0,4318	79600	0,0288	0,97	51,75	1538,17
180	0,4572	80500	0,0305	0,97	51,84	1552,85
190	0,4826	88000	0,0322	0,97	51,93	1694,56
200	0,508	91400	0,0339	0,97	52,02	1756,96
210	0,5334	91600	0,0356	0,96	52,11	1757,71
220	0,5588	92500	0,0373	0,96	52,20	1771,87
230	0,5842	96300	0,0389	0,96	52,30	1841,41
240	0,6096	96800	0,0406	0,96	52,39	1847,71
250	0,635	110500	0,0423	0,96	52,48	2105,49
260	0,6604	118300	0,0440	0,96	52,57	2250,13
270	0,6858	128400	0,0457	0,95	52,67	2437,91
280	0,7112	136600	0,0474	0,95	52,76	2589,00
290	0,7366	145900	0,0491	0,95	52,86	2760,35
300	0,762	153200	0,0508	0,95	52,95	2893,30
310	0,7874	159100	0,0525	0,95	53,04	2999,37
320	0,8128	153800	0,0542	0,95	53,14	2894,27
330	0,8382	150000	0,0559	0,94	53,23	2817,71

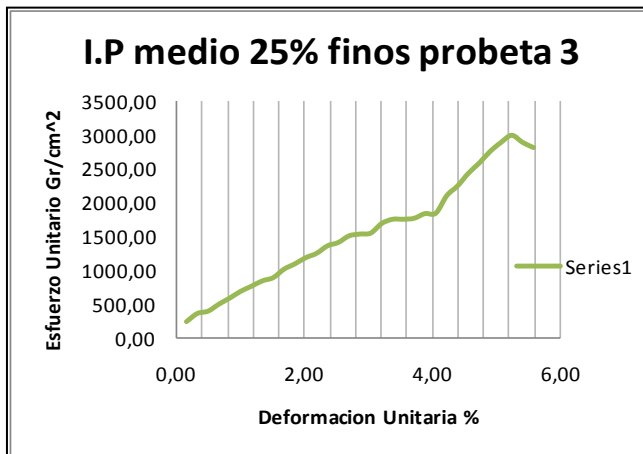
(Ver figura 27)



Gráfica 39. ANEXO AP. medio25- probeta 1




Gráfica 40. ANEXO AP. medio25- probeta 2



Gráfica 41. ANEXO AP. medio 25- probeta 3

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE, LECTURA DE FALLA DE PROBETAS
CON DOSIFICACIÓN 40%FINOS -60% ARENAS; I. D. P BAJO.**

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos Tabla resumen de compresion Simple			
Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacion	indice plastidad bajo 40% finos-60% arenas	Area en cm	50,26
Humedad optima	8%	# probeta	1

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	14900	0,0017	1,00	50,35	295,96
20	0,0508	23200	0,0034	1,00	50,43	460,04
30	0,0762	30600	0,0051	0,99	50,52	605,74
40	0,1016	39100	0,0068	0,99	50,60	772,69
50	0,127	46000	0,0085	0,99	50,69	907,49
60	0,1524	51500	0,0102	0,99	50,78	1014,26
70	0,1778	56100	0,0119	0,99	50,86	1102,97
80	0,2032	62900	0,0135	0,99	50,95	1234,54
90	0,2286	69800	0,0152	0,98	51,04	1367,61
100	0,254	78300	0,0169	0,98	51,13	1531,52
110	0,2794	88200	0,0186	0,98	51,21	1722,19
120	0,3048	90500	0,0203	0,98	51,30	1764,05
130	0,3302	100300	0,0220	0,98	51,39	1951,69
140	0,3556	107200	0,0237	0,98	51,48	2082,34
150	0,381	117100	0,0254	0,97	51,57	2270,71
160	0,4064	121000	0,0271	0,97	51,66	2342,25
170	0,4318	128300	0,0288	0,97	51,75	2479,24
180	0,4572	137200	0,0305	0,97	51,84	2646,60
190	0,4826	140000	0,0322	0,97	51,93	2695,90
200	0,508	142000	0,0339	0,97	52,02	2729,62
210	0,5334	142100	0,0356	0,96	52,11	2726,76
220	0,5588	146200	0,0373	0,96	52,20	2800,51
230	0,5842	155800	0,0389	0,96	52,30	2979,15
240	0,6096	158100	0,0406	0,96	52,39	3017,80
250	0,635	160100	0,0423	0,96	52,48	3050,59
260	0,6604	164900	0,0440	0,96	52,57	3136,49
270	0,6858	170800	0,0457	0,95	52,67	3242,96
280	0,7112	174000	0,0474	0,95	52,76	3297,85
290	0,7366	177500	0,0491	0,95	52,86	3358,21
300	0,762	178300	0,0508	0,95	52,95	3367,34
310	0,7874	178400	0,0525	0,95	53,04	3363,22
320	0,8128	170200	0,0542	0,95	53,14	3202,89

(Ver figura 28)



Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacion	indice plastidad bajo 40% finos-60% arenas	Area en cm ²	50,26
Humedad optima	8%	# probeta	2

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	24300	0,0017	1,00	50,35	482,67
20	0,0508	28500	0,0034	1,00	50,43	565,13
30	0,0762	36600	0,0051	0,99	50,52	724,51
40	0,1016	41300	0,0068	0,99	50,60	816,16
50	0,127	51300	0,0085	0,99	50,69	1012,05
60	0,1524	59200	0,0102	0,99	50,78	1165,91
70	0,1778	67200	0,0119	0,99	50,86	1321,20
80	0,2032	73800	0,0135	0,99	50,95	1448,47
90	0,2286	78100	0,0152	0,98	51,04	1530,24
100	0,254	83900	0,0169	0,98	51,13	1641,05
110	0,2794	88600	0,0186	0,98	51,21	1730,00
120	0,3048	89900	0,0203	0,98	51,30	1752,35
130	0,3302	99300	0,0220	0,98	51,39	1932,23
140	0,3556	102100	0,0237	0,98	51,48	1983,28
150	0,381	110000	0,0254	0,97	51,57	2133,03
160	0,4064	118500	0,0271	0,97	51,66	2293,86
170	0,4318	128300	0,0288	0,97	51,75	2479,24
180	0,4572	130700	0,0305	0,97	51,84	2521,21
190	0,4826	141000	0,0322	0,97	51,93	2715,15
200	0,508	145700	0,0339	0,97	52,02	2800,75
210	0,5334	149700	0,0356	0,96	52,11	2872,60
220	0,5588	150500	0,0373	0,96	52,20	2882,88
230	0,5842	155400	0,0389	0,96	52,30	2971,50
240	0,6096	159800	0,0406	0,96	52,39	3050,25
250	0,635	164900	0,0423	0,96	52,48	3142,05
260	0,6604	172300	0,0440	0,96	52,57	3277,24
270	0,6858	179300	0,0457	0,95	52,67	3404,35
280	0,7112	180200	0,0474	0,95	52,76	3415,36
290	0,7366	175300	0,0491	0,95	52,86	3316,59
300	0,762	164100	0,0508	0,95	52,95	3099,16

(Ver figura 29)

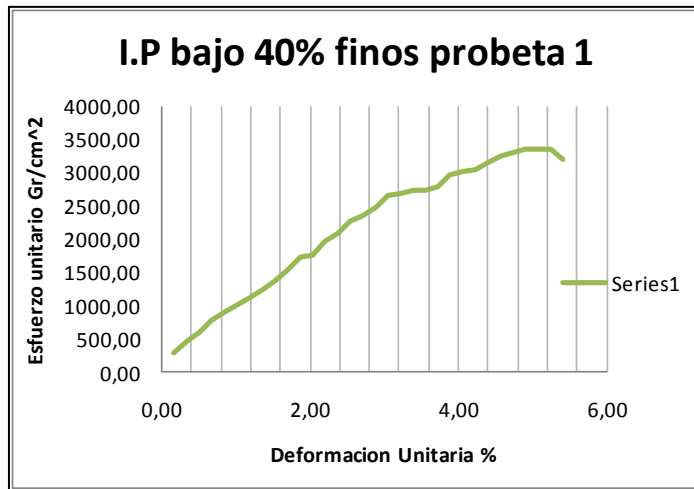
Universidad Industrial de Santander
 Escuela Ingenieria Civil
 Laboratorio de Pavimentos
 Tabla resumen de compresion Simple



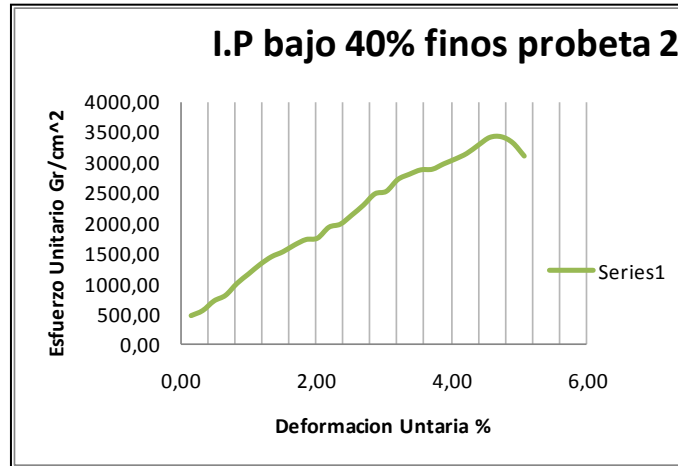
Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacon	indice plastidad bajo 40% finos-60% arenas	Area en cm	50,26
Humedad optima	8%	# probeta	3

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	19200	0,0017	1,00	50,35	381,37
20	0,0508	28400	0,0034	1,00	50,43	563,15
30	0,0762	34200	0,0051	0,99	50,52	677,00
40	0,1016	41200	0,0068	0,99	50,60	814,19
50	0,127	50800	0,0085	0,99	50,69	1002,19
60	0,1524	58200	0,0102	0,99	50,78	1146,21
70	0,1778	66500	0,0119	0,99	50,86	1307,44
80	0,2032	74100	0,0135	0,99	50,95	1454,36
90	0,2286	76400	0,0152	0,98	51,04	1496,93
100	0,254	84000	0,0169	0,98	51,13	1643,01
110	0,2794	90500	0,0186	0,98	51,21	1767,10
120	0,3048	99400	0,0203	0,98	51,30	1937,53
130	0,3302	105600	0,0220	0,98	51,39	2054,82
140	0,3556	109700	0,0237	0,98	51,48	2130,91
150	0,381	116200	0,0254	0,97	51,57	2253,25
160	0,4064	120800	0,0271	0,97	51,66	2338,38
170	0,4318	129200	0,0288	0,97	51,75	2496,63
180	0,4572	131500	0,0305	0,97	51,84	2536,65
190	0,4826	138700	0,0322	0,97	51,93	2670,86
200	0,508	147700	0,0339	0,97	52,02	2839,19
210	0,5334	150500	0,0356	0,96	52,11	2887,95
220	0,5588	155300	0,0373	0,96	52,20	2974,82
230	0,5842	160500	0,0389	0,96	52,30	3069,02
240	0,6096	163300	0,0406	0,96	52,39	3117,06
250	0,635	165900	0,0423	0,96	52,48	3161,10
260	0,6604	168300	0,0440	0,96	52,57	3201,16
270	0,6858	170100	0,0457	0,95	52,67	3229,67
280	0,7112	173200	0,0474	0,95	52,76	3282,69
290	0,7366	175600	0,0491	0,95	52,86	3322,26
300	0,762	179100	0,0508	0,95	52,95	3382,45
310	0,7874	184600	0,0525	0,95	53,04	3480,10
320	0,8128	179200	0,0542	0,95	53,14	3372,26
330	0,8382	179200	0,0559	0,94	53,23	3366,22
340	0,8636	179200	0,0576	0,94	53,33	3360,18

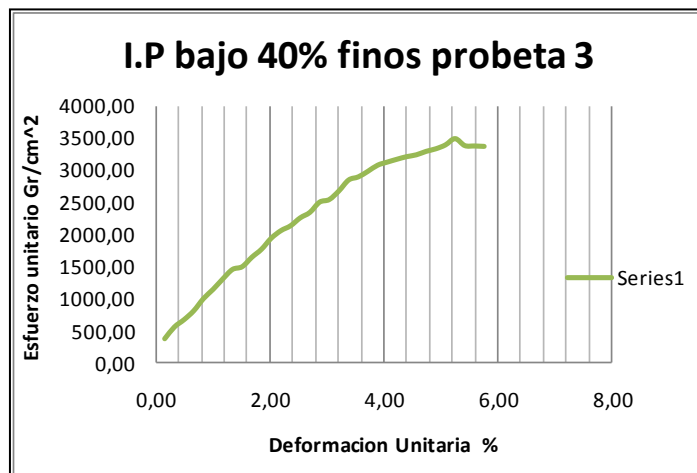
(Ver figura 30)



Gráfica 42. ANEXO AP. bajo40- probeta 1




Gráfica 43. ANEXO AP. bajo40- probeta 2



Gráfica 44. ANEXO AP. bajo-40- probeta 3

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE, LECTURA DE FALLA DE PROBETAS
CON DOSIFICACIÓN 25%FINOS - 75% ARENAS;
ÍNDICE DE PLASTICIDAD BAJO.**

Universidad Industrial de Santander Escuela Ingenieria Civil Laboratorio de Pavimentos Tabla resumen de compresion Simple		 	
Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacon	indice plastidad bajo 25% finos-75% arenas	Area en cm	50,26
Humedad optima	8%	# probeta	1

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	18400	0,0017	1,00	50,35	365,48
20	0,0508	21600	0,0034	1,00	50,43	428,31
30	0,0762	23400	0,0051	0,99	50,52	463,21
40	0,1016	24500	0,0068	0,99	50,60	484,16
50	0,127	26800	0,0085	0,99	50,69	528,71
60	0,1524	43900	0,0102	0,99	50,78	864,58
70	0,1778	55800	0,0119	0,99	50,86	1097,07
80	0,2032	65600	0,0135	0,99	50,95	1287,53
90	0,2286	77000	0,0152	0,98	51,04	1508,69
100	0,254	89500	0,0169	0,98	51,13	1750,59
110	0,2794	100000	0,0186	0,98	51,21	1952,59
120	0,3048	111200	0,0203	0,98	51,30	2167,54
130	0,3302	122700	0,0220	0,98	51,39	2387,56
140	0,3556	130700	0,0237	0,98	51,48	2538,83
150	0,381	138900	0,0254	0,97	51,57	2693,43
160	0,4064	143400	0,0271	0,97	51,66	2775,86
170	0,4318	149500	0,0288	0,97	51,75	2888,91
180	0,4572	152100	0,0305	0,97	51,84	2934,02
190	0,4826	158200	0,0322	0,97	51,93	3046,36
200	0,508	155500	0,0339	0,97	52,02	2989,13
210	0,5334	155700	0,0356	0,96	52,11	2987,73
220	0,5588	153500	0,0373	0,96	52,20	2940,34
230	0,5842	152700	0,0389	0,96	52,30	2919,87

(Ver figura 31)



Fecha	29-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacon	indice plastidad bajo 25% finos-75% arenas	Area en cm	50,26
humedad optima	8%	# probeta	2

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	19400	0,0017	1,00	50,35	385,34
20	0,0508	26300	0,0034	1,00	50,43	521,51
30	0,0762	34400	0,0051	0,99	50,52	680,96
40	0,1016	43200	0,0068	0,99	50,60	853,71
50	0,127	51900	0,0085	0,99	50,69	1023,89
60	0,1524	58700	0,0102	0,99	50,78	1156,06
70	0,1778	70400	0,0119	0,99	50,86	1384,11
80	0,2032	80600	0,0135	0,99	50,95	1581,94
90	0,2286	90300	0,0152	0,98	51,04	1769,28
100	0,254	96100	0,0169	0,98	51,13	1879,68
110	0,2794	97000	0,0186	0,98	51,21	1894,02
120	0,3048	108100	0,0203	0,98	51,30	2107,11
130	0,3302	112900	0,0220	0,98	51,39	2196,87
140	0,3556	121300	0,0237	0,98	51,48	2356,24
150	0,381	132400	0,0254	0,97	51,57	2567,39
160	0,4064	143400	0,0271	0,97	51,66	2775,86
170	0,4318	144000	0,0288	0,97	51,75	2782,62
180	0,4572	152500	0,0305	0,97	51,84	2941,74
190	0,4826	156000	0,0322	0,97	51,93	3004,00
200	0,508	159100	0,0339	0,97	52,02	3058,33
210	0,5334	165000	0,0356	0,96	52,11	3166,19
220	0,5588	169300	0,0373	0,96	52,20	3243,00
230	0,5842	170600	0,0389	0,96	52,30	3262,15
240	0,6096	169900	0,0406	0,96	52,39	3243,04
250	0,635	175400	0,0423	0,96	52,48	3342,12
260	0,6604	177400	0,0440	0,96	52,57	3374,25
270	0,6858	177100	0,0457	0,95	52,67	3362,57
280	0,7112	176200	0,0474	0,95	52,76	3339,55
290	0,7366	171100	0,0491	0,95	52,86	3237,12

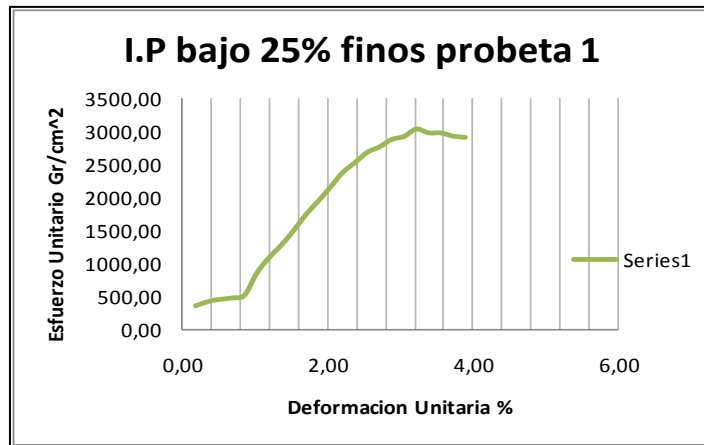
(Ver figura 32)



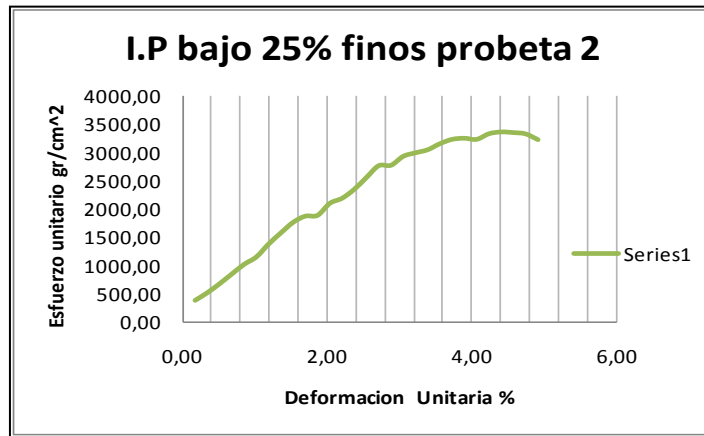
Fecha	30-Abr-10	Longitud en cm	15
Proyecto	variacion de la resistencia suelos fino granulares con difirente indice de plasticidad		
Localizacon	indice plastidad bajo 25% finos-75% arenas	Area en cm	50,26
Humedad optima	8%	# probeta	3

lectura deformimetro en pulg # lineas	Deformacion vertical cm	Carga vertical (gr)	Deformacion unitaria	1 -ε	Area corregida	esfuerzo (gr/cm ²)
10	0,0254	20000	0,0017	1,00	50,35	397,26
20	0,0508	25400	0,0034	1,00	50,43	503,66
30	0,0762	30100	0,0051	0,99	50,52	595,84
40	0,1016	33800	0,0068	0,99	50,60	667,95
50	0,127	36900	0,0085	0,99	50,69	727,97
60	0,1524	41200	0,0102	0,99	50,78	811,41
70	0,1778	43800	0,0119	0,99	50,86	861,14
80	0,2032	46100	0,0135	0,99	50,95	904,80
90	0,2286	50100	0,0152	0,98	51,04	981,63
100	0,254	54300	0,0169	0,98	51,13	1062,09
110	0,2794	57100	0,0186	0,98	51,21	1114,93
120	0,3048	59900	0,0203	0,98	51,30	1167,59
130	0,3302	63800	0,0220	0,98	51,39	1241,46
140	0,3556	66000	0,0237	0,98	51,48	1282,04
150	0,381	68500	0,0254	0,97	51,57	1328,29
160	0,4064	71000	0,0271	0,97	51,66	1374,38
170	0,4318	73600	0,0288	0,97	51,75	1422,23
180	0,4572	78500	0,0305	0,97	51,84	1514,27
190	0,4826	85200	0,0322	0,97	51,93	1640,65
200	0,508	89300	0,0339	0,97	52,02	1716,59
210	0,5334	98200	0,0356	0,96	52,11	1884,36
220	0,5588	101500	0,0373	0,96	52,20	1944,27
230	0,5842	117400	0,0389	0,96	52,30	2244,88
240	0,6096	129000	0,0406	0,96	52,39	2462,34
250	0,635	145200	0,0423	0,96	52,48	2766,68
260	0,6604	151000	0,0440	0,96	52,57	2872,10
270	0,6858	174400	0,0457	0,95	52,67	3311,31
280	0,7112	163200	0,0474	0,95	52,76	3093,16
290	0,7366	153100	0,0491	0,95	52,86	2896,57
300	0,762	150000	0,0508	0,95	52,95	2832,87

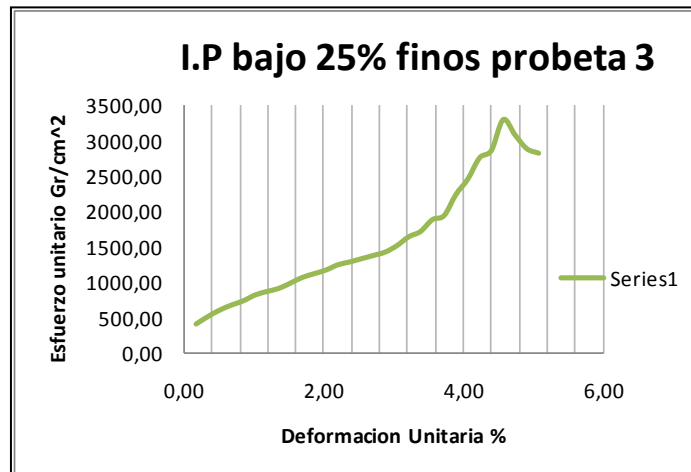
(Ver figura 33)



Gráfica 45. ANEXO AP. bajo 25-probeta 1



Gráfica 46. ANEXO AP. bajo25- probeta 2



Gráfica 47. ANEXO AP. bajo25- Probeta 3