

Dedicatorias

Le dedico mi Trabajo Especial de Grado en primer lugar a dios y la virgen, a mi amado abuelo Isidoro Rodríguez, que desde el cielo me sigue guiando en todos mis pasos, a mi abuela Perfecta Elvira de Rodríguez por todo su amor y mis amados padres Ely Carolina Rodríguez y Eduardo Vergel.

María Fernanda Vergel

Le dedico este Trabajo Especial de Grado principalmente a Dios por siempre cuidar de mí y de mis seres queridos, y a mis padres Antonia Guevara y Pedro Villa por todo el amor con el que me han bendecido.

Alejandra Villa

Agradecimientos

Agradezco a Dios por siempre iluminar mis pasos hasta lograr cumplir esta meta tan importante.

A mí amada madre Carolina Rodríguez, por su amor y comprensión durante toda la carrera, por saber educarme con buenos valores y tener la paciencia para estar a mi lado en todo momento y demostrarme el amor más grande. Te Amo

A mi Amado padre Eduardo Vergel, por ser mi motivador y pilar fundamental de la decisión de estudiar ingeniería civil, gracias por las innumerables veces que fuiste por mí a la universidad sin importar las largas horas de espera siempre me recibiste con una palabra de apoyo. Te Amo.

A la Licencianda en biología más brillante que esta tierra ha visto nacer y tengo la dicha que sea mi hermana, gracias por ser mi cómplice y mejor amiga, por apoyarme siempre a concluir esta meta tan importante.

A mi amado novio Jesús Alejandro Pacheco, gracias por ser mi roca en todo momento, por estar a mi lado durante la etapa más importante de mi carrera, por darme la fuerza y la motivación las veces que sentía que no podría alcanzar esta meta. Espero que dios y la virgen me den la dicha de poder seguir teniéndote en mi vida.

A mi Padrinos que Mariela de Salcedo y José Francisco Salcedo que han compartido conmigo todos los momentos y logros más importantes.

A mis tíos, que todos de alguna manera siempre estuvieron pendientes de mi formación profesional, brindado su apoyo en todo lo que me fuese necesario, muy en especial a mis tías Evelyn Rodríguez, Elizabeth Rodríguez y Magali González.

A la abogada más bella mi prima Sharon y la futura Comunicadora Social Aranza Rodríguez por ser las primas más amables y cariñosa que existen.

Inmensamente agradecida con Alejandra Villa Guevara, por ser mi compañera no solo de tesis sino amiga incondicional desde el primer día que pise la que sería mi casa de estudio.

A mis grandes amigas y ahora colegas Stanzy Moreno y Dayana Escalona por ser mis compañeras inseparables y demostrarme una amistad verdadera llena de buenos recuerdos.

Sin duda alguna a todos los amigos y ahora futuros colegas que fui acumulando durante mi paso por la universidad, siendo todos de gran importancia, en especial a Williana González, Andrea Alvarado, Andrea Narváez, Katherine de Pino, Diana Garrido, Luis Fernando, Leo Hidalgo, Helen Barroso, Angie González, Javier Díaz, Karolina Franchini, Yajaira Zamoray Edgar García.

A mi tutor el Ing. Heriberto Echezuria por aceptar el reto de guiarnos en el paso final de nuestra carrera universitaria.

Por supuesto agradecer a todo el personal de A&G que me ayudaron durante la realización de todos los ensayos y me brindaron su apoyo en todo lo necesario.

Igualmente agradecida a la casa de estudio que me formo y me convirtió en la profesional que soy.

María Fernanda Vergel

A Dios por siempre guiarme, cuidarme, mostrarme su inmenso amor e iluminar mi vida. También por ser una parte fundamental de mi vida y la de mi familia y todo lo que ha hecho por ella.

A mi madre, Antonia María Guevara, por ser una madre excepcional, mi fundación, mi mejor amiga, amarme incondicionalmente y guía en todo momento. Por formarme, enseñarme los buenos valores, el nunca darme por vencida, por apoyarme en todo, por siempre darme fuerzas, por ayudarme en todo lo que pueda y esos abrazos de madre que no se pueden comprar con nada en el mundo.

A mi padre, Pedro Alejandro Villa, por ser un excelente padre, un gran consejero y por amarme incondicionalmente. El que me enseñó el valor de dar y mantener su palabra, hacer las cosas correctamente y al momento de cometer un error, saber cómo aceptarlo, corregirlo y seguir adelante siempre. El que sin saberlo me guió a esta carrera y que me enseñó que con disciplina y constancia se logran grandes metas. Gracias a ambos por darme lo mejor de ustedes siempre.

A toda mi familia, que siempre de una u otra manera están presentes y nos han ayudado en lo que pueden. A Rubén y Andrea Villa por ser grandes personas y sus hermosos hijos que llenan la vida de alegría, Michelle, Salvador y Sebastián. A mi primo Francisco Pinto por todo su amor y cariño, por siempre estar pendiente de mí. A mis padrinos, Nelsi Becerra y Efrain Cedeño, por su amor, apoyo, consejos y compañía. A mi hermano, cuñada y adorable sobrino Santiago.

A dos grandes mujeres que las considero como hermanas de sangre, María Sandoval y Michelle Rojas, que han estado conmigo en las buenas como en las malas, mis grandes confidentes con las que he aprendido mucho sobre la vida y lo que es una amistad verdadera y duradera. A María Rojas, por tratarme como otra hermana, ayudarme, guiarme y su por su amistad.

A María Fernanda Vergel, que no es solo mi compañera de tesis sino mi mejor amiga, “BFF”, por su amistad incondicional, que siempre me ayuda y aconseja, por cuidar de mi y por convertirse en una persona de confianza desde el primer día que la conocí.

A mis mejores amigas a las quien quiero, aprecio y admiro, Anabel Chacón, Yaneiska Belandria y Emily Bolívar. Todas excelentes personas que me han brindado una amistad incondicional, con las que puedo contar para los momentos buenos y malos, con unos corazones gigantescos y nobles.

A mis grandes amigos que sin duda alguna tienen un futuro espectacular por delante, Angielik González, Leonardo Hidalgo, Helen Barroso, Samuel Zambrano, Tomas Pineda, Luis De Gouveia, Karolina Franchini, Yajaira Zamora, Stanzy Moreno, Dayana Escalona, Katy De Pinho, Daniel Uris, Henry Velasquez, Nolbert Mosquera, Carlix Peña y Ninoska González.

A Heriberto Echezuria, por ser un gran tutor, siempre pendiente de sus tesis, por su creatividad, por confiarnos este gran tema de tesis y por ser una gran persona.

Al laboratorio de la UCAB, al Profesor Hugo Pérez Ayala por su gran ayuda como también a la empresa A&G, sobre todo a Eudomar Henriquez, Pedro Henriquez, Carmen Rosales, Jeanka Rivas, Liliana Gómez, Anthony Zafra y al Sr. Jesús Villegas, porque sin la ayuda invaluable de estas hermosas personas nada de esto hubiese sido posible.

A mi casa de estudio, Universidad Católica Andrés Bello, por formarme, por su calidad de trato humano como también calidad académica, por todas las experiencias vividas y por darme la oportunidad de conocer a toda la gente maravillosa que he conocido al pasar los años.

Alejandra Villa Guevara

Sinopsis

En la Ingeniería Civil es indispensable conocer el tipo de suelo con el cual se va a trabajar para desarrollar las distintas obras civiles satisfactoriamente. Generalmente se estudia el suelo sin considerar que realmente es una mezcla de distintos materiales, ya que es raro encontrar en la práctica con un suelo hecho de una sola fracción, bien sea plástica o no plástica. Esto puede ser perjudicial en algunos casos ya que la fracción que no se toma en cuenta puede alterar significativamente las características y el comportamiento de dicho suelo. En el presente trabajo especial de investigación se evaluará la influencia que tienen los suelos no plásticos en una matriz de arcilla, desde sus propiedades índices, pasando por su resistencia al corte no drenado y por la tendencia a la licuación.

En general, la ocurrencia de la licuación está asociada directamente con suelos no plásticos, por lo cual no se le imparte mucha importancia cuando se trabaja con suelos arcillosos. Sin embargo, existen evidencias de que algunos materiales con plasticidad han licuado durante sismos intensos en distintas partes del mundo. Por ende se estudiarán los cambios de comportamiento de una arcilla, debido a los cambios en el contenido de materiales no plásticos en la misma. De esta manera se establecerá la frontera entre el contenido de materiales no plásticos con la susceptibilidad a la licuación aun cuando dicho suelo presente propiedades plásticas.

Índice General

Dedicatorias	ii
Agradecimientos	iii
Sinopsis	vii
Índice General	viii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tablas	xiii
Índice de Gráficos	xiv
Índice de Anexos.....	xv
Introducción	1
Capítulo I.....	2
1.1.- Planteamiento del Problema	2
1.2.- Antecedentes.....	2
1.3.- Alcance y Limitaciones	5
1.4.- Objetivos.....	6
1.4.1.- Objetivo General.....	6
1.4.2.- Objetivos Específicos.....	6
Capítulo II	7
Marco Teórico.....	7
2.1.- Reseña Histórica	7
2.2.- Fundamentos Teóricos.....	10
2.3.- Definiciones.....	13
2.4.- Descripción del Estudio.....	14
Capítulo III.....	17

Marco Metodológico.....	17
3.1.- Fases de un experimento	17
3.1.1.- Tipos de Variables	17
3.2.- Características de los Materiales	18
3.3.- Ensayos Característicos Realizados en las Mezclas.....	18
3.3.1.- Granulometría por Tamices	18
3.3.2.- Granulometría por Hidrómetro	20
3.3.3.- Gravedad Específica	23
3.3.4.- Límites de Atterberg	25
3.4.- Ensayos Especiales Realizados en las Mezclas.....	27
3.4.1.- Ensayo de Veleta de Laboratorio.....	27
3.4.2.- Ensayo de Consolidación.....	31
3.4.3.- Ensayo de Corte Directo	33
Capítulo IV	40
Desarrollo.....	40
4.1.- Preparación de los Tres Materiales y su Clasificación.....	40
4.1.1.- Preparación de las Muestras	40
4.1.2.- Clasificación	42
4.2.- Preparación de las Mezclas y Clasificación de las Mezclas.....	42
4.2.1.- Preparación de Mezcla No Plástico Fino + Grueso	42
4.2.2.- Preparación de Mezcla No Plástico Fino.....	43
4.2.3.- Clasificación de las mezclas por S.U.C.S y AASHTO.....	44
4.3.- Resultados de Veletas.....	45
4.4.- Resultados de Consolidación.....	51
4.5.- Resultados de Corte.....	52
Capítulo V.....	58
Conclusiones.....	58
Capítulo VI.....	59

Recomendaciones.....	59
Anexos	60
Referencias Bibliográficas	121

Índice de Figuras

Figura 1: Grafico de Relación Entre el Índice Plástico y el Porcentaje de Material Fino. Fuente: (Nutí & Serrano, 1999).....	3
Figura 2: Cambios esperados en la pendiente de las Rectas $\log(S_u)$ - $\log(w)$ a medida que aumenta el contenido de arcilla en un suelo con una fracción no plástica fija. Fuente: (Echezuría, 2014).....	4
Figura 3: Rango de suelos plásticos licuables estudiados por Seed y Wang, fide Boulanger e Idriss. (Echezuría, 2014).....	5
Figura 4: Edificios en Niigata, Japón después de Sismo.	15
Figura 5: Tamices Utilizados. Fuente: Propia	19
Figura 6: Balanza con precisión 0,1 gr. Fuente: Propia.....	19
Figura 7: Horno de 150° C. Fuente: Propia	19
Figura 8: Hidrómetro Normalizado “ASTM 152 H”. Fuente: (Pérez Ayala, 2012).....	21
Figura 10: Agitadora Eléctrica con Vaso de Dispersión. Fuente: Propia	21
Figura 9: Desfloculante. Fuente: Propia	21
Figura 11: Montaje de Ensayo de Hidrómetro.....	22
Figura 12: Picnómetro con Muestra de Limo. Fuente: Propia.....	23
Figura 13: Balanza de 0,01 gr. Fuente: Propia	23
Figura 14: Bomba de Vacíos. Fuente: Propia	24
Figura 15: Termómetro con precisión 0,1°C. Fuente: Propia.....	24
Figura 16: Equipo de Casagrande y Acanalador. Fuente: (Pérez Ayala, 2012)	26
Figura 17: Equipo de Casagrande y Acanalador en el Laboratorio. Fuente: Propia	26
Figura 18: Factor de Calibración del Resorte.	29
Figura 19: Taco de Madera utilizado para compactar las muestras. Fuente: Propia	29
Figura 20: Resorte N°2 y Veleta Grande. Fuente: Propia.....	29
Figura 21: Vaso donde se coloca muestra para Ensayo de Veleta de Laboratorio. Fuente: Propia.....	30

Figura 22: Pesas Utilizadas en el Ensayo de Consolidación. Fuente: Propia	32
Figura 23: Consolidometro. Fuente: Propia.....	32
Figura 24: Maquina de Corte Gilson. Fuente: Propia	34
Figura 25: Escarificador. Fuente: Propia	35
Figura 26: Compresor. Fuente: Propia.....	35
Figura 27: Maquina de Corte Directo Manual. Fuente: Propia.....	35
Figura 28: Vernier. Fuente: Propia	36
Figura 29: Proceso de Sifoneado. Fuente: Propia.....	41
Figura 30: Rango de suelos plásticos licuables estudiados por Seed y Wang, fide Boulanger e Idriss. (Echezuría, 2014)	57

Índice de Tablas

Tabla 1: Ensayos Realizados para Cada Material.....	42
Tabla 2: Valores Reales de Mezclas de Suelos.....	44
Tabla 3: Clasificación de las Mezclas por S.U.C.S. y AASHTO	44
Tabla 4: Límites de Atterberg de las Mezclas de arcillas, limos y arenas.....	49
Tabla 5: Resultados del Ensayo de Consolidación – Método de Taylor	51
Tabla 6: Resultados del Ensayo de Consolidación – Método de de Casagrande	51
Tabla 7: Ángulos de Fricción para las mezclas de Suelo	53
Tabla 8: Tabla Resumen de Valores obtenidos para las Mezclas de Suelos	55

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Curvas de Veletas en Mezclas de Material No Plástico Fino + Grueso	46
Gráfico 2: Veletas de Laboratorio-Fino	47
Gráfico 3: Veleta de Laboratorio- Fino+ Grueso.....	47
Gráfico 4: Resultados de Veleta de Laboratorio.....	48
Gráfico 5: Porcentaje de No Plástico vs m	50
Gráfico 6: Corte Directo para Todas las Mezclas	52
Gráfico 7: Angulo de Fricción vs % de Mezclas	54

Índice de Anexos

Anexo I-1: Granulometría por Tamices - 100% Arena	61
Anexo I-2: Porcentajes en Peso Pasante y Retenido de 100% Arena.....	61
Anexo I-3: Gravedad Especifica - 100% Arena	62
Anexo I-4: Limites de Atterberg – Muestra Original de Limo.....	62
Anexo I-5: Gravedad Especifica – Muestra Original de Limo.....	63
Anexo I-6: Granulometría por Hidrómetro - Muestra Original de Limo	63
Anexo I-7: Límites de Atterberg - Muestra de Original de Arcilla	64
Anexo I-8: Gravedad Especifica - Muestra Original de Arcilla	64
Anexo I-9: Granulometría por Hidrómetro - Muestra Original de Arcilla.....	64
Anexo II-1: Limites de Atterberg – 80% Fino + Grueso.....	66
Anexo II-2: Gravedad Especifica – 80% Fino + Grueso.....	66
Anexo II-3: Granulometría por Hidrómetro – 80% Fino + Grueso.....	66
Anexo II-4: Limites de Atterberg – 87% Fino + Grueso.....	67
Anexo II-5: Gravedad Especifica – 87%Fino + Grueso.....	67
Anexo II-6: Granulometría Por Hidrómetro – 87% Fino + Grueso.....	68
Anexo II-7: Limites de Atterberg – 92% Fino + Grueso.....	68
Anexo II-8: Gravedad Especifica - 92% Fino + Grueso.....	69
Anexo II-9: Granulometría por Hidrómetro - 92% Fino + Grueso.....	69
Anexo II-10: Limites de Atterberg - 56% Fino	70
Anexo II-11: Gravedad Especifica - 56% Fino	70
Anexo II-12: Granulometría por Hidrómetro - 56% Fino	71
Anexo II-13: Limites de Atterberg - 65% Fino	71
Anexo II-14: Gravedad Especifica - 65% Fino	72
Anexo II-15: Granulometría por Hidrómetro - 65% Fino	72
Anexo II-16: Limites de Atterberg - 72% Fino	73
Anexo II-17: Gravedad Especifica - 72% Fino	73

Anexo II-18: Granulometría por Hidrómetro - 72% Fino.....	74
Anexo III-1: Veleta de Laboratorio – 80% Fino + Grueso	75
Anexo III-2: Veleta de Laboratorio -87% Fino + Grueso.....	75
Anexo III-3: Veleta de Laboratorio – 92% Fino + Grueso	76
Anexo III-4: Veleta de Laboratorio - 56% Fino	76
Anexo III-5: Veleta de Laboratorio - 65% Fino	77
Anexo III-6: Veleta de Laboratorio - 72% Fino	77
Anexo III-7: Veleta de Laboratorio - Muestra Original de Arcilla (0% Grueso – 49% Fino)..	78
Anexo III-8: Veletas de Laboratorio – Para Mezclas de Fino No Plástico.....	78
Anexo III-9: Veletas de Laboratorio – Para Mezclas de No Plástico Fino + Grueso	79
Anexo III-10: Resultados de Veletas de Laboratorio.....	79
Anexo III-11: % Fino vs m	80
Anexo III-12: % Fino + Grueso vs m	80
Anexo III-13: % de Material No Plástico vs m.....	81
Anexo IV-1: Método de Taylor - Muestra Original de Arcilla (0% Grueso - 49% Fino)	82
Anexo IV-2: Método de Casagrande - Muestra Original de Arcilla (0% Grueso - 49% Fino)	82
Anexo IV-3: Método de Taylor – 80% Fino + Grueso No Plástico	83
Anexo IV-4: Método de Casagrande - 80% Fino + Grueso No Plástico	83
Anexo IV-5: Método de Taylor - 87% Fino + Grueso No Plástico	84
Anexo IV-6: Método de Casagrande - 87% Fino + Grueso No Plástico	84
Anexo IV-7: Método de Taylor - 92% Fino + Grueso No Plástico	85
Anexo IV-8: Método de Casagrande - 92% Fino + Grueso No Plástico	85
Anexo IV-9: Método de Taylor - 56% Fino	86
Anexo IV-10: Método de Casagrande - 56% Fino	86
Anexo IV-11: Método de Taylor - 65% Fino	87
Anexo IV-12: Método de Casagrande - 65% Fino	87
Anexo IV-13: Método de Taylor - 72% Fino	88
Anexo IV-14: Método de Casagrande - 72% Fino	88

Anexo V-1: Corte Directo de Muestra Original de Arcilla	89
Anexo V-2: Corte Directo – 80% Fino + Grueso No Plástico.....	92
Anexo V-3: Corte Directo para 87% Fino + Grueso No Plástico.....	96
Anexo V-4: Corte Directo para 92% Fino + Grueso No Plástico.....	99
Anexo V-5: Corte Directo para 56% Fino No Plástico	103
Anexo V-6: Corte Directo para 65% Fino No Plástico	106
Anexo V-7: Corte Directo para 72% Fino No Plástico	110
Anexo V-8: Corte Directo - 0,40 kgf/cm ²	113
Anexo V-9: Corte Directo - 1,60 kgf/cm ²	115
Anexo V-10: Corte Directo - 3,20 kgf/cm ²	117
Anexo V-11: Resultados de Corte Directo para Mezclas de Fino + Gruesos No Plásticos ...	119
Anexo V-12: Resultados de Corte Directo para Mezclas de Finos No Plásticos	120
Anexo V-13: Resultados de Ensayo de Corte Directo para Todas las Mezclas	120

Introducción

El sistema de clasificación American Section of the International Association for Testing Materials (ASTM), se creó con la finalidad de poder agrupar los suelos según el tamaño de partículas y su plasticidad, puesto que ya ciertos investigadores han propuesto que el sistema de clasificación del ASTM es correcto, aseguran no ser suficiente cuando un suelo se encuentra compuesto por dos fracciones: plástica y no plástica.

Esto nos lleva a profundizar más sobre el tema del cambio de comportamiento de los suelos. Es por esto que hemos propuesto que un suelo a pesar de estar clasificado como plástico puede tener un comportamiento no plástico, siendo esto de gran importancia debido a que en presencia de cargas cíclicas, como son las producidas por los sismos, los suelos de comportamiento no plásticos tienen tendencia a licuar.

Para estudiar este tema se ha decidido realizar el ensayo de corte directo en una matriz de arcilla a la cual se le ira agregando material no plástico (arena y limo), esta se cortara a diferentes esfuerzos para medir el cambio en su comportamiento, y el ensayo de veleta de laboratorio para medir la resistencia al corte no drenado con el contenido de humedad en estado remoldeado.

Capítulo I

1.1.- Planteamiento del Problema

En el área de ingeniería civil el estudio de suelos es de suma importancia ya que dependiendo de las diferentes características y propiedades que estos presenten, se podrán o no desarrollar diferentes tipos obras civiles. Entre los suelos se encuentran los suelos plásticos, los cuales están conformados por arcillas principalmente, estos suelos presentan propiedades cohesivas, que controlan en su respuesta al ser sometidos a corte.

Los suelos plásticos poseen diferentes características y propiedades índices con respecto a los suelos no plásticos (granulares), estas propiedades se pueden ver afectadas por la influencia de materiales no plásticos, por lo cual es necesario conocer la fracción de mezcla de suelos para la cual el comportamiento de dicho suelo deje de ser plástico. Otro aspecto indispensable es conocer si dichos suelos serán susceptibles a licuar aun cuando presenten propiedades de suelos plásticos.

Para la realización de este trabajo especial de grado se tomaran diferentes muestras de suelos las cuales tendrán un porcentaje de materiales no plásticos controlado, cuyos valores se establecieron durante la realización del trabajo.

1.2.- Antecedentes

En las investigaciones que se han realizado anteriormente sobre el cambio de comportamiento de suelo cohesivo se puede citar el Trabajo Especial de Grado de Serrano y Nuti presentado ante la Universidad Católica Andrés Bellos en Junio de 1999 cuyo título es:

“Comportamiento de Suelo Granular en Matriz Cohesiva”

El objetivo de dicho trabajo especial de grado era lograr establecer una metodología que permitiera estudiar la variación de la resistencia al corte y el ángulo de fricción en mezclas compuestas de distintos porcentajes de arena y suelo cohesivo.

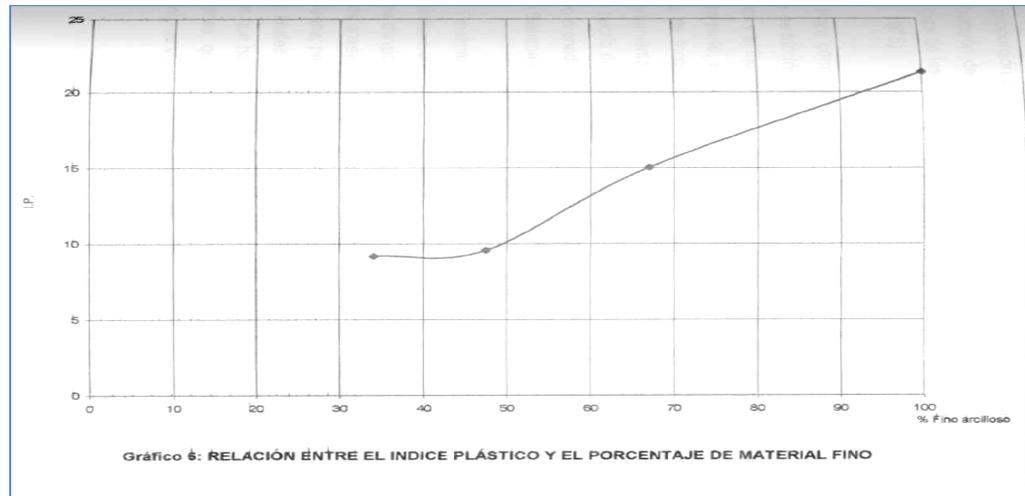


Figura 1: Grafico de Relación Entre el Índice Plástico y el Porcentaje de Material Fino. Fuente: (Nuti & Serrano, 1999)

Además también se puede citar el Trabajo Especial de Grado de Picón y Pineda presentado ante la Universidad Católica Andrés Bellos en Noviembre de 2013 cuyo título es:

“Aplicación del ensayo de resistencia al corte no drenada para clasificar suelos en sustitución del método ASTM D4318-00”

En dicho trabajo especial se detectó que el contenido de finos no plásticos influye significativamente en la clasificación con la carta de plasticidad, particularmente para los valores de límite líquido inferiores al 40%.

En el artículo escrito por el Ing. Heriberto Echezuría para la revista Tekné se describe brevemente el método propuesto por él para la clasificación de los suelos plásticos el cual logra correlacionar la Carta de Plasticidad mediante la pendiente, m , de una recta que se obtiene al graficar el cambio de la resistencia al corte del suelo en estado remoldeado con el cambio en la humedad en papel log-log. En dicho artículo el ingeniero Echezuria describe que:

“debemos esperar que a medida que aumenta la fracción no plástica en el suelo debe aumentar la pendiente de la recta $\log(S_u)$ - $\log(w)$, tal como se esquematiza en la Fig. 8.

De la misma manera, es de esperar que a medida que disminuye el tamaño de la arcilla (aumenta el LL) disminuya el valor absoluto de la pendiente de la recta $\log(S_u)$ - $\log(w)$.”

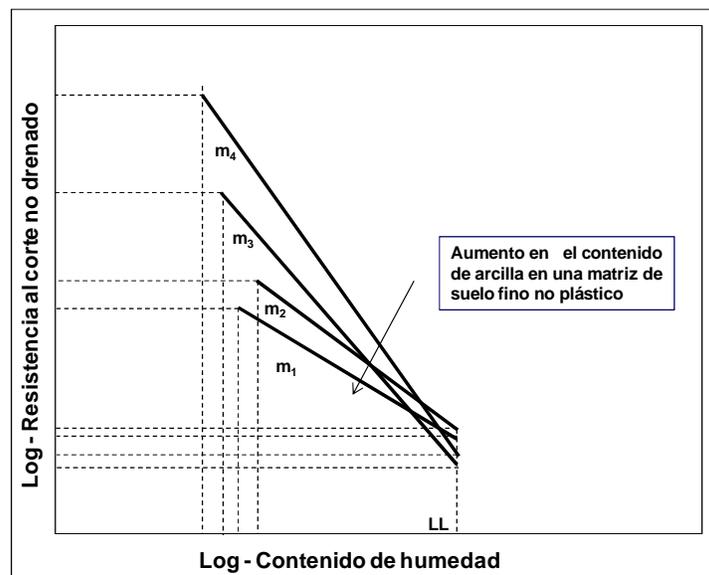


Figura 2: Cambios esperados en la pendiente de las Rectas $\log(S_u)$ - $\log(w)$ a medida que aumenta el contenido de arcilla en un suelo con una fracción no plástica fija. Fuente: (Echezuría, 2014)

También se ve reflejado un gráfico en el cual remarcan el área de la carta plástica donde se considera que son suelos susceptibles a licuar ya estudiado anteriormente por Seed y Wang, fide Boulanger e Idriss.

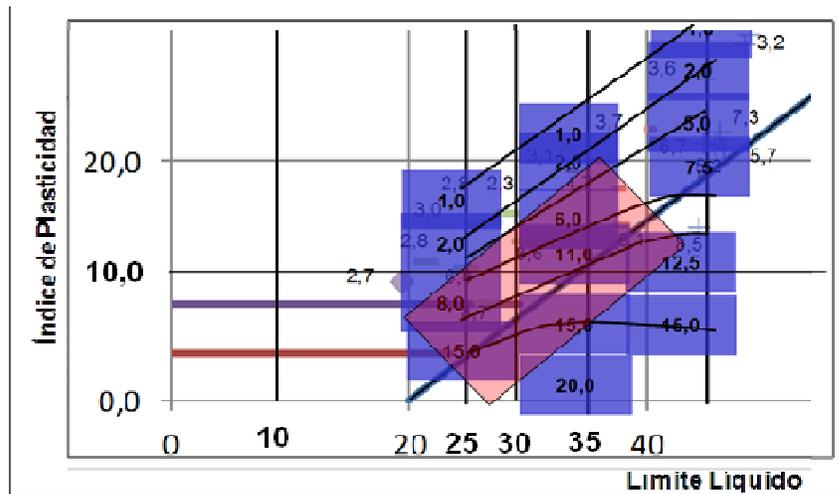


Figura 3: Rango de suelos plásticos licuables estudiados por Seed y Wang, fide Boulanger e Idriss. (Echezuría, 2014)

1.3.- Alcance y Limitaciones

El siguiente trabajo especial de grado tiene como finalidad:

Establecer cuantitativamente los cambios de las propiedades índices para las muestras que serán ensayadas con diferentes contenidos de materiales no plásticos (arenas y limos), los cuales serán descritos mas adelante.

Establecer si el comportamiento durante el corte no drenado está controlado por la fracción plástica o la fracción no plástica, para las distintas mezclas de suelos.

Para las distintas mezclas de suelos, identificar las fronteras de contenido de la fracción no plástica que controla el comportamiento del suelo y hace que el mismo presente tendencia a licuar durante el corte no drenado.

En la realización del presente trabajo especial de grado se trabajó con una matriz de arcilla y con distintas proporciones de materiales no plásticos (arenas y limos), lo cual formará

permitió formar diferentes muestras de arcilla saturadas con distintos porcentajes de materiales no plásticos.

1.4.- Objetivos

1.4.1.- Objetivo General

Determinar los cambios de comportamiento de muestras de arcillas con distintos contenidos de materiales no plásticos sometidas a corte directo no-drenado.

1.4.2.- Objetivos Específicos

Analizar el cambio en las propiedades índice de muestras de arcilla con diferentes contenidos de materiales no plásticos.

Estudiar los cambios de comportamiento de las arcillas con distintos contenidos de materiales no plásticos utilizando las curvas de esfuerzo-desplazamiento de las muestras consolidadas a diferentes presiones.

Identificar los valores de las propiedades índices para los cuales se ha observado licuación en la carta de plasticidad y su relación con los contenidos de materiales no plásticos estudiados en este trabajo.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1.- Reseña Histórica

Los seres humanos han utilizado históricamente suelo como material para el control de inundaciones, el riego, los cementerios, la construcción de bases, y como material de construcción de edificios. Las primeras actividades estaban relacionadas con el riego y control de inundaciones, como lo demuestran los rastros de diques, presas y canales que datan de al menos 2000 años antes de Cristo que se encontraban en el antiguo Egipto, la antigua Mesopotamia y la Media Luna Fértil, así como alrededor de los primeros asentamientos de Mohenjo Daro y Harappa en el valle del Indo.

Varios problemas de ingeniería relacionados con la fundación, como la Torre Inclinada de Pisa, impulsaron a los científicos a tomar un enfoque más riguroso para examinar el subsuelo. Dicha torre fue comenzada por Bonno Pisano en el 1174 y terminada en la segunda mitad del Siglo XIV. Con una altura de cuarenta y cinco metros y un peso total de 14,500 toneladas, su cimentación anular transmite presiones al subsuelo del orden de 5 Kg/cm². Fundada sobre capas alternadas de arena y arcilla, su inclinación comenzó a producirse desde la época de su construcción como consecuencia de presiones diferenciales de los suelos afectados, observándose en la actualidad una separación entre la vertical y el eje longitudinal de la torre de 4.90 m en su parte más alta.

Una estructura parecida construida en Venecia, de 100 m de altura, se desplomó en 1902 cuando su inclinación era de apenas 0.8%. Una nueva torre, existente, fue erigida en el lugar de la antigua, con una cimentación más grande.

Otra obra de construcción de carácter monumental en el ámbito mundial donde se hizo notable la ausencia de los fundamentos de la mecánica de suelos moderna es el canal de Panamá. El primer intento por construir un canal artificial que uniese los océanos Atlántico y Pacífico fue realizado por el Ing. Francés Fernando de Lesseps, en el 1881, quien antes había llevado a cabo el Canal de Suez. Pero no fue hasta el año 1914 que el canal de navegación solucionado por los norteamericanos mediante un sistema de esclusas pudo ser puesto en servicios, después de lograr el saneamiento de la zona de la fiebre amarilla y la malaria. El costo final de la obra fue de 380 millones de dólares, suma superior a la estimada en el presupuesto. Se excavaron 315 millones de metros cúbicos de material, en los 82.5 Km. de longitud del canal, de los cuales 129 millones correspondieron al corte de Gaillard. La construcción se caracterizó por grandes deslizamientos en las formaciones denominadas "culebra" y "cucaracha", estando constituida esta última por arenisca arcillosa estructuralmente débil. Las fallas se siguieron produciendo años después de la inauguración del canal provocando el cierre temporal por períodos más o menos largos. La estabilidad actual de las laderas del canal plantea un problema de resistencia a largo tiempo, donde las respuestas hay que buscarlas en la asociación de la geología y la mecánica de suelos. (Penson, 2014).

La aplicación de los principios de la mecánica a los suelos fue documentado ya en el año 1773, cuando Charles Coulomb desarrolló métodos mejorados para determinar las presiones de la tierra contra terraplenes militares. Coulomb observó que, en caso de corte, un plano de deslizamiento distinto formaría detrás de un muro de contención y sugirió que el esfuerzo cortante máximo en el plano de deslizamiento, para fines de diseño, era la suma de la cohesión del suelo, y la fricción, donde se encuentra el tensión normal en el plano de deslizamiento y es el ángulo de fricción de la tierra. Mediante la combinación de la teoría de Coulomb con estado de estrés 2D de Christian Otto Mohr, la teoría que se conoce como la teoría de Mohr-Coulomb.

Ingeniería geotécnica moderna se dice que ha comenzado en 1925 con la publicación de "Erdbaumechanik" por Karl Terzaghi, el padre indiscutible de la mecánica de suelos, nació

en Praga, Checoslovaquia, y murió en los Estados Unidos de Norteamérica, a los ochenta años de edad. Trabajó en Austria, Hungría y Rusia, de 1915 a 1911. Fue profesor del Robert College de Constantinopla, de 1915 a 1925. Enseñó ingeniería de fundaciones en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, entre 1925 a 1929, dedicándose simultáneamente a la práctica consultiva en Norte y Centro América. Catedrático en Viena, de 1929 a 1938, comenzó a laborar a partir de este último año con la Universidad de Harvard.

Desarrolló el principio del esfuerzo efectivo, y demostró que la resistencia al corte de los suelos es controlado por esfuerzo efectivo. (CampoDocs, 2014).

Durante los últimos años se han estado empleando cada vez más los vocablos geotecnia y geomecánica para significar la asociación de las disciplinas que estudian la corteza terrestre desde el interés de la ingeniería civil, concurriendo a este vasto campo ciencias como la geología con sus diversas ramas y la geofísica con su división, la sismología. A la vista de los tres materiales sólidos naturales que ocupan nuestra atención, podemos dividir la geotecnia en: mecánica de suelos, mecánica de rocas y mecánicas de nieves, todas presentadas en orden de aparición dentro de las cuales la última no tiene cabida en nuestro medio subtropical.

Es oportuno señalar que la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, organizada por Terzaghi y con asiento en Londres, tiene como miembros componentes a sociedades nacionales de igual naturaleza constituidas en casi todos los países de la tierra. Auspicia cada cuatro años, como suceso principal, congresos mundiales que hasta el momento presente han sido celebrados en grandes ciudades como Cambridge, Zúrich, Londres, entre otras. De igual modo tienen lugar eventos regionales dentro de los cuales nos tocan directamente los congresos panamericanos. El primero de ellos tuvo lugar en la Ciudad de México en el año 1959.

Casagrande (Universidad de Harvard), basado en análisis sistemáticos sobre mezclas de arena y arcilla, observo que en la mayoría de los casos, las muestras de la misma zona y del mismo origen geológico diferían esencialmente en su contenido de partículas gruesas. El hecho fundamental que revelo esa investigación, es que los suelos finos siempre se agrupan de un modo específico y por lo tanto tienen características de plasticidad y propiedades

mecánicas e hidráulicas cualitativamente definidas. Por consiguiente se propuso un diagrama, conocido como “Carta de Plasticidad”, la cual está dividida en grupos definidos que indican las propiedades mecánicas e hidráulicas características de ese grupo, y en la cual, al situar un suelo desconocido, por medio del cálculo de parámetros que definen su plasticidad, obtiene información valiosa y básica sobre el suelo en cuestión, y que permite su identificación y clasificación. (Badillo & Rodríguez, 2012).

De esta manera, al usar estos sistemas de clasificación, se subestima la capacidad resistente de los suelos al no tomarse en cuenta su comportamiento, ya que en la naturaleza es difícil encontrar suelos puramente friccionantes o puramente cohesivos. Hace un siglo Coulomb había observado este fenómeno (Ley de Coulomb), posteriormente estudios realizados por Terzaghi, Hvorslev, Bishop entre otros consideraron el fenómeno combinado de los suelos (fricción y cohesión) y de esta manera se introduce la acción conjunta de las componentes de fricción y cohesión en la resistencia del suelo. (Nutti & Serrano, 1999).

2.2.- Fundamentos Teóricos

El problema de la determinación de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos puede decirse que constituye uno de los puntos fundamentales de toda la Mecánica de Suelos. En efecto, una valoración correcta de ese concepto constituye un paso previo imprescindible para intentar, con esperanzas de éxito, cualquier aplicación de la Mecánica de suelos al análisis de estabilidad en obras civiles (Badillo & Rodríguez, 2012).

Los suelos pueden ofrecer resistencia friccional solamente (suelos granulares), resistencia puramente cohesiva (suelos cohesivos) o una combinación de ambas resistencias: friccional y cohesiva (suelos combinados). (Badillo & Rodríguez, 2012).

El primer trabajo que seriamente trató de explicarse la génesis de la resistencia de los suelos es debido al conocido físico e ingeniero francés C. A. Coulomb (1776). La primera idea de Coulomb consistió en atribuir a la fricción entre partículas del suelo la resistencia al corte del mismo y en extender a este orden los fenómenos de las leyes que siguen la fricción entre

cuerpo, según la Mecánica elemental. Coulomb admitió que, en primer lugar, los suelos fallan por esfuerzos cortantes a lo largo de planos de deslizamiento y que, esencialmente el mismo mecanismo de fricción arriba mencionado rige la resistencia al esfuerzo cortante de, por lo menos, cierto tipos de suelos. (Badillo & Rodríguez, 2012)

La Mecánica de Suelos utiliza generalmente como criterio de falla lo que suele llamarse el criterio de Mohr-Coulomb, con líneas de fallas curvas. Se atribuye la falla al esfuerzo cortante y se acepta que este depende del esfuerzo normal actuante en el plano de falla, pero se acepta también que la relación entre ambos esfuerzos no es constante. La teoría de Coulomb que resulta ahora un caso particular de la Mohr-Coulomb, puede ser lo suficientemente satisfactoria en muchos problemas, tales como los que se refieren a los suelos arenosos sujetos a niveles de esfuerzos bajos y a los suelos plásticos saturados y normalmente consolidados. En los suelos plásticos no saturados o preconsolidados la generalización que representa el criterio de Mohr es conveniente. (Badillo & Rodríguez, 2012).

No obstante, los ingenieros con ciertas dotes de observaciones empezaron a notar las fuertes discrepancias que existían entre la realidad y lo que alguno de ellos llegó a denominar “teorías de libros de texto”. En 1925 Terzaghi estableció, con base en serias investigaciones experimentales, comenzadas alrededor de 1920, que la presión normal total debería sustituirse por la presión intergranular, de modo que la presión que se admite controla los fenómenos de resistencia al esfuerzo cortante, o sea la presión efectiva, no es la total, sino la intergranular y efectiva como sinónimos al ser aplicados a presiones. La modificación de Terzaghi tomó en cuenta por primera vez, la trascendental influencia del agua contenida en el suelo. Posteriormente, Hvorslev hizo notar que el valor de la “cohesión” de las arcillas saturadas no era una constante, sino que resultaba ser función de su contenido de agua. (Badillo & Rodríguez, 2012)

Resistencia al Corte

La resistencia al esfuerzo cortante entre dos partículas, es la fuerza que debe aplicarse para producir un deslizamiento relativo entre las mismas. El origen de esta resistencia para los suelos plásticos está en las fuerzas atractivas que actúan entre los átomos superficiales de las partículas. Estas fuerzas atractivas dan lugar a la formación de enlaces químicos en los puntos de contactos superficiales (LAMBE T.W., WHITMAN R.V. *Mecánica de Suelos*, Limusa, México 2009, 75.).

La resistencia al deslizamiento tangencial entre partículas es de naturaleza friccional, debido al hecho de que la misma es proporcional a la fuerza normal ejercida. Es decir, si la fuerza normal disminuye lo hará la resistencia o el número de enlaces, generando así la disminución de la resistencia tangencial total. (Picón & Pineda, 2013)

Existen algunos casos en los que si la fuerza normal se anula, aun puede medirse una cierta resistencia al deslizamiento tangencial. En tales casos, se dice que existe una cohesión verdadera o real entre partículas, esto puede ser debido a que las partículas de suelo han estado en contacto por un tiempo prolongado sin alteraciones. Sin embargo, la magnitud de la cohesión verdadera entre partículas es muy pequeña, excepto en algunos casos especiales, y su contribución a la resistencia del suelo es también muy reducida. En suelos finos plásticos, la resistencia del suelo disminuye a medida que el contenido de agua aumenta, esto es debido a que el agua superficial actúa como lubricante. En presencia de agua, los iones superficiales se hidratan y se debilita el enlace con las superficies minerales. Para obtener la resistencia al corte en laboratorio existen distintos equipos que son ideales para obtener la resistencia al corte con drenaje, sin drenaje o ambas. (Picón & Pineda, 2013)

Resistencia al Corte Sin Drenaje

Para conocer mejor el comportamiento de los suelos arcillosos o limosos y, en general, de todos aquellos que tienen permeabilidad baja, suele ser necesario investigar la resistencia al corte en aquellas situaciones en las que el drenaje está impedido. Entiéndase sin drenaje, a aquellas situaciones en las que el agua del suelo no puede moverse y adecuarse al nuevo

estado de cargas; presentándose entonces presiones intersticiales que intentan desplazar el agua hacia posiciones de equilibrio. La resistencia al corte no drenado de los suelos remoldeados, es motivo de estudio en algunas aplicaciones de la ingeniería geotécnica. Existen varios métodos para la determinación de este parámetro, incluyendo la prueba de veleta de laboratorio. (Picón & Pineda, 2013)

2.3.- Definiciones

Limite Líquido: la frontera convencional entre los estados semilíquido y plástico. (Badillo & Rodríguez, 2012).

Limite Plástico: La frontera convencional entre los estados plástico y semisólido. (Badillo & Rodríguez, 2012).

Índice de plasticidad: La diferencia entre los valores de los límites líquidos y Limite Plástico. (Badillo & Rodríguez, 2012).

Suelos Cohesivos: son los que poseen cohesión, es decir, la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas. (Crespo Villalaz, 2004).

Suelos No Cohesivos: conformados básicamente por minerales y fragmentos de roca, de partículas fácilmente disgregables, en presencia de agua no se adhieren al tacto y no son maleables, partículas generalmente equidimensionales, visibles al ojo humano o con lupa de bajo aumento, los conocemos comúnmente como gravas, arenas y limos. (Pérez Ayala, 2012)

Matriz Cohesiva: Porción de una mezcla de suelo aglomerante pasante de tamiz #200, con características cohesivas y de manejabilidad.

Suelos Remoldeados: Es aquél que a través de una acción mecánica (ya sea con equipo o manualmente) se destruye completamente su estructura, modificando sus propiedades mecánicas y su comportamiento. Bourland (1990), le llama suelo reconstituido a aquel suelo que ha sido desestructurado ó remoldeado y que después de haberlo dejando en reposo recupera sus propiedades mecánicas, o sea se reconstituye. (Picón & Pineda, 2013)

Consolidación: Es el efecto que sucede en los suelos cuando al aplicarles cargas verticales sufren deformaciones, en suelos fino saturados esto no ocurre de manera inmediata ya que se produce un retraso en la deformación con respecto al esfuerzo.

2.4.- Descripción del Estudio

La finalidad del presente Trabajo Especial de Grado es determinar los cambios de comportamiento de una matriz de arcillas con distintos contenidos de materiales no plásticos sometidas a corte no-drenado.

Las mezclas de los suelos estudiados incluyen diferentes porcentajes de material no plástico en la matriz de arcilla, dado que los suelos plásticos poseen diferentes características y propiedades índices con respecto a los suelos no plásticos (granulares). Estas propiedades se podían ver afectadas por la influencia de materiales no plásticos, por lo cual es necesario conocer la fracción de mezcla de suelos para la cual el comportamiento de dicho suelo deje de ser plástico. Otro aspecto indispensable es conocer si dichos suelos son susceptibles a licuar aun cuando presenten propiedades de suelos plásticos.

La licuación es un fenómeno en el cual una arena saturada aumenta la presión de poros y puede perder su resistencia al corte por efectos de carga monotonías o cíclicas que actúan sobre ella. En este estado el suelo se deforma de manera continua y sin cambio de volumen, ofreciendo su mínima resistencia al corte. (Gonzalez, 1994)

La variedad de problemas en estructuras fundadas sobre este tipo de materiales, ha producido la necesidad de estudiar y analizar el comportamiento de los mismos cuando se someten a estas cargas. Entre los casos de licuación en las fundaciones, uno de los más conocidos en el mundo es el ocurrido en Niigata, Japón en 1964, en donde a causa de uno de los terremotos más catastrófico ocurridos en la historia, el suelo se comportó como si de un líquido se tratara, esto provocó que toda la tierra se removiera y se saliera parte del agua y unido con el gran peso de los edificios que se encontraban allí, el suelos hizo que disminuyese su altura y que los edificios se volcasen.



Figura 4: Edificios en Niigata, Japón después de Sismo.
Fuente: www.planetacurioso.com

Después de lo ocurrido en Niigata, los científicos se dieron cuenta que era necesario conocer más a fondo las características del suelo en el que se colocan las fundaciones, puesto que ellos pensaban que contaban con un suelo totalmente arcilloso cuyas propiedades se conocen por tener una alta resistencia al corte, pero no se tomó en cuenta que el suelo podía contener al mismo tiempo un gran porcentaje de material no plástico por lo que el comportamiento del suelo ya no sería el mismo. La respuesta del suelo ante un fenómeno natural como un sismo no fue la esperada, produciendo así la tragedia de Niigata. Es por esto que para lograr entender lo ocurrido, en el presente trabajo especial de grado se realizaron dos tipos de mezclas, en la que a una matriz de arcilla se mezcló con dos tipos de materiales no plásticos por separado.

A las mezclas obtenidas con los diferentes porcentajes de material no plástico se les realizó el ensayo de veleta de laboratorio, el cual nos proporcionó la resistencia al corte no drenado en estado remoldeado para distintos contenidos de humedad; de igual manera se les realizó ensayos de consolidación y ensayo de corte directo no drenado, con tres niveles de confinamiento: 0,4 kg/cm²; 1,6 kg/cm² y 3,2 kg/cm², respectivamente. Es bueno indicar que

con este tipo de ensayos se puede establecer el cambio en el comportamiento de cohesivo a no cohesivo, considerando los tiempos de consolidación, los ángulos de fricción y la variación de la resistencia al corte en estado remoldeado con la humedad.

Capítulo III

Marco Metodológico

La metodología que se aplicará será de investigación tipo aplicada-experimental, ya que este trabajo se enfoca en evaluar y estudiar los cambios que ocurren en el comportamiento de las muestras de arcilla a través de ensayos de laboratorios y posteriormente comparar los resultados con los teóricos y los obtenidos para las distintas muestras

3.1.- Fases de un experimento

Un experimento es una situación simulada, en la que el investigador manipula conscientemente las condiciones de una o de diversas situaciones precedentes (variable independiente) para comprobar los efectos que causa dicha variable en otra situación consiguiente (variable controlada). Esta situación se da en varias etapas, que pueden resumirse de la siguiente forma:

Planteamiento de un problema de conocimiento.

Formulación de hipótesis.

Realización de un diseño adecuado a la hipótesis.

Recogida y análisis de datos.

Elaboración de conclusiones.

Las cuales son la base de la investigación de nuestro presente Trabajo Especial de Grado.

3.1.1.- Tipos de Variables

Variables independientes: para el ensayo de veleta de laboratorio es la humedad en la cual se encuentra la muestra y para corte directo es el desplazamiento horizontal.

Variables dependientes: la resistencia al corte.

Variables controladas: contenido de material no plástico en cada mezcla y el esfuerzo de confinamiento de cada ensayo.

3.2.- Características de los Materiales

- Material No Plástico Grueso: Arena lavada y procesada proveniente del Estado Vargas, de una granulometría pasante del tamiz #20 y retenida en el tamiz #200.
- Material No Plástico Fino: Limos provenientes del estado Apure y Guárico separado de la arcilla mediante el proceso de sifonado.
- Material Plástico Fino: Arcilla proveniente de la alfarería “Venezuela”, Guarenas, Estado Miranda, pasante del tamiz #200.

3.3.- Ensayos Característicos Realizados en las Mezclas

3.3.1.- Granulometría por Tamices

Para la realización de la granulometría por tamices se siguió el procedimiento estipulado en la norma la ASTM D 422. Se toma una porción de la muestra que sea representativa (aproximadamente 200gr) para luego pasarla luego tamizarla, a efectos de este trabajo especial de grado solo se utilizaron los tamices # 10,# 20, # 40, #100 y #200 debido a que la muestra es fina y no se requiere utilizar los tamices de mayor tamaño.

3.3.1.1.- Equipos

- Tamices: Se visualizan en la Figura 5
- Balanza: Precisión de 0,1 gr. Figura 6
- Horno: a una temperatura de 150°C. Figura 7



Figura 5: Tamices Utilizados. Fuente: Propia

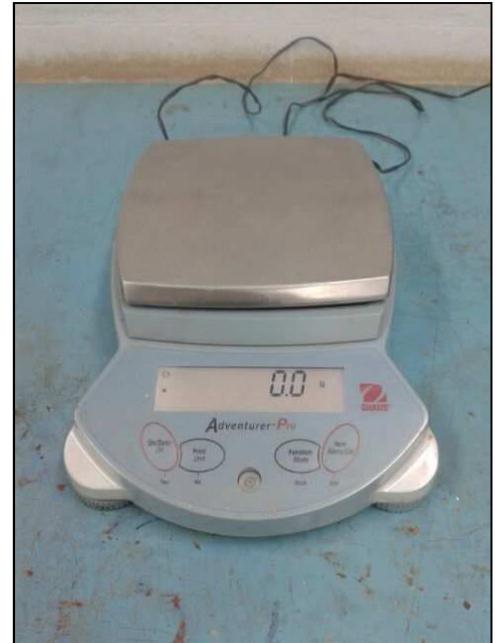


Figura 6: Balanza con precisión 0,1 gr. Fuente: Propia



Figura 7: Horno de 150° C. Fuente: Propia

Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

3.3.1.2.- Procedimiento

Primero se mezcla manualmente el material original para que se encuentre lo más uniforme posible y de esta manera poder extraer una muestra representativa para la granulometría. Se debe garantizar que la muestra a tamizar se encuentre totalmente seca, esto se logra metiendo la muestra en el horno a 150°C por 24 horas. Luego se pasa la muestra por los tamices correspondientes agitándolo manualmente por 2 minutos, posteriormente se pesa el material retenido en cada tamiz, para finalmente graficar la curva granulométrica.

3.3.2.- Granulometría por Hidrómetro

Este ensayo se realiza para determinar el porcentaje de limos y arcillas que son pasante del tamiz #200 y se basa en la relación entre el tamaño de las partículas y la viscosidad del fluido para determinar su velocidad de sedimentación.

En la ley de Stokes define que si una partícula esférica cae dentro del agua adquiere pronto una velocidad uniforme que depende del diámetro, su densidad y la viscosidad del agua. Para dicho ensayo no solo se utiliza agua y suelo porque se precipitaría casi toda la muestra en muy poco tiempo, debido a que contendría floculas por la presencia de diferentes cargas eléctricas entre las partículas. Por ello se utiliza un agente defloculante que neutralice las cargas eléctricas permitiendo que las partículas se precipiten de forma individual para poder obtener resultados veraces. Para la realización del ensayo se usó el procedimiento estipulado en la norma ASTM D 422.

3.3.2.1.- Equipos

- Hidrómetro: Figura 8
- Solución Desfloculante: Hexametáfosfato de Sodio (NaPO₃). Figura 9
- Termómetro: precisión de 0,1°C. Figura 10
- Cilindro Graduado de 1000 ml: precisión de 1 ml. Figura 11
- Cronómetro: Figura 11
- Vaso de Dispersión: Figura 10
- Agitadora Eléctrica: Figura 10

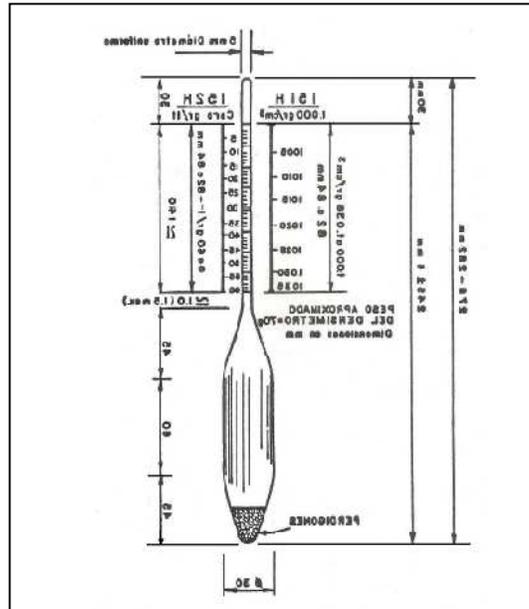


Figura 8: Hidrómetro Normalizado “ASTM 152 H”. Fuente: (Pérez Ayala, 2012)

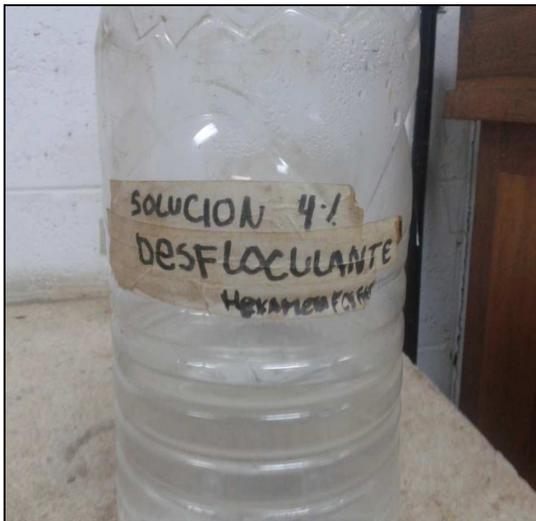


Figura 9: Desfloculante. Fuente: Propia



Figura 10: Agitadora Eléctrica con Vaso de Dispersión.
Fuente: Propia

3.3.2.2.- Procedimiento

Se selecciona una muestra que pese aproximadamente 50 gramos, que sea pasante del tamiz # 10 y se le agrega 125 ml. de defloculante durante 24 horas. Luego de haber pasado el tiempo estipulado, se pasa la mezcla al vaso de dispersión para llevarlo a una agitadora

Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

eléctrica, y se le agrega agua destilada hasta llenar aproximadamente dos terceras partes del vaso. Se agita por dos minutos, se transfiere la mezcla al cilindro graduado y nuevamente se le agrega agua destilada hasta completar los 1.000 ml. Seguidamente se agita el cilindro durante un minuto para garantizar una suspensión homogénea y comenzar el cronómetro. Para los tiempos indicados, se debe introducir el hidrómetro en el cilindro graduado para anotar la lectura pertinente y medir la temperatura, esto debe realizarse cuidadosamente con el fin de no perturbar la mezcla. Finalmente se retira el hidrómetro y se coloca en un cilindro graduado que contenga 1.000 ml de agua destilada.



Figura 11: Montaje de Ensayo de Hidrómetro.
Fuente: Propia

3.3.3.- Gravedad Específica

El ensayo de gravedad específica se realiza en un picnómetro (envase volumétrico calibrado) y consiste en determinar el peso del agua, el cual es equivalente al volumen de las partículas de una muestra de suelo sin aire que se encuentran en suspensión. Para la realización del ensayo se usó el procedimiento estipulado en la norma la ASTM D 854.

3.3.3.1.- Equipos

- Picnómetro: frasco volumétrico de vidrio calibrado con capacidad de 100 ml. Figura 12
- Balanza: Precisión de 0,01 gr. Figura 13
- Termómetro: Precisión de 0,1°C. Figura 15
- Bomba de Vacíos: 2m³/h y 700 rpm. Figura 14
- Horno: se encuentra a 150°C. Figura 7



Figura 12: Picnómetro con Muestra de Limo. Fuente: Propia



Figura 13: Balanza de 0,01 gr. Fuente: Propia



Figura 14: Bomba de Vacios. Fuente: Propia



Figura 15: Termómetro con precisión 0,1°C. Fuente: Propia

Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

3.3.3.2.- Procedimiento

Utilizando un embudo se vierte una porción de la muestra (aproximadamente 50gr) dentro de un picnómetro, se debe garantizar que tanto la muestra como el picnómetro estén totalmente secos, se procede a pesar el picnómetro más el suelo seco. Se agrega un poco de agua destilada, aproximadamente hasta la mitad del picnómetro, para luego remover el aire interno que contenga la muestra por medio de la bomba de vacíos. Al pasar aproximadamente 8 minutos y verificando que no sigan saliendo burbujas de aire al agitar la muestra, se añade más agua destilada hasta llegar a la línea del aforo y nuevamente remover el aire interno. Cuando se garantiza que la muestra ya no contenga aire, se limpia el exterior del picnómetro como también el cuello, se pesa el picnómetro con el agua y la muestra y finalmente se toma la temperatura en la parte interna del picnómetro para luego hacer los cálculos de la gravedad específica.

3.3.4.- Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg se basan en el concepto que los suelos finos pueden estar en diferentes estados de consistencia dependiendo del contenido de agua que contengan, ya sea en estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido o líquido. El contenido de agua con el cual se produce este cambio de estado varía de un suelo a otro y es fundamental conocer los rangos de humedades para el cual un suelo presenta comportamiento plástico hasta llegar al límite de ser líquido. La plasticidad del material nos indica que tanto puede aceptar deformaciones sin romperse. El método que se emplea actualmente para medir estos límites de humedad fue ideado por Atterberg y por ello se conocen como los límites de Atterberg. Estos no son estrictamente pautados, sino una aproximación para la clasificación de los suelos cohesivos, y útiles en la Mecánica de Suelos para identificar las arcillas según su consistencia y comportamiento. Para la realización del ensayo de límites se siguió el procedimiento estipulado en la norma ASTM D 4318.

3.3.4.1.- Equipos

- Equipo de Casagrande: Figura 17
- Acanalador: Figura 17
- Balanza: Precisión de 0,01 gr. Figura 13
- Horno: se encuentra a 150°C. Figura 7



Figura 17: Equipo de Casagrande y Acanalador en el Laboratorio. Fuente: Propia

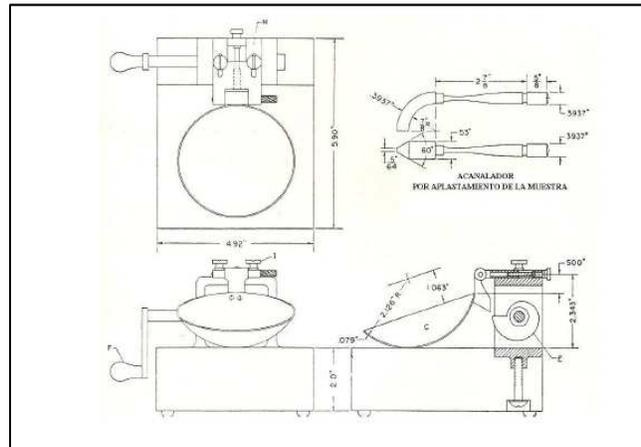


Figura 16: Equipo de Casagrande y Acanalador. Fuente: (Pérez Ayala, 2012)

3.3.4.2.- Procedimiento

- Limite Líquido

Tomar una porción de la muestra y humedecerla (aproximadamente 100gr) con agua destilada para dejarla reposar por 24 horas dentro de un bolsa hermética para que se homogenice y conservar la humedad. Pasadas las 24 horas, en el equipo de Casagrande, colocar una parte de la muestra formando una capa para luego enrazar y tener una superficie lisa, tomando en cuenta que el espesor de la capa no debe ser mayor a un cm. Luego pasar la acanalador por el medio de la cuchara de Casagrande de manera de obtener una zanja de dos mm de espesor. Mover la manilla del equipo aproximadamente dos golpes por segundo hasta lograr cerrar la zanja en el centro en más de un cm. de longitud. Tomar la parte de la muestra

en donde se cerró la zanja y medir su porcentaje de humedad,(lo cual se logra pesando la muestra con suelo húmedo más la tara y dejarlo en el horno por 24 horas para pesar suelo seco más la tara y obtener la cantidad de agua que contenía dicha muestra). Retirar el sobrante de la muestra del equipo y volver a colocar una nueva capa del mismo material pero al que se le debe agregar un poco más de agua para incrementar su porcentaje de humedad ya que se debe repetir dicho procedimiento para lograr que se cierre la zanja con diferentes cantidades de golpes.

➤ **Limite Plástico**

Tomar una porción de la muestra y humedecerla con agua destilada para dejarla reposar por 24 horas dentro de un bolsa hermética para que se homogenice y conservar la humedad. Pasadas las 24 horas tomar un parte de la muestra y estirar manualmente en forma cilíndrica hasta aproximadamente 2mm de diámetro, que será el espesor a partir de donde se empieza a observar que la muestra se le forman grietas y se le van desprendiendo trozos. Tomar los trozos de muestra que se van desprendiendo, colocarlos en una tara y taparla para conservar la humedad mientras que se sigue estirando el material hasta lograr obtener suficientes trozos para poder sacar su porcentaje de humedad.

3.4.- Ensayos Especiales Realizados en las Mezclas

3.4.1.- Ensayo de Veleta de Laboratorio

El ensayo de veleta de laboratorio permite obtener la resistencia al corte no drenada en muestras remoldeadas, este consiste en insertar una veleta a cierta altura previamente determinada en un cilindro, haciendo girar la veleta a una velocidad constante hasta llegar al punto de falla, para determinar la torsión requerida.

La superficie de falla la definimos como la superficie cilíndrica resultante al hacer girar la veleta, por lo que la resistencia al corte será establecida a través de efecto que ejerce el torque aplicado a la veleta y transmitido a su vez a la superficie cilíndrica donde actúa el esfuerzo resistente del suelo.

3.4.1.1.- Cálculos necesarios para obtener la resistencia al corte

Momento resistente superficie cilíndrica lateral:

$$M_{rl} = \pi \times H \times S \times \frac{D^2}{2}$$

Momento resistente superficie inferior y superior:

$$M_{rs} = \pi \times D^3 \times \frac{S}{4} \times \frac{\beta}{2}$$

Momento máximo:

$$M_{m\acute{a}x} = \pi \times D^2 \times \frac{S}{2} \times \left(H + D \times \frac{\beta}{2} \right)$$

Donde el valor de “ β ” depende de la distribución del esfuerzo cortante en las caras superior e inferior de corte.

$$\text{Distribución uniforme} = 2/3$$

$$\text{Distribución triangular} = 1/2$$

$$\text{Distribución parabólica} = 3/5$$

Resistencia al Corte No Drenada:

$$S = \frac{2 \times M_{m\acute{a}x}}{(\pi \times D^2 \times (H + D \times \beta/2))}$$

$$M_{m\acute{a}x} = \text{Torque} = K \times OF$$

$$S = \frac{2K \times OF}{(\pi \times D^2 \times (H + D \times \beta/2))}$$

Dónde:

K = factor de calibración del resorte.

OF = unidades de recorrido en dial interior

2.- FACTORES RESORTES				
1	2	3	4	
0,008	0,015	0,026	0,046	libras-pulgada
0,009	0,018	0,030	0,053	kgs-cm

TORQUE = FACTOR x LECTURA DIAL INTERNO

Figura 18: Factor de Calibración del Resorte.
Fuente: (Pérez Ayala, 2012)

3.4.1.2.- Equipos

- Resorte N° 2: Figura 19
- Veleta Grande: Figura 19
- Vaso para colocar la muestra: Figura 21
- Horno: se encuentra a 150°C. Figura 7
- Taco de Madera: Figura 20
- Balanza: Precisión de 0,01 gr. Figura 13



Figura 20: Resorte N°2 y Veleta Grande. Fuente: Propia



Figura 19: Taco de Madera utilizado para compactar las muestras. Fuente: Propia



Figura 21: Vaso donde se coloca muestra para Ensayo de Veleta de Laboratorio. Fuente: Propia

3.4.1.3.- Procedimiento

1. Se fija el número del resorte y la veleta que se usaran en la realización del ensayo.
2. Seleccionar el vaso para el ensayo, el cual debe permitir un espacio libre de al menos un diámetro de las aspas, entre todos los puntos sobre la circunferencia de la superficie de corte y el extremo exterior de la muestra.
3. Se coloca la muestra dentro del vaso en 3 capas hasta llenar $\frac{3}{4}$ del mismo, se compacta cada capa con 10 golpes usando el taco de madera.
4. El vaso con la muestra se fijan en el equipo de veleta de laboratorio, de manera que no se mueva durante el ensayo.
5. Se inserta la veleta a una profundidad de 5.13 cm de la misma.
6. Se toma la lectura inicial del dial interno como el externo.
7. Se enciende el equipo para hacer girar la veleta a una velocidad constante de 60-90°/min.

8. Se anota las lecturas de la torsión cada 5° de rotación, hasta que la deflexión del resorte no se incremente más, que será considerado que ha ocurrido la falla.
9. Se anota la lectura de torsión máxima.
10. Se toma una muestra representativa para determinar su contenido de humedad.
11. Se le añade ahora de 10 a 15 ml de agua para aumentar el contenido de humedad de la muestra total y se deja reposar por un lapso de media hora.
12. Se repite el procedimiento cuatro veces más desde el paso número tres.

3.4.2.- Ensayo de Consolidación

La prueba de consolidación unidimensional consiste en comprimir verticalmente una muestra que se encuentra confinada mediante un anillo rígido metálico y dos piedras porosas, una en la parte superior y otra en la parte inferior. Esta muestra será sometida a una serie de cargas, con la finalidad de medir el cambio volumétrico de la muestra.

En las arcillas francas el proceso es muy lento, por lo que se debe ir incrementando las cargas progresivamente para evitar que durante el aumento de la presión de poros se pierda el esfuerzo efectivo entre las partículas.

3.4.2.1.- Cálculos necesarios para obtener la Consolidación Primaria

Los cálculos para obtener el tiempo de consolidación primaria se pueden realizar por dos métodos, por el método de Taylor y el de Casagrande.

El Método de Taylor se basa en que se puede graficar para cada carga el tiempo en que ocurre en un 90 % de la consolidación primaria. Este método consiste en graficar la deformación vertical de la muestra vs la raíz del tiempo en el que se tomaron las lecturas de las deformaciones, para luego pasar una recta tangente por la parte recta de la curva, luego se

debe multiplicar el valor de la pendiente de dicha recta por 1.15 para obtener una nueva recta que se interceptará con el eje de raíz de tiempo, y el punto de corte será el valor del tiempo para el 90 % de la consolidación primaria.

El Método de Casagrande se basa en que se puede obtener el 100 % de la consolidación primaria, y consiste en graficar en escala natural las deformaciones verticales en el eje de las ordenadas y en escala logarítmica el tiempo en el eje de las abscisas, para luego trazar dos rectas tangentes, una en cada extremo de la curva y el punto en el que estas rectas se intercepten será el punto de inflexión el cual será el valor del tiempo el 100% de consolidación primaria.

3.4.2.2.- Equipo

- Consolidometro: Figura 23
- Balanza: Precisión de 0,01 gr. Figura 13
- Cronometro: Figura 11
- Pesas: Figura 22



Figura 22: Pesas Utilizadas en el Ensayo de Consolidación. Fuente: Propia



Figura 23: Consolidometro. Fuente: Propia

3.4.2.3.- Procedimiento

1. Se pesa el anillo de consolidación.
2. Se colócala la muestra en el anillo hasta cubrir toda la altura, y se enrasa para tener una superficie lisa.
3. Se introduce el anillo dentro del consolidometro y se ajusta.
4. Se nivela brazo de la máquina de manera que quede horizontal y se atornilla para frenar el sistema.
5. Se ajusta el dial de deformación vertical, comprobando que se su lectura inicial sea cero.
6. Se aplica la primera carga y se comienzan a liberar el freno de la máquina.
7. Se toman lecturas del dial de demarcación vertical cada cierto tiempo por un periodo de 24h Pasadas las 24h se le coloca el siguiente incremento de carga y se repite el proceso hasta que se llegue a la carga máxima deseada de consolidación.

3.4.3.- Ensayo de Corte Directo

El ensayo de corte directo impone sobre el suelo las condiciones idealizadas en las que se induce la ocurrencia de falla a través de un plano de localización predeterminado. Sobre este plano actúan dos fuerzas (o esfuerzos), un esfuerzo normal debido a la carga vertical P_v aplicada externamente y un esfuerzo cortante debido a la aplicación de una carga horizontal P_h .

3.4.3.1.- Equipos

Equipo para Máquina de Corte Manual

- Máquina de Corte Directo de la UCAB: Figura 25
- Cronometro: Figura 11
- Taco de Madera: Figura 20
- Papel Periódico: Se utilizó como filtro para evitar el paso de finos
- Balanza: Precisión de 0,01 gr. Figura 13
- Pesas: Figura 22

Equipo de Corte de con Máquina de Gibson

- Máquina de Gilson: Figura 24
- Maso de Metal
- Escarificador: Figura 28
- Vernier: Figura 27
- Compresor: Figura 26
- Balanza: Precisión de 0,01 gr. Figura 13



Figura 24: Máquina de Corte Gilson. Fuente: Propia



Figura 25: Escarificador. Fuente: Propia



Figura 26: Compresor. Fuente: Propia



**Figura 27: Maquina de Corte Directo Manual.
Fuente: Propia**

Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



Figura 28: Vernier. Fuente: Propia

3.4.3.2.- Procedimiento

Procedimiento de Corte Directo para Equipo Manual

1. Pesa la caja de corte, piedra porosa, marcos de la caja de corte y láminas ranuradas.
2. Fijarlos dos marcos dentro de la caja de corte con los tornillos para evitar que la muestra se mueva durante la consolidación.
3. Se coloca la piedra porosa.
4. Se coloca una de las láminas ranuradas y el papel de filtro sobre esta.
5. Colocar la muestra dentro de la caja de corte en dos capas, la primera capa deberá ser por encima de la unión de los dos marcos de corte y se deberá compactar con diez golpes con el taco de madera, se escarifica en la superficie y se coloca la última capa y se vuelve a compactar con diez golpes y se enrasa para tener una superficie lisa.

6. Se coloca la segunda placa ranurada.
7. Se coloca el cabezal de la caja de corte.
8. Se pesa la caja de corte con el material.
9. Se coloca la caja de corte dentro de la máquina de corte manual, observando que esta calce de manera perfecta sobre los dos canales con rodillos de la máquina.
10. Se le coloca agua hasta llenar $\frac{3}{4}$ de la caja de corte.
11. Se coloca la carga para la cual se desea consolidar la muestra.
12. Transcurrido el tiempo de consolidación, se procede al corte de la muestra.
13. Se deben retirar los dos tornillos que mantienen unidos los dos marcos de la caja de corte.
14. Se coloca el micrómetro para medir la deformación vertical.
15. Se gira la manilla poco a poco hasta ver que el micrómetro que mide el esfuerzo vertical se ha movido.
16. Se coloca en cero el micrómetro que mide el esfuerzo.
17. Se toman las lecturas iniciales de la deformación vertical y del esfuerzo.
18. Se comienza a girar la manilla poco a poco sin detenerse, de manera que se recorran 50 unidades del dial de deformación horizontal en tan solo un minuto y las 100 unidades en dos minutos, para obtener una velocidad de 2.24pulg/min.

19. Se van tomando medidas del dial de deformación vertical y del esfuerzo cada diez unidades recorridas en el dial horizontal hasta notar que el esfuerzo llegue a un valor residual en el cual ya no va cambiando su valor.
20. Al concluir el ensayo se debe desmontar el equipo, se comienza retirando las pesas de la máquina para luego retirar la caja de corte.
21. Se retira el agua de la caja de corte y se pesa nuevamente.
22. Se toma una porción representativa de la muestra para obtener su humedad final

Procedimiento de Corte Directo En la Máquina de Gibson

1. Pesa la caja de la máquina con los tonillos.
2. Se coloca la piedra porosa.
3. Colocar la muestra dentro de la caja de corte en dos capas, la primera capa deberá ser por encima de la unión de los dos marcos de corte y se deberá compactar con diez golpes con el taco metálico, se escarifica en la superficie y se coloca la última capa y se vuelve a compactar con diez golpes y se enrasa para tener una superficie lisa.
4. Se coloca la segunda piedra porosa.
5. Se coloca la caja con la muestras dentro de la máquina de corte.
6. Se le coloca agua para saturar la muestra durante la consolidación.

-
7. Se enciende la máquina y se da inicio al ensayo.

 8. Pasado el tiempo de consolidación se cambia el modo de la máquina de consolidación a corte.

 9. Luego de que la máquina realice el corte, se detiene la máquina y se desmonta la muestra.

Capítulo IV

Desarrollo

4.1.- Preparación de los Tres Materiales y su Clasificación

4.1.1.- Preparación de las Muestras

Preparación de la Arena

Con la finalidad de obtener una arena media a fina, el material grueso (arena) proveniente del Estado Vargas, se secó en un horno de laboratorio a 150°C por 24 horas, para luego tamizarlo y de esta manera conocer la granulometría de la muestra original. A tal fin se decidió utilizar el material pasante del tamiz #20 y retenido de tamiz #200.

En el Anexo I se encuentran especificados los porcentajes, peso de la granulometría y clasificación según la ASTM de la arena media a fina.

Preparación del Limo

Para la obtención de limo se utilizó un material proveniente del Estado Apure, el cual se secó en el horno del laboratorio a 150°C por 24 horas y se pasó por el tamiz #10 para separar el material grueso del fino.

Posteriormente el material se colocó en un envase, al cual se le añadió agua a presión para lograr tener todo el material en suspensión y de esa manera separar el limo, tanto de la arena como de la arcilla. Este material se dejó en suspensión por 25 min, tiempo en el cual se estimó que la arena ya se habría asentado mientras el limo y la arcilla seguirían en suspensión pero a diferentes niveles del envase utilizado, puesto que la arcilla tardaría mucho más en decantar que el limo, basados en expuesto en el libro *Carreteras, Calles y Aeropistas* de Raúl Valles Rodas. Pasados los 25 min se realizó el proceso de retirar el material en suspensión entre los nivel estimado que se encontraría el limo, esto se realizó por sifonamiento con lo cual

se pasó dicho material a otro envase donde se dejó decantar por 24 horas hasta que el agua ya estuviese cristalina y todo el limo en el fondo; luego este material se volvió a sifonear con el fin de retirar el exceso de agua y poder colocar el material obtenido a secar en un horno por 24 horas más para poder obtener el limo necesario para realizar las mezclas.

Este mismo proceso se repitió varias veces hasta lograr obtener la cantidad de limo requerida, en cada uno de los procesos se utilizaba 1500g del material original debido a la capacidad de almacenamiento de los envases utilizados.



Figura 29: Proceso de Sifoneado. Fuente: Propia

Preparación de la Arcilla

Este material fue donado por la Alfarería Venezuela C.A. Según la clasificación de la empresa el mismo es Clase “A”, considerado por ellos como una arcilla pura. Nos donaron un total de 50 Kg. Para la preparación del material se colocó en el horno a secar por 24 horas para luego triturarlo. Esto se hace a fin de controlar el contenido de humedad de las muestras.

4.1.2.- Clasificación

Para la clasificación de las muestras originales se realizaron los ensayos que se especifican en la Tabla 1.

Tabla 1: Ensayos Realizados para Cada Material

Material	Ensayos Realizados
Arena	Granulometría Gravedad Especifica
Limos Arcilla	Hidrometría Límites de Atterberg Gravedad Especifica

Los resultados obtenidos de estos ensayos se incluyen en el Anexo I.

De estos resultados clasificados por AASHTO Y S.U.C.S se puede deducir:

1. El material granular es una Arena Bien Gradada
2. Para el material de fino (Arcilla) se clasifico como una Arcilla inorgánica de media plasticidad, aunque para este se pudo observar a partir de la hidrometría que contenía un 49% de limo (Anexo I -7)
3. Para el material fino (Limo) Arcilla Limosa (CL-ML)

4.2.- Preparación de las Mezclas y Clasificación de las Mezclas

4.2.1.- Preparación de Mezcla No Plástico Fino + Grueso

Esta mezcla se preparó con dos tipos de materiales; el primero es un material plástico (arcilla limosa) proveniente de Alfarería Venezuela C.A. y el segundo es un material no plástico (arena) proveniente de Estado Vargas.

Se establecieron los diferentes porcentajes con los cuales se trabajaron, los cuales son:

60% arena y 40% arcilla limosa

75% arena y 25% arcilla limosa

85% arena y 15% arcilla limosa

Se tomó un peso total de 3 kg para cada porcentaje. Inicialmente ambos materiales tenían su humedad natural, se decidió mezclarlos húmedos para luego llevarlos a una humedad lo más cercano posible a su límite líquido, debido a que es más fácil de trabajar el suelo en ese estado. Para lograr esto inicialmente realizamos el límite líquido y al conocer dicho valor, se llevó toda mezcla a esa humedad.

4.2.2.- Preparación de Mezcla No Plástico Fino

Esta mezcla se preparó con dos tipos de materiales; el primero es un material plástico (arcilla limosa) proveniente de Alfarería Venezuela C.A. y el segundo es un material no plástico (limo) proveniente de Estado Apure.

Se establecieron los diferentes porcentajes con los cuales se trabajaron, los cuales son:

60% limo y 40% arcilla limosa

75% limo y 25% arcilla limosa

85% limo y 15% arcilla limosa

Se tomó un peso total de 3 kg para cada porcentaje. Inicialmente la arcilla contenía su humedad natural, mientras que el limo se encontraba saturado ya que éste se obtuvo a partir de un proceso de sifoneado. Se mezclaron para luego llevarlos a una humedad lo más cercano posible a su límite líquido, debido a que es más fácil de trabajar el suelo en ese estado. Para lograr esto realizamos inicialmente el límite líquido y al conocer dicho valor, se llevó toda mezcla a esa humedad.

En la tabla número dos se observan los verdaderos valores de limo obtenidos con picnómetro en el laboratorio, debido a que la muestra original de arcilla contenía un alto porcentaje de limo, por lo que los rangos iniciales establecidos durante la preparación de la mezcla se vieron alterados.

Tabla 2: Valores Reales de Mezclas de Suelos

Mezclas	Cantidad Real de Arcilla	Cantidad Real de No Plástico	
60% Fino	35.24	64.76	65
75% Fino	28.47	71.53	72
85% Fino	44.38	55.62	56
Arcilla	51.38	48.62	49
60% Fino + Grueso	20.55	79.45	80
75% Fino + Grueso	12.84	87.16	87
85% Fino + Grueso	7.71	92.29	92

4.2.3.- Clasificación de las mezclas por S.U.C.S y AASHTO

Tabla 3: Clasificación de las Mezclas por S.U.C.S. y AASHTO

Mezcla	S.U.C.S	AASHTO
49% Fino	CL (Arcilla inorgánica de media plasticidad)	A-6 (Arcilla)
56% Fino	CL (Arcilla de baja plasticidad arenosa y limosa)	A-5 (Limo)
65% Fino	CL (Arcilla de baja plasticidad arenosa y limosa)	A-5 (Limo)
72% Fino	CL ML (Arcilla limosa)	A-4 (Limo)
80% Fino + Grueso	SM SC (Arena arcillosa-limosa)	A-2-4 (Arena Limosa)
87% Fino + Grueso	SM (Arena Limosa)	A-3 (Arena)
92% Fino + Grueso	SM (Arena Limosa)	A-3 (Arena)

4.3.- Resultados de Veletas

Para la verificación de la combinación de veleta y resorte a utilizar se revisaron varios trabajos anteriores realizados en el laboratorio de la UCAB, y además se hicieron algunas pruebas con los materiales a utilizar. Según García M. (17), el resorte N° 1 por ser más sensible se recomienda para obtener la resistencia al corte de suelos muy blandos, el resorte N° 2 es recomendado para suelos entre blandos y firmes, el resorte N°3 para suelos moderadamente firmes y el resorte N°4 es el más duro; se recomienda para suelos muy firmes y es el menos utilizado. (Picón & Pineda, 2013)

Durante el proceso de selección del tipo de resorte y de veleta, se decidió realizar el ensayo tanto para el resorte número uno y número tres, ambos con veleta pequeña y veleta grande. Esto nos demostró que existía una dispersión en la resistencia al corte no drenado que dependía de la relación del tipo de veleta y resorte que se usaba, como se puede observar en el Grafico N° 1.

Partiendo de esto para la realización del ensayo final de veleta se decidió utilizar el resorte número dos y veleta grande, ya que contamos con suelos propensos a ser entre blandos y firme, consideramos que esa sería la mejor combinación de resorte-veleta para obtener la resistencia al corte no drenada para las mezclas ya preparadas. Es oportuno destacar que esta misma combinación fue utilizada por Picón y Pineda (2013).

En los Gráficos N° 3 y N4 se incluyen los resultados de los ensayos de veleta en las muestras ensayadas con limos y arenas, respectivamente, a distintos contenidos de humedad. En el Gráfico 4 se incluyen todas las veletas en esos suelos.

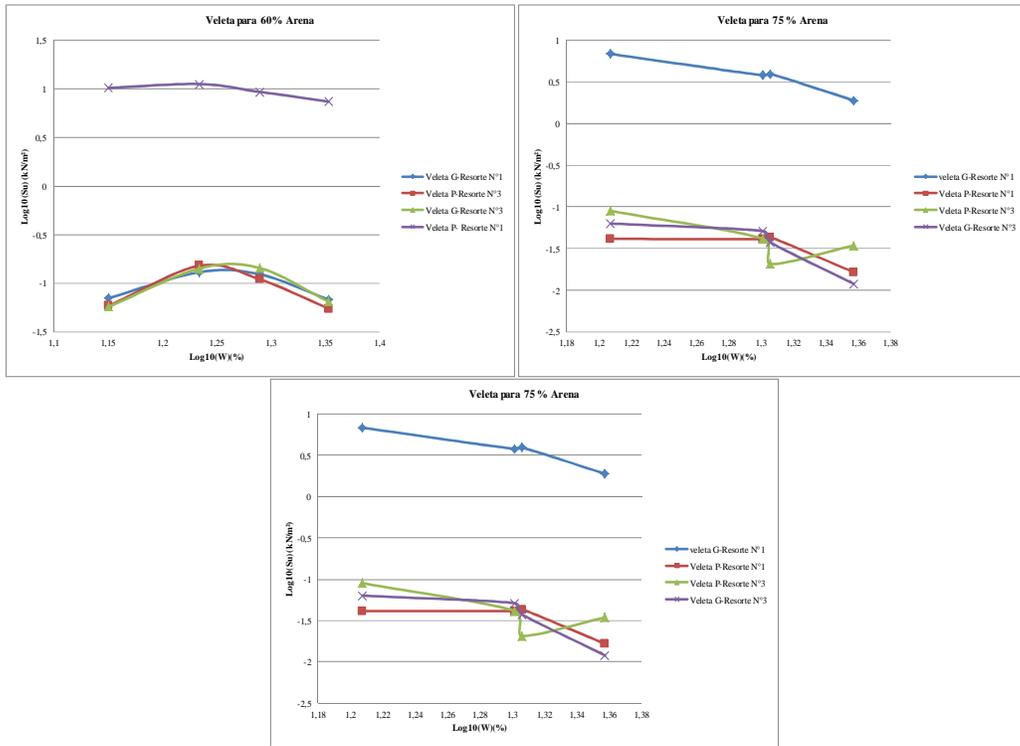


Gráfico 1: Curvas de Veletas en Mezclas de Material No Plástico Fino + Grueso

Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

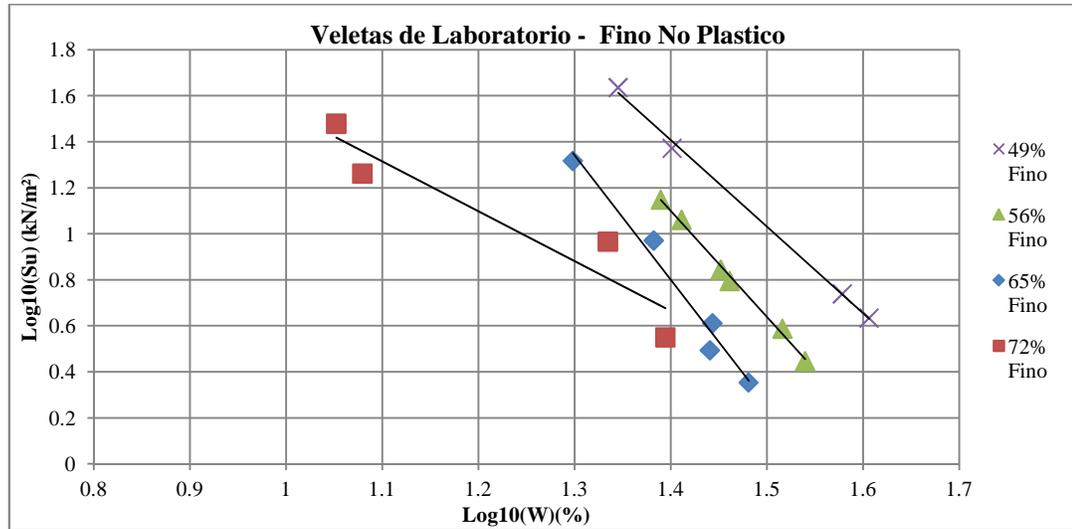


Gráfico 2: Veletas de Laboratorio-Fino

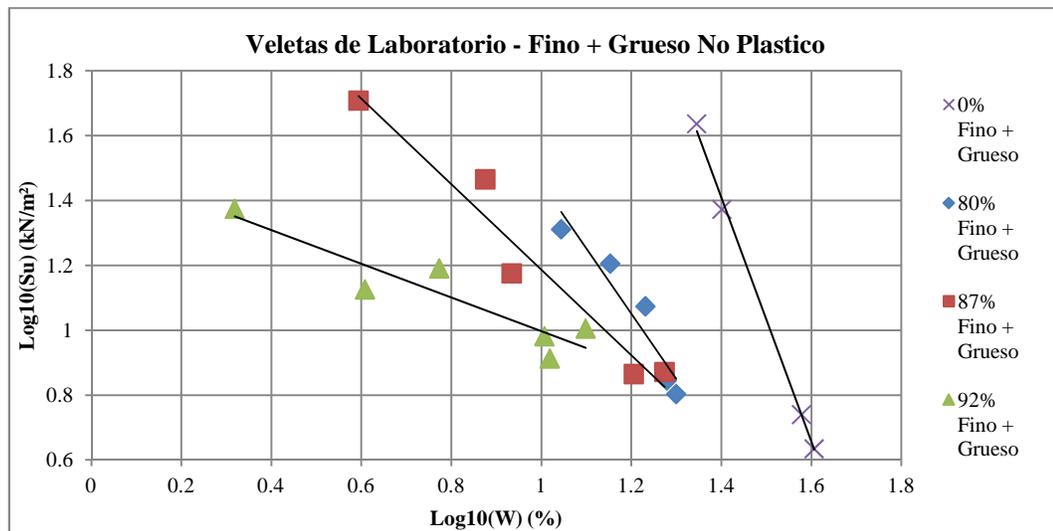


Gráfico 3: Veleta de Laboratorio- Fino+ Grueso

Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

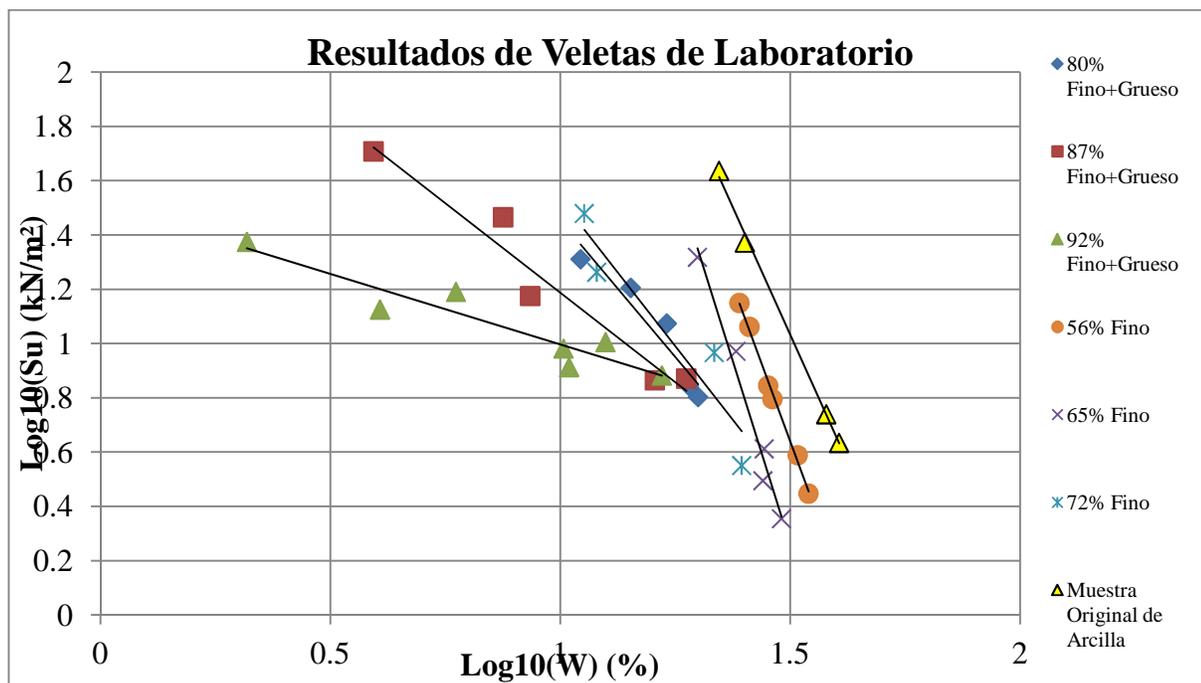


Gráfico 4: Resultados de Veleta de Laboratorio.

De acuerdo con Echezuría (2014) y Picón y Pineda (2013), las rectas entre el logaritmo de la resistencia al corte y el logaritmo de la humedad obtenidas para materiales plásticos tienen muy poca dispersión. Esto se observa para el material original con 49% de limo en el Gráfico N° 2. Ahora bien, al analizar las otras rectas contenidas en los Gráficos N°2, N°3 y N°4, se observa que en las rectas de las arenas hay una mayor dispersión de los puntos que en las rectas de los limos, esto se ve reflejado en los valores de R que representa la bondad del ajuste a la línea de tendencia. Esto nos indica que en las muestras con arena estaría dominando el comportamiento de la fracción no plástica y que habría una mayor cantidad de agua libre, que contribuye en su comportamiento como también en la plasticidad de los valores que se obtuvieron. Por el contrario, en las muestras con mezclas de material no plástico fino, excepto por 72% fino, estaría controlando el material plástico, debido a la escasa dispersión que muestran los datos. Por eso se cree que hay más control del agua debido a que el material mezclado tiene mayor cantidad de superficie específica que en las mezclas de material no plástico grueso, lo cual controla los meniscos que se pueden formar entre las partículas de

suelos y mantiene el agua en un estado que no le permite moverse libremente entre las partículas. Este criterio se fortalece al observar los valores de límite líquido que para las mezclas con no plásticos gruesos tienden a ser menores que lo valores de límite líquido de las mezclas finos.

Consideremos ahora el caso de la muestra original de arcilla (la cual contiene realmente un 51% de arcilla pura). La misma tiene un límite líquido de 40.96 y al ir agregando arena el mismo bajo hasta 16,63 para un 92% de material no plástico grueso y 18,70 para un 72% de material no plástico fino, una diferencia notoria tomando en cuenta que dichas mezclas aun contienen entre un 15 y 28 de arcilla correspondiente.

Tabla 4: Límites de Atterberg de las Mezclas de arcillas, limos y arenas

Límites de Atterberg						
	56%	80%	65%	87%	72%	92%
*	Fino	Fino + Grueso	Fino	Fino + Grueso	Fino	Fino + Grueso
LL	28.90	21.83	30.36	18.70	24.95	16.63
LP	18.89	15.04	20.00	19.14	16.76	14.58

La dispersión de los puntos en la línea de tendencia nos indica que la fracción no plástica debe estar controlando esa mezcla. Así, para las muestras con arena, se observa dicha dispersión ya desde el 60% que en realidad corresponde a un contenido de finos no plásticos de 80%, con lo cual podríamos afirmar que la fracción que está controlando el suelo es la granular. Por otra parte, para los limos ese cambio en la dispersión de los datos se evidencia para un porcentaje de por lo menos alrededor de un 72% de fino.

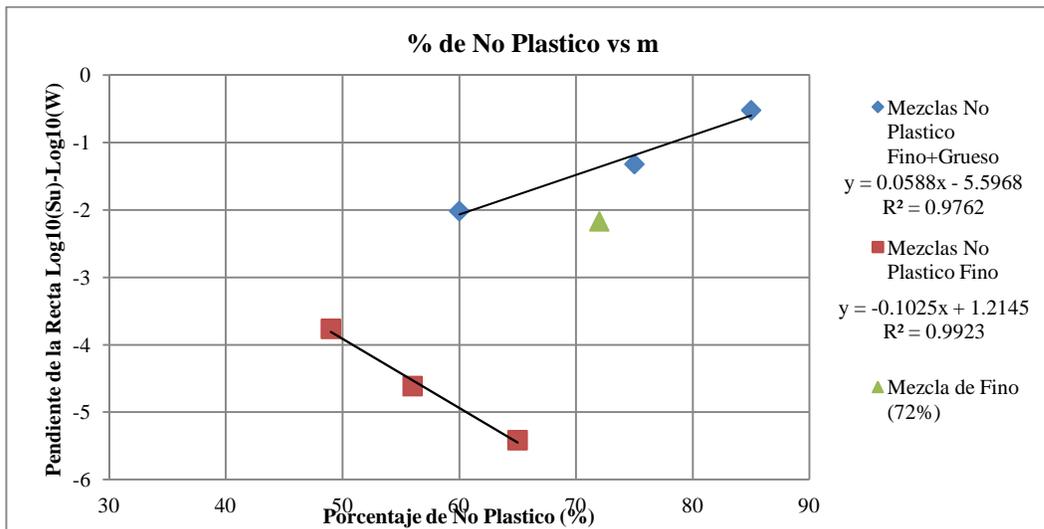


Gráfico 5: Porcentaje de No Plástico vs m

El indicador de la bondad del ajuste de las regresiones, R, para cada porcentaje de mezcla no plástico grueso, nos indica la dispersión que tienen los materiales arenosos, y ese mismo comportamiento se observa en la mezcla de 72% de fino. De igual manera se observa que para porcentajes menores a 65% de fino se comienza a ajustar todos los datos a la línea, por lo que estaría controlando la fracción plástica. Esto se puede observar en el Gráfico N°5 en el cual el valor de la pendiente para el porcentaje de 72% de fino se encuentra más cerca a los valores de las pendientes de las mezclas de grueso, por lo que hay un cambio súbito en su comportamiento de plástico a no plástico.

En las gráficas de las veletas todos los finos se observan que se desplazan hacia a la izquierda y sus pendientes tienden a ser más inclinadas, lo cual era de esperarse según lo propuesto por el ingeniero Heriberto Echezuria, mientras que para los gruesos se observa igual que se desplazan hacia la izquierda, pero sus pendientes no se notan más inclinadas sino todo lo contrario estas van disminuyendo. Puesto que se esperaba que para los valores de límite plástico las muestras tuvieran mayor resistencia al corte no drenado, esto demostró que debe estar controlando la fracción granular.

4.4.- Resultados de Consolidación

A continuación se presentan los resultados para la consolidación de las mezclas de no plástico, por el método de Taylor y el método de Casagrande.

Tabla 5: Resultados del Ensayo de Consolidación – Método de Taylor

Método	Taylor (t90 + 1 hr) (min)			
Material	0,4Kg/cm ²	0,8Kg/cm ²	1,6Kg/cm ²	3,2Kg/cm ²
49%Fino-0%Grueso	226.47	267.16	283.53	249.23
80% Fino + Grueso	139.71	115.19	99.18	100.16
87% Fino + Grueso	74.61	106.24	89.96	100.73
92% Fino + Grueso	72.92	111.10	130.18	83.98
56% Fino	238.68	283.57	146.62	119.34
65% Fino	262.87	261.32	199.63	165.60
72% Fino	241.86	175.51	155.62	121.64

Tabla 6: Resultados del Ensayo de Consolidación – Método de de Casagrande

Método	Casagrande (t100) (min)			
Material	0,4Kg/cm ²	0,8Kg/cm ²	1,6Kg/cm ²	3,2Kg/cm ²
49%Fino-0%Grueso	172,16	174,33	222,88	197,26
80% Fino + Grueso	67,15	56,56	51,01	39,47
87% Fino + Grueso	20,64	40,64	28,65	41,84
92% Fino + Grueso	9,16	28,41	56,31	25,46
56% Fino	143,97	147,11	91,27	63,24
65% Fino	161,01	153,75	133,40	87,94
72% Fino	146,54	78,98	81,41	50,84

Como se observa en la Tabla N°5 y N°6, en la mayoría de los casos con el método de Taylor se obtienen mayores valores de tiempo para la consolidación primaria que por el método de Casagrande, es por esto que se tomó como el tiempo de referencia de la consolidación de las muestras para el ensayo de corte directo el valor obtenido por el método de Taylor. También se puede observar que los tiempos de consolidación de la muestra original de arcilla se iban disminuyendo para mayores porcentaje de material no plástico, en el caso de las mezclas con arena este cambio fue significativo ya que el tiempo se redujo a solo cinco por ciento (5%) del valor inicial de la arcilla.

En las distintas mezclas se observa que se van reduciendo los tiempos de consolidación al ir aumentando el porcentaje de material no plástico, y como se conoce que para mayores tiempos de consolidación el suelo estará controlado por la fracción plástica, se puede decir que hay un cambio de comportamiento a medida que aumenta la fracción no plástica y que debe existir un umbral para el cual dicho comportamiento deja de ser plástico. Eso se evidencia en las muestras arenosas las cuales tienen un tiempo de consolidación menor por ende tienen un drenaje más rápido que está relacionado con los comportamientos de los suelos granulares

4.5.- Resultados de Corte

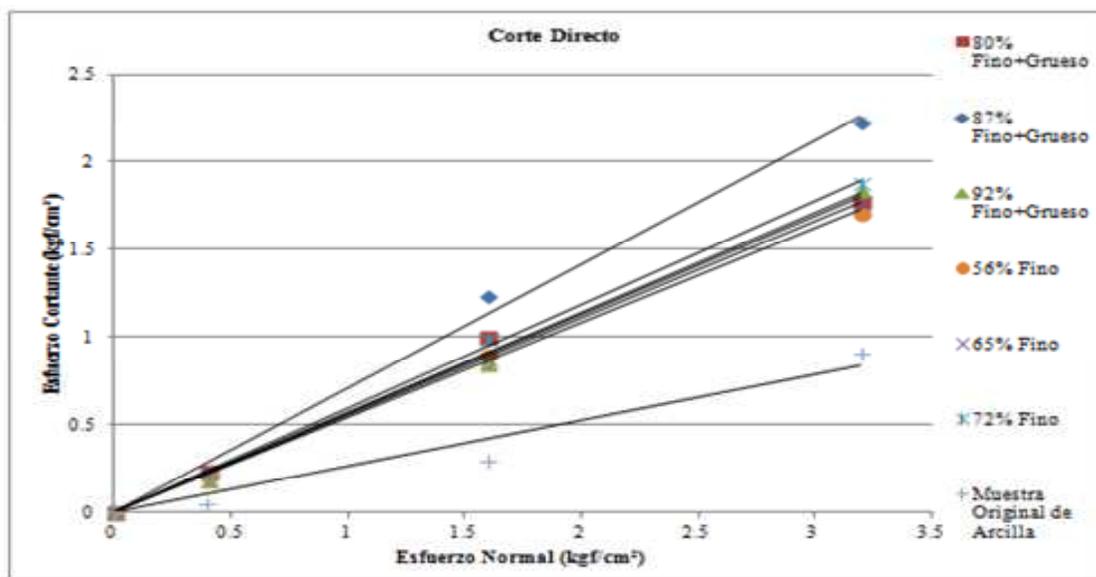


Gráfico 6: Corte Directo para Todas las Mezclas

En el Grafico N°6, se observan los rangos para las mezclas de fino y grueso, donde se tiene una participación alta, moderada y baja del material no plástico en la matriz de arcilla. Se evidencia un gran salto en el ángulo de fricción para tan solo una diferencia del siete por ciento (7%) de fino no plástico entre la matriz de arcilla, la cual contiene 49% de fino, y la mezcla de 56% de fino, el cual es un indicador que el material no plástico comienza a controlar de moderada a significativamente. Entre las mezclas de fino, se destaca el 72% como el porcentaje con la participación más alta del material no plástico, mientras que en las arenas la mezcla de 60% tiene un ángulo de fricción relativamente cercano al de 56% fino, por ende podrían tener un comportamiento similar.

En el Anexo V, se encuentran todas las gráficas de desplazamiento vertical vs desplazamiento horizontal, en donde se evidencia una tendencia a compresión en todas las muestras, es decir que en el caso de haber medido presión de poros, estos valores serían positivos en todo momento para este rango de porcentajes de mezclas.

Tabla 7: Ángulos de Fricción para las mezclas de Suelo

Material	θ
49%Fino- 0%Grueso	12,41°
80% Fino + Grueso	29,69°
87% Fino + Grueso	35,28°
92% Fino + Grueso	29,41°
56% Fino	28,38°
65% Fino	28,91°
72% Fino	34,64°

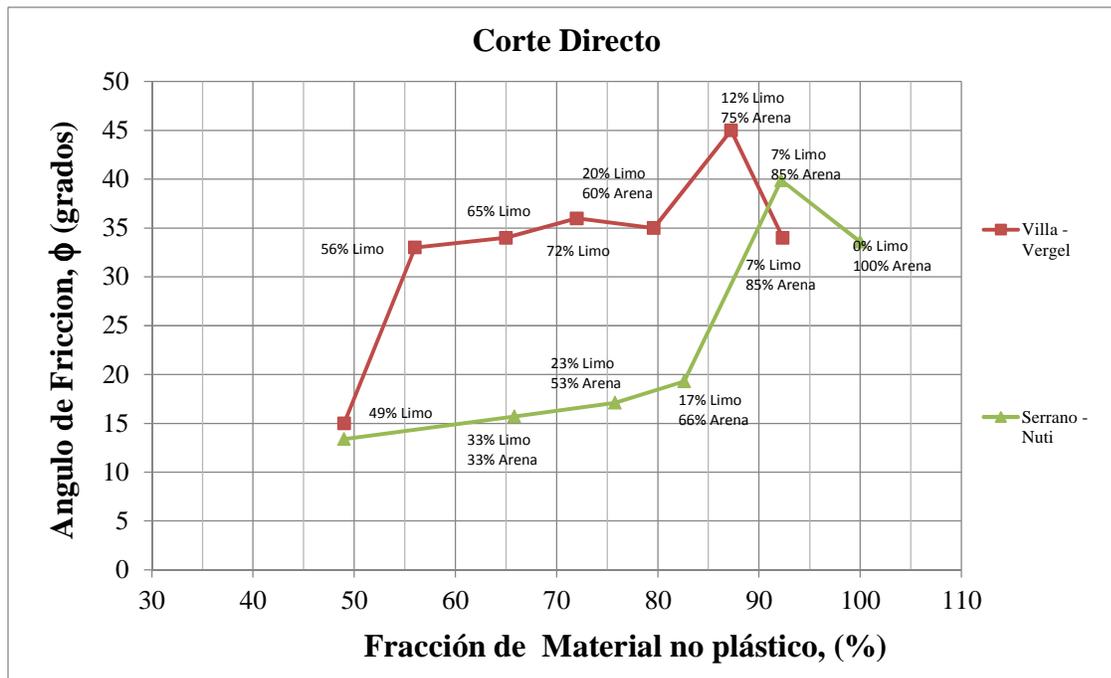


Gráfico 7: Ángulo de Fricción vs % de Mezclas

Debido a que se tomaron en cuenta los resultados obtenidos en el trabajo de especial de grado realizado por Serrano y Nuti, pudimos comparar el ángulo de fricción para los diferentes rangos de contenidos de arena, en el cual se evidencio un gran salto en el ángulo de fricción al igual que con los datos de este trabajo. Como se puede observar en el Grafico N°7. Aunque al comparar los resultados obtenidos por Serrano y Nuti con los obtenidos en este observa dicho salto y se podría atribuir a la diferencia en las características (angularidad y granulometría) entre el tipo de arena para las mezclas de material no plástico fino + grueso utilizada en ambos trabajos. Sin embargo ambas curvas siguen la misma tendencia en el cual se puede decir que existe un cambio entre el control del material trabajo, se encuentran ciertas discrepancias para el rango en el cual plástico al material no plástico a medida que aumentan los porcentajes de las mezclas. También se observa que el ángulo de fricción aumenta mas rápidamente con el material no plástico fino que con el material no plástico fino + grueso. Esto debe ser estudiado con mas detalle.

También se observa que para grandes porcentajes de material no plástico grueso, mayores a 80-87%, existe un descenso en ambas curvas la cual puede ser consecuencia al comportamiento de la arcilla, que pareciera que se comienza a comportar como un agente viscoso el cual lubrica la fricción entre los granos de las muestras.

Material	θ	T90 + 1hr. por Método de Taylor (min)				m_1	m_2	LL	LP	IP
		0,4Kg/cm ²	0,8Kg/cm ²	1,6Kg/cm ²	3,2Kg/cm ²					
49%Fino-0%Grueso	12,41°	226,47	267,16	283,53	249,23	3,7626	3,5	40,96	21,47	19,48
80% Fino+Grueso	29,69°	139,20	114,96	99,00	99,60	2,0158	9,5	21,83	15,04	6,79
87% Fino+Grueso	35,28°	74,40	106,20	89,40	100,20	1,3192	20	18,7	19,14	0,00
92% Fino+Grueso	29,41°	72,90	111,00	129,60	83,40	0,5193	18	16,63	14,58	2,05
56% Fino	28,38°	238,68	283,57	146,62	119,34	4,611	7	28,9	18,89	10,01
65% Fino	28,91°	262,87	261,32	199,63	165,60	5,4136	8	30,36	20	10,36
72% Fino	34,64°	241,86	175,51	155,62	121,64	2,1685	6,5	24,95	16,76	24,95

Tabla 8: Tabla Resumen de Valores obtenidos para las Mezclas de Suelos

θ : Angulo de Fricción

TC: tiempo de consolidación primaria por el Método de Taylor

m_1 : pendiente de las rectas de veletas

m_2 : pendiente que debería tener el material según la carta de plasticidad

Finalmente en la Tabla N°8 se tiene un resumen de todo los resultados que nos indican como varia el comportamiento de la matriz de arcilla para los diferentes porcentajes de materiales no plásticos.

Las pendientes de veletas van aumentado a medida que este controlando el material plástico, lo cual se evidencia claramente para las mezclas de fino entre 49%-65% con unas pendientes entre 3.76-5.41 respectivamente, luego se evidencia un cambio en el

comportamiento para la mezcla de 72% de fino ya que su pendiente disminuye a 2.17, causando que la pendiente de línea de tendencia disminuya. Este comportamiento también se observa para las mezclas de gruesos en las cuales es notorio el control del material no plástico.

En la Figura N°30 junto con los valores de m_1 , pendiente de las rectas obtenidas en este trabajo, y m_2 , pendiente de las rectas si controlase el material plástico, de la Tabla N°8. Los valores de m_2 se obtuvieron al graficar los puntos de limite liquido e índice de plasticidad de las mezclas obtenidas, con lo que se puede observar que los valores de las pendientes de las rectas de veletas ensayadas y los valores las pendientes de la carta de plasticidad no coinciden. Esto implica que en el material la fracción que está controlando las mezclas es la no plástica, debido a que el Figura N°30 se usa con la finalidad de clasificar materiales plásticos, el hecho de que no coincidan los valores de las pendientes de las veletas y sean mucho menores a lo esperado, indica que dichas mezclas son susceptibles a licuar. Un ejemplo sería la mezcla de 56% fino el cual arroja una pendiente de 4.611 y al graficar el punto con el índice de plasticidad y limite líquido propio, la curva en la cual se sitúa el punto corresponde a una pendiente de veleta igual a 7.

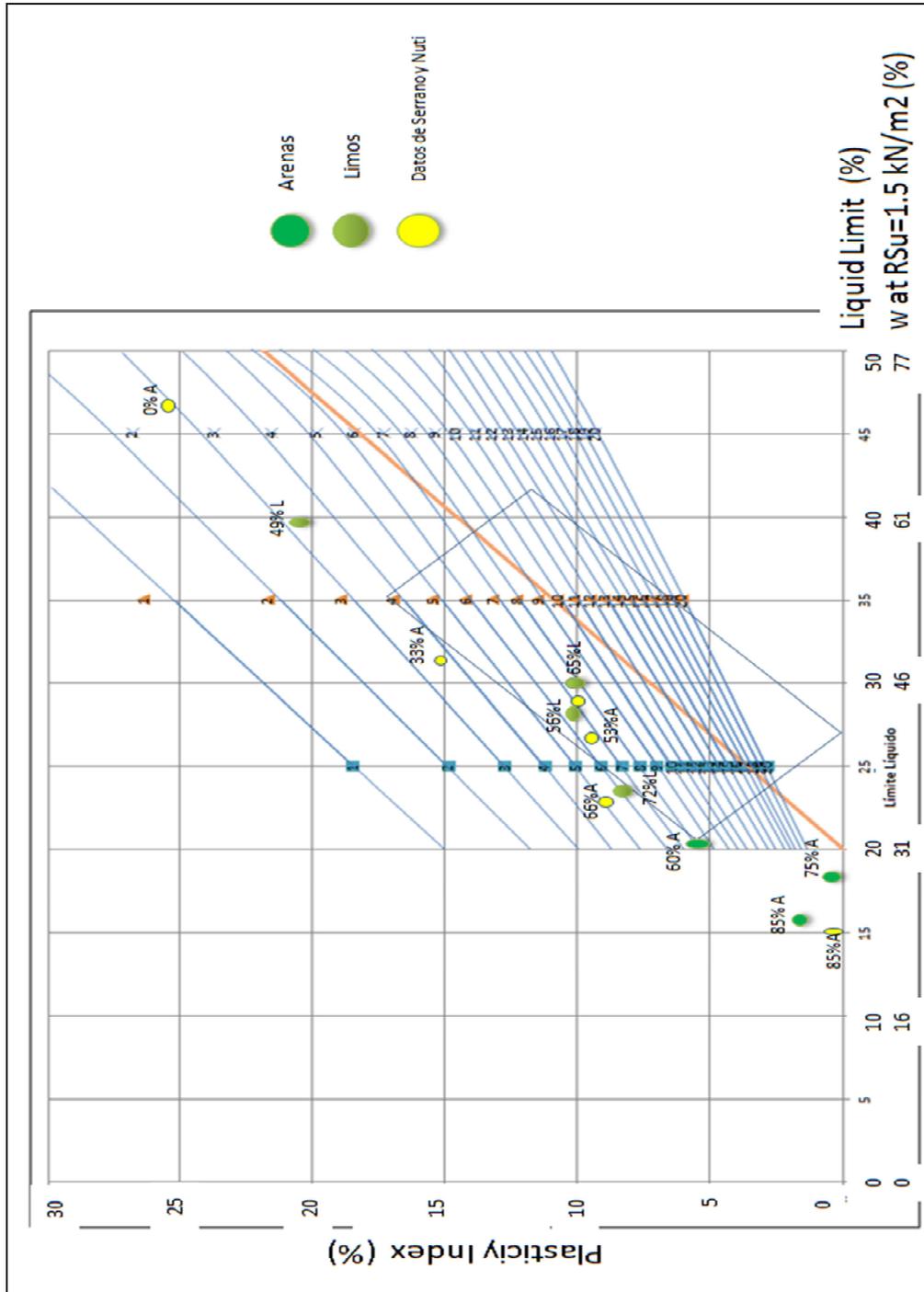


Figura 30: Rango de suelos plásticos licuables estudiados por Seed y Wang, fide Boulanger e Idriss. (Echezuría, 2014)

Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Capítulo V

Conclusiones

Efectivamente al analizar las propiedades índices de la matriz de arcilla, esta va cambiando a medida que se le va agregando cierto porcentaje y tipo de material no plástico. Se notó una diferencia entre el tipo de material no plástico que se le agregó, arena y limo, puesto que los cambios más bruscos en el comportamiento de las mezclas se observaron al agregar material no plástico fino + grueso (arena).

Al comparar las mezclas ensayadas con el gráfico propuesto anteriormente por Seed y Wang, fide Boulager e Idriss, en la cual se observa que para valores de límite líquido entre 24-30 y un índice de plasticidad entre 8-10 se considera una zona en la que los materiales controlados por la fracción plástica son susceptibles a licuar, se concluyó que tanto las mezclas limosas como las arenosas podrían ser susceptibles a licuar.

Se concluyó mediante los ensayos de veleta de laboratorio, ensayo de consolidación y corte directo que la arcilla cambia notoriamente su comportamiento de plástico a no plástico al aumentar el contenido de materiales no plásticos. Para el caso de los no plásticos gruesos se estima que el cambio en comportamiento umbral debe ocurrir entre 50 y 60% de contenido de grueso mientras que para el fino dicho umbral está entre 65 y 72 % de contenido de fino.

Capítulo VI

Recomendaciones

Se recomienda realizar este mismo estudio para el ensayo de Triaxial CIU o con ensayos de Corte Simple con medición de presión se poros, los cuales muestran con mayor precisión el comportamiento estructural del suelo.

Se recomienda aumentar la fracción no plástica del fino (limo) en la matriz de arcilla hasta alcanzar un 85% de fino y disminuir la fracción de material no plástico fino + grueso (arena) hasta llegar a un 50% de arena a fin de definir mejor los umbrales de cambio significativo del comportamiento de las mezclas con arcillas.

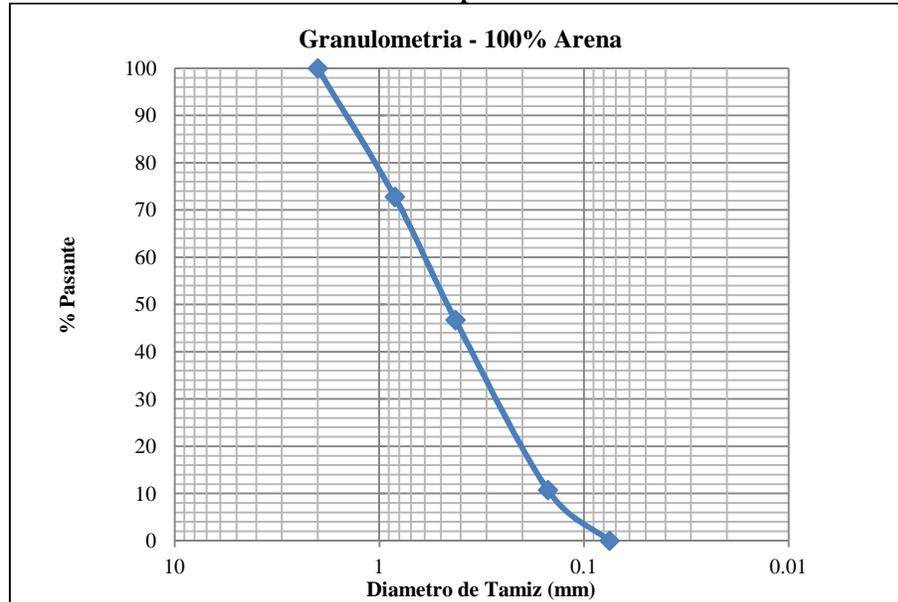
Se recomienda seguir investigando las líneas de igual pendiente en el grafico que muestra la susceptibilidad de los suelos a la licuación para los casos en que controlan los materiales no plásticos.

Se recomienda profundizar el estudio del cambio en los ángulos de fricción y el descenso de la pendiente de la recta de logaritmo de resistencia al corte y logaritmo de contenido de humedad para otras combinaciones de porcentajes de arenas y limos que se evidencia en ambos este trabajo y el de Serrano y Nutti.

Anexos

Anexo I - Ensayos Característicos para Muestra Originales

Anexo I-1: Granulometría por Tamices - 100% Arena



Anexo I-2: Porcentajes en Peso Pasante y Retenido de 100% Arena

Tamiz	Pasante(g)	Retenido(g)	% peso	S.U.C.S.	AASHTO
#20	201,4	66,5	24,82	SW Arena Bien Gradada	A-3 Arena Fina
#40	137,7	63,7	23,78		
#100	49,8	87,9	32,81		
#200	23,5	26,3	9,82		

S.U.C.S: Sistema unificado de clasificación de los suelos

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Official.

Anexo I-3: Gravedad Especifica - 100% Arena

Gravedad Especifica	
Muestra :	100% Arena
Picnómetro N°	7
Capacidad (ml)	100
Peso de Picnómetro (gr)	64.77
Picnómetro + agua (gr)	164.45
Picnómetro + Suelo seco (gr)	94.22
Picnómetro + suelo seco + agua (gr)	183.15
Temperatura	26.2
G	2.74
K	0.9977
Gs	2.73

Anexo I-4: Limites de Atterberg – Muestra Original de Limo

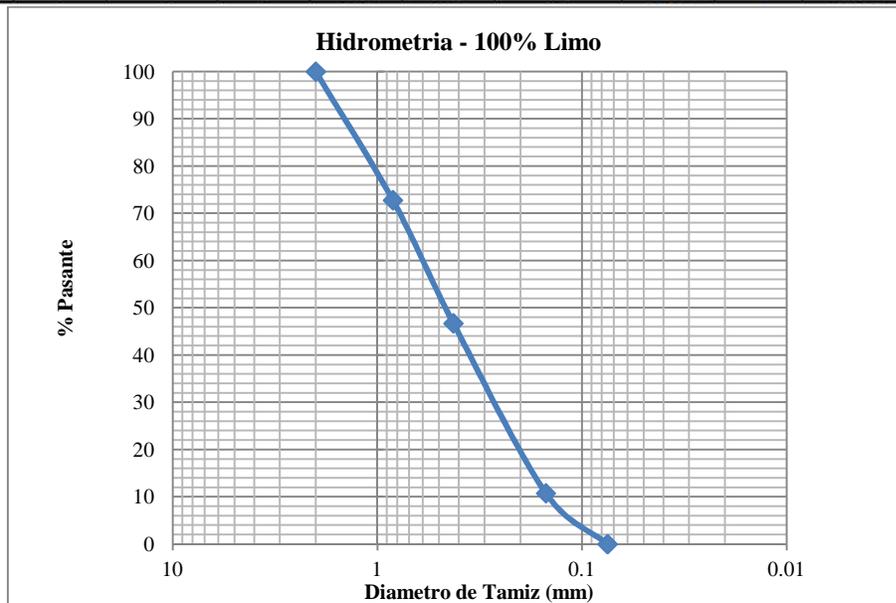
N° De Golpes	N° Tara	Peso de Tara (gr.)	Tara + Peso Suelo Humedo (gr.)	Tara + Peso Suelo Seco (gr.)	Peso de Agua	Peso de Suelo Seco (gr.)	Humedad de Suelo (%)
10	20	26.13	43.69	40.36	3.33	14.23	23.40
11	50	32.77	49.64	46.51	3.13	13.74	22.78
15	63	33.84	49.67	46.78	2.89	12.94	22.33
LP	0	0	0	0.00	0	0	0.00
	LL	14.08	LP	0.00	IP	14.08	

Anexo I-5: Gravedad Especifica – Muestra Original de Limo

Picnómetro N°	2
Capacidad (ml)	100
Peso de Picnómetro (gr)	66.05
Picnómetro + agua (gr)	165.71
Picnómetro + Suelo seco (gr)	72.31
Picnómetro + suelo seco + agua (gr)	169.61
Temperatura	28.6
G	2.65
K	1
Gs	2.65

Anexo I-6: Granulometría por Hidrómetro - Muestra Original de Limo

Muestra:	Muestra Original de Limo	Cd	6.3	Peso Total Suelo Seco (gr)	47.6	% Pasante Tamiz #10	100.000				
Agente Dispersor	Hexametofato de Sodio	Cm	1	Peso Retenido Tamiz #10 (gr)	47.6	%Retenido Tamiz #200	0.000				
Gs	2.65	a	1.00	Peso Pasante Tamiz #10 (gr)	47.6	%Pasante Tamiz #200	100.000				
t (min)	T (°C)	Ct	R	Rm	L (cm)	K	(L/t) ^{1/2}	D (mm)	Rc	% Finos Parcial	%Finos Total
2	20	0	35	36	10.39	0.014	2.279	0.021	30	62.456	62.456
5	20	0	24	25	12.19	0.014	1.562	0.017	19	39.324	39.324
30	20	0	16	17	13.51	0.014	0.671	0.011	11	22.501	22.501
60	21	0.2	15	16	13.67	0.013	0.477	0.009	10	20.819	20.819
240	24	1	14	15	13.83	0.013	0.240	0.006	10	20.398	20.398
1440	20	0	13	14	14.00	0.014	0.099	0.004	8	16.192	16.192



Anexo I-7: Límites de Atterberg - Muestra de Original de Arcilla

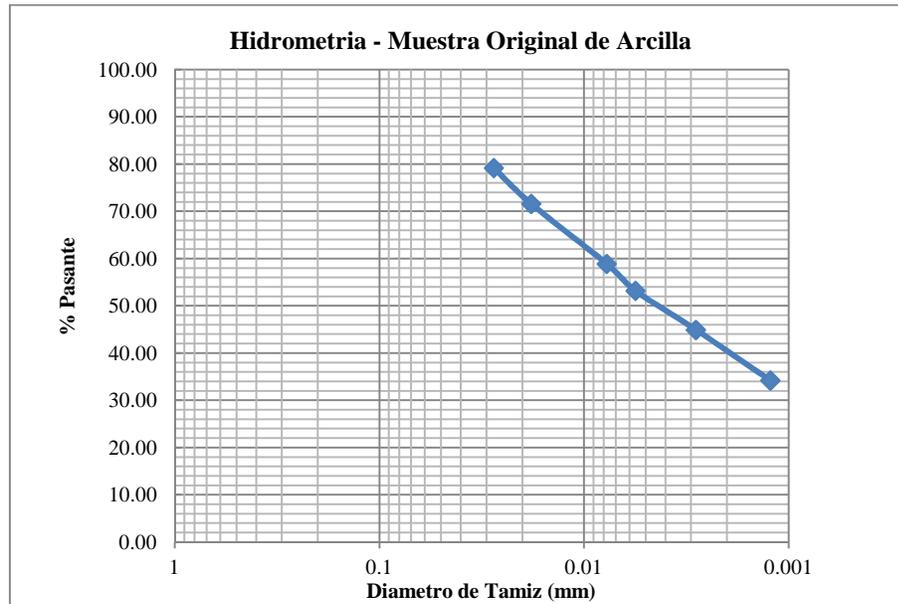
Nº De Golpes	Nº Tara	Peso de Tara (gr.)	Tara + Peso Suelo Humedo (gr.)	Tara + Peso Suelo Seco (gr.)	Peso de Agua	Peso de Suelo Seco (gr.)	Humedad de Suelo (%)
13	25	27.89	41.99	37.67	4.32	9.78	44.17
28	27	27.96	40.77	37.1	3.67	9.14	40.15
32	26	27.93	41.56	37.74	3.82	9.81	38.94
LP	82	36.55	44.3	42.93	1.37	6.38	21.47
	LL	40.96	LP	21.47	IP	19.48	

Anexo I-8: Gravedad Especifica - Muestra Original de Arcilla

Picnómetro N°	2
Capacidad (ml)	100
Peso de Picnómetro (gr)	66.05
Picnómetro + agua (gr)	165.88
Picnómetro + Suelo seco (gr)	80.84
Picnómetro + suelo seco + agua (gr)	175.02
Temperatura	26.3
G	2.62
K	0.9986
Gs	2.61

Anexo I-9: Granulometría por Hidrómetro - Muestra Original de Arcilla

Muestra:	Muestra Original de Arcilla	Cd	6	Peso Total Suelo Seco (gr)	53.1	% Pasante Tamiz #10	100				
Agente Dispersor	Hexametofato de Sodio	Cm	1	Peso Retenido Tamiz #10 (gr)	53.1	%Retenido Tamiz #200	0				
Gs	2.61	a	1.01	Peso Pasante Tamiz #10 (gr)	53.1	%Pasante Tamiz #200	100				
t (min)	T (°C)	Ct	R	Rm	L (cm)	K	(L/t) ^{1/2}	D (mm)	Rc	% Finos Parcial	% Finos Total
2	23	0.7	46	47	8.59	0.01	2.07	0.03	41.70	79.19	79.19
5	23	0.7	42	43	9.24	0.01	1.36	0.02	37.70	71.60	71.60
30	24	1	35	36	10.39	0.01	0.59	0.01	31.00	58.87	58.87
60	24	1	32	33	10.88	0.01	0.43	0.01	28.00	53.17	53.17
240	26	1.65	27	28	11.70	0.01	0.22	0.00	23.65	44.91	44.91
1440	24	1	22	23	12.52	0.01	0.09	0.00	18.00	34.18	34.18



Anexo II - Ensayos Característicos para Mezclas

Anexo II-1: Límites de Atterberg – 80% Fino + Grueso

Nº De Golpes	Nº Tara	Peso de Tara (gr.)	Tara + Peso Suelo Humedo (gr.)	Tara + Peso Suelo Seco (gr.)	Peso de Agua	Peso de Suelo Seco (gr.)	Humedad de Suelo (%)
18	57	33.64	46.8	44.34	2.46	10.7	22.99
25	38	31.91	49.1	46.02	3.08	14.11	21.83
35	88	37.66	55.8	52.68	3.12	15.02	20.77
LP	58	33.72	36.78	36.38	0.4	2.66	15.04
	LL	21.83	LP	15.04	IP	6.79	

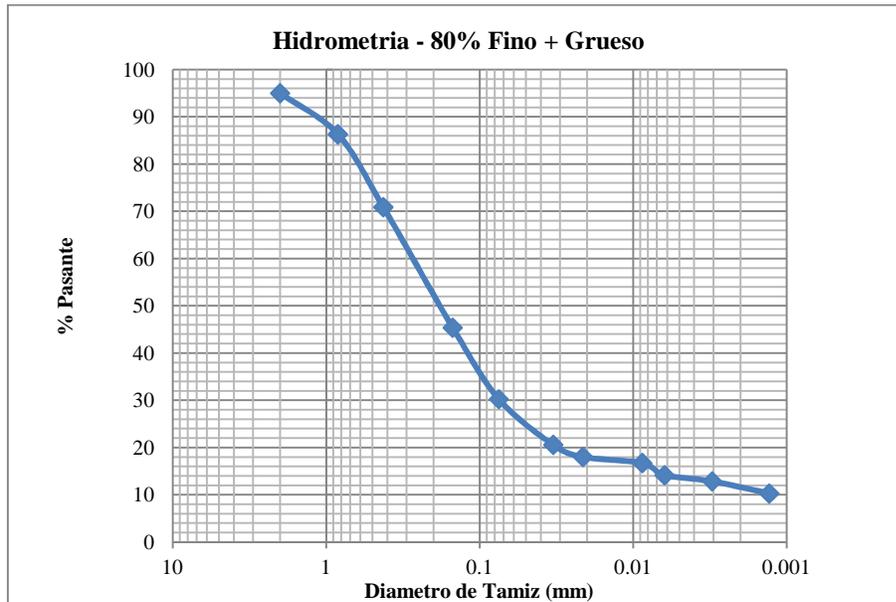
Anexo II-2: Gravedad Específica – 80% Fino + Grueso

Picnómetro Nº	A-4
Capacidad (ml)	100
Peso de Picnómetro (gr)	53.47
Picnómetro + agua (gr)	152.99
Picnómetro + Suelo seco (gr)	84.29
Picnómetro + suelo seco + agua (gr)	172.13
Temperatura	28.5
G	2.64
K	0.9977
Gs	2.63

Anexo II-3: Granulometría por Hidrómetro – 80% Fino + Grueso

Muestra:	60% Arena	Cd	6	Peso Total Suelo Seco (gr)	65.73	% Pasante Tamiz #10	54.267				
Agente Dispersor	Hexametofato de Sodio	Cm	1	Peso Retenido Tamiz #10 (gr)	3.28	%Retenido Tamiz #200	37.852				
Gs	2.63	a	1.00	Peso Pasante Tamiz #10 (gr)	35.67	%Pasante Tamiz #200	62.148				
t (min)	T (°C)	Ct	R	Rm	L (cm)	K	(L/t) ^{1/2}	D (mm)	Rc	% Finos Parcial	%Finos Total
2	24	1	20	21	12.85	0.013	2.535	0.033	16	45.036	20.596
5	24	1	18	19	13.18	0.013	1.624	0.021	14	39.406	18.021
30	24	1	17	18	13.34	0.013	0.667	0.009	13	36.592	16.734
60	24	1	15	16	13.67	0.013	0.477	0.006	11	30.962	14.160
240	27	2	13	14	14.00	0.013	0.242	0.003	10	28.147	12.872
1440	24	1	12	13	14.16	0.013	0.099	0.001	8	22.518	10.298

Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



Anexo II-4: Limites de Atterberg – 87% Fino + Grueso

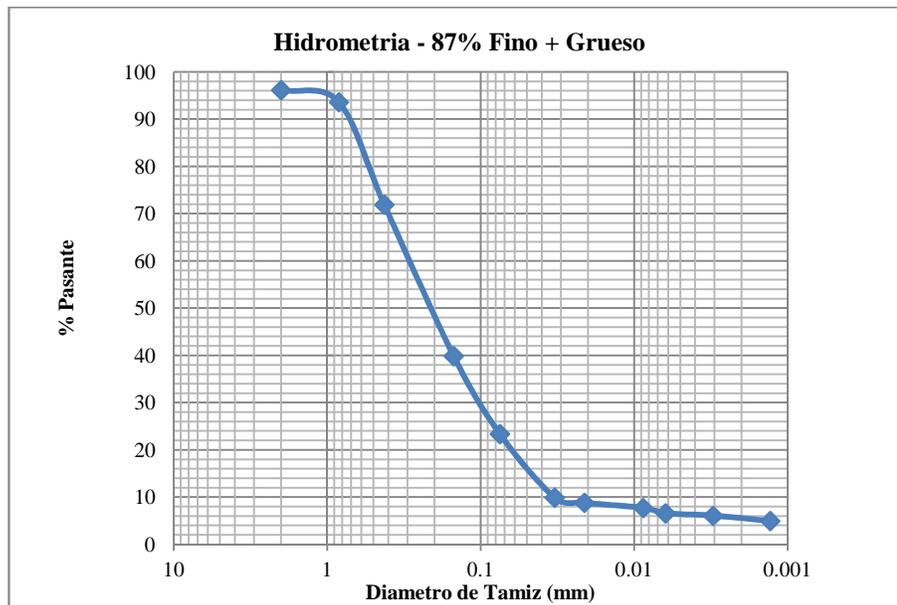
Nº De Golpes	Nº Tara	Peso de Tara (gr.)	Tara + Peso Suelo Humedo (gr.)	Tara + Peso Suelo Seco (gr.)	Peso de Agua	Peso de Suelo Seco (gr.)	Humedad de Suelo (%)
20	51	32.93	51.38	48.41	2.97	15.48	19.186
29	92	40.26	55.83	53.42	2.41	13.16	18.313
12	10	24.46	42.72	39.6	3.12	15.14	20.608
LP	16	25.54	41.04	38.55	2.49	13.01	19.139
	LL	18.70	LP	19.14	IP	-0.44	

Anexo II-5: Gravedad Especifica – 87%Fino + Grueso

Picnómetro N°	7
Capacidad (ml)	100
Peso de Picnómetro (gr)	64.77
Picnómetro +agua (gr)	164.33
Picnómetro + Suelo seco (gr)	89.67
Picnómetro + suelo seco + agua (gr)	179.71
Temperatura	28.8
G	2.62
K	0.9977
Gs	2.61

Anexo II-6: Granulometría Por Hidrómetro – 87% Fino + Grueso

Muestra:	75% Arena		Cd	6	Peso Total Suelo Seco (gr)	93.18	% Pasante Tamiz #10	66.323			
Agente Dispersor	Hexametofato de Sodio		Cm	1	Peso Retenido Tamiz #10 (gr)	3.57	%Retenido Tamiz #200	50.837			
Gs	2.61		a	1.01	Peso Pasante Tamiz #10 (gr)	61.8	%Pasante Tamiz #200	49.163			
t (min)	T (°C)	Ct	R	Rm	L (cm)	K	(L/t) ^{1/2}	D (mm)	Rc	% Finos Parcial	%Finos Total
2	24	1	22	23	12.52	0.013	2.502	0.033	18	29.403	9.902
5	24	1	20	21	12.85	0.013	1.603	0.021	16	26.136	8.802
30	24	1	18	19	13.18	0.013	0.663	0.009	14	22.869	7.701
60	24	1	16	17	13.51	0.013	0.474	0.006	12	19.602	6.601
240	27	2	14	15	13.83	0.013	0.240	0.003	11	17.968	6.051
1440	24	1	13	14	14.00	0.013	0.099	0.001	9	14.701	4.951



Anexo II-7: Límites de Atterberg – 92% Fino + Grueso

Nº De Golpes	Nº Tara	Peso de Tara (gr.)	Tara + Peso Suelo Humedo (gr.)	Tara + Peso Suelo Seco (gr.)	Peso de Agua	Peso de Suelo Seco (gr.)	Humedad de Suelo (%)
13	22	26.77	47.6	44.31	3.29	17.54	18.76
23	1	21.75	38.9	36.41	2.49	14.66	16.98
34	53	32.99	51.12	48.56	2.56	15.57	16.44
LP	67	34.09	44.7	43.35	1.35	9.26	14.58
	LL	16.63	LP	14.58	IP	2.05	

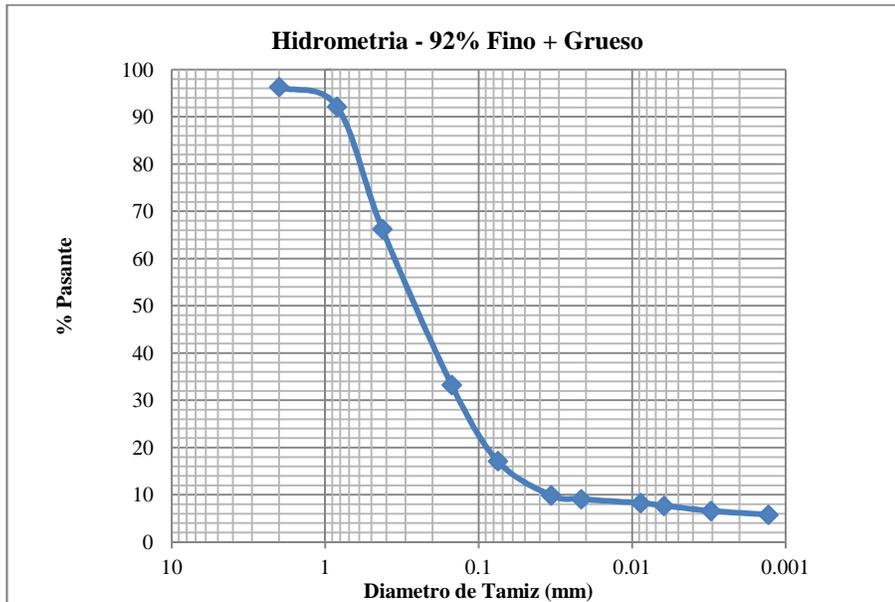
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo II-8: Gravedad Especifica - 92% Fino + Grueso

Picnómetro N°	1
Capacidad (ml)	100
Peso de Picnómetro (gr)	68.17
Picnómetro + agua (gr)	167.79
Picnómetro + Suelo seco (gr)	92.72
Picnómetro + suelo seco + agua (gr)	183.11
Temperatura	28.5
G	2.66
K	0.9977
Gs	2.65

Anexo II-9: Granulometría por Hidrómetro - 92% Fino + Grueso

Muestra:	85% Arena	Cd	6	Peso Total Suelo Seco (gr)	101.36	% Pasante Tamiz #10	54.449				
Agente Dispersor	Hexametofato de Sodio	Cm	1	Peso Retenido Tamiz #10 (gr)	3.73	%Retenido Tamiz #200	45.116				
Gs	2.65	a	1.00	Peso Pasante Tamiz #10 (gr)	55.19	%Pasante Tamiz #200	54.884				
t (min)	T (°C)	Ct	R	Rm	L (cm)	K	(L/t) ^{1/2}	D (mm)	Rc	% Finos Parcial	%Finos Total
2	24	1	16	17	13.51	0.013	2.599	0.034	12	21.725	9.896
5	24	1	15	16	13.67	0.013	1.654	0.021	11	19.914	9.071
30	24	1	14	15	13.83	0.013	0.679	0.009	10	18.104	8.246
60	25	1.3	13	14	14.00	0.013	0.483	0.006	9	16.837	7.669
240	27	2	11	12	14.33	0.013	0.244	0.003	8	14.483	6.597
1440	24	1	11	12	14.33	0.013	0.100	0.001	7	12.673	5.773



Anexo II-10: Limites de Atterberg - 56% Fino

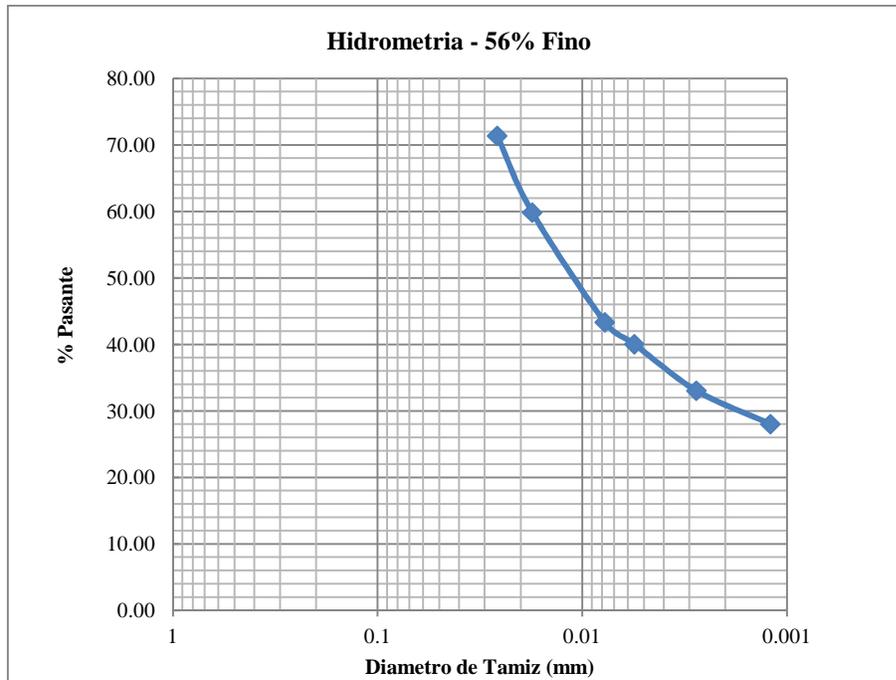
Nº De Golpes	Nº Tara	Peso de Tara (gr.)	Tara + Peso Suelo Humedo (gr.)	Tara + Peso Suelo Seco (gr.)	Peso de Agua	Peso de Suelo Seco (gr.)	Humedad de Suelo (%)
6	57	33.64	49.79	45.43	4.36	11.79	36.98
21	41	32.07	44.83	41.84	2.99	9.77	30.60
30	55	33.74	46.32	43.35	2.97	9.61	30.91
LP	82	36.55	41.71	40.89	0.82	4.34	18.89
	LL	28.90	LP	18.89	IP	10.01	

Anexo II-11: Gravedad Especifica - 56% Fino

Picnómetro Nº	1
Capacidad (ml)	100
Peso de Picnómetro (gr)	68.17
Picnómetro + agua (gr)	167.83
Picnómetro + Suelo seco (gr)	81.82
Picnómetro + suelo seco + agua (gr)	176.42
Temperatura	27.6
G	2.70
K	0.998
Gs	2.69

Anexo II-12: Granulometría por Hidrómetro - 56% Fino

Muestra:	56% Limo		Cd	6	Peso Total Suelo Seco (gr)	60.1	% Pasante Tamiz #10	100.000			
Agente Dispersor	Hexametofato de Sodio		Cm	1	Peso Retenido Tamiz #10 (gr)	60.1	%Retenido Tamiz #200	0.000			
Gs	2.69		a	0.99	Peso Pasante Tamiz #10 (gr)	60.1	%Pasante Tamiz #200	100.000			
t (min)	T (°C)	Ct	R	Rm	L (cm)	K	(L/t) ^{1/2}	D (mm)	Rc	% Finos Parcial	%Finos Total
2	25	1.3	47	48	8.42	0.013	2.052	0.026	43	71.368	71.368
5	25	1.3	40	41	9.57	0.013	1.384	0.018	36	59.831	59.831
30	25	1.3	30	31	11.21	0.013	0.611	0.008	26	43.348	43.348
60	25	1.3	28	29	11.54	0.013	0.439	0.006	24	40.052	40.052
240	29	3.05	22	23	12.52	0.012	0.228	0.003	20	33.047	33.047
1440	24	1	21	22	12.69	0.013	0.094	0.001	17	28.020	28.020



Anexo II-13: Límites de Atterberg - 65% Fino

Nº De Golpes	Nº Tara	Peso de Tara (gr.)	Tara + Peso Suelo Humedo (gr.)	Tara + Peso Suelo Seco (gr.)	Peso de Agua	Peso de Suelo Seco (gr.)	Humedad de Suelo (%)
19	11	24.67	35.53	32.94	2.59	8.27	31.32
26	60-A	33.75	44.83	42.26	2.57	8.51	30.20
37	66	34.02	45.93	43.19	2.74	9.17	29.88
L.P.	10	27.37	35.83	34.42	1.41	7.05	20.00
	LL	30.36	LP	20.00	IP	10.36	

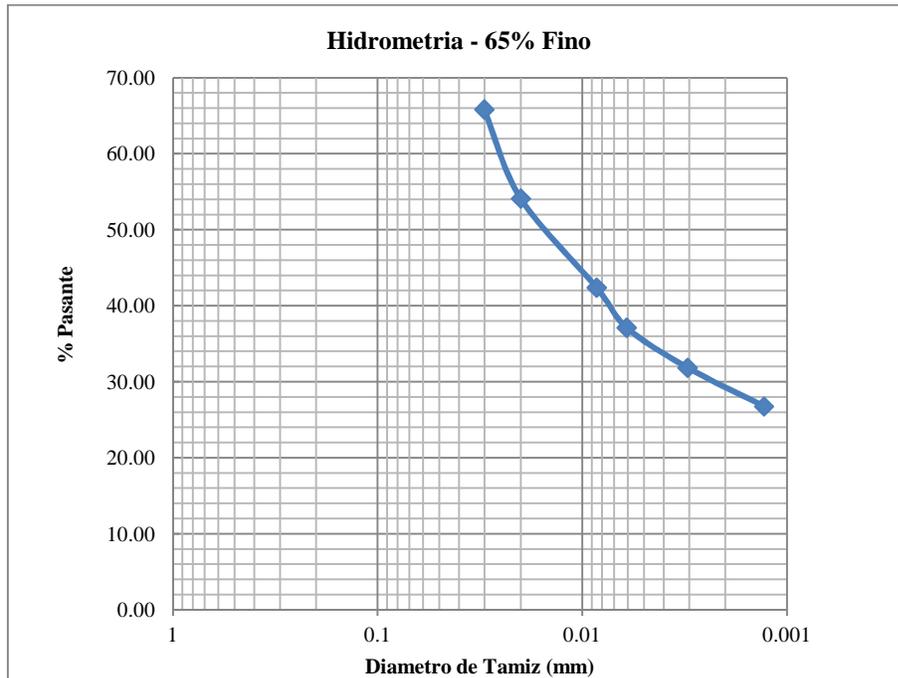
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo II-14: Gravedad Especifica - 65% Fino

Picnómetro N°	1
Capacidad (ml)	100
Peso de Picnómetro (gr)	68.17
Picnómetro + agua (gr)	167.79
Picnómetro + Suelo seco (gr)	79.22
Picnómetro + suelo seco + agua (gr)	174.53
Temperatura	25.4
G	2.56
K	0.9989
Gs	2.56

Anexo II-15: Granulometría por Hidrómetro - 65% Fino

Muestra:	65% Limo	Cd	6	Peso Total Suelo Seco (gr)	52.3	% Pasante Tamiz #10	100.000				
Agente Dispersor	Hexametofato de Sodio	Cm	1	Peso Retenido Tamiz #10 (gr)	52.3	%Retenido Tamiz #200	0.000				
Gs	2.56	a	1.02	Peso Pasante Tamiz #10 (gr)	52.3	%Pasante Tamiz #200	100.000				
t (min)	T (°C)	Ct	R	Rm	L (cm)	K	(L/t) ^{1/2}	D (mm)	Rc	% Finos Parcial	%Finos Total
2	23	0.7	38	39	9.90	0.014	2.225	0.030	34	65.823	65.823
5	23	0.7	32	33	10.88	0.014	1.475	0.020	28	54.103	54.103
30	23	0.7	26	27	11.87	0.014	0.629	0.009	22	42.384	42.384
60	24	1	23	24	12.36	0.013	0.454	0.006	19	37.111	37.111
240	25	1.3	20	21	12.85	0.013	0.231	0.003	16	31.837	31.837
1440	23	0.7	18	19	13.18	0.014	0.096	0.001	14	26.759	26.759



Anexo II-16: Límites de Atterberg - 72% Fino

Nº De Golpes	Nº Tara	Peso de Tara (gr.)	Tara + Peso Suelo Humedo (gr.)	Tara + Peso Suelo Seco (gr.)	Peso de Agua	Peso de Suelo Seco (gr.)	Humedad de Suelo (%)
18	69	34.57	58.98	53.89	5.09	19.32	26.35
20	71	34.63	51.28	47.85	3.43	13.22	25.95
33	60-A	33.75	48.14	45.36	2.78	11.61	23.94
LP	38	31.91	37.9	37.04	0.86	5.13	16.76
	LL	24.95	LP	16.76	IP	8.18	

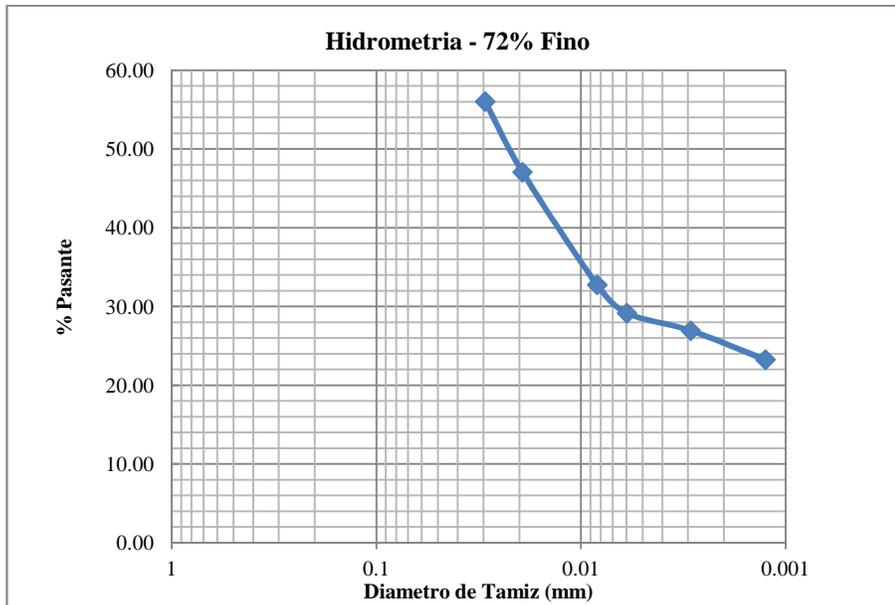
Anexo II-17: Gravedad Específica - 72% Fino

Picnómetro Nº	6
Capacidad (ml)	100
Peso de Picnómetro (gr)	69.88
Picnómetro + agua (gr)	169.53
Picnómetro + Suelo seco (gr)	95.92
Picnómetro + suelo seco + agua (gr)	185.72
Temperatura	28.3
G	2.64
K	0.998
Gs	2.64

Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo II-18: Granulometría por Hidrómetro - 72% Fino

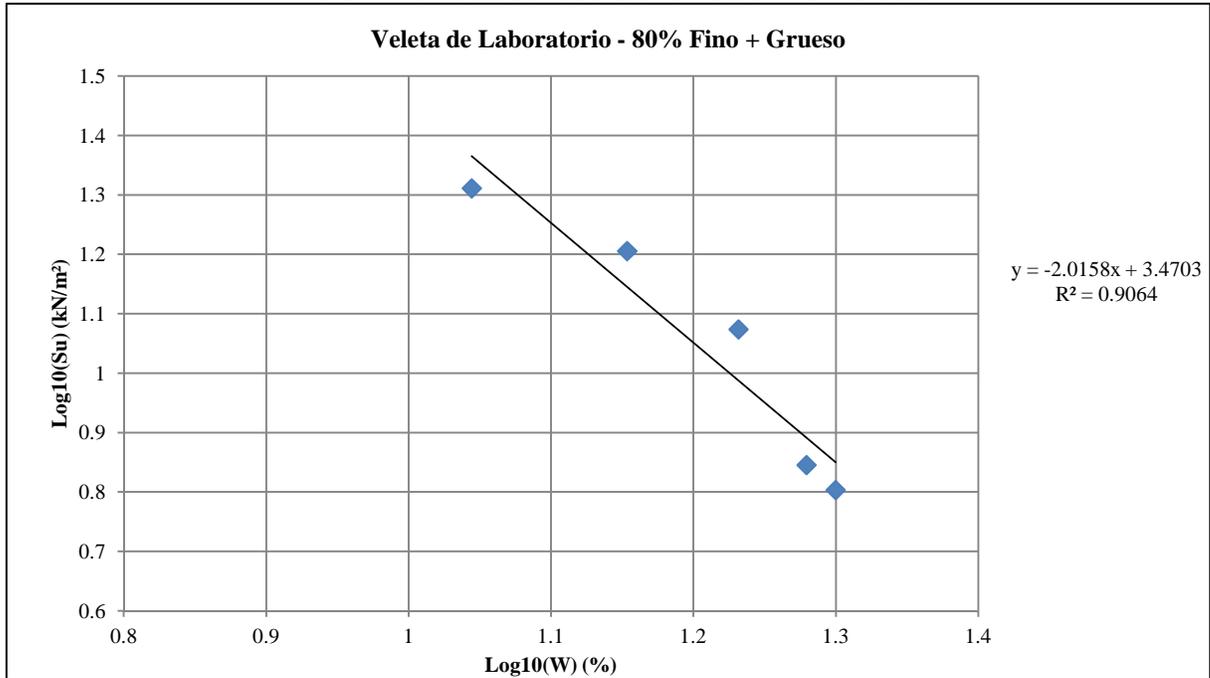
Muestra:	72% Limo		Cd	6	Peso Total Suelo Seco (gr)	56	% Pasante Tamiz #10	100.000			
Agente Dispersor	Hexametofato de Sodio		Cm	1	Peso Retenido Tamiz #10 (gr)	56	%Retenido Tamiz #200	0.000			
Gs	2.64		a	1.00	Peso Pasante Tamiz #10 (gr)	56	%Pasante Tamiz #200	100.000			
t (min)	T (°C)	Ct	R	Rm	L (cm)	K	(L/t) ^{1/2}	D (mm)	Rc	% Finos Parcial	%Finos Total
2	25	1.3	35	36	10.39	0.013	2.279	0.029	31	56.043	56.043
5	25	1.3	30	31	11.21	0.013	1.497	0.019	26	47.090	47.090
30	25	1.3	22	23	12.52	0.013	0.646	0.008	18	32.766	32.766
60	25	1.3	20	21	12.85	0.013	0.463	0.006	16	29.185	29.185
240	29	3.05	17	18	13.34	0.012	0.236	0.003	15	26.947	26.947
1440	24	1	17	18	13.34	0.013	0.096	0.001	13	23.276	23.276



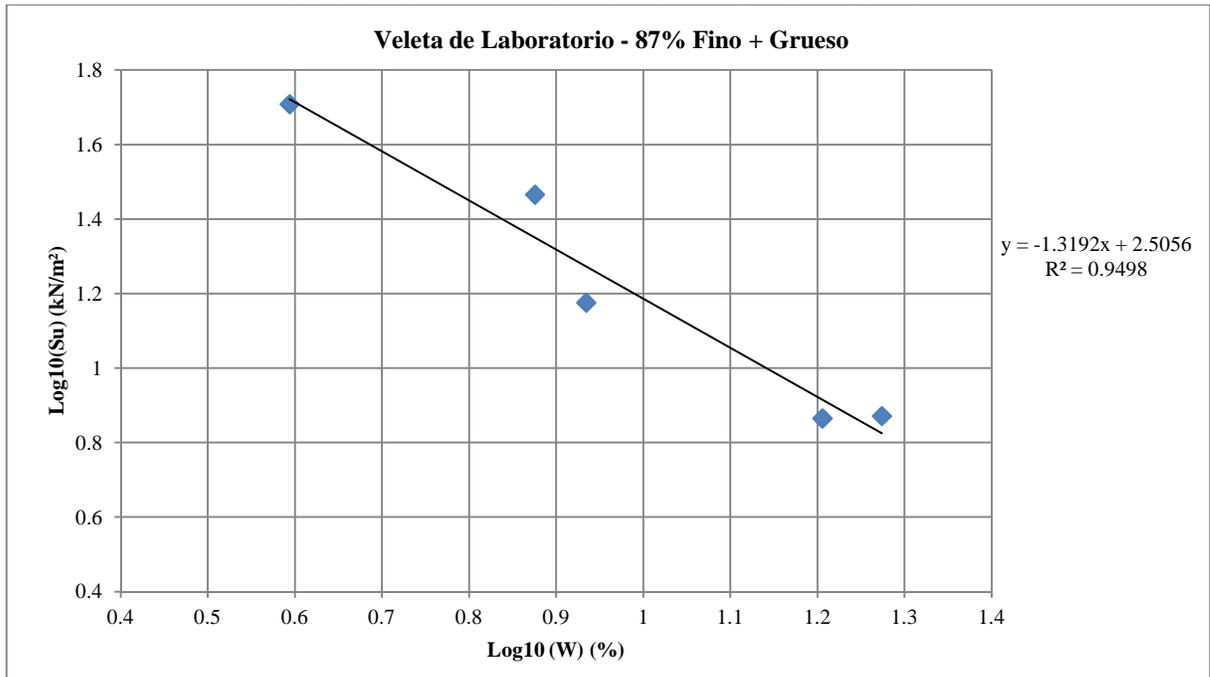
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo III - Ensayos Especiales - Veletas

Anexo III-1: Veleta de Laboratorio – 80% Fino + Grueso

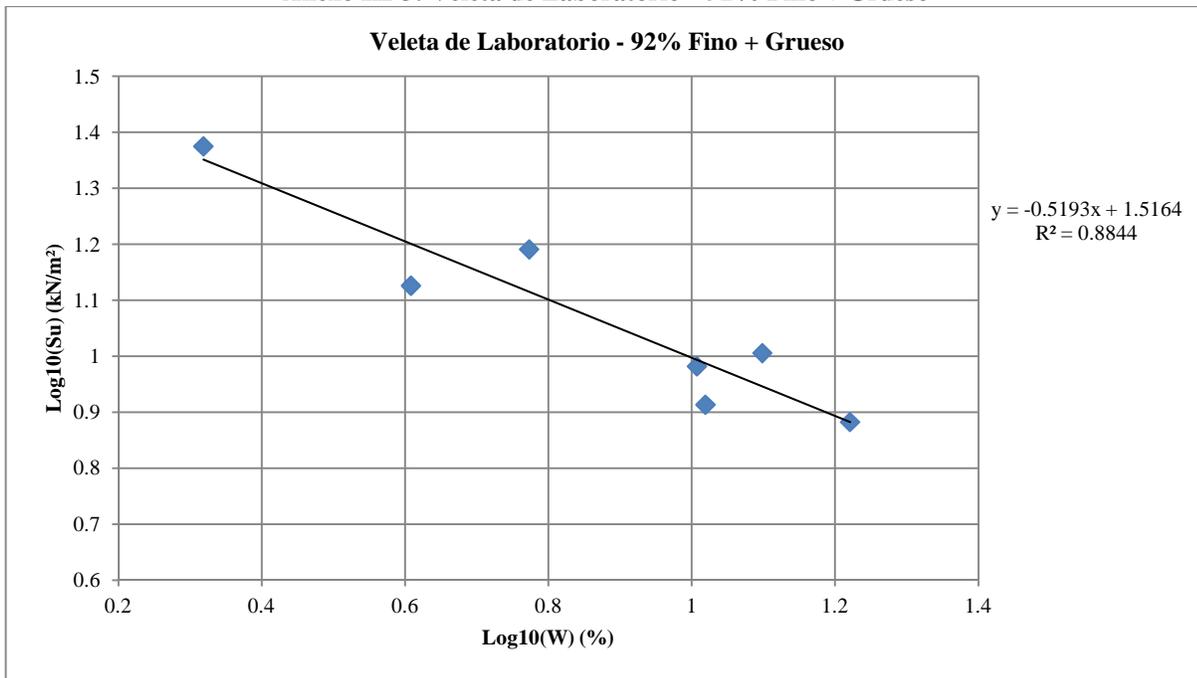


Anexo III-2: Veleta de Laboratorio -87% Fino + Grueso

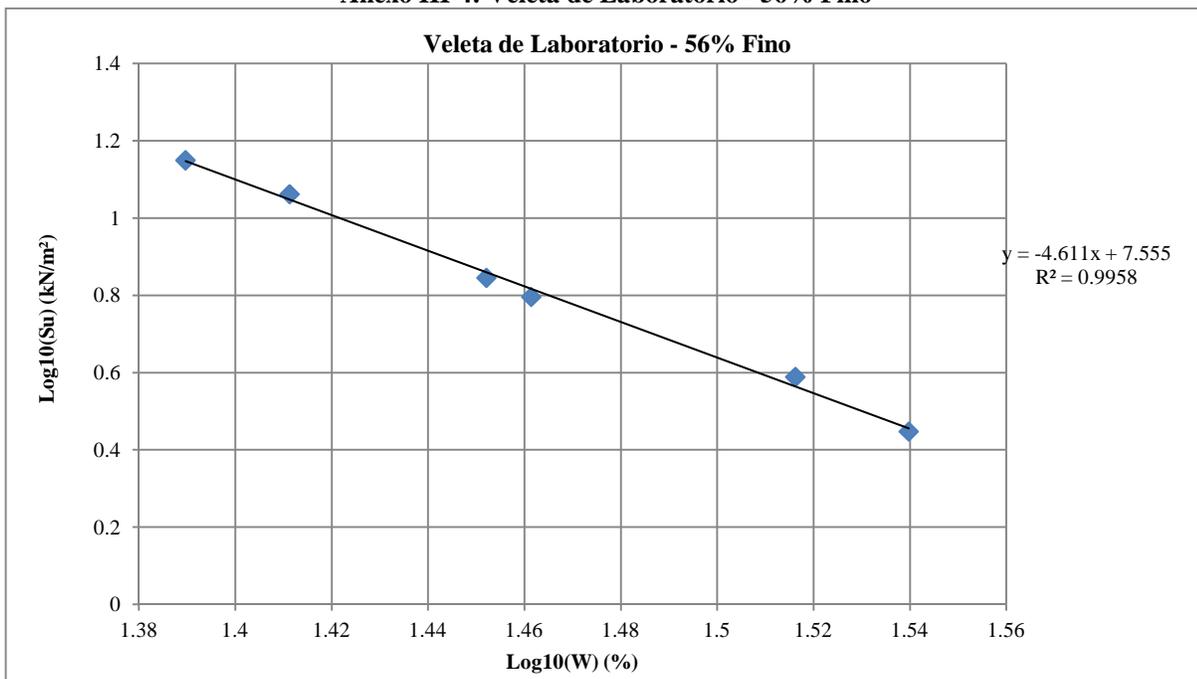


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo III-3: Veleta de Laboratorio – 92% Fino + Grueso

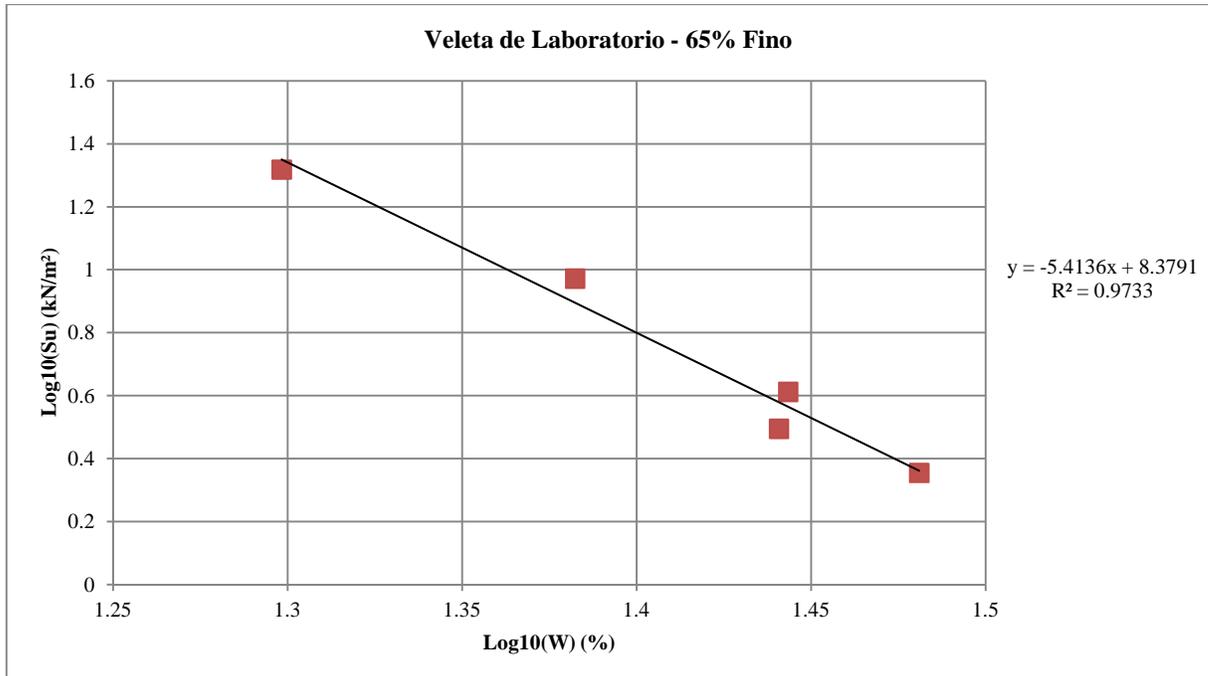


Anexo III-4: Veleta de Laboratorio - 56% Fino

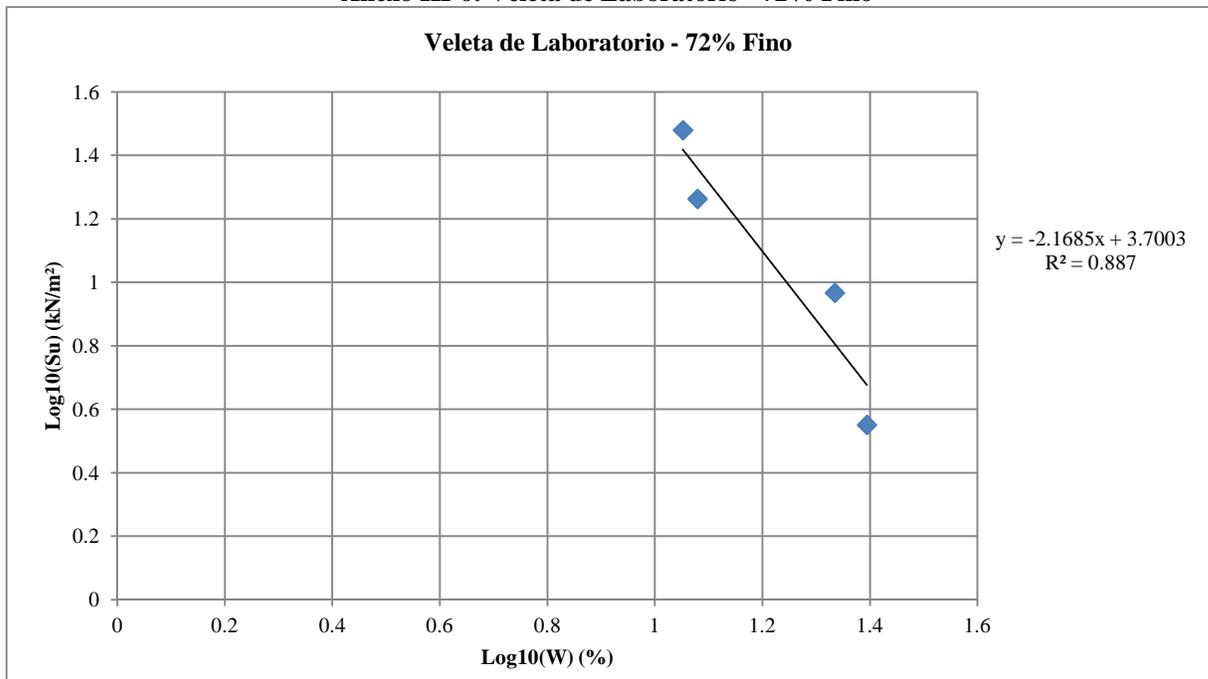


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

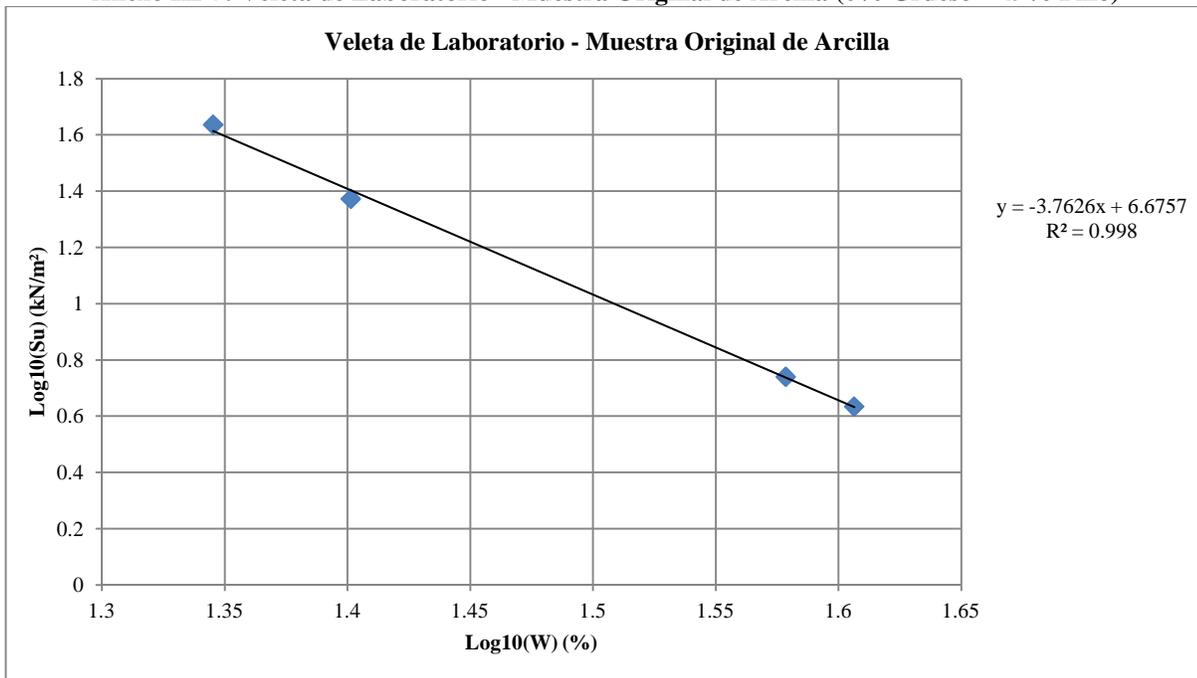
Anexo III-5: Veleta de Laboratorio - 65% Fino



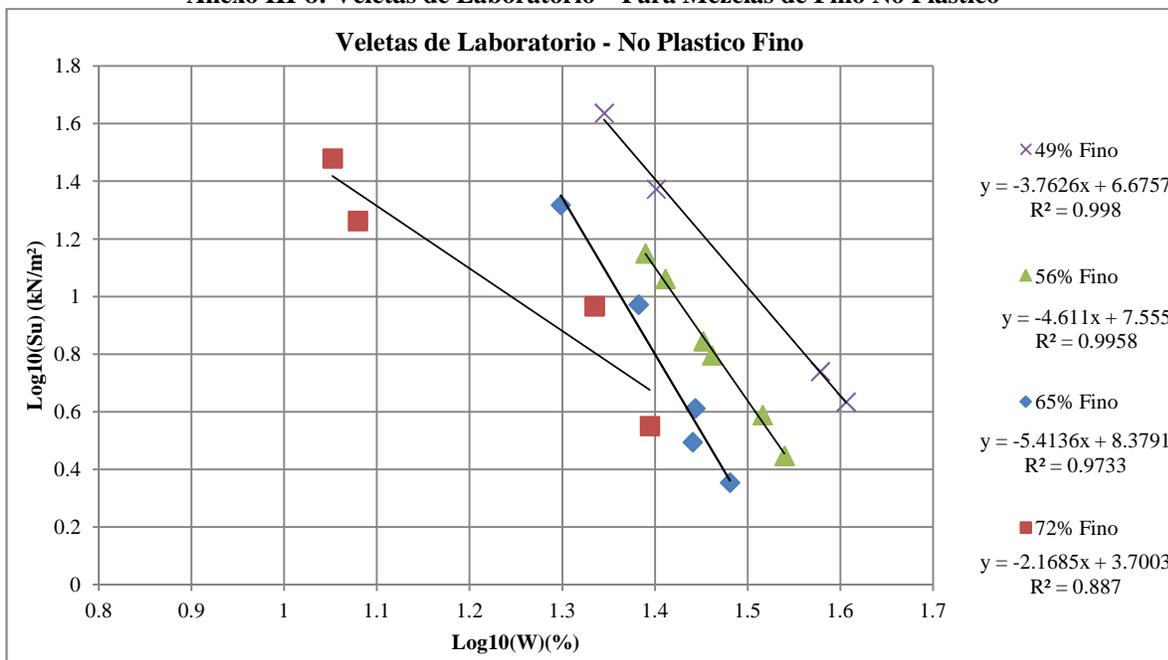
Anexo III-6: Veleta de Laboratorio - 72% Fino



Anexo III-7: Veleta de Laboratorio - Muestra Original de Arcilla (0% Grueso – 49% Fino)

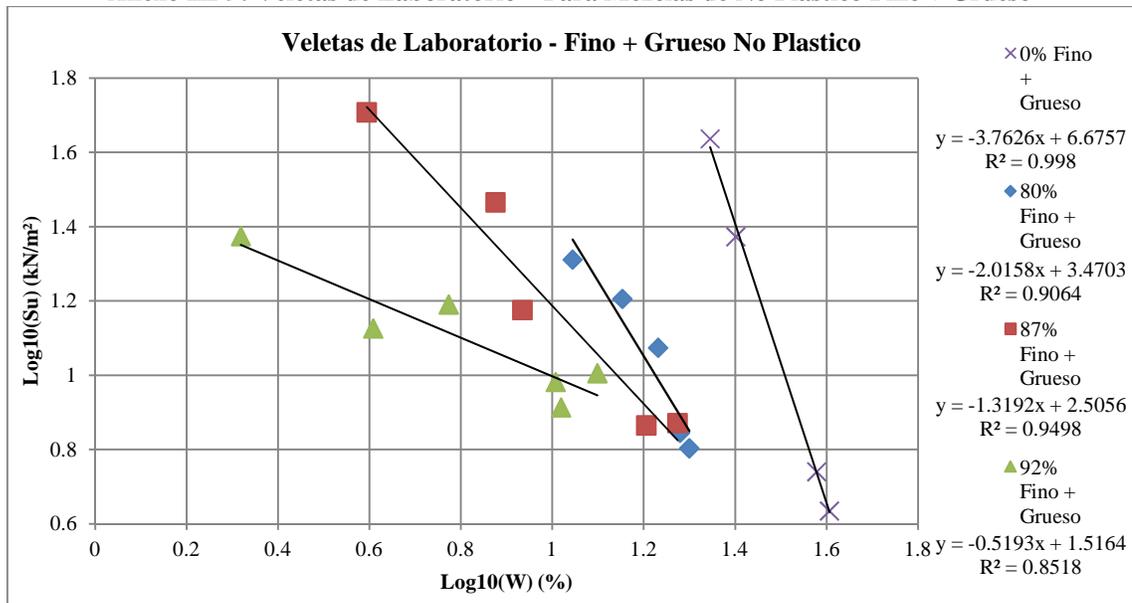


Anexo III-8: Veletas de Laboratorio – Para Mezclas de Fino No Plástico

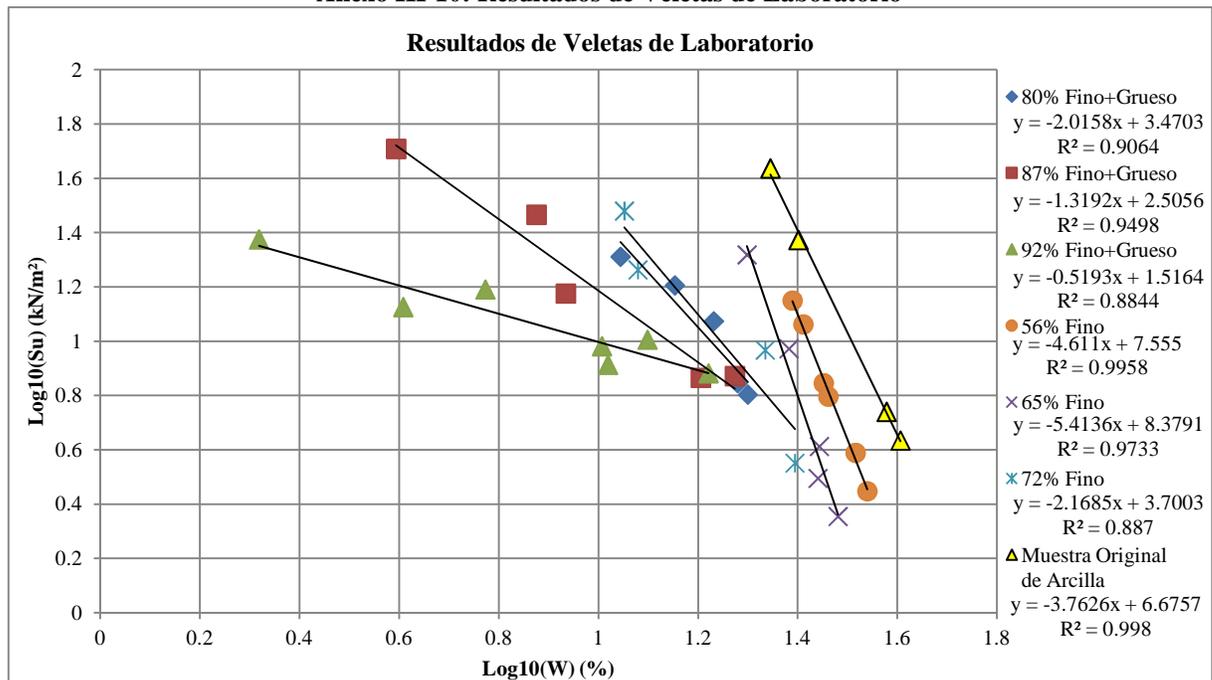


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo III-9: Veletas de Laboratorio – Para Mezclas de No Plástico Fino + Grueso

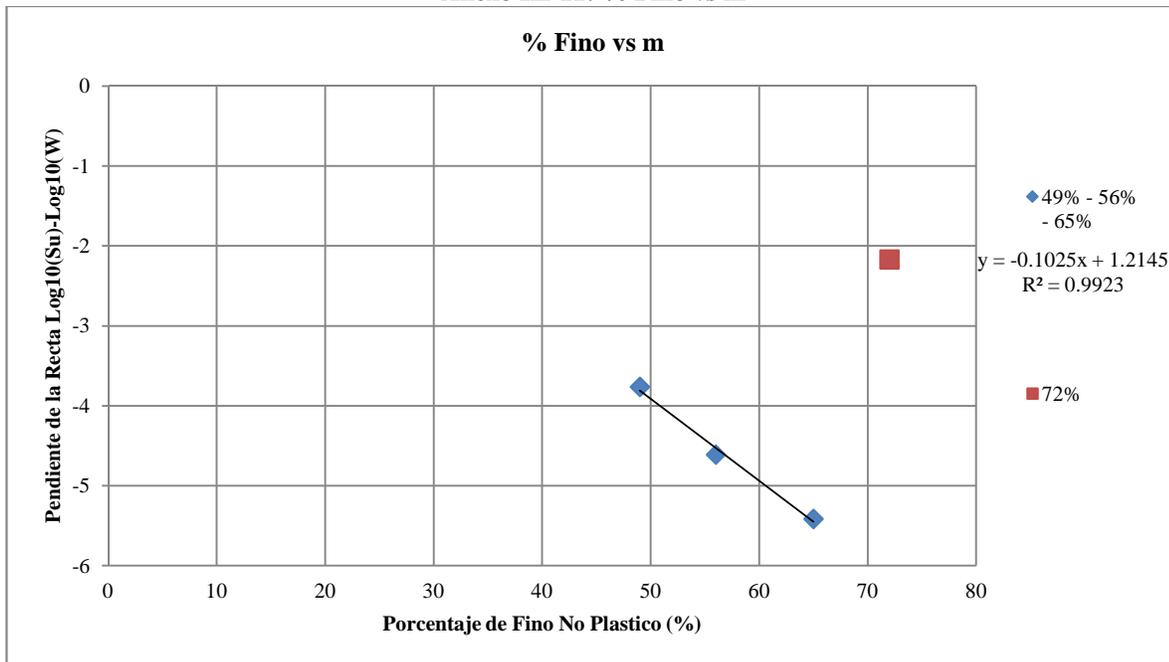


Anexo III-10: Resultados de Veletas de Laboratorio

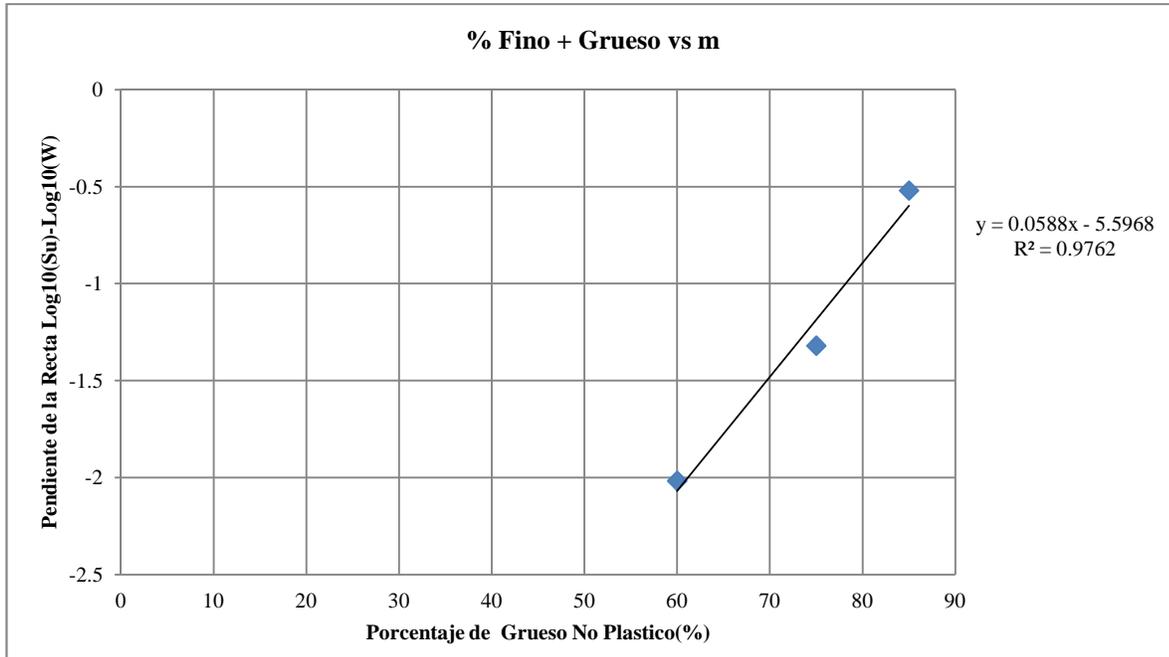


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo III-11: % Fino vs m

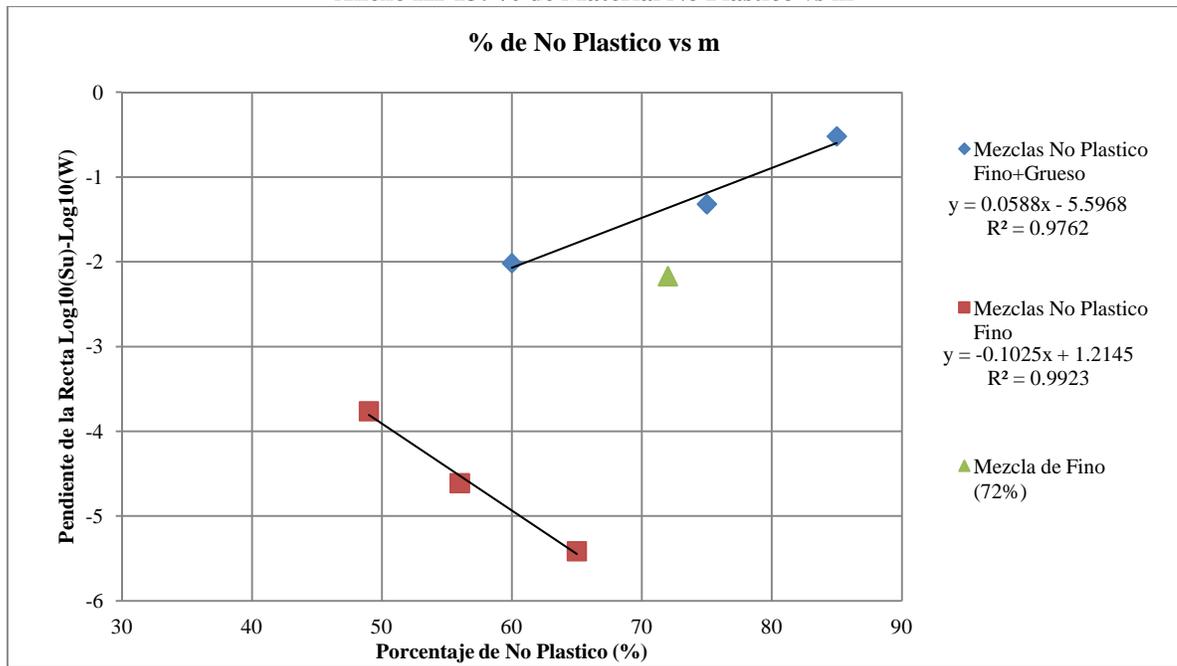


Anexo III-12: % Fino + Grueso vs m



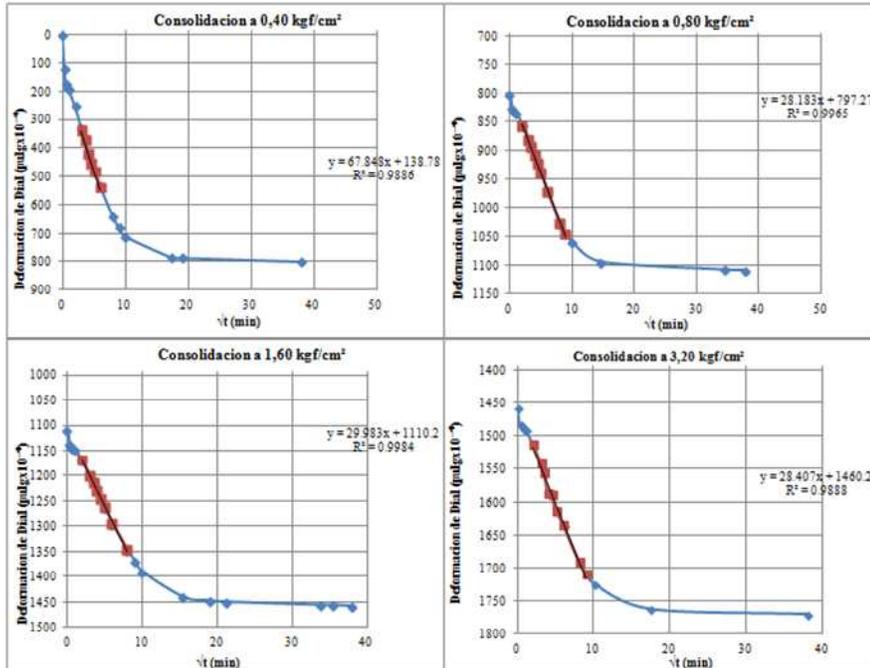
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo III-13: % de Material No Plástico vs m

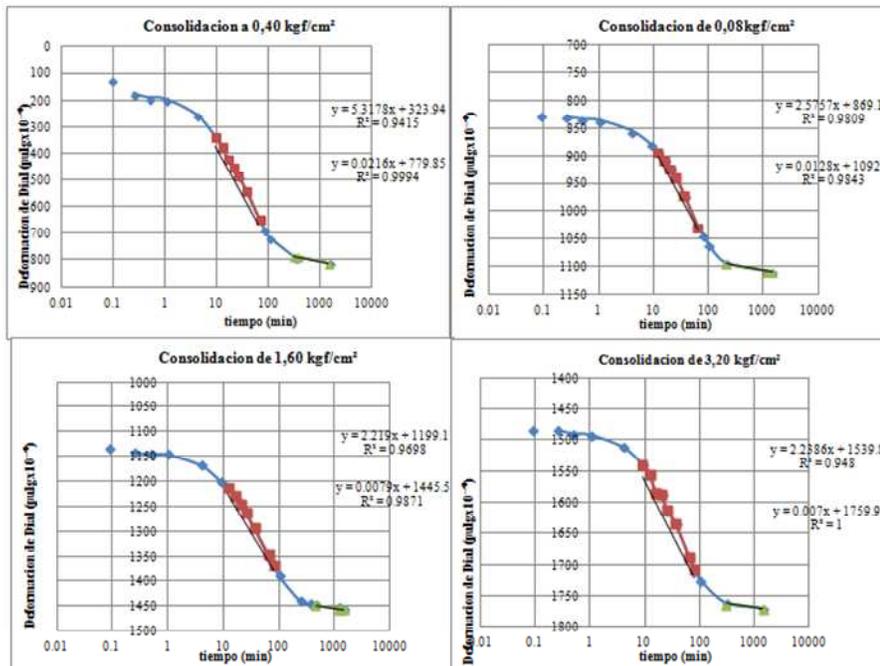


Anexo IV - Ensayos Especiales – Ensayos de Consolidación

Anexo IV-1: Método de Taylor - Muestra Original de Arcilla (0% Grueso - 49% Fino)

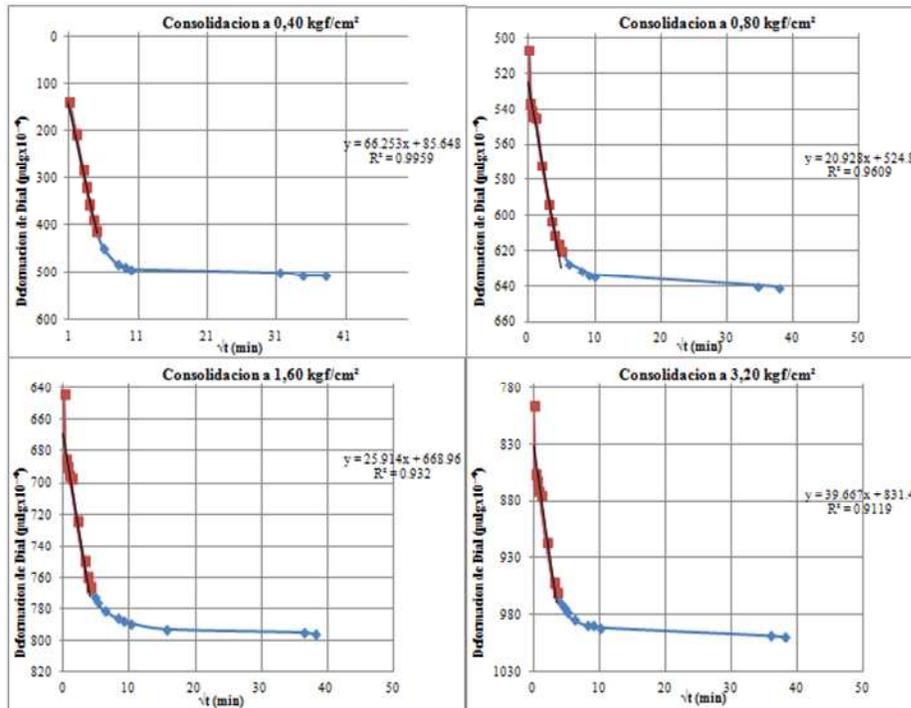


Anexo IV-2: Método de Casagrande - Muestra Original de Arcilla (0% Grueso - 49% Fino)

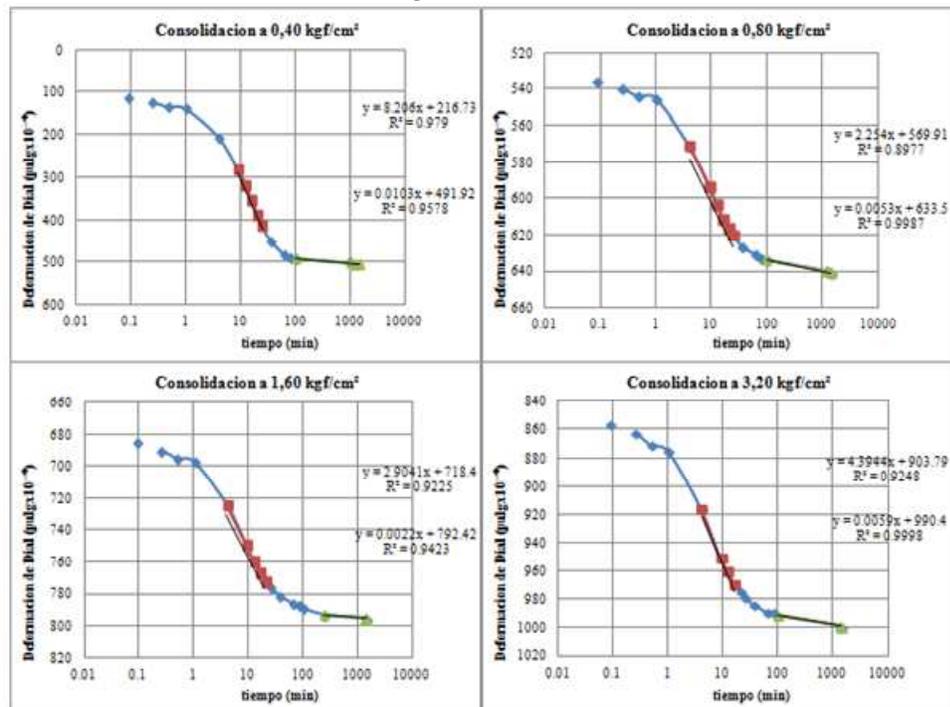


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo IV-3: Método de Taylor – 80% Fino + Grueso No Plástico

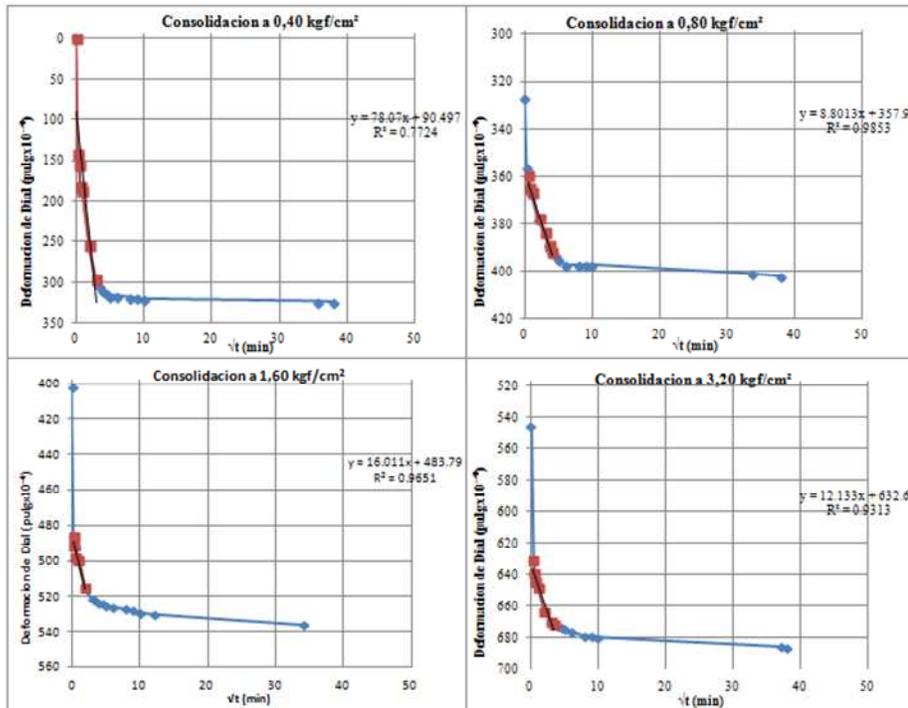


Anexo IV-4: Método de Casagrande - 80% Fino + Grueso No Plástico

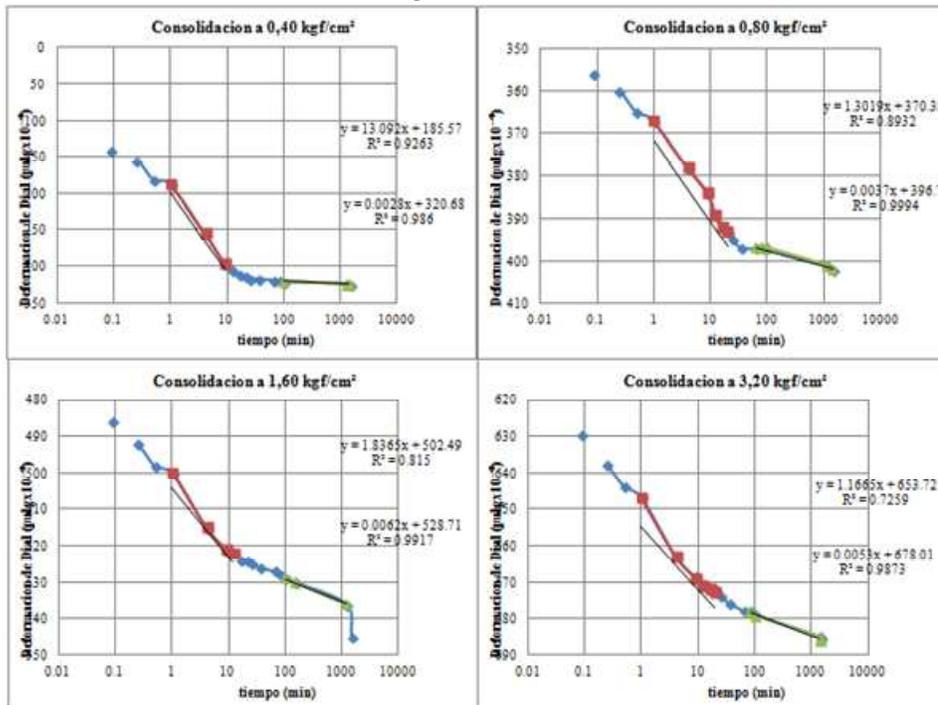


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo IV-5: Método de Taylor - 87% Fino + Grueso No Plástico

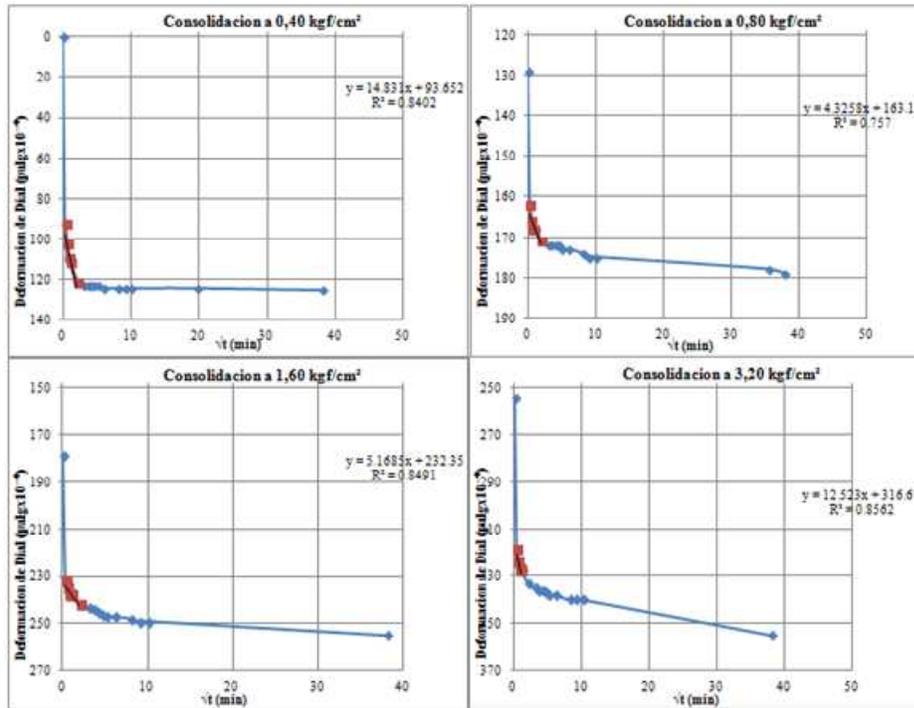


Anexo IV-6: Método de Casagrande - 87% Fino + Grueso No Plástico

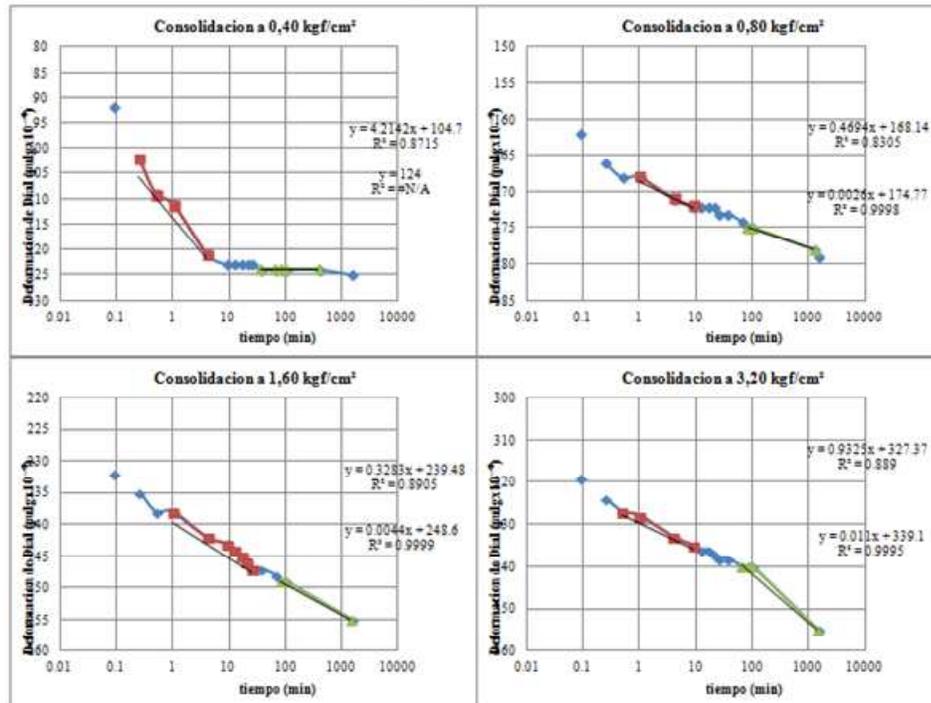


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo IV-7: Método de Taylor - 92% Fino + Grueso No Plástico

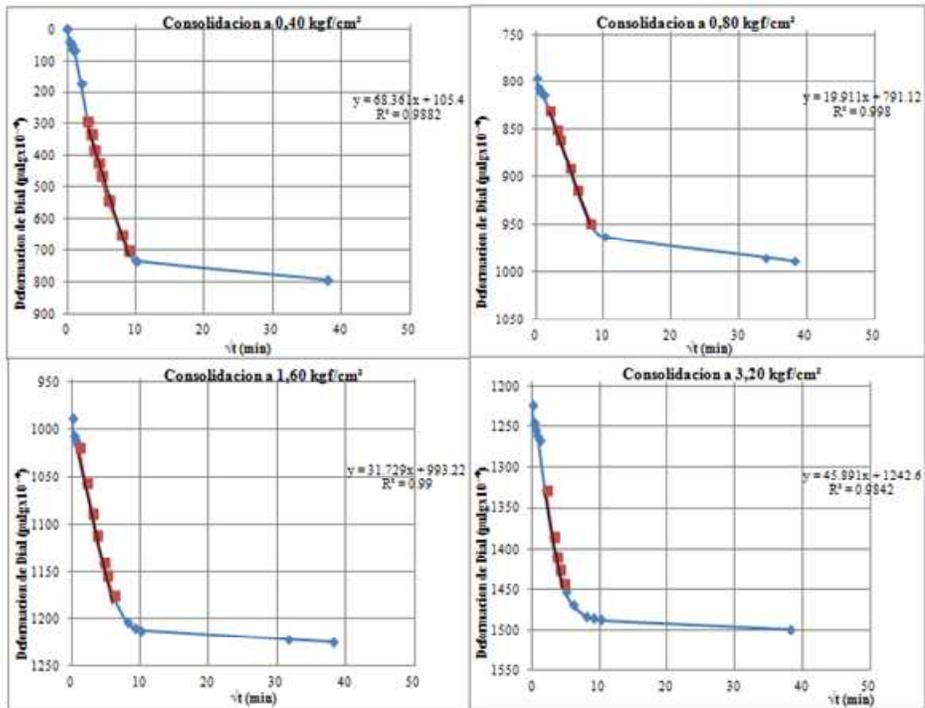


Anexo IV-8: Método de Casagrande - 92% Fino + Grueso No Plástico

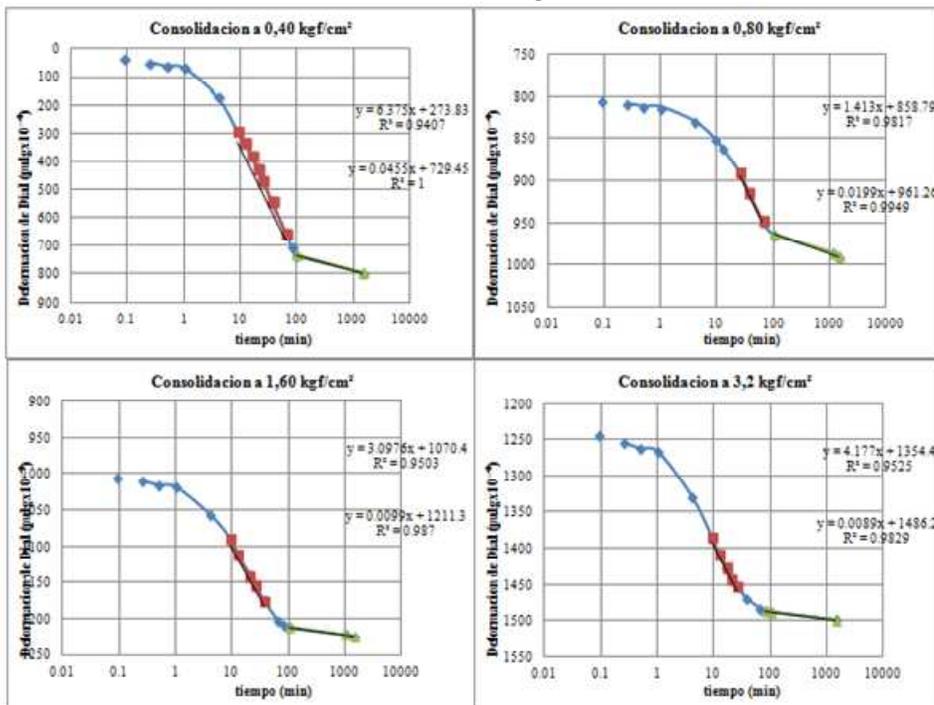


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo IV-9: Método de Taylor - 56% Fino

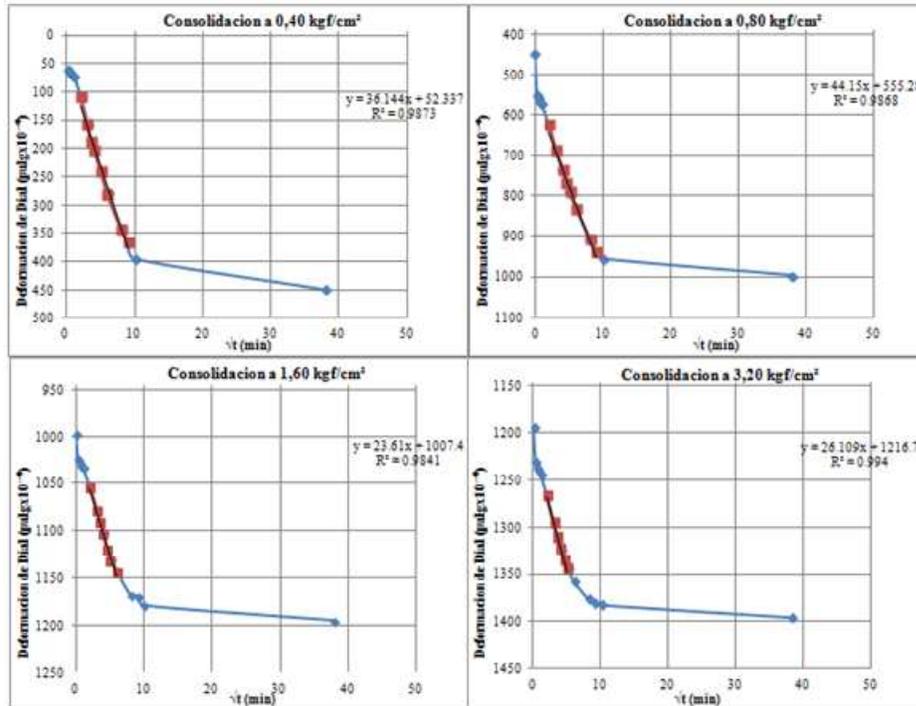


Anexo IV-10: Método de Casagrande - 56% Fino

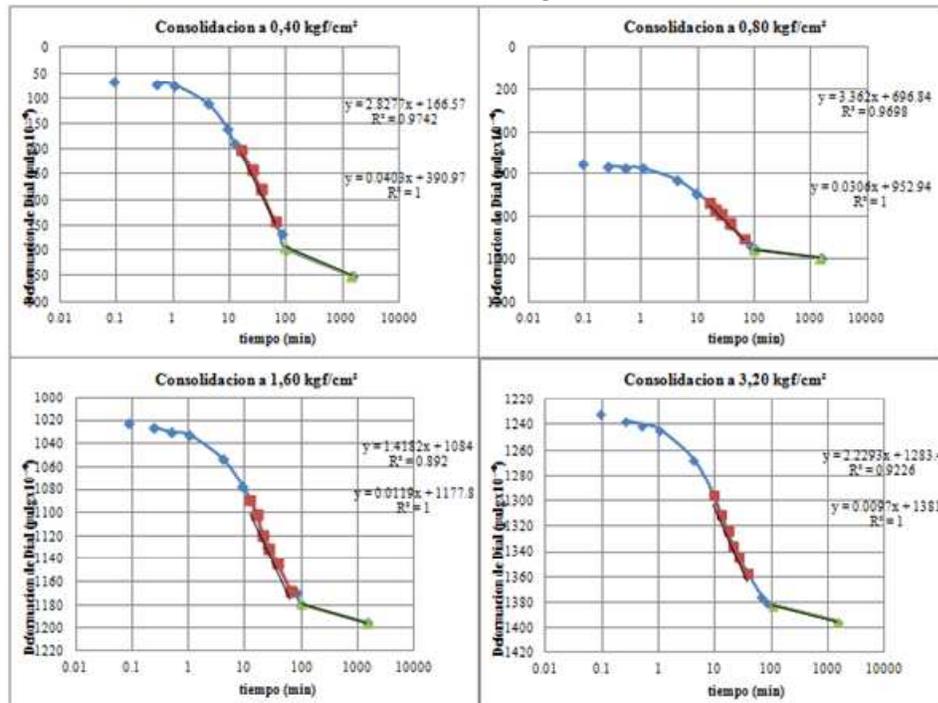


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo IV-11: Método de Taylor - 65% Fino

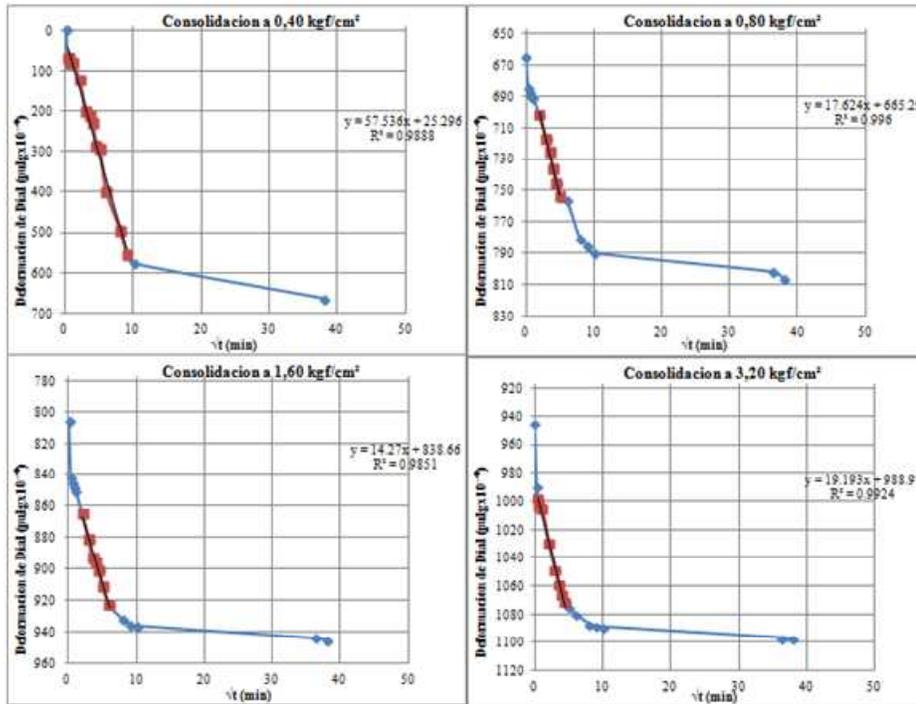


Anexo IV-12: Método de Casagrande - 65% Fino

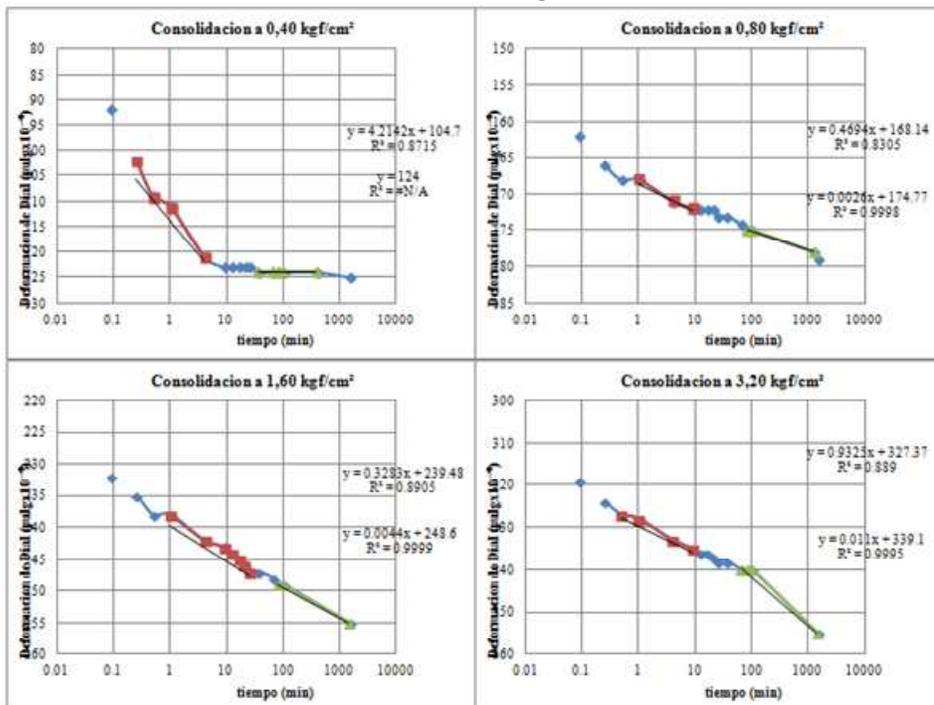


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo IV-13: Método de Taylor - 72% Fino



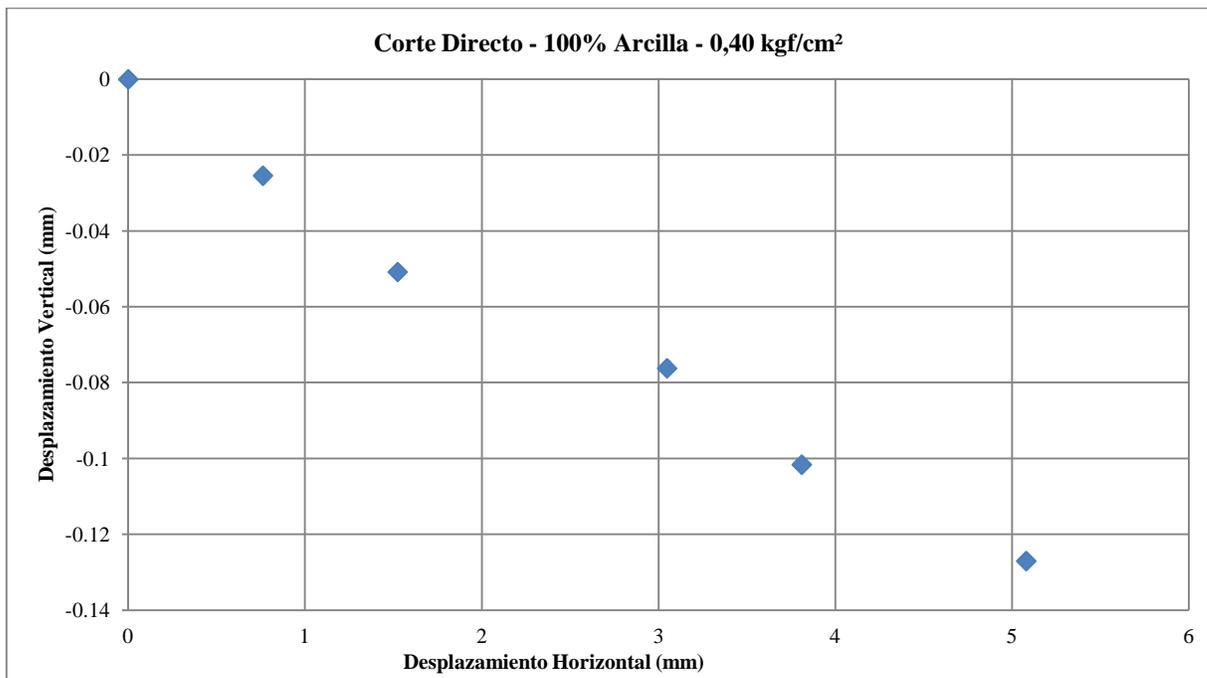
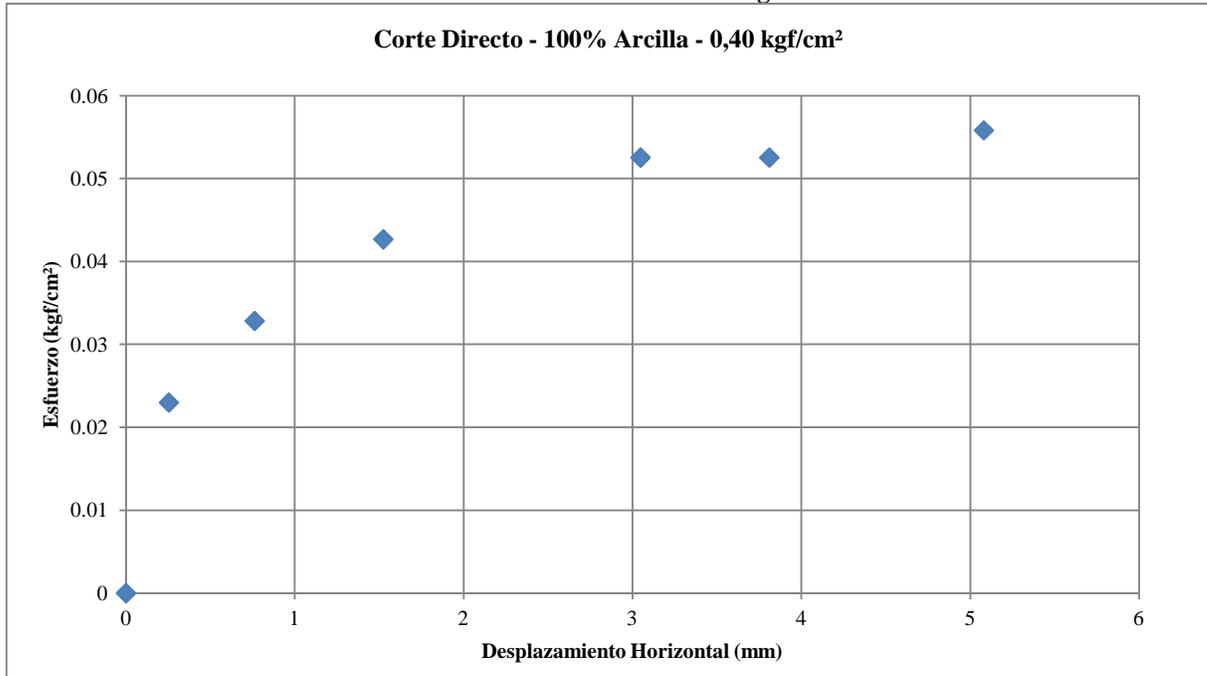
Anexo IV-14: Método de Casagrande - 72% Fino



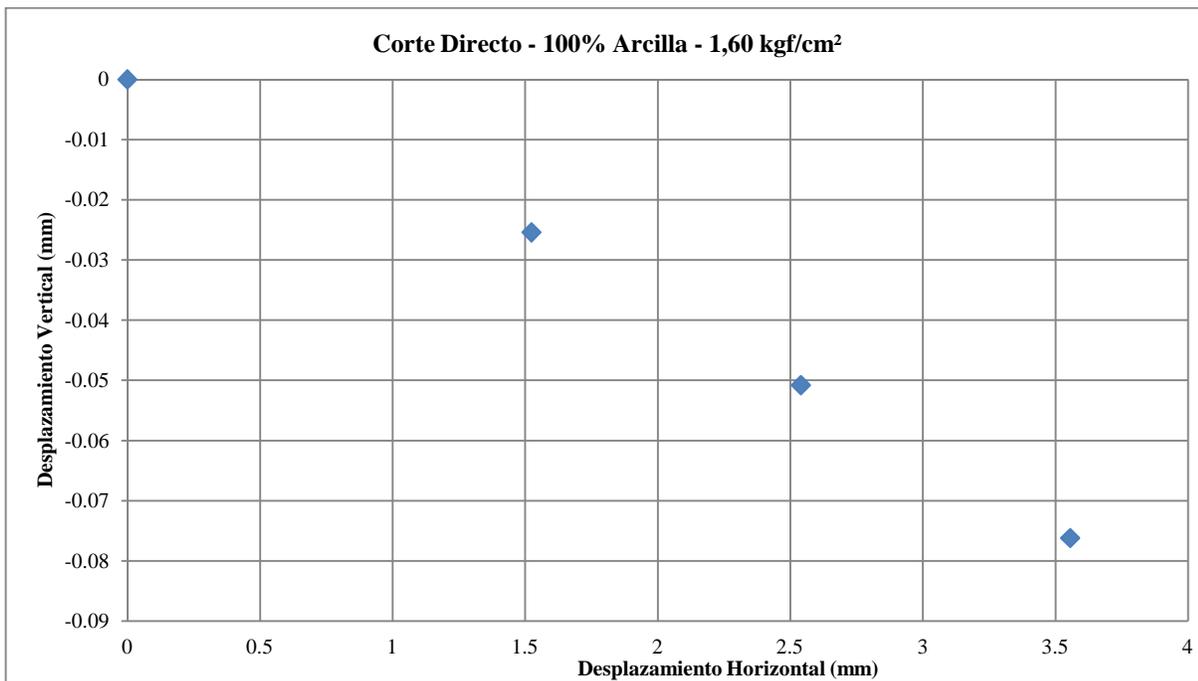
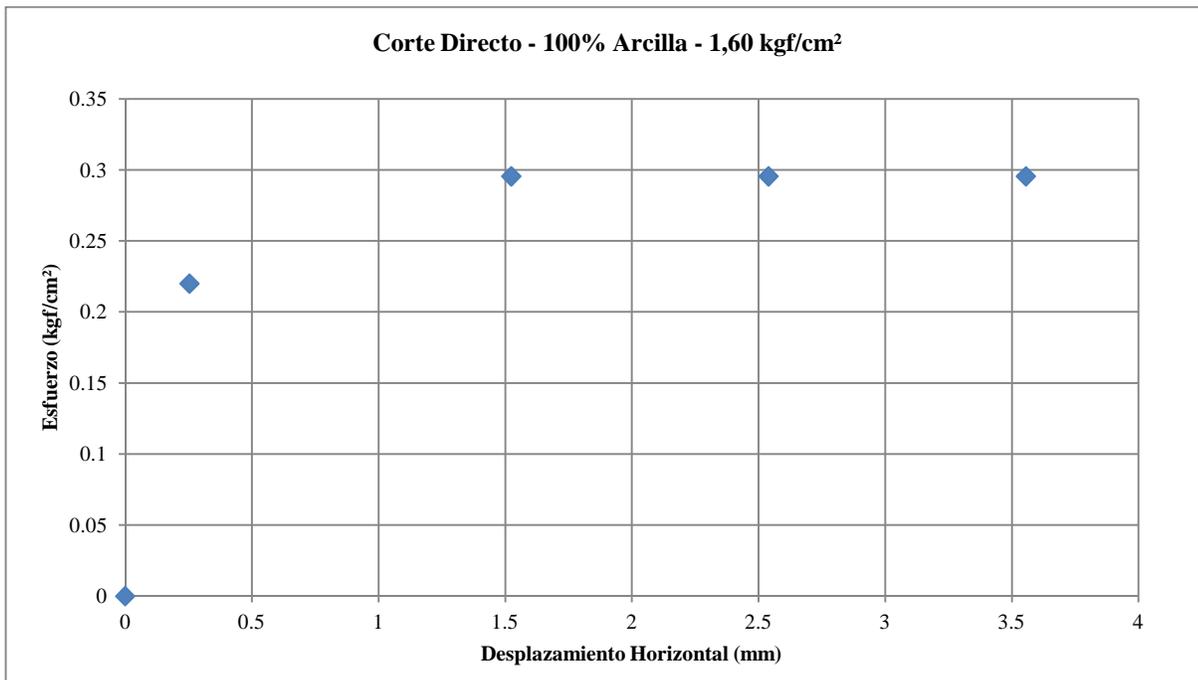
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo V - Ensayos Especiales – Ensayo de Corte Directo

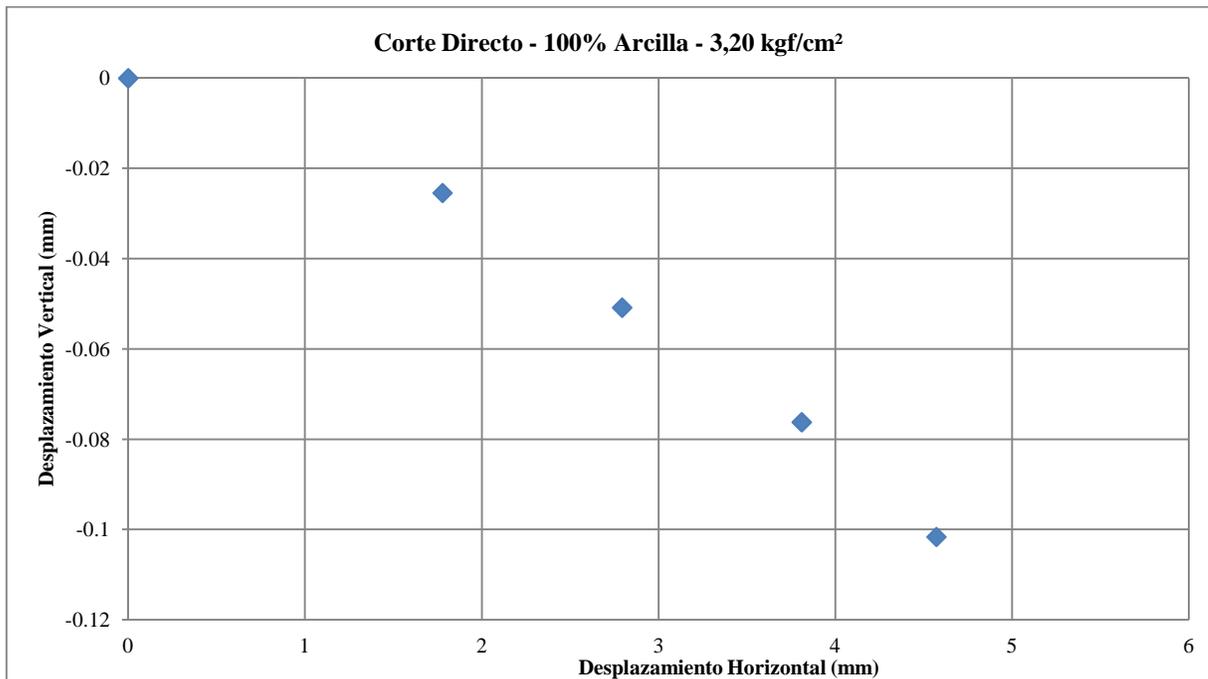
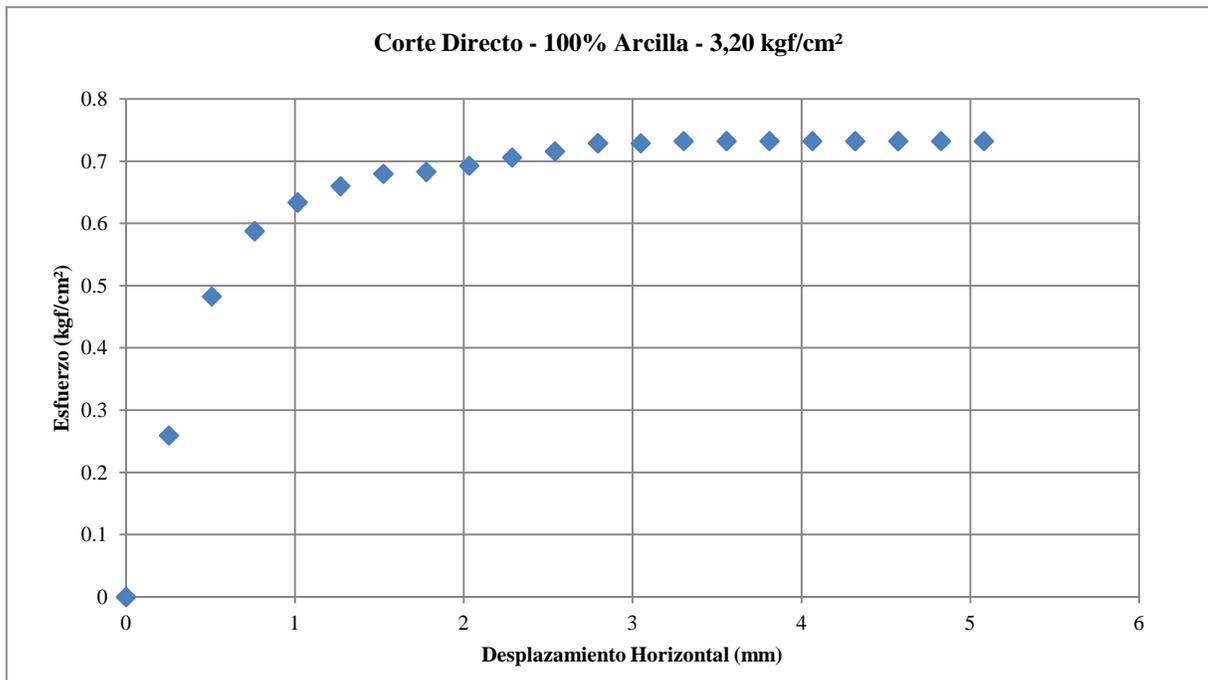
Anexo V-1: Corte Directo de Muestra Original de Arcilla



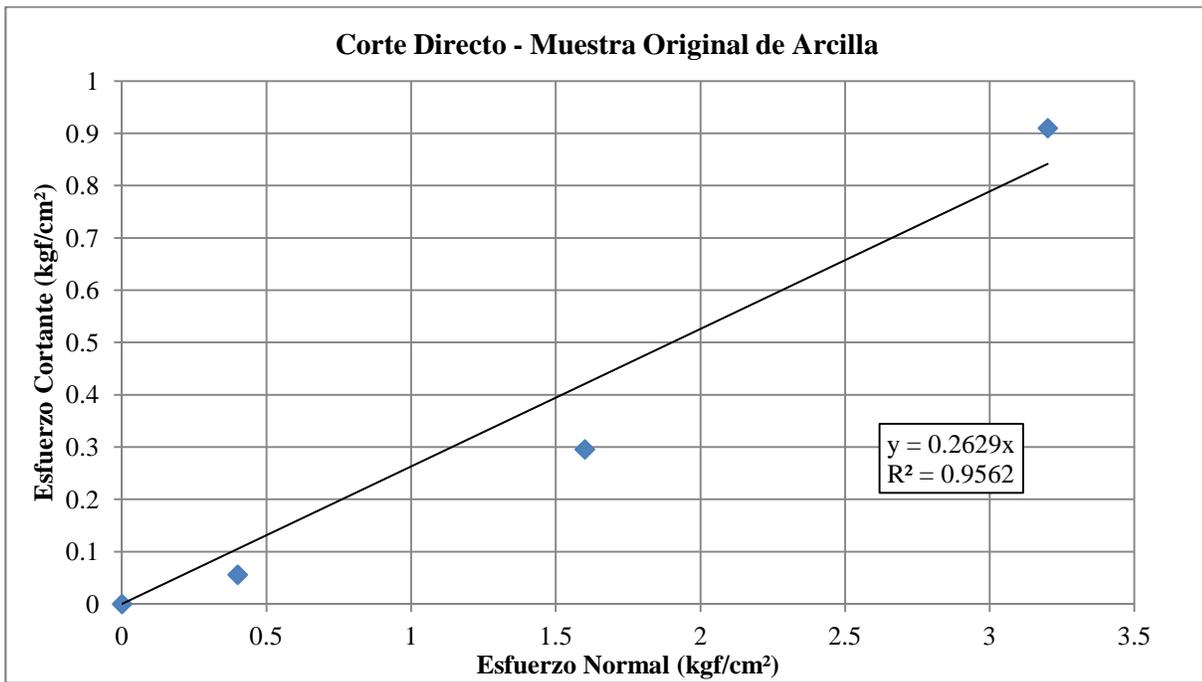
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



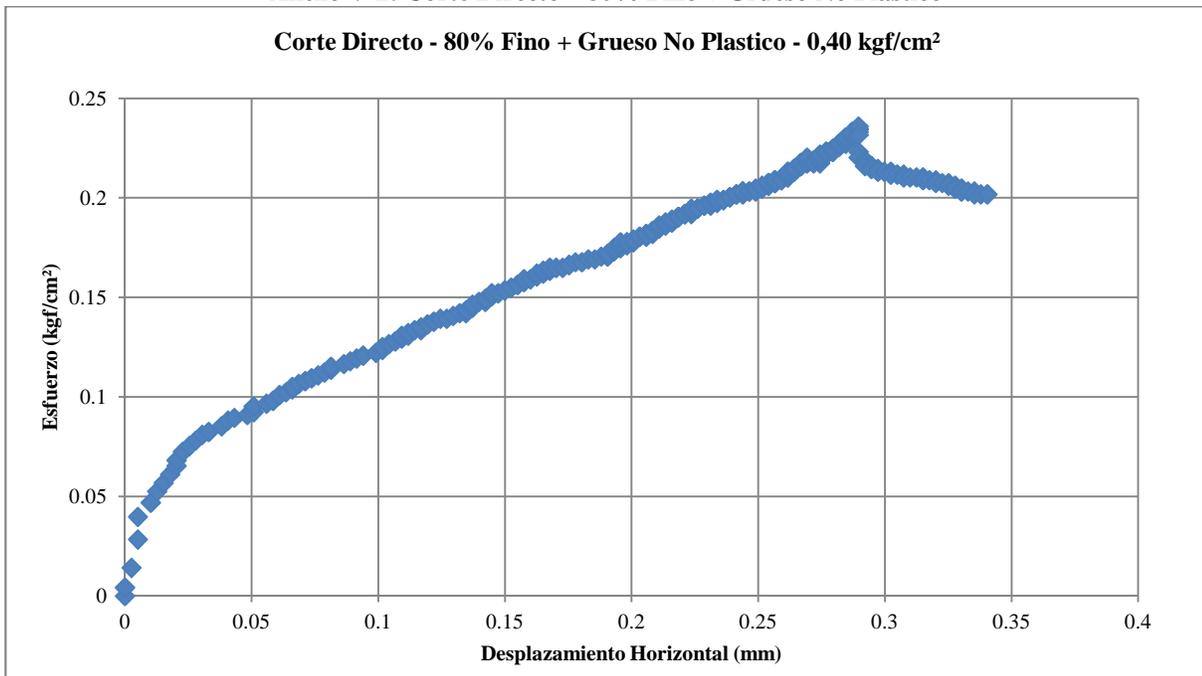
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



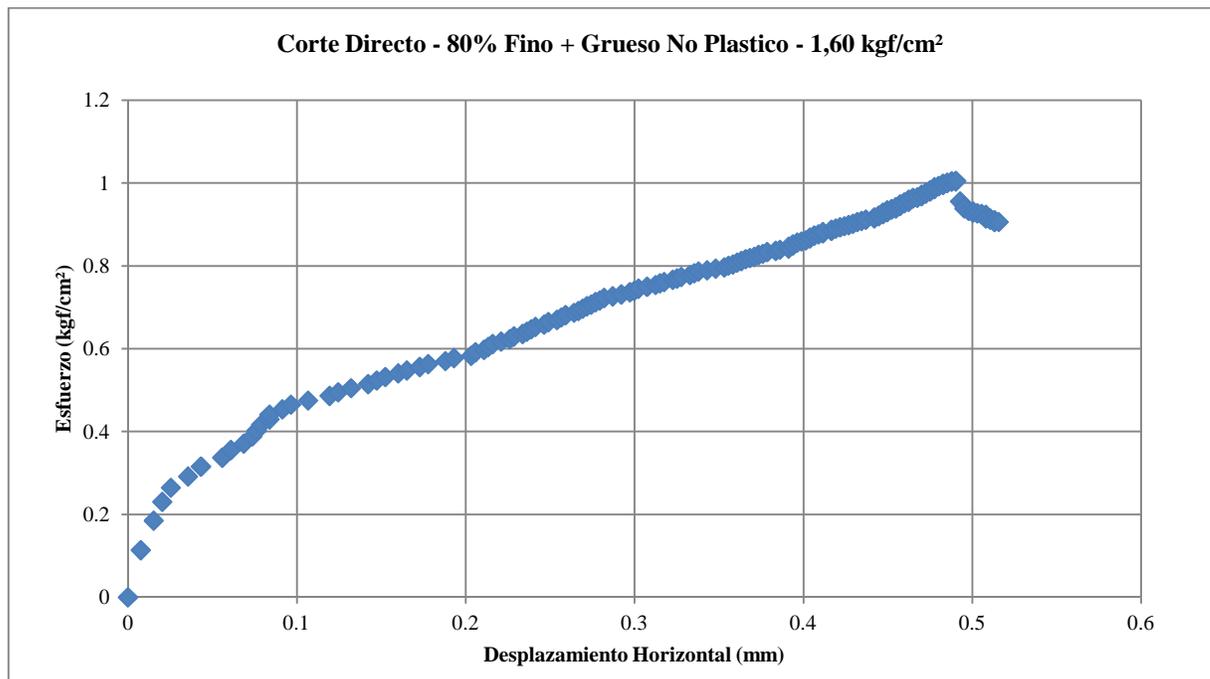
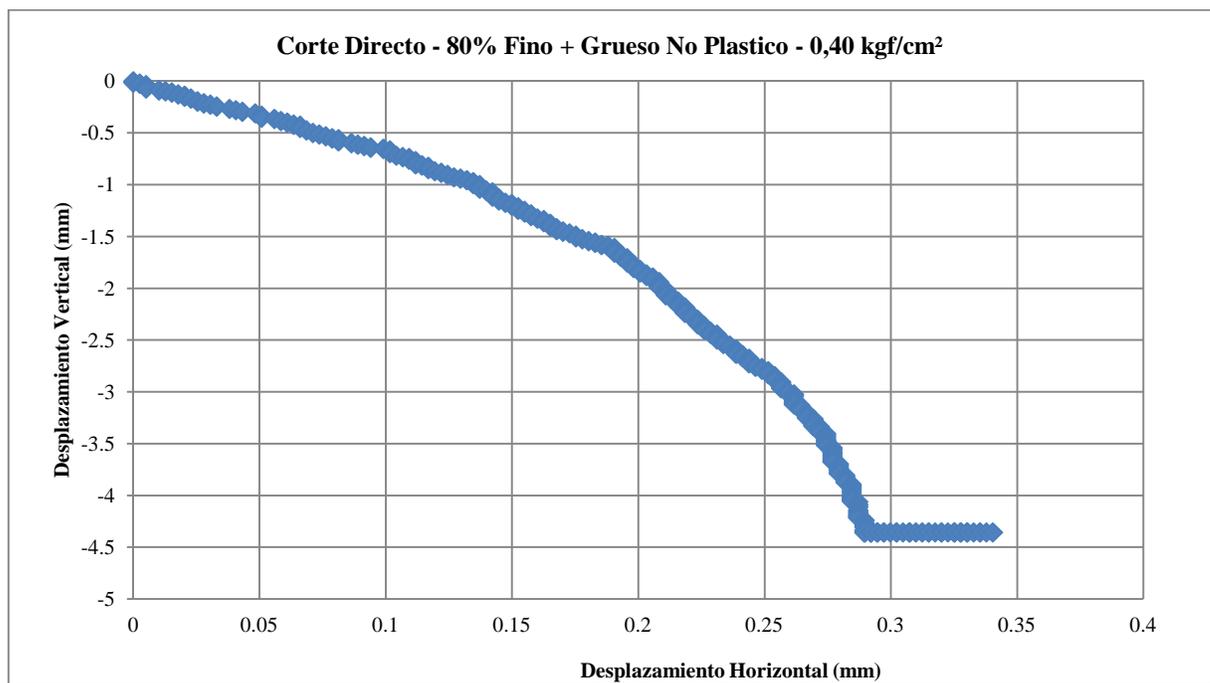
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



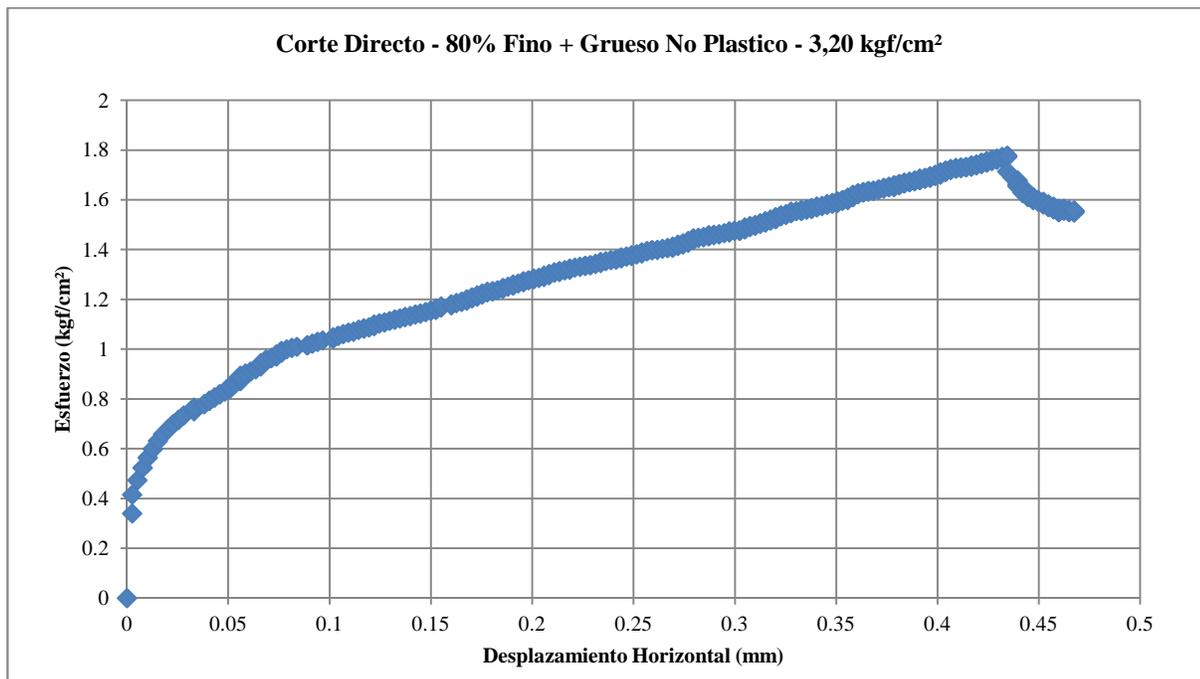
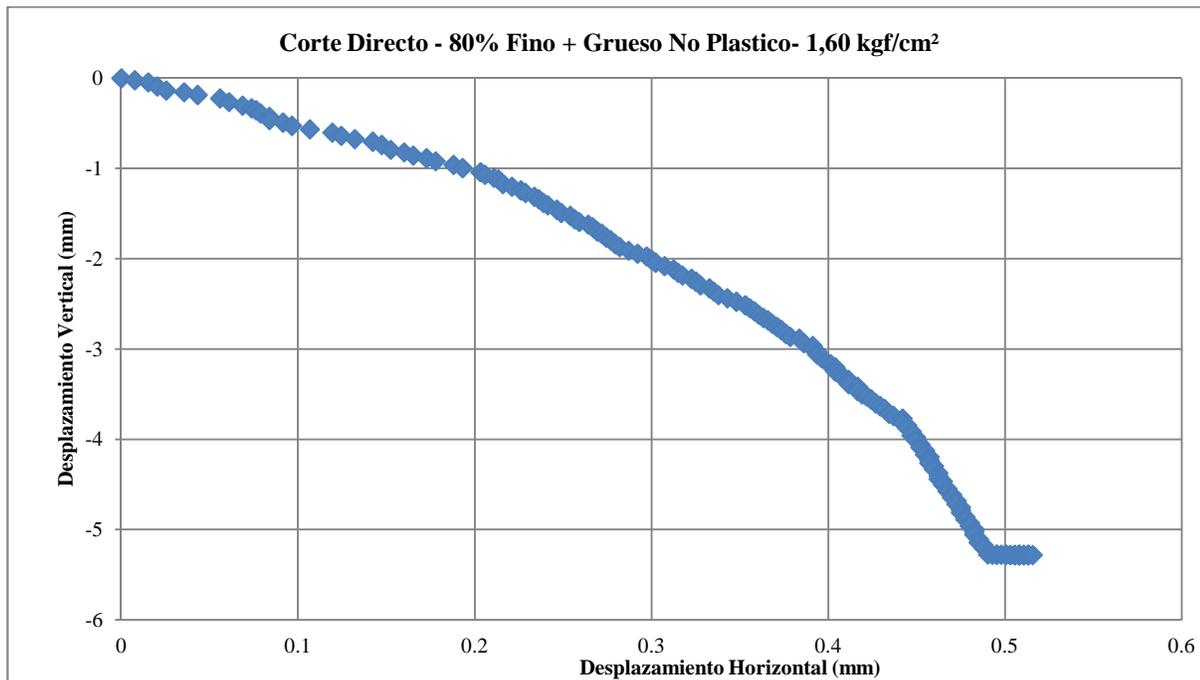
Anexo V-2: Corte Directo – 80% Fino + Grueso No Plástico



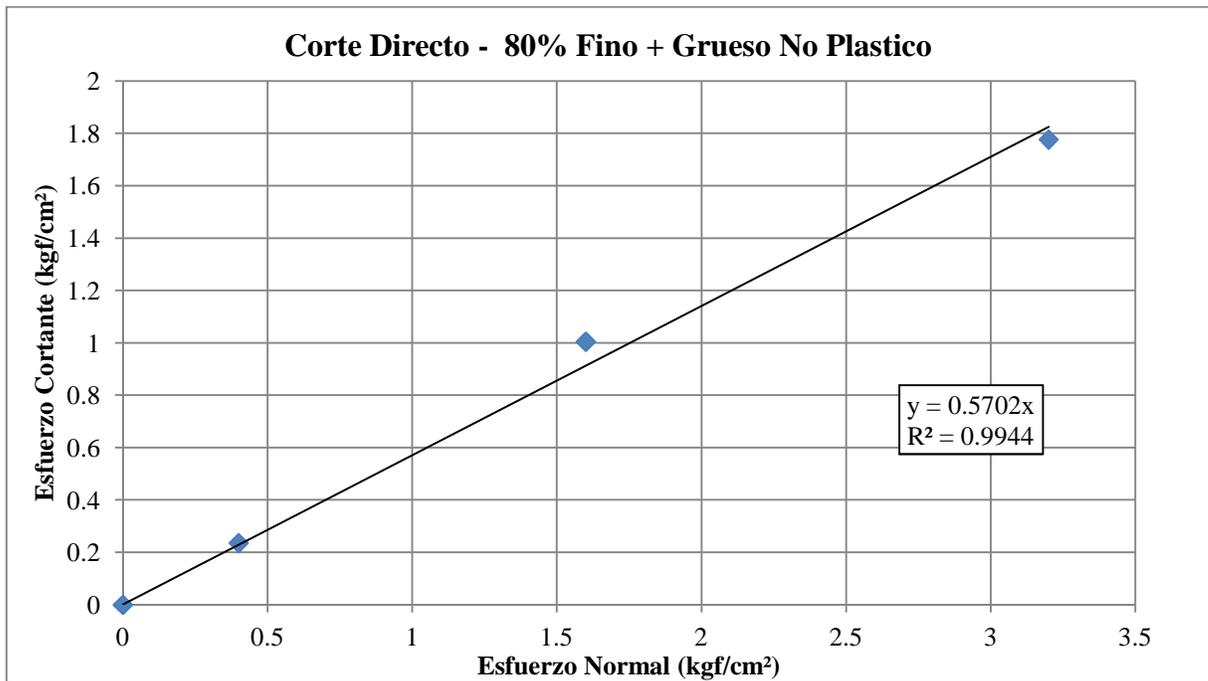
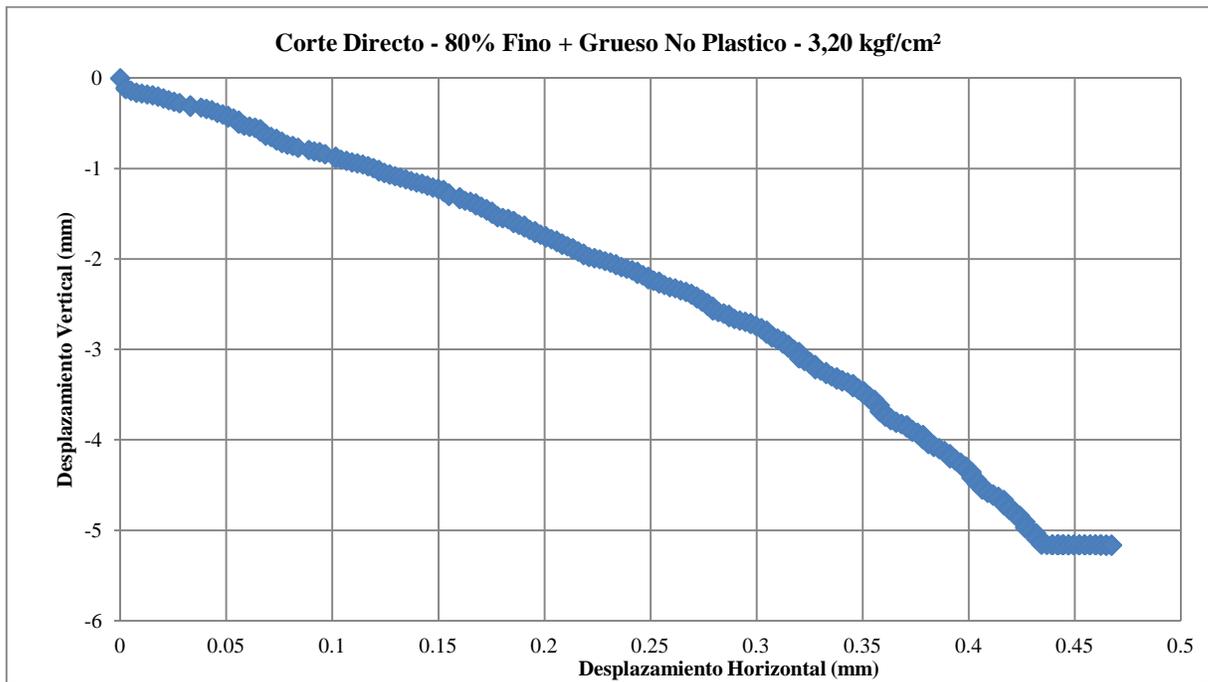
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



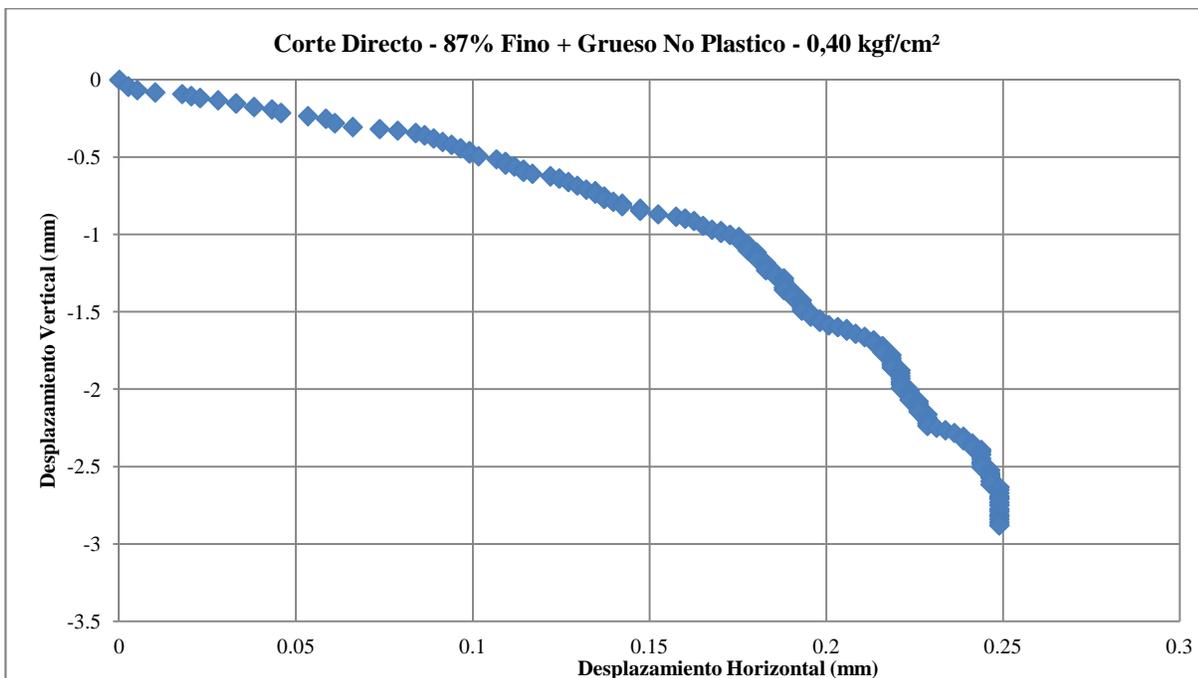
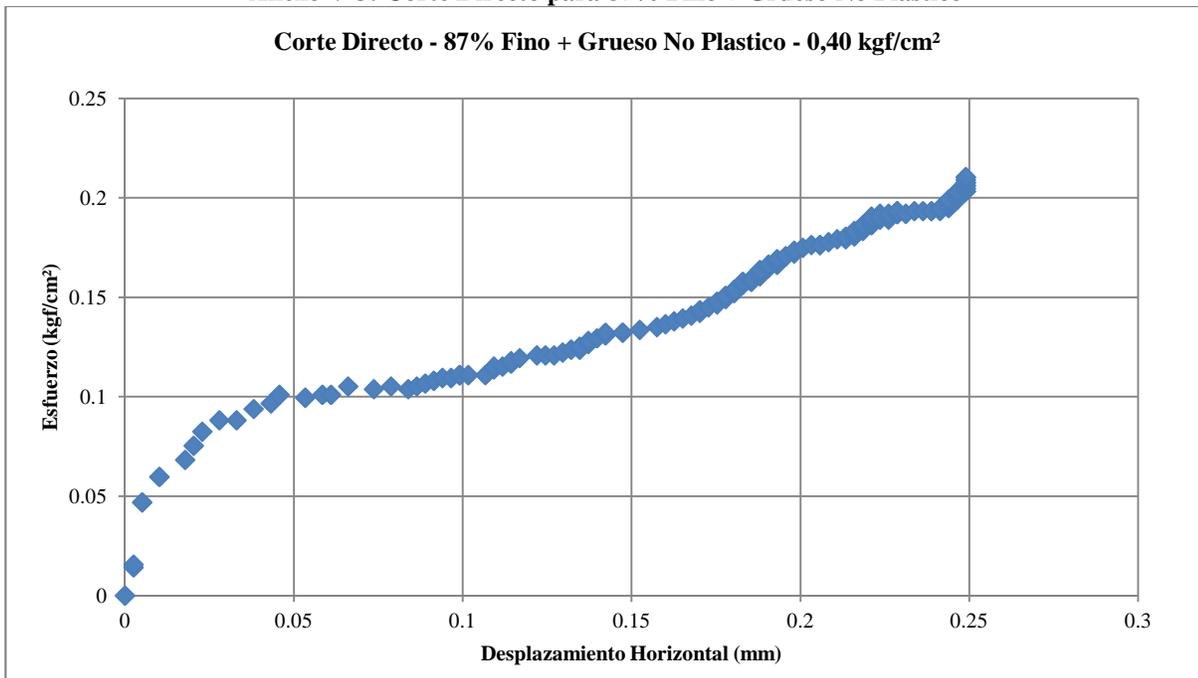
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



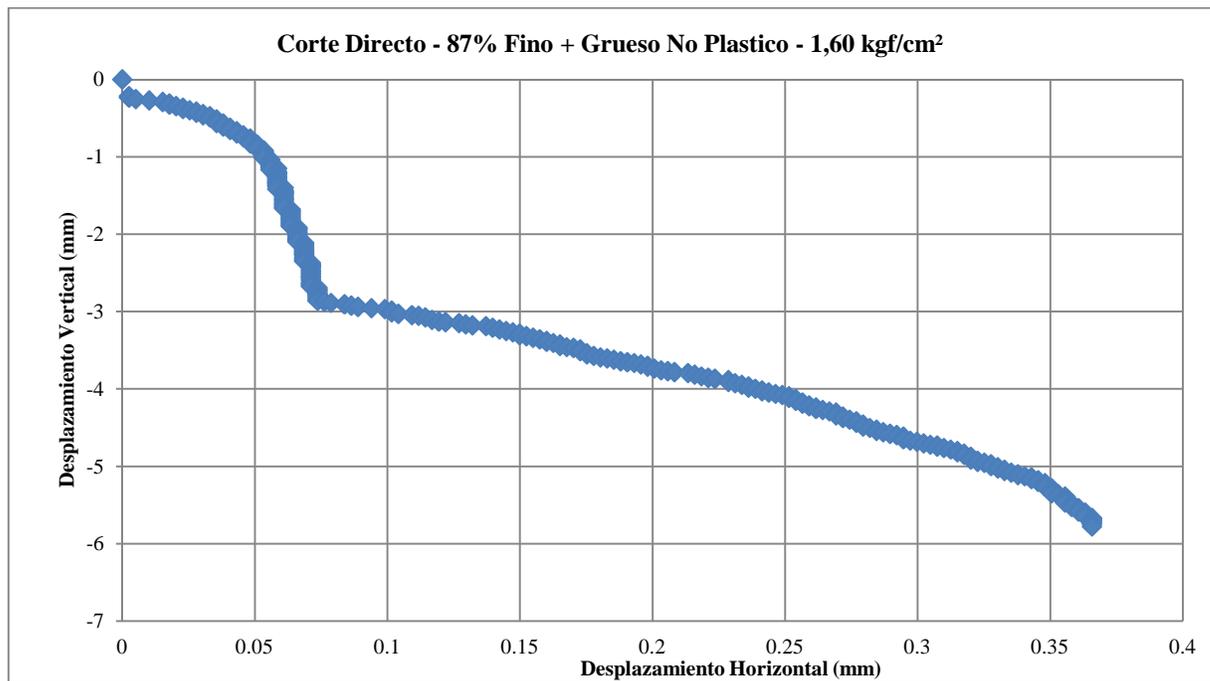
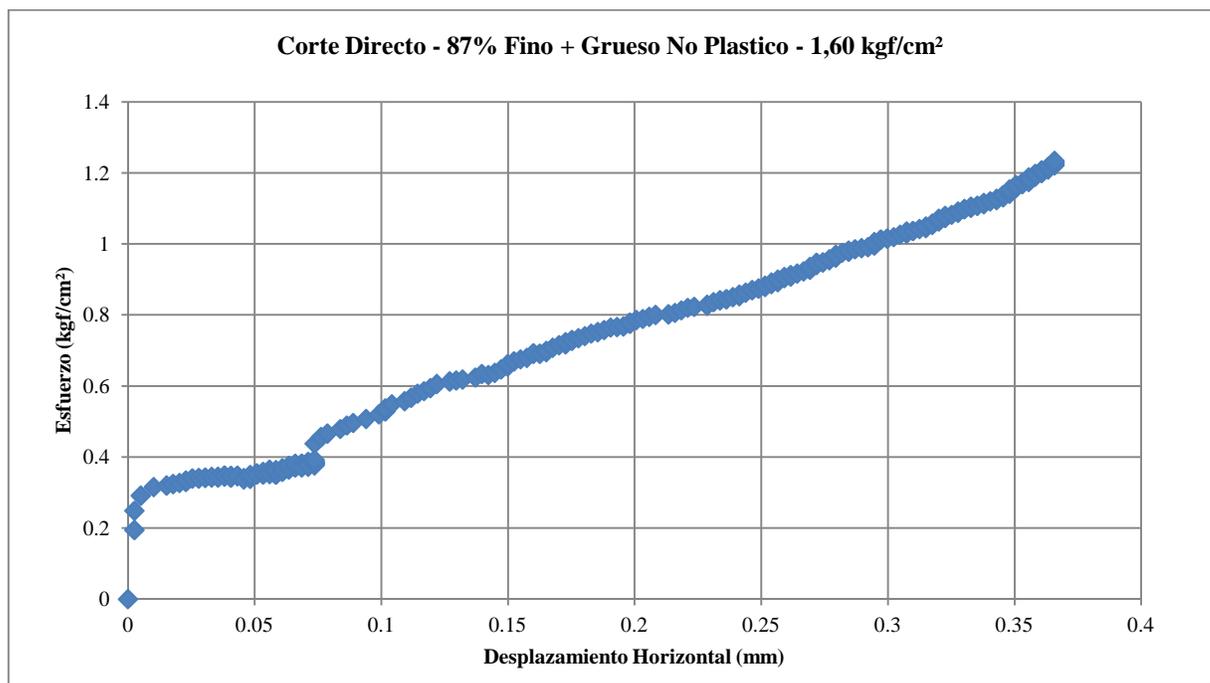
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



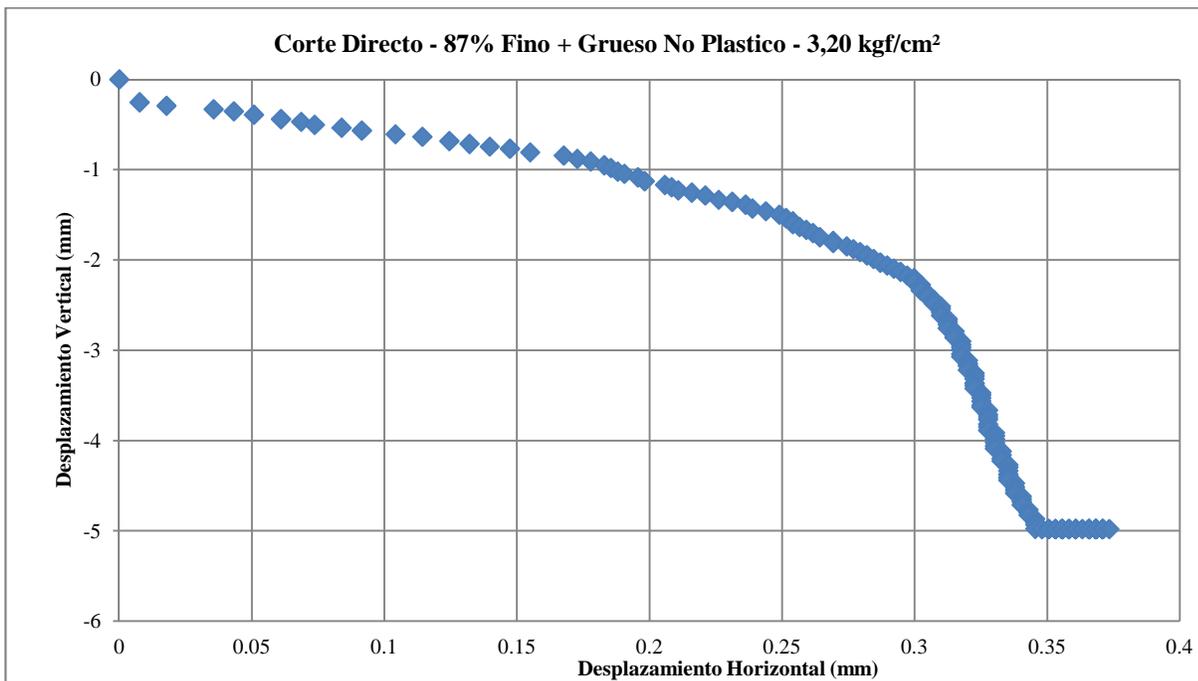
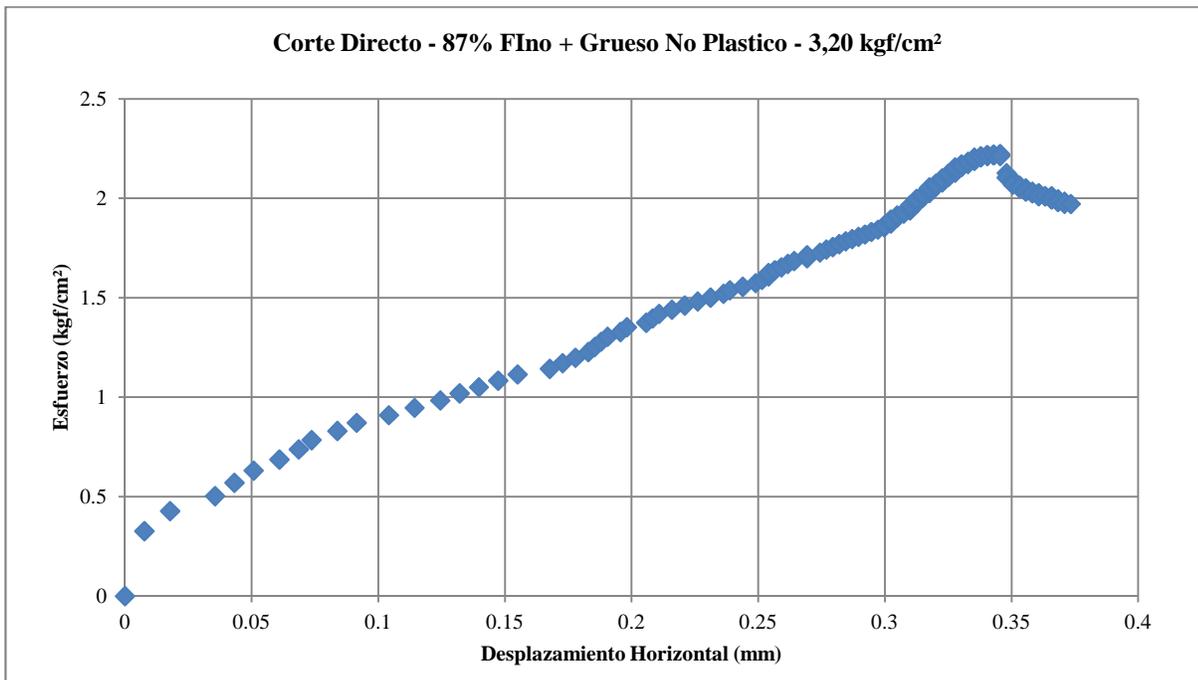
Anexo V-3: Corte Directo para 87% Fino + Grueso No Plástico



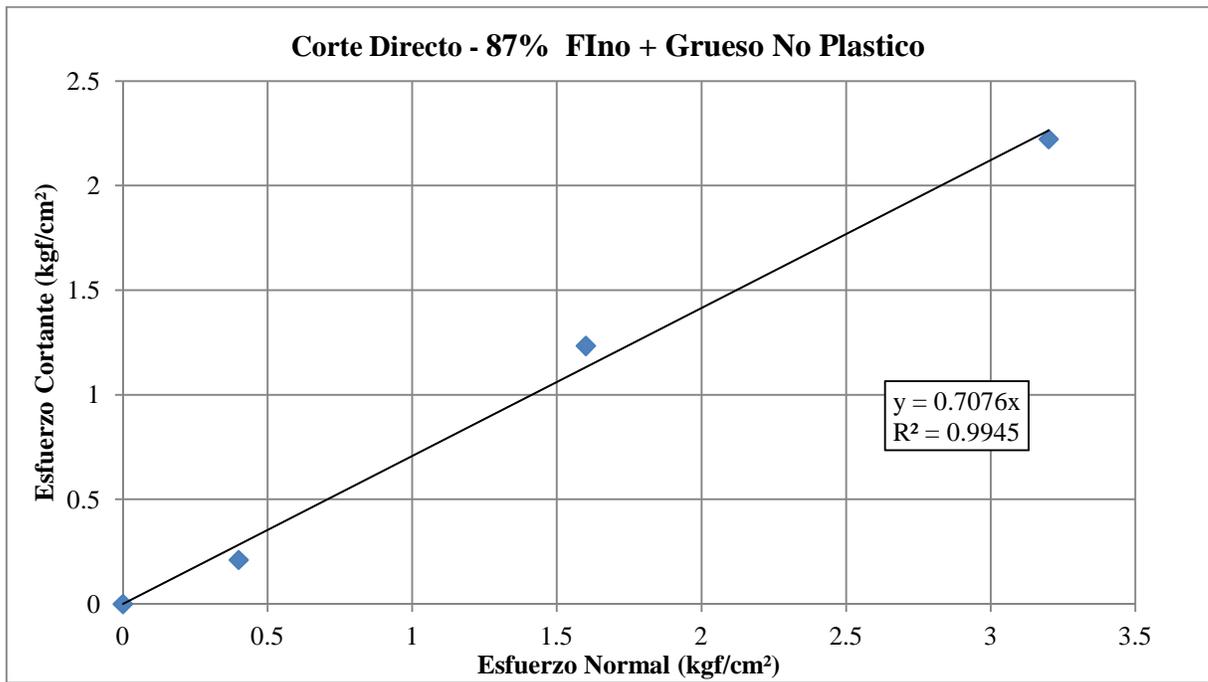
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



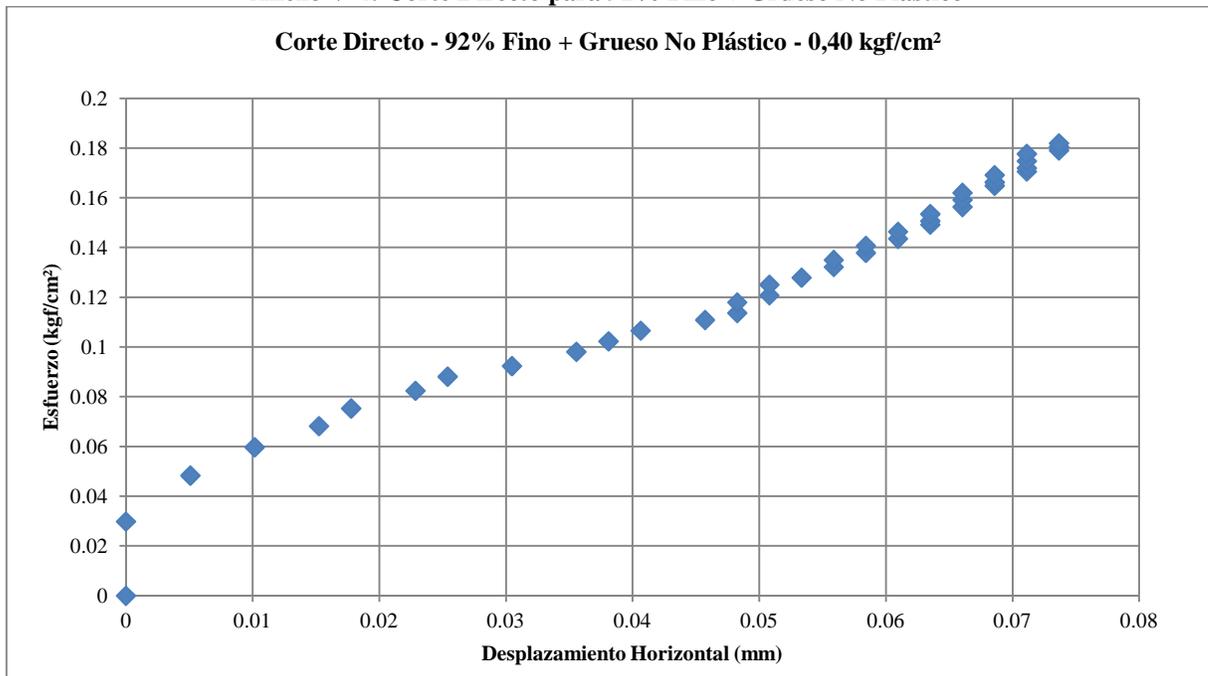
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



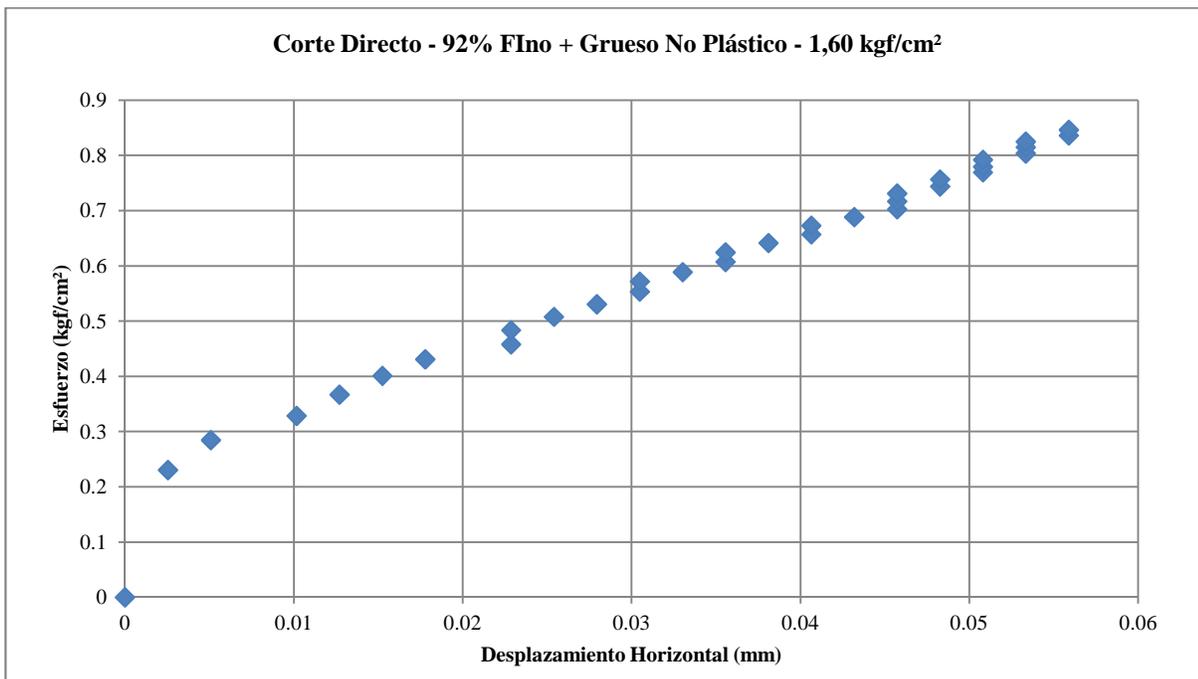
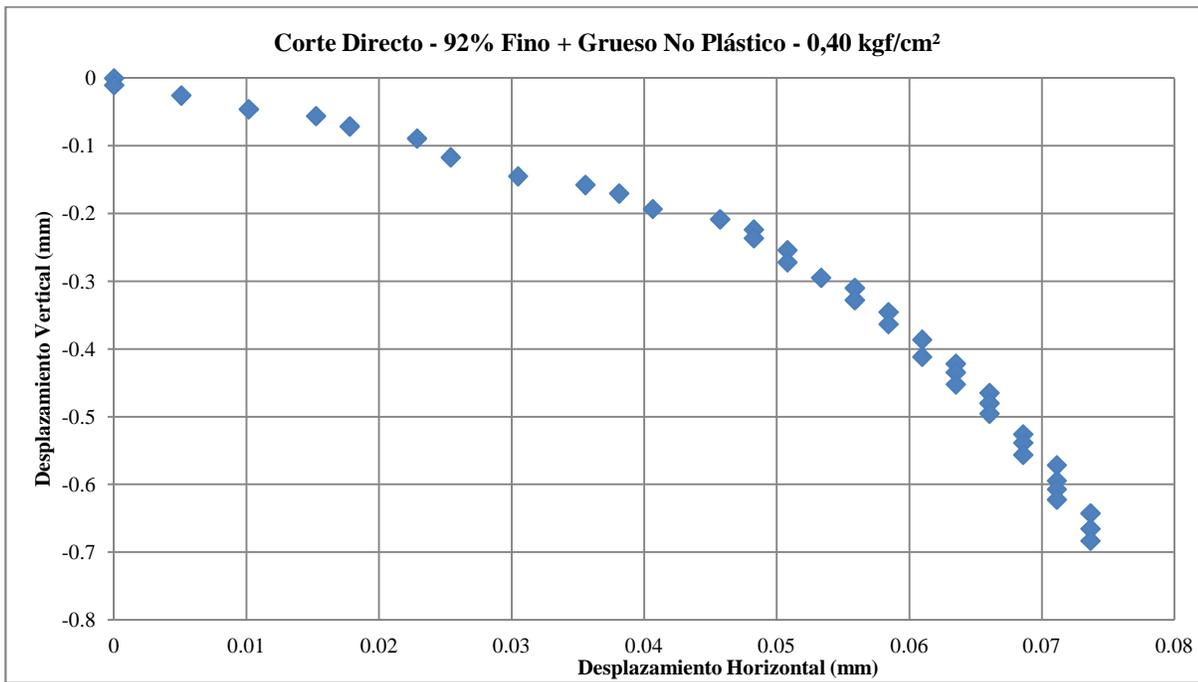
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



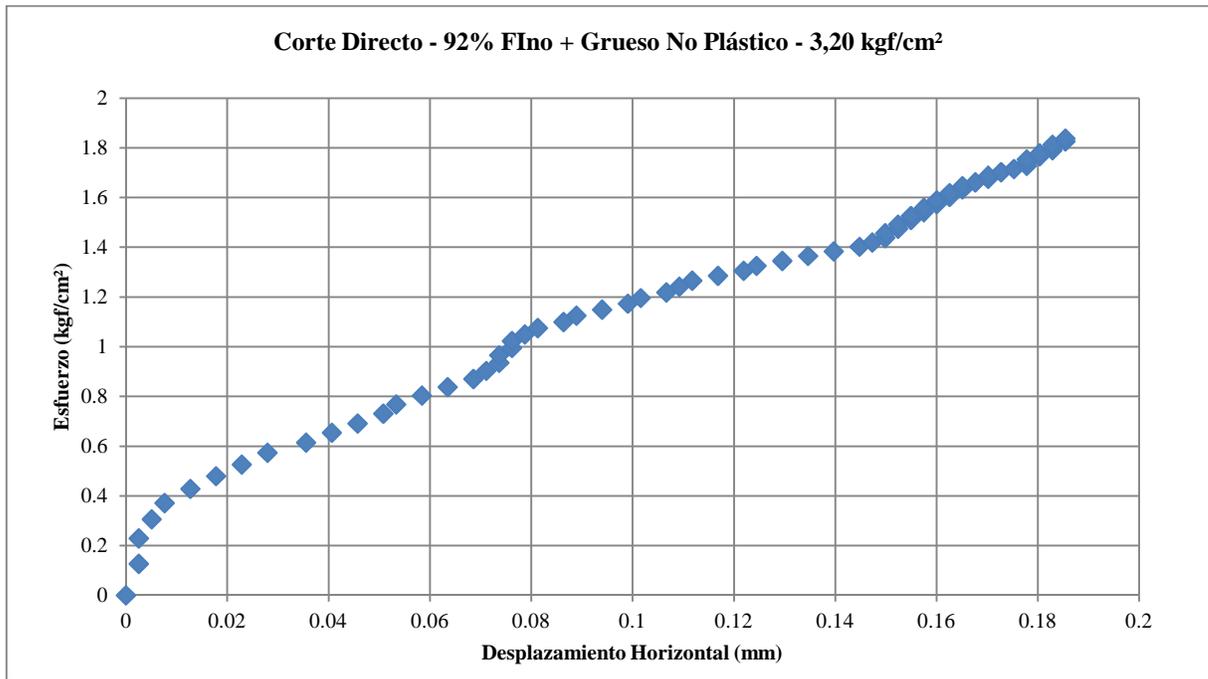
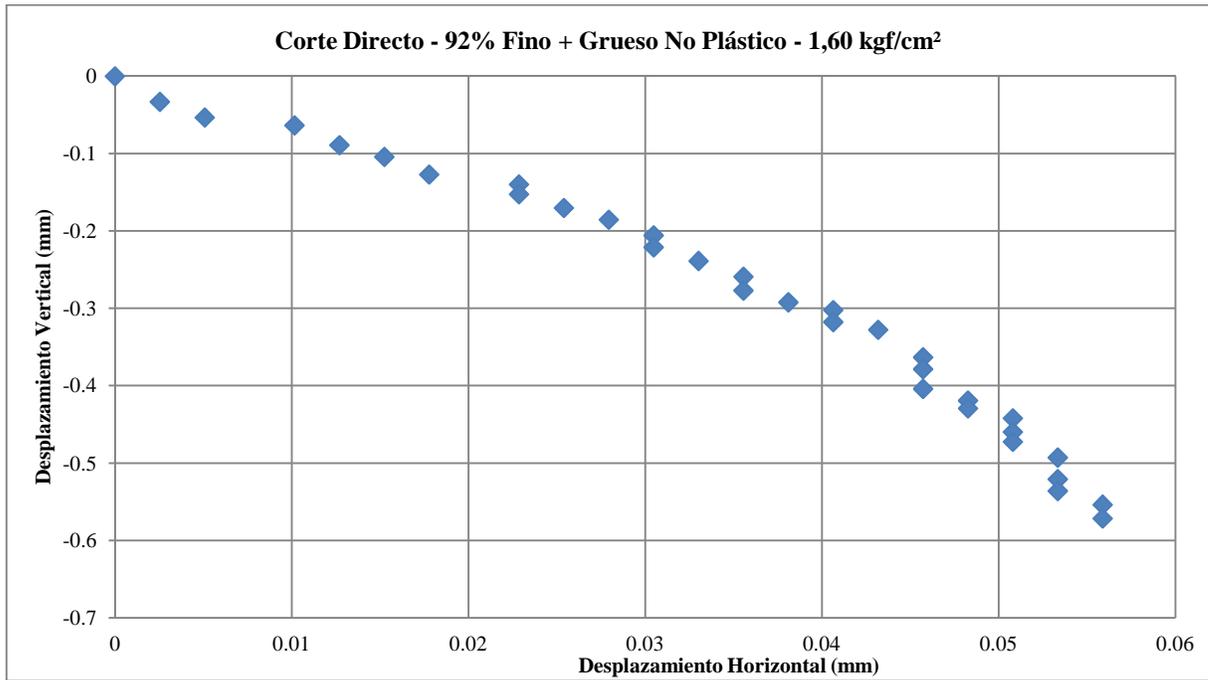
Anexo V-4: Corte Directo para 92% Fino + Grueso No Plástico



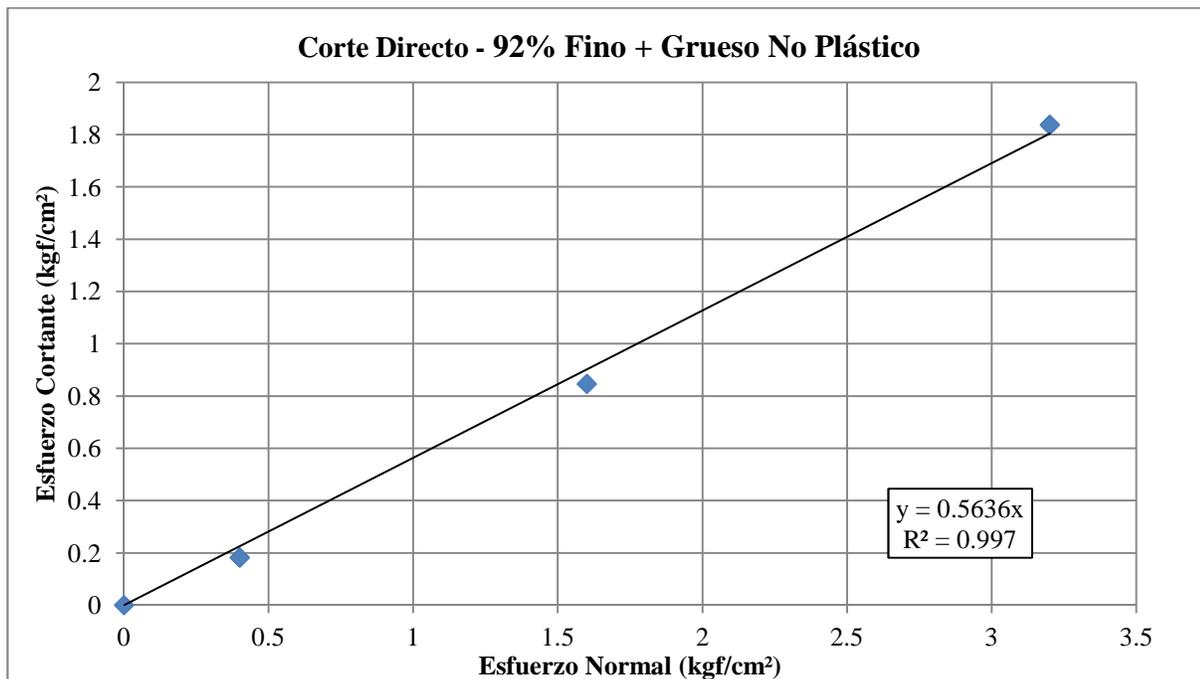
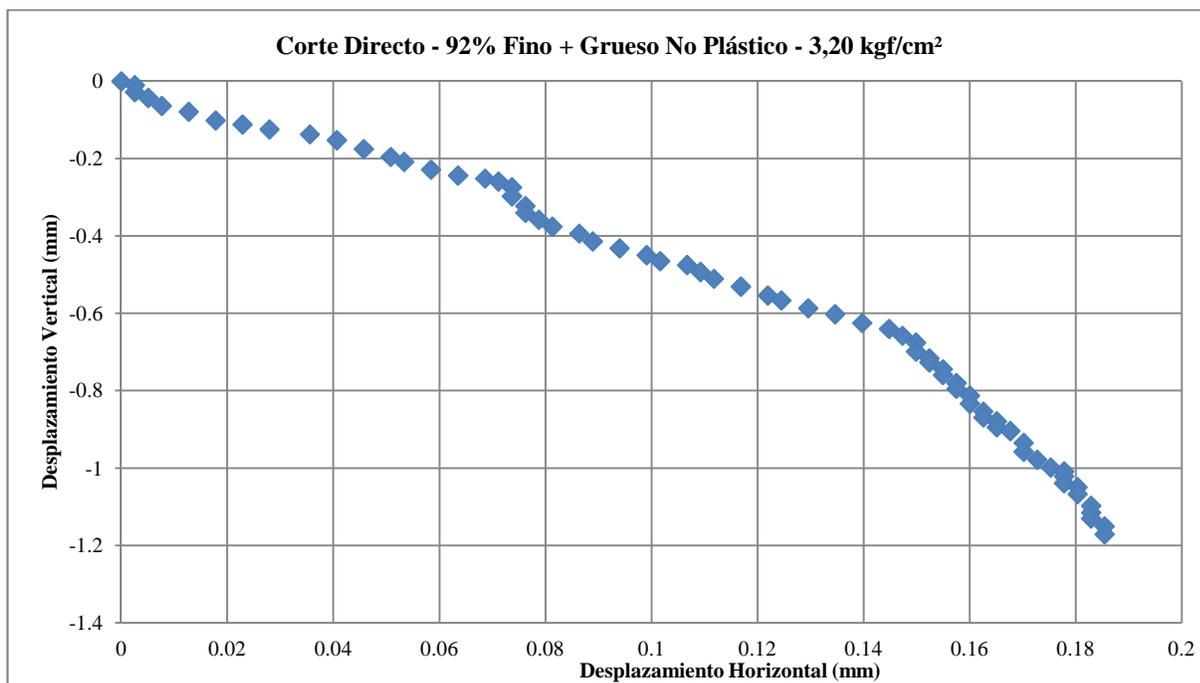
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

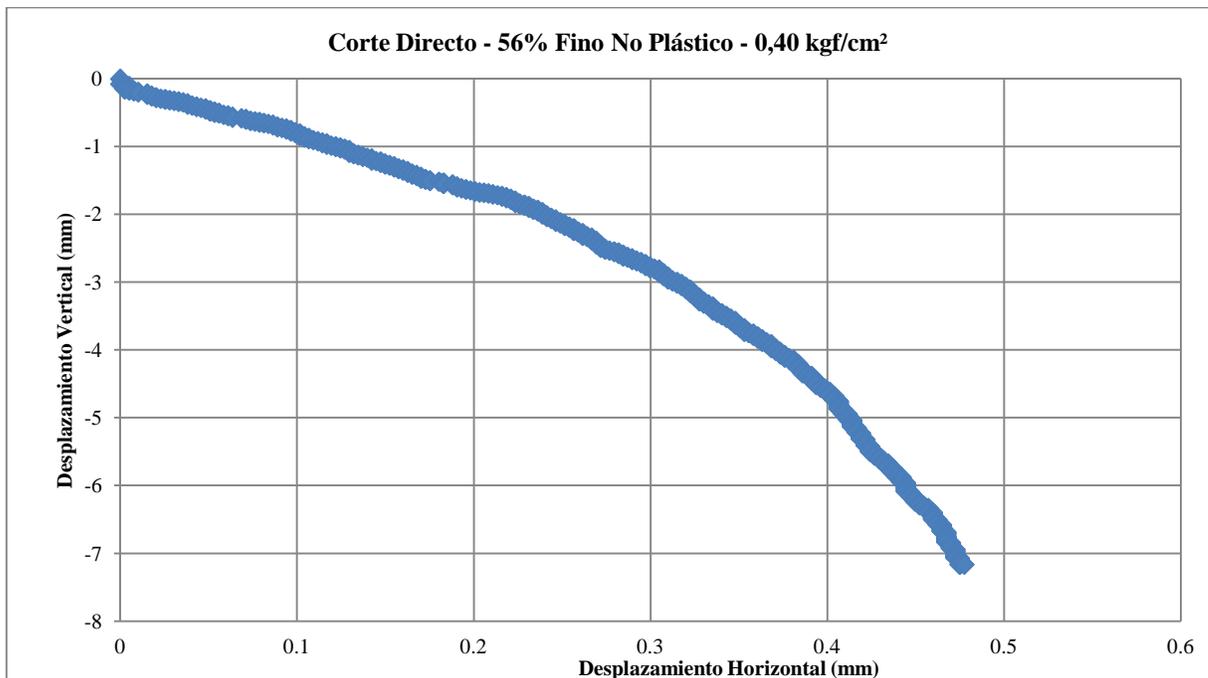
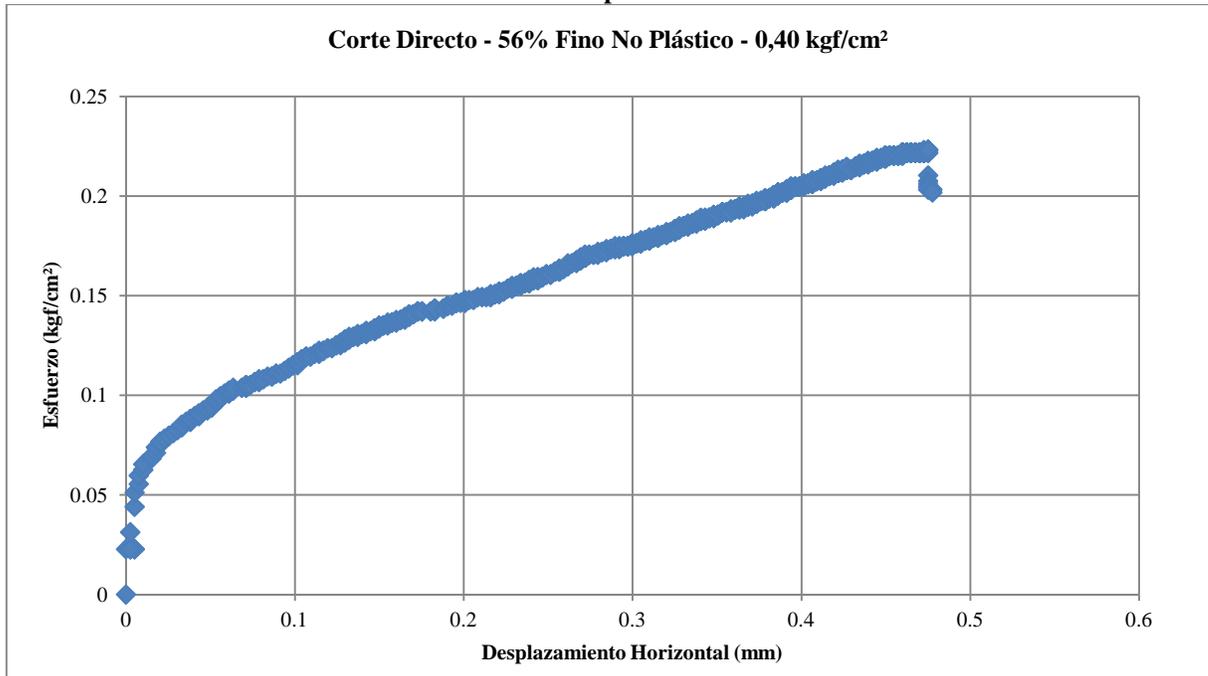


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

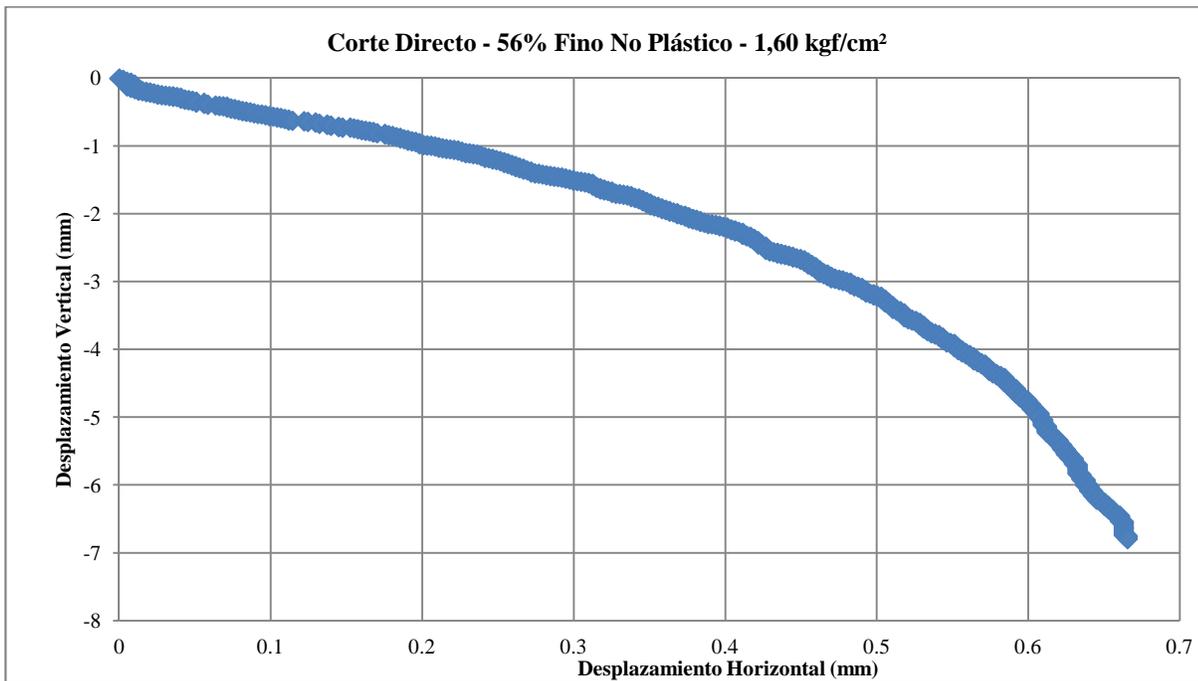
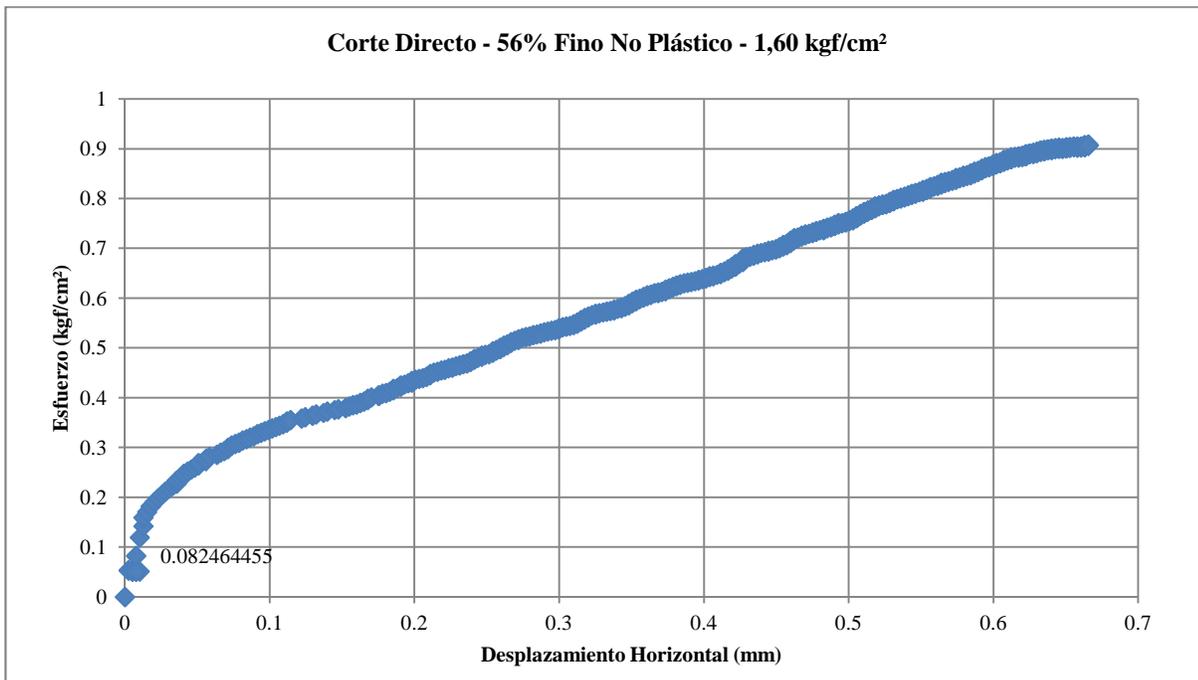


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

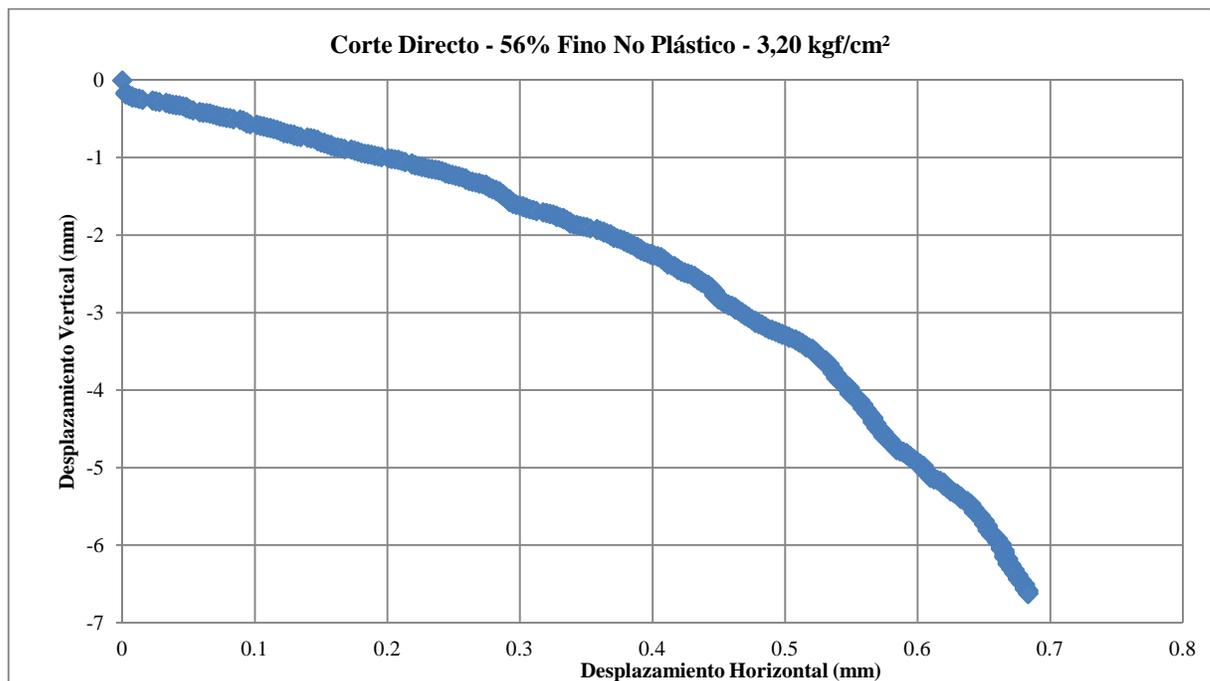
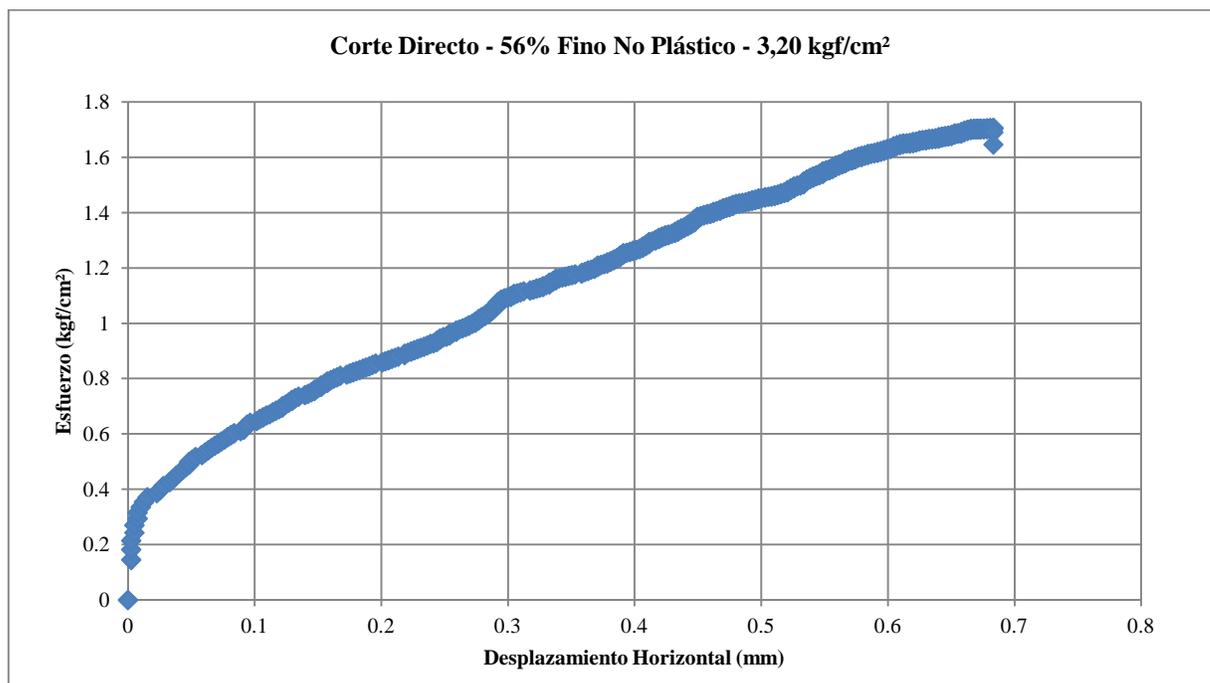
Anexo V-5: Corte Directo para 56% Fino No Plástico



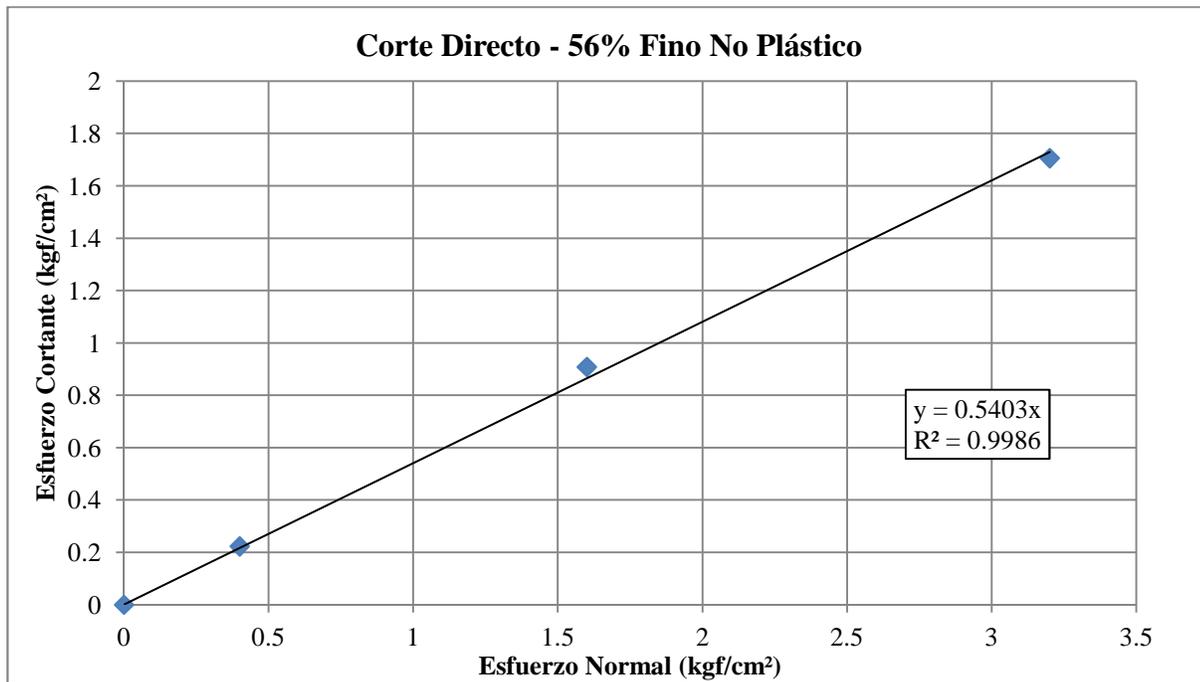
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



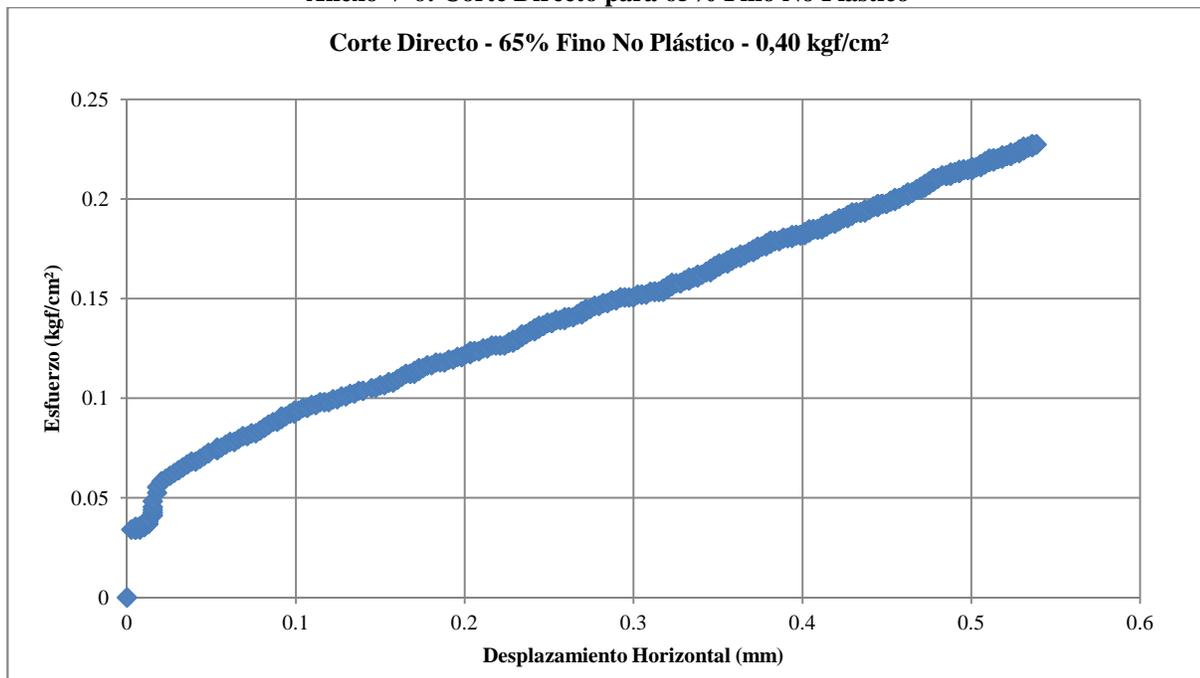
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



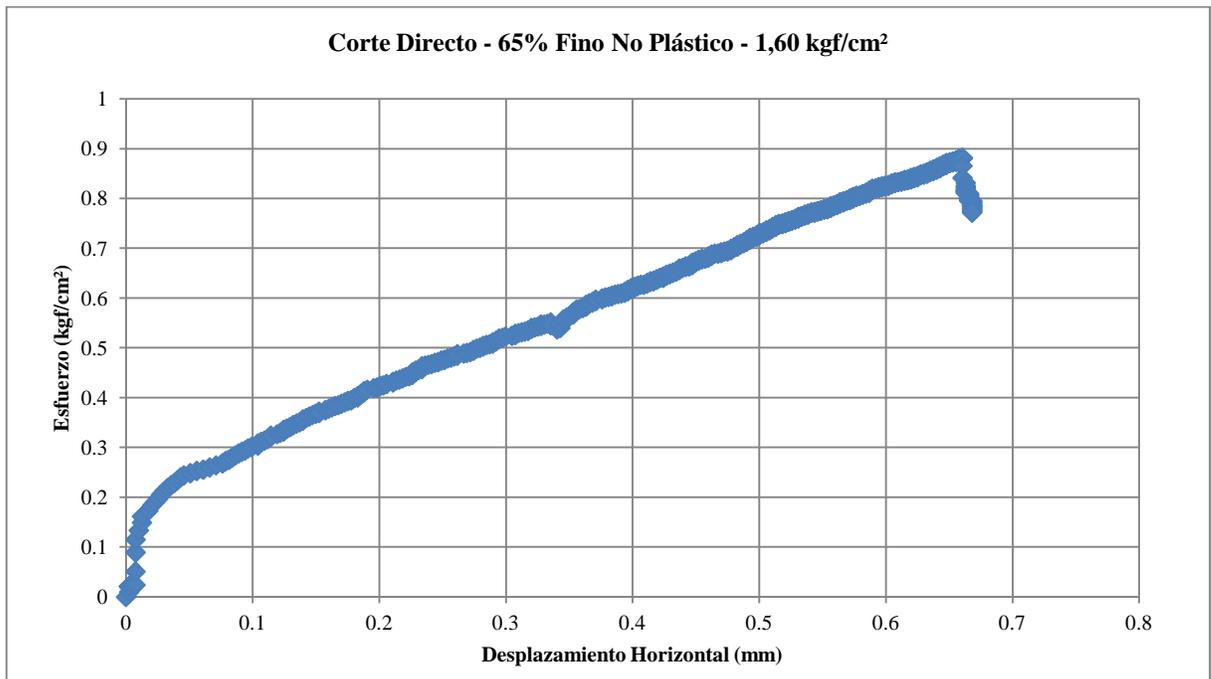
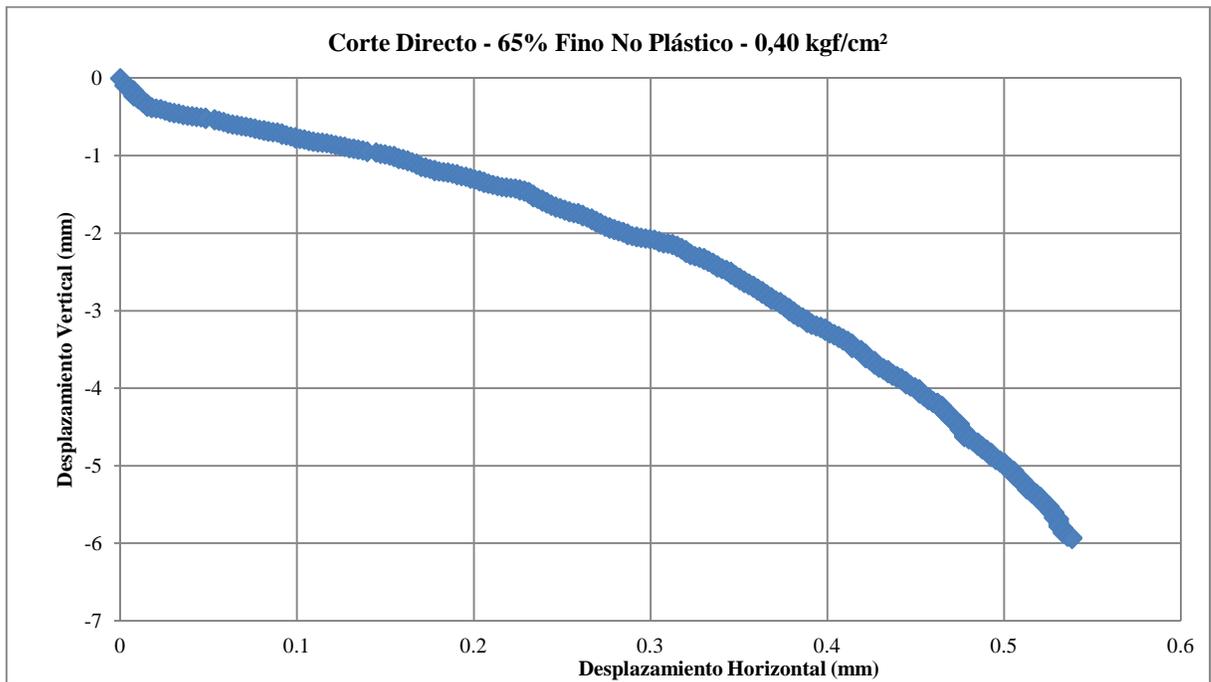
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

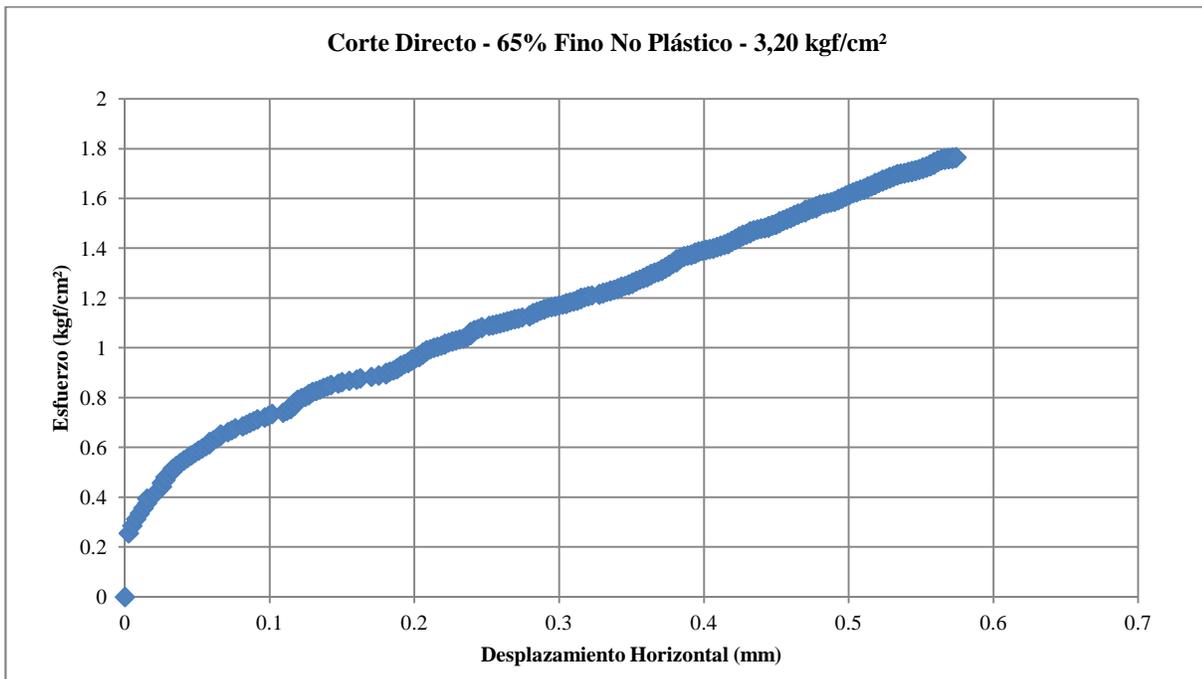
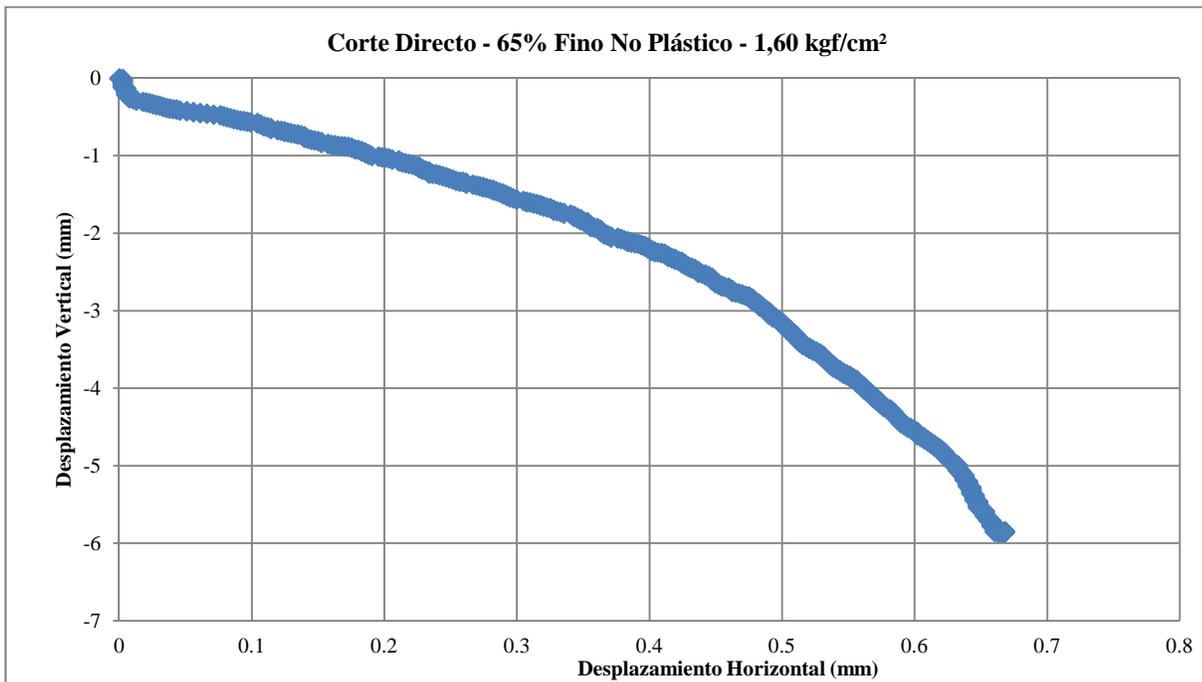


Anexo V-6: Corte Directo para 65% Fino No Plástico

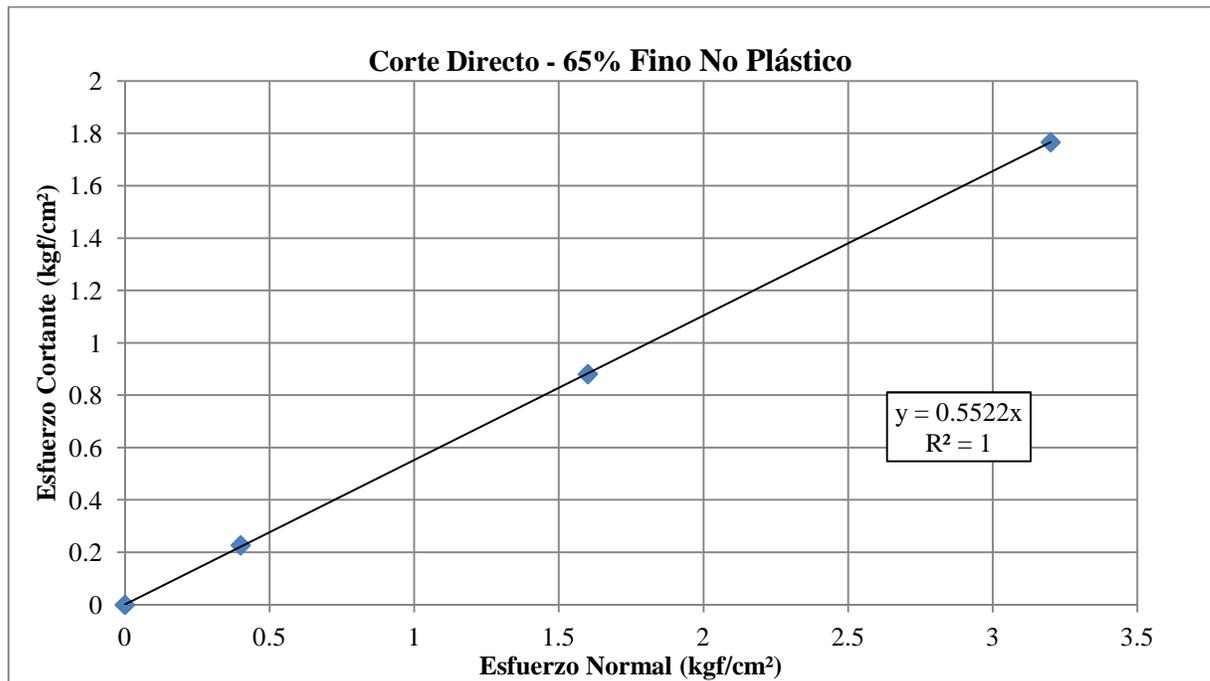
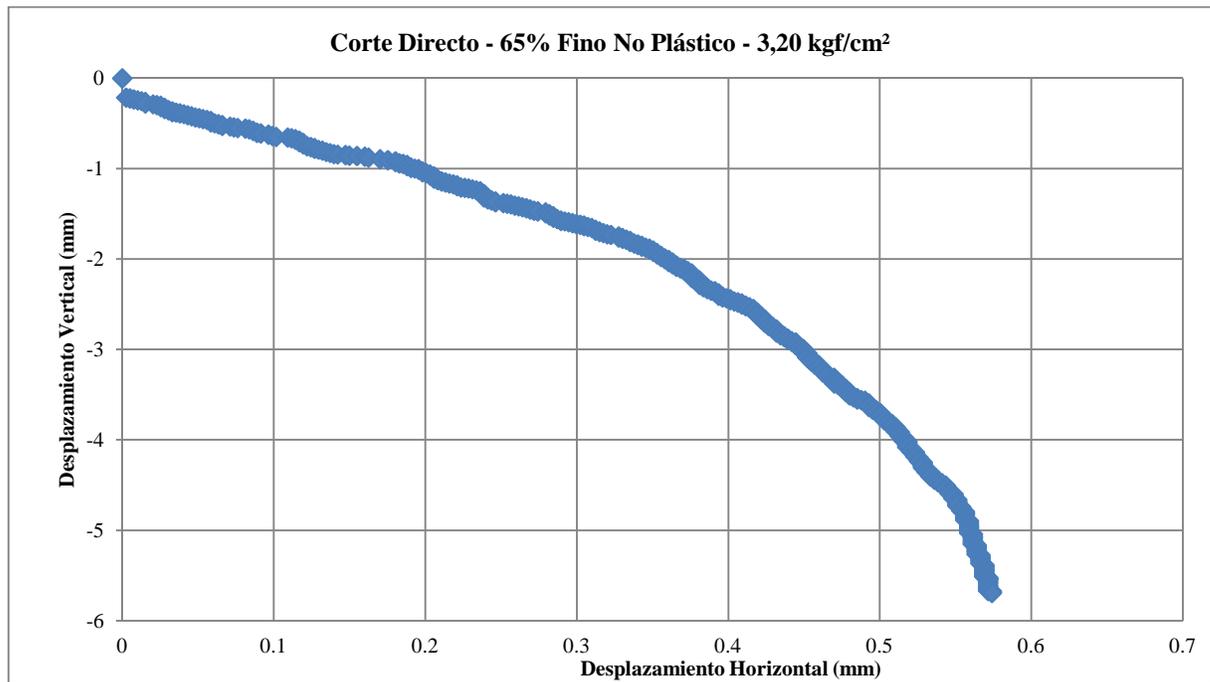


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



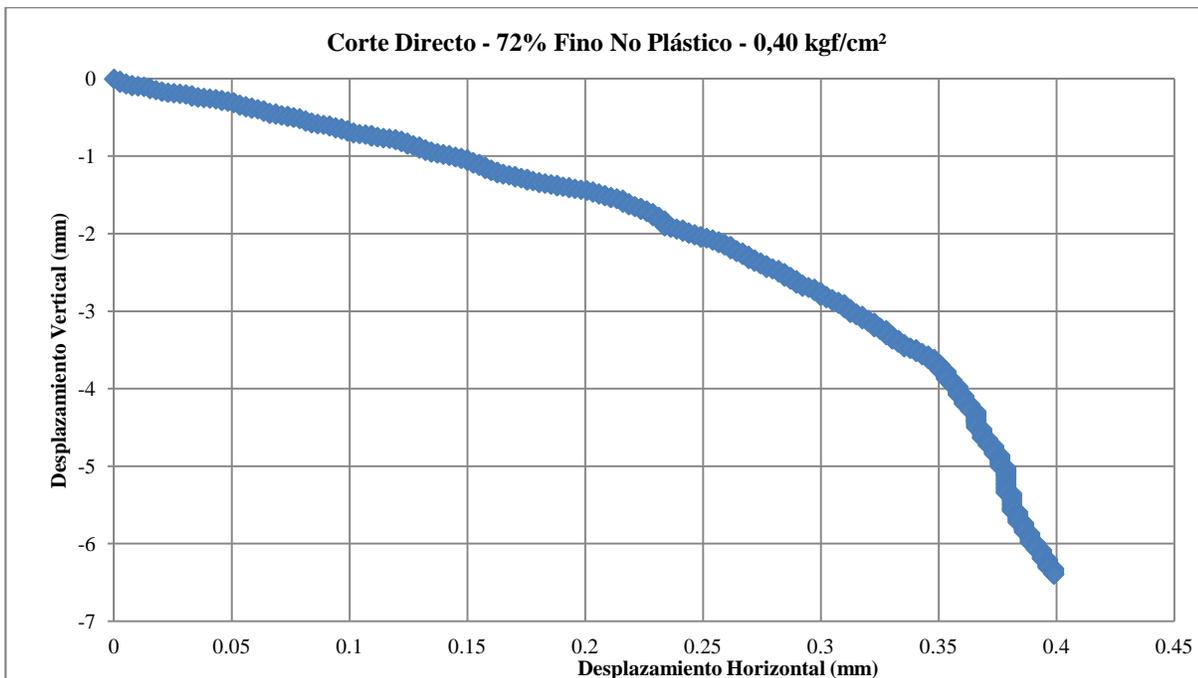
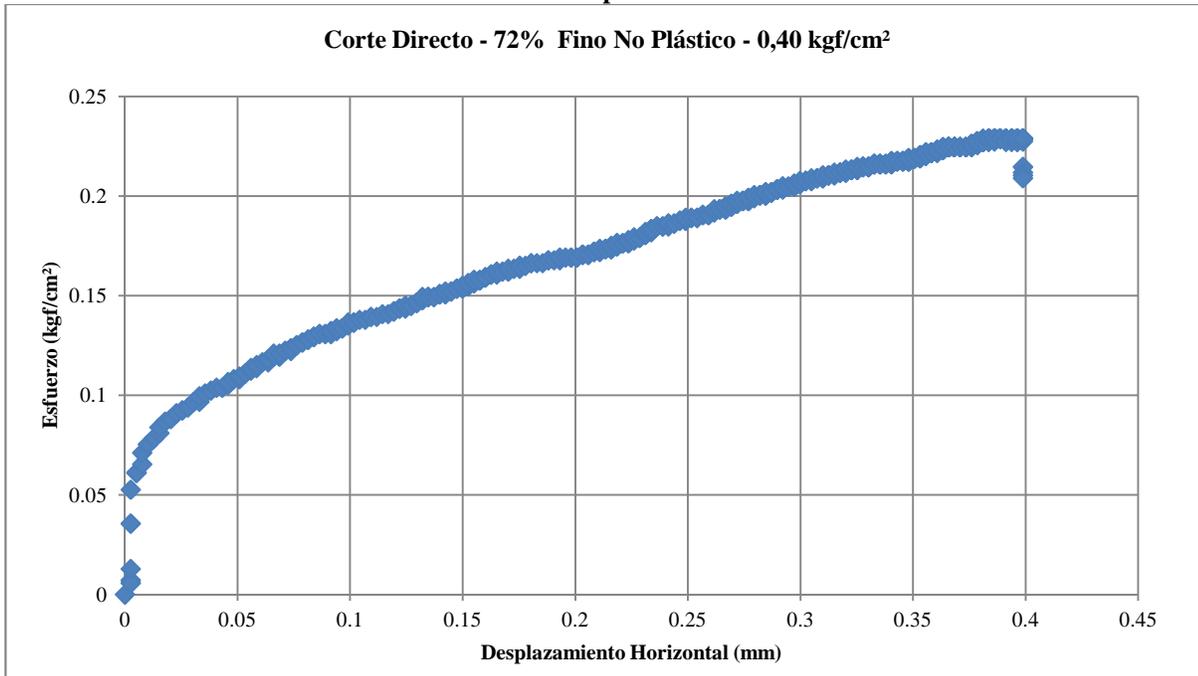


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

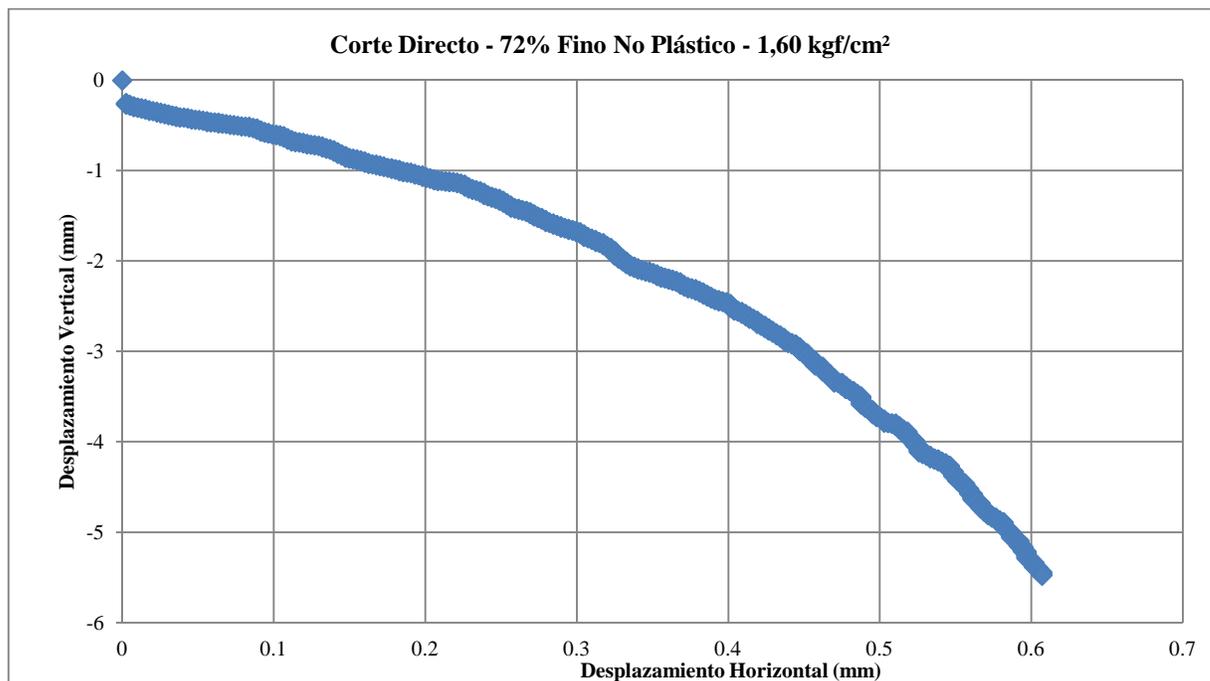
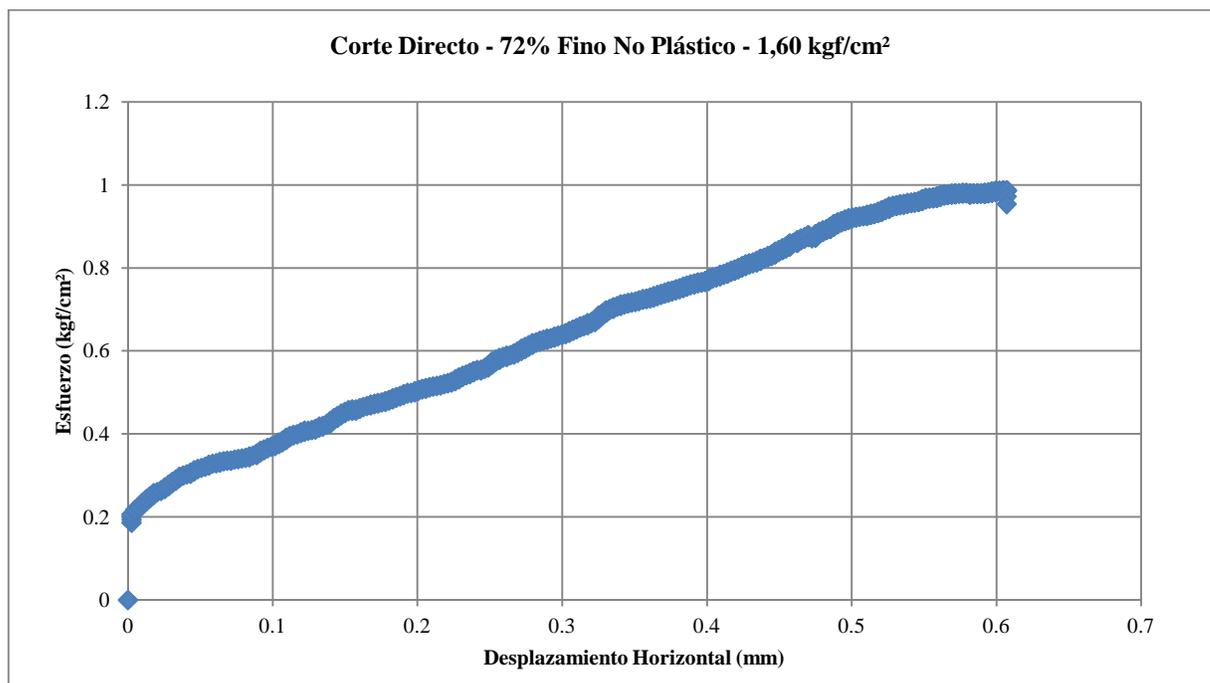


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

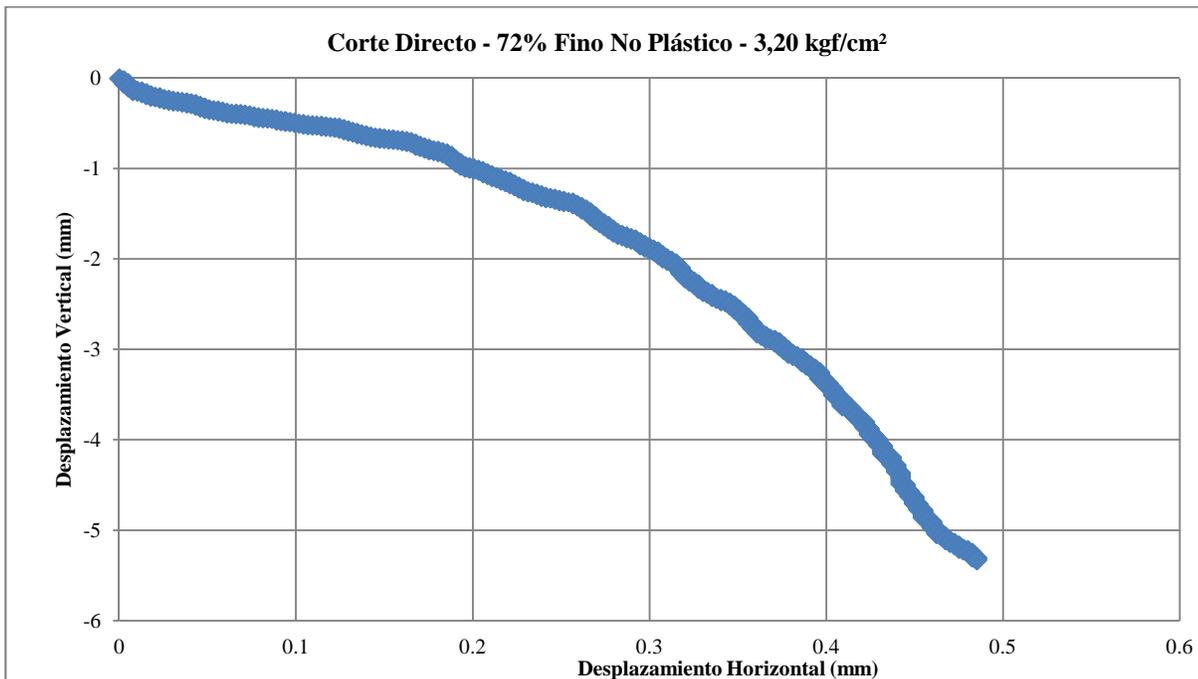
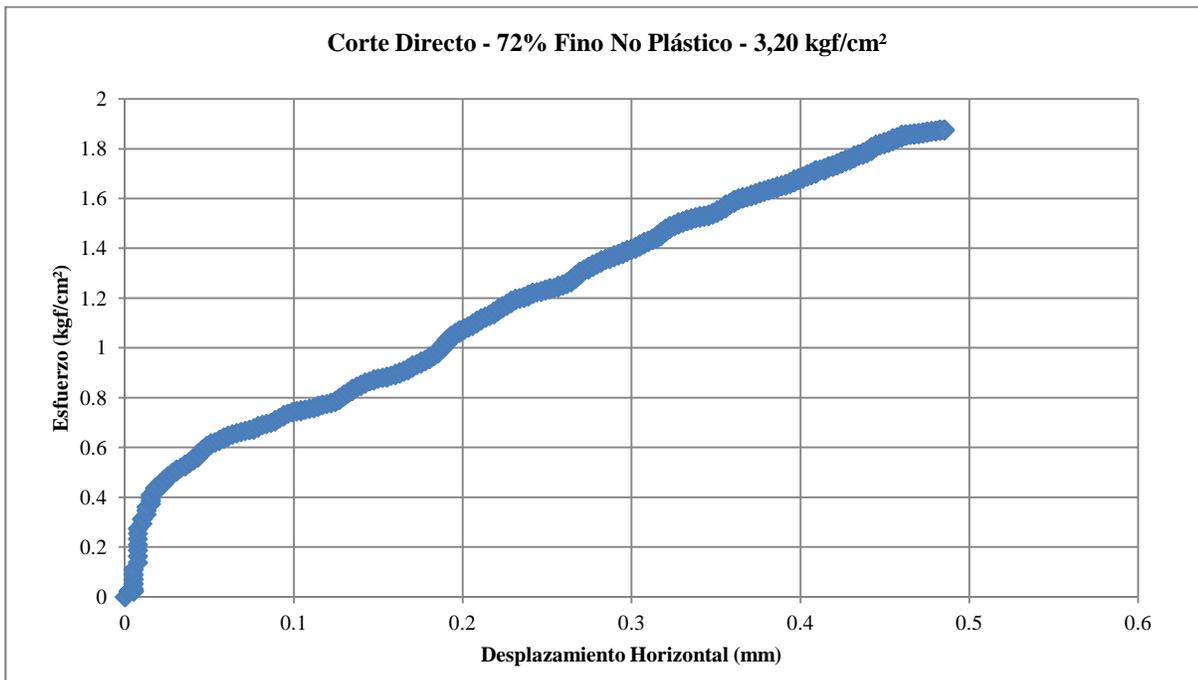
Anexo V-7: Corte Directo para 72% Fino No Plástico



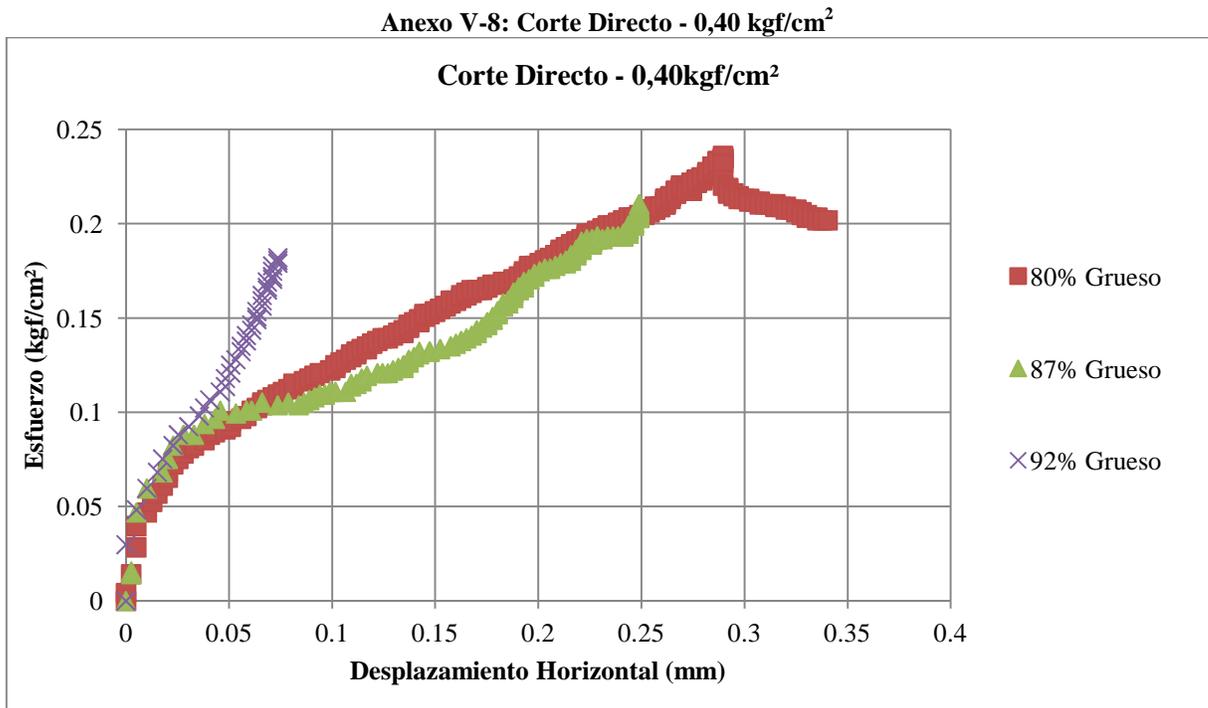
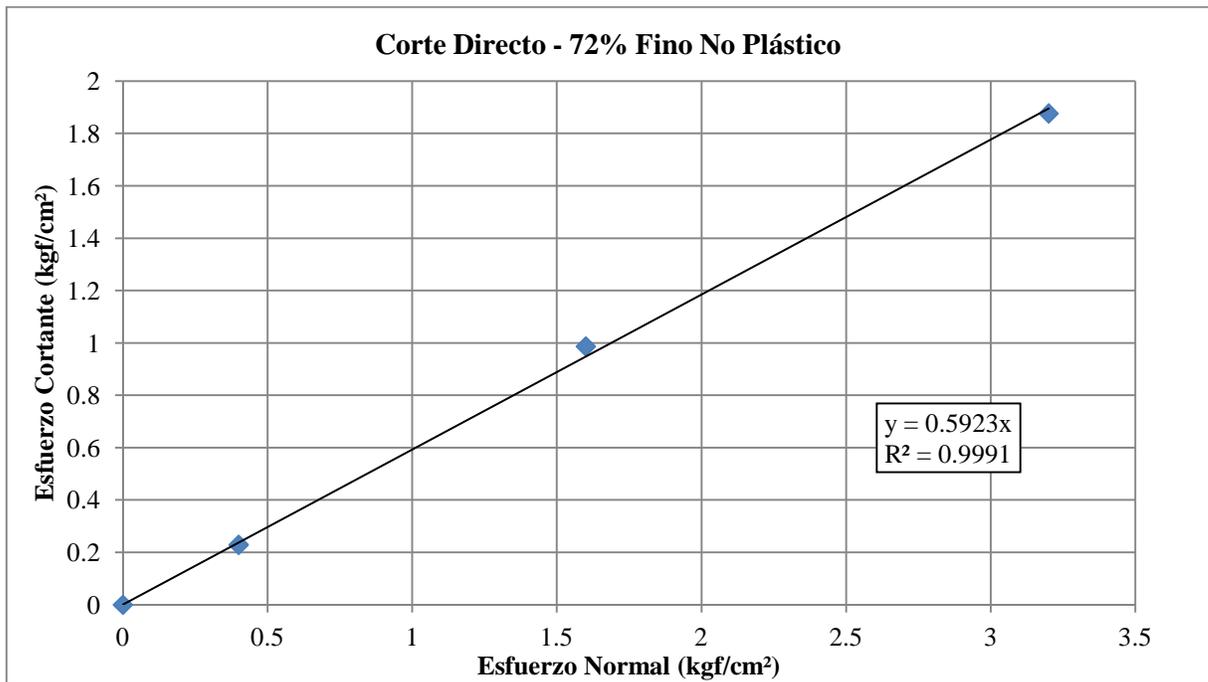
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



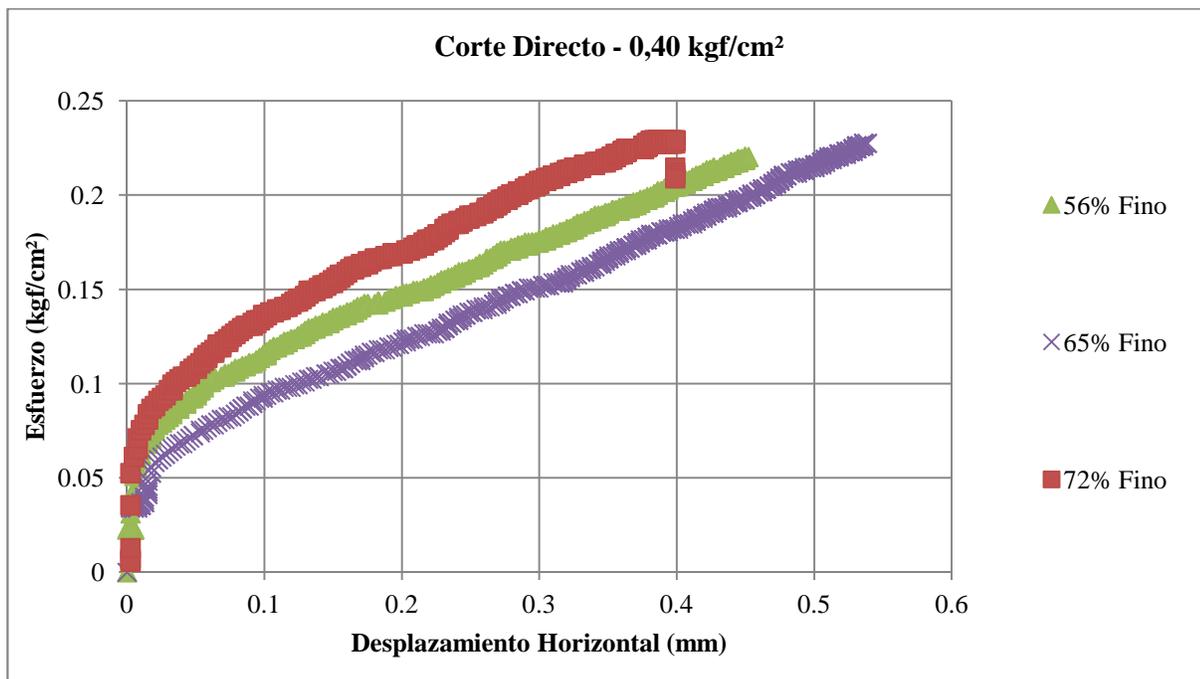
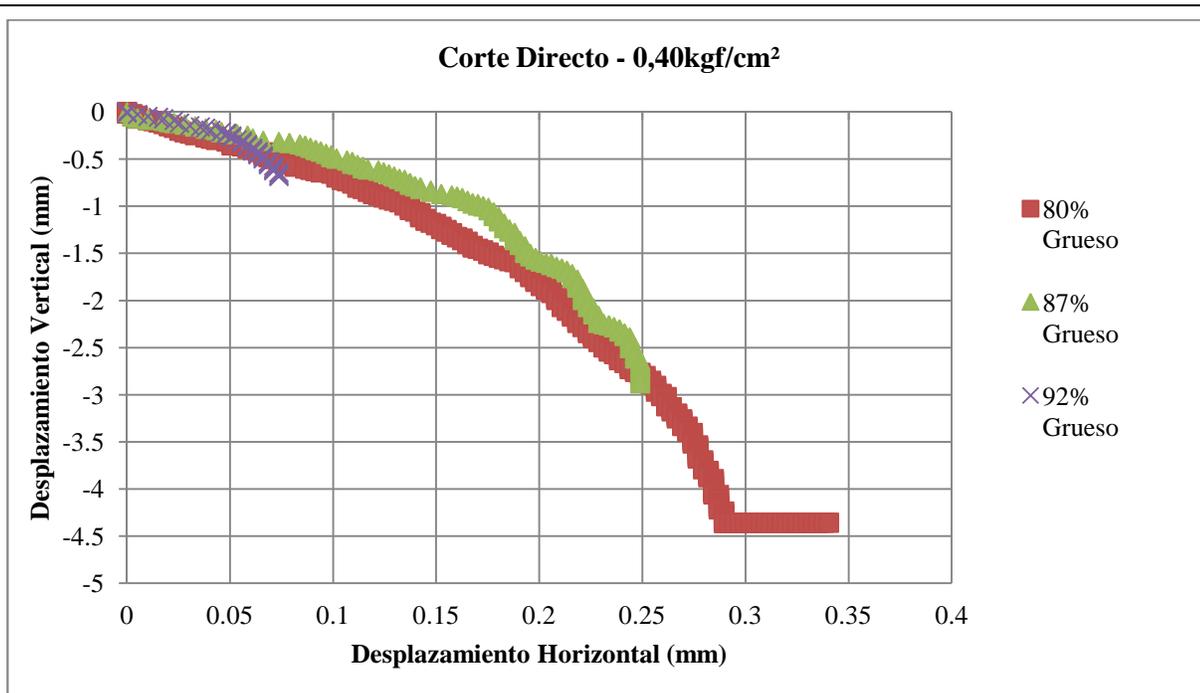
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



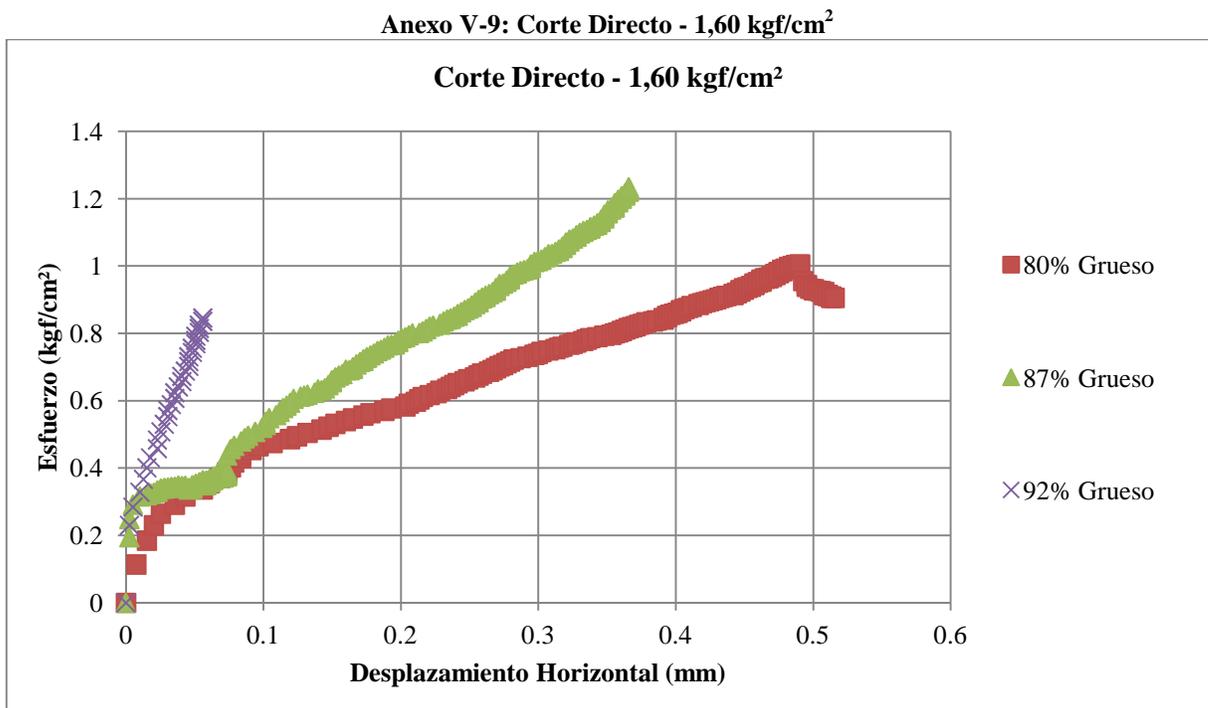
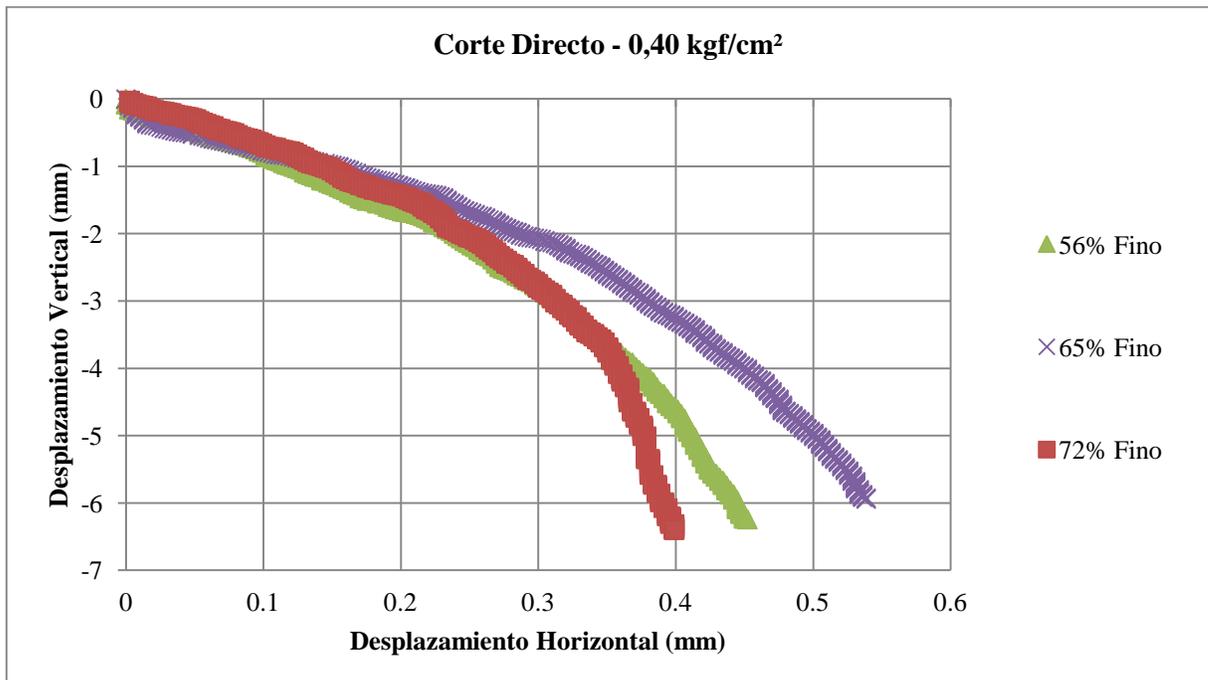
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



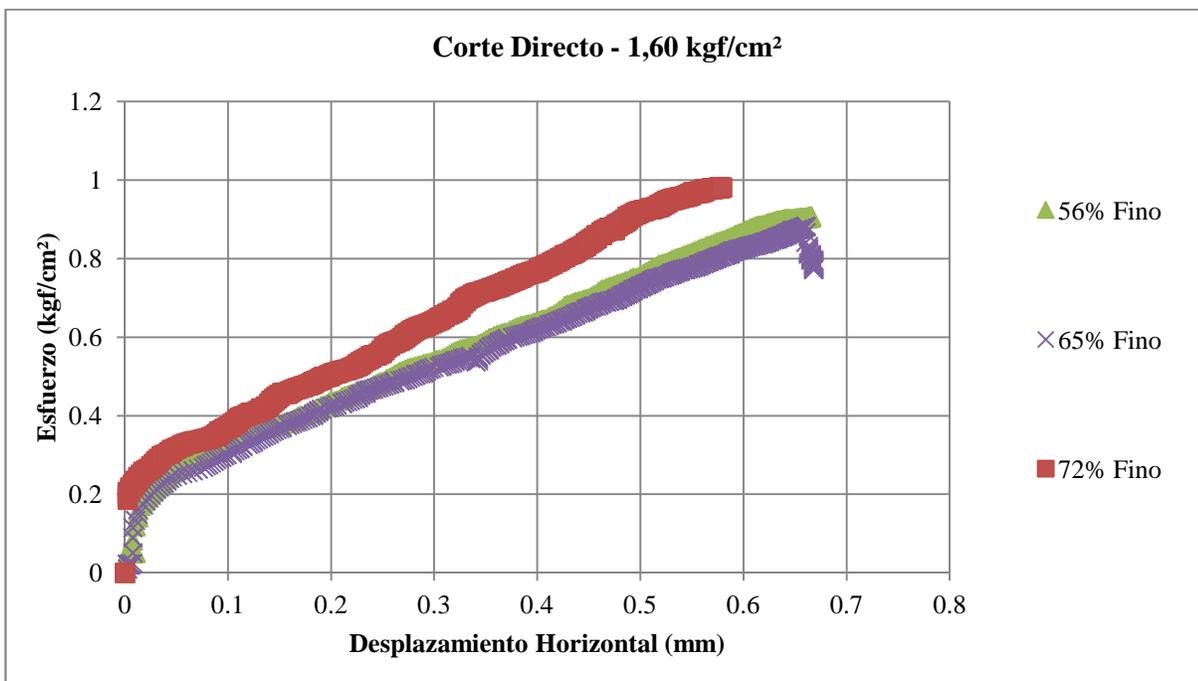
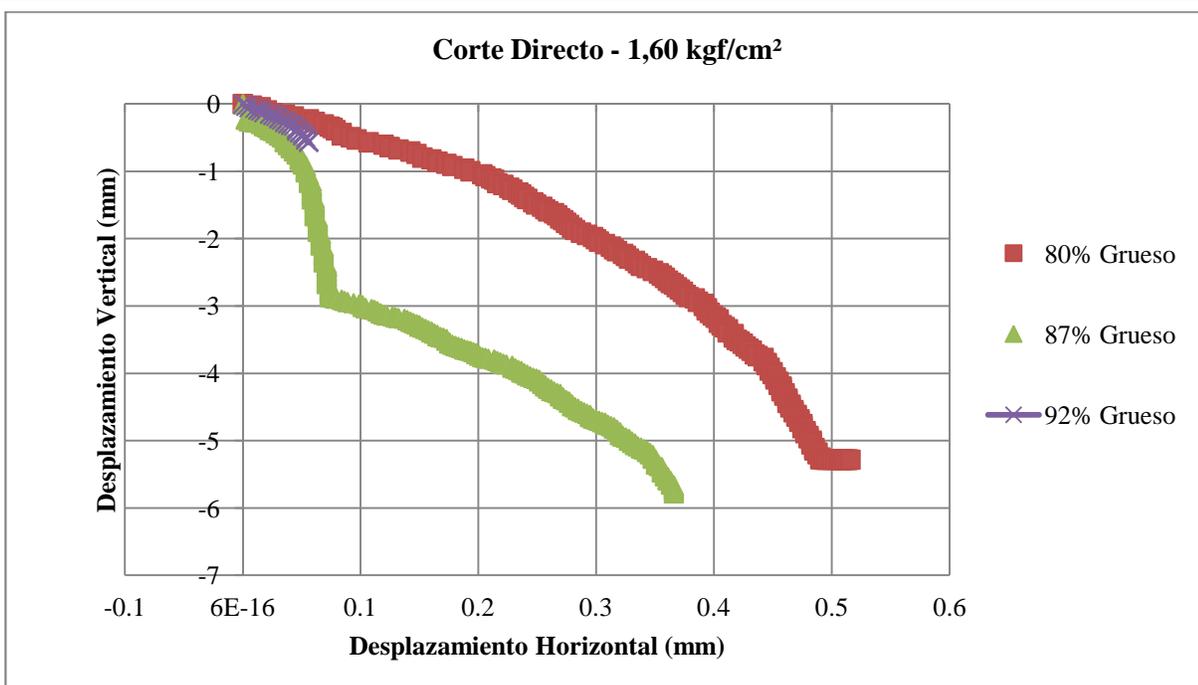
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



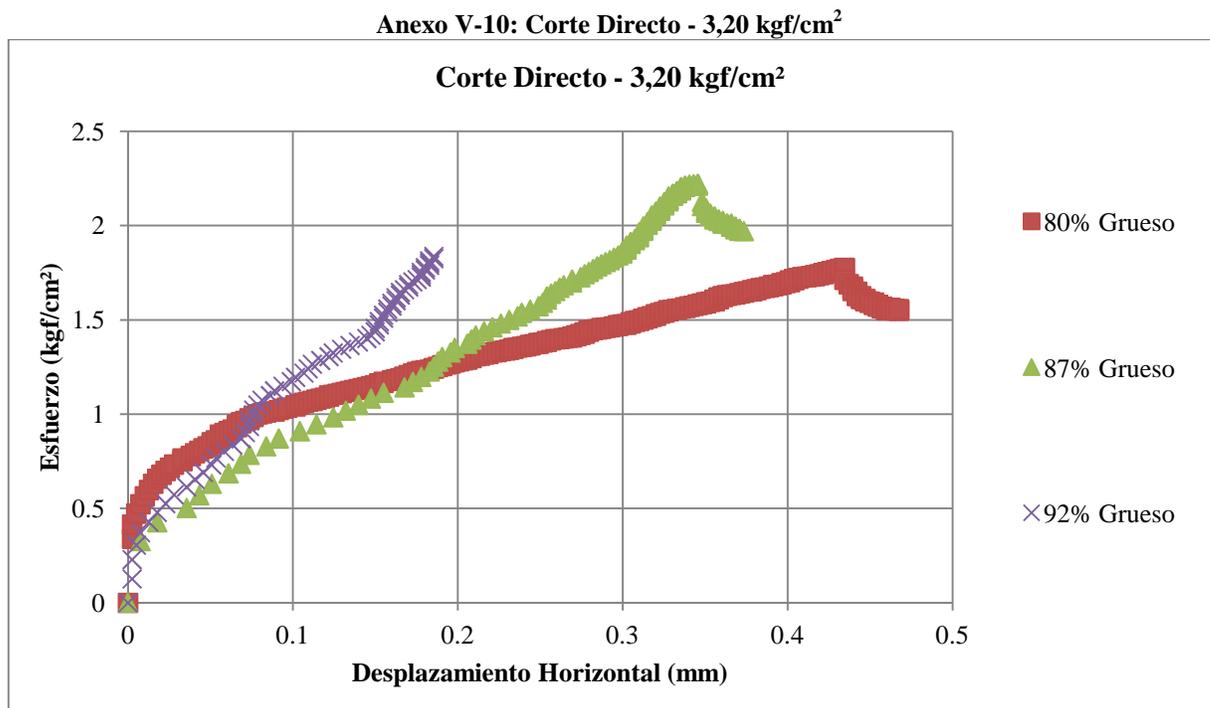
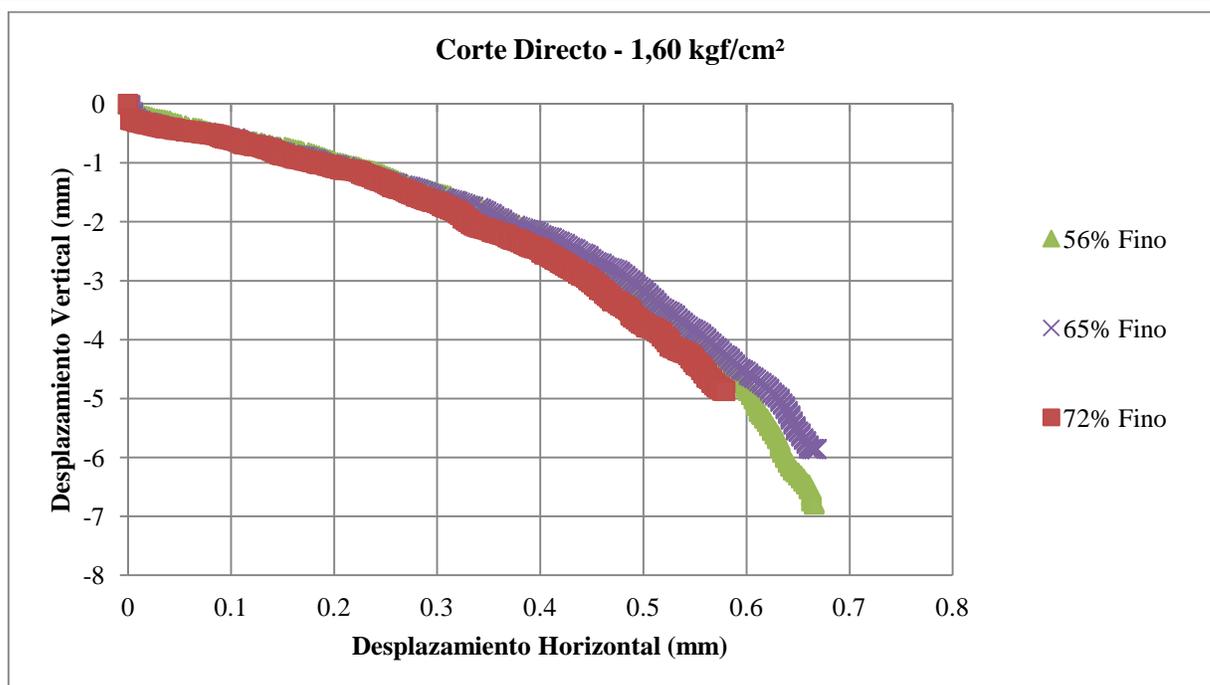
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



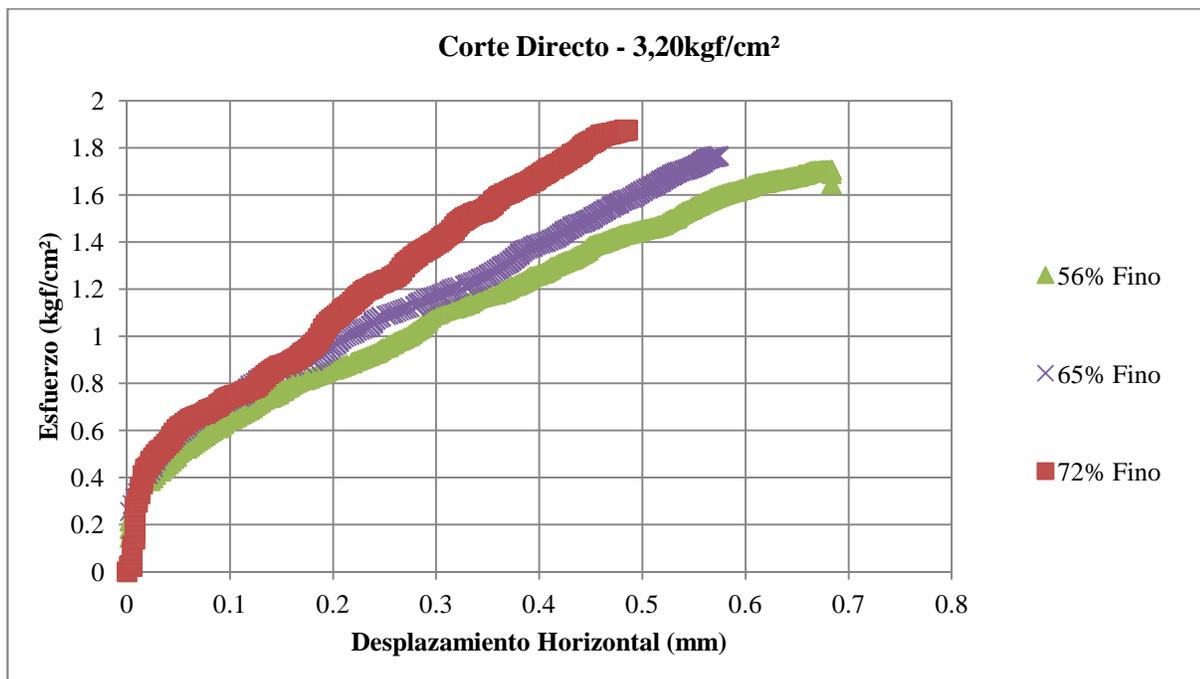
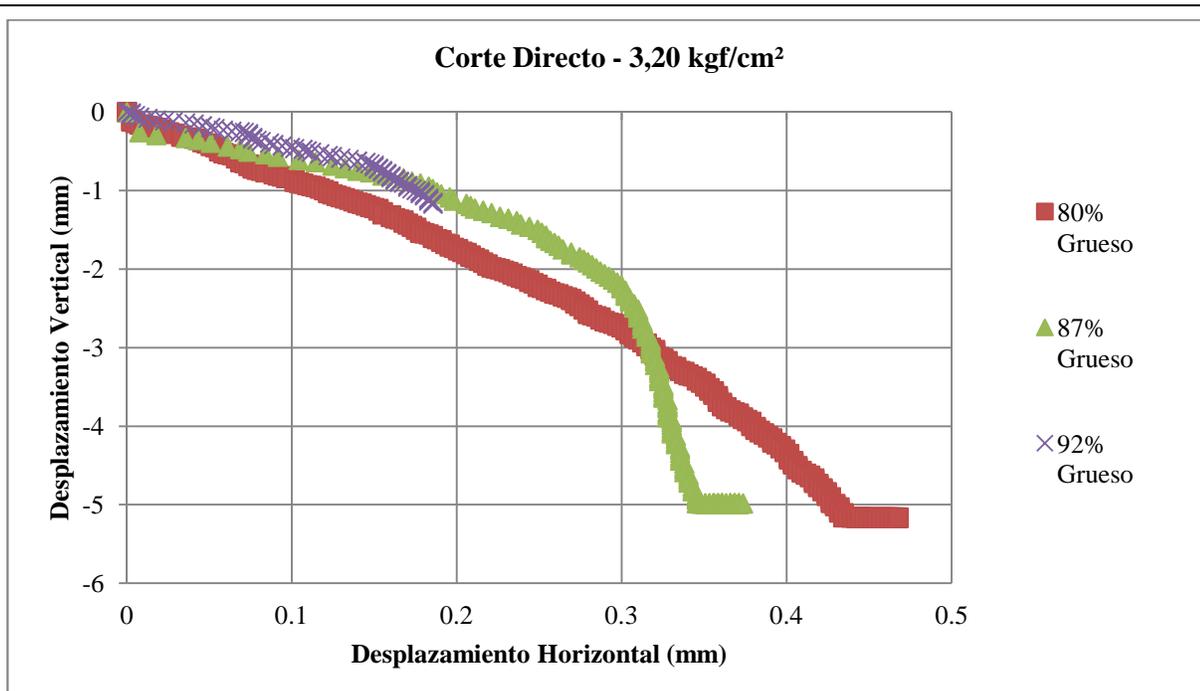
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



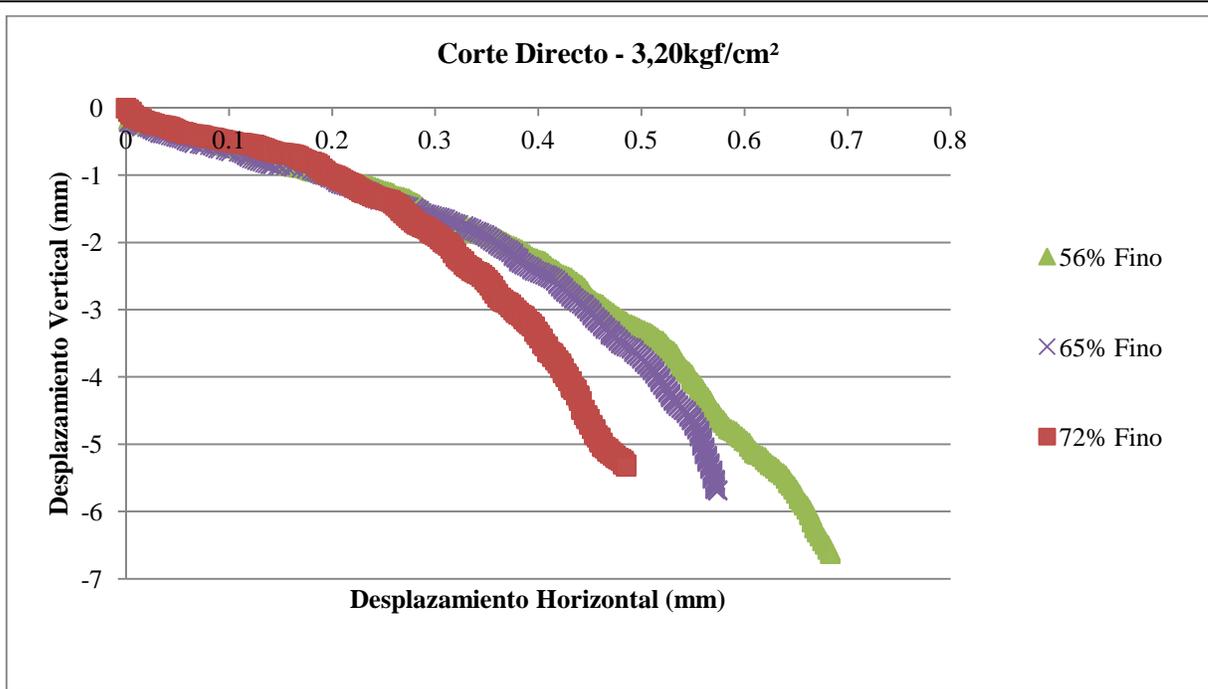
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



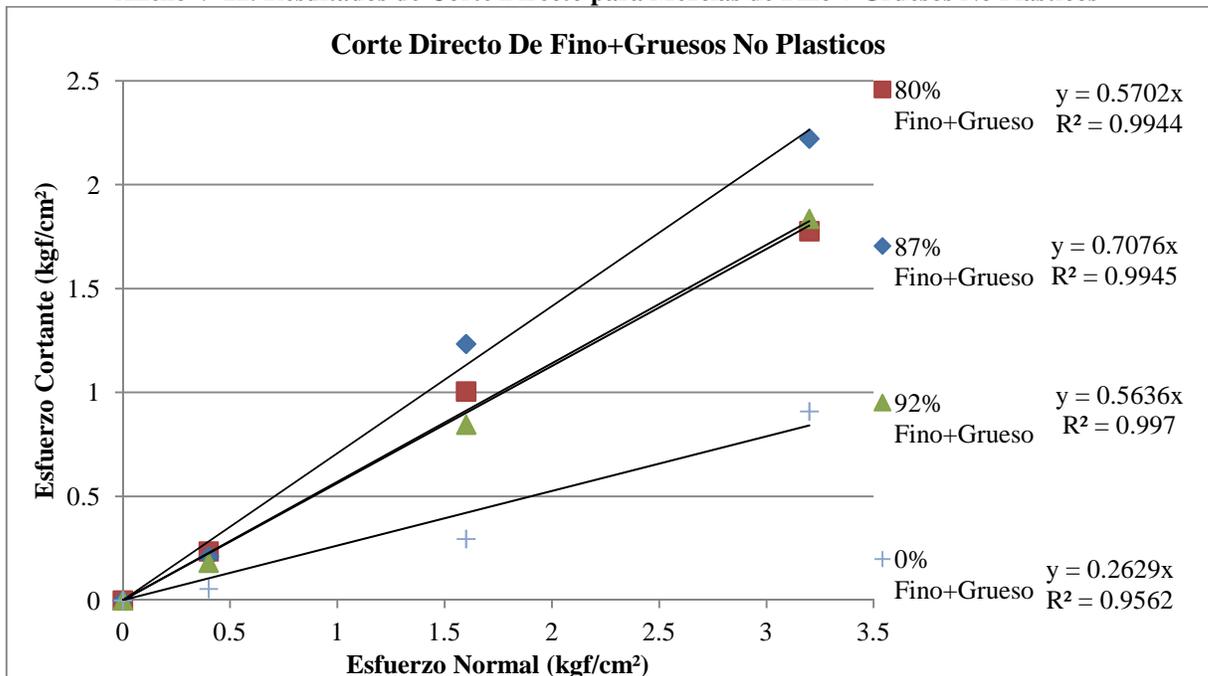
Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad



Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

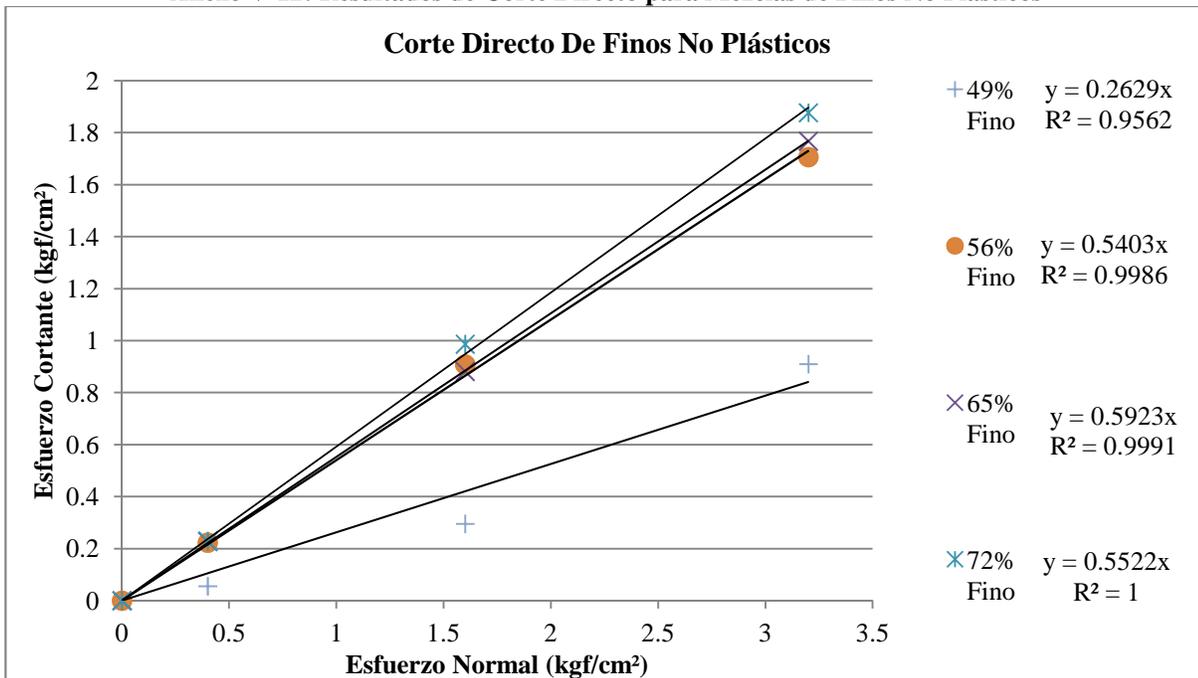


Anexo V-11: Resultados de Corte Directo para Mezclas de Fino + Gruesos No Plásticos

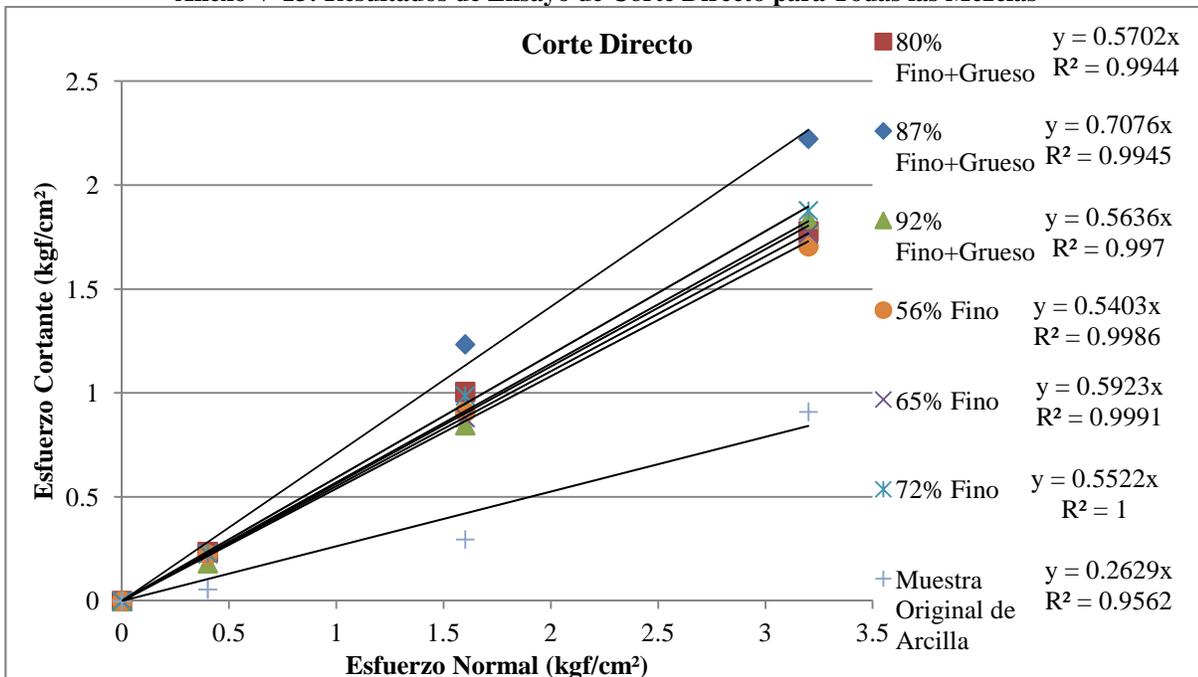


Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Anexo V-12: Resultados de Corte Directo para Mezclas de Finos No Plásticos



Anexo V-13: Resultados de Ensayo de Corte Directo para Todas las Mezclas



Investigar La Influencia De Los Materiales No Plásticos En Suelos Cohesivos Durante Corte No Drenado Y Su Efecto En La Clasificación Con La Carta De Plasticidad

Referencias Bibliográficas

- Badillo, J., & Rodríguez, R. (2012). *Mecánica de Suelos, Tomo 1, Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. México D.F.: LIMUSA.
- CampoDocs. (29 de Diciembre de 2014). Obtenido de Campodocs: http://centrodeartigo.com/articulos-utiles/article_105795.html
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Mexico D.F.: Limusa.
- Echezuría, H. (2014). Clasificar Suelos Plásticos con Base en la Resistencia al Corte No Drenado en Estado Remoldeado. *Tekné*.
- Gonzalez, M. (1994). *Comportamiento de Arenas y Limos No Plásticos Sometidos a Cargas en Condiciones No Drenadas*. Caracas: Universidad Simón Bolívar.
- Nuti, R., & Serrano, C. (1999). *Comportamiento de Suelo Granular en Matriz Cohesiva*. Caracas: UCAB.
- Penson, E. (29 de Diciembre de 2014). Obtenido de ReoCities: http://reocities.com/thetropics/3070/man01_04.htm
- Pérez Ayala, H. I. (2012). Laboratorio Completo de Mecánica de Suelos I y II. Caracas: UCAB.
- Picón, M., & Pineda, E. (2013). *APLICACIÓN DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA PARA CLASIFICAR SUELOS EN SUSTITUCIÓN DEL MÉTODO ASTM D4318-00*. Caracas: UCAB.
- Rodas, R. V. (1958). *Carreteras, Calle y Aeropistas*. Buenos Aires: El Ateneo.
- W., L. T., & R.V., W. (1969). *Soil Mechanics*. New York: John Wiley & Sons.