

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE
TRATAMIENTO CON CEMENTO**

MÓNICA ALEJANDRA MELGAREJO LÓPEZ

YESSICA DAYANNA PÉREZ ZAMBRANO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2014

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE
TRATAMIENTO CON CEMENTO**

MÓNICA ALEJANDRA MELGAREJO LÓPEZ

YESSICA DAYANNA PÉREZ ZAMBRANO

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

Director

Ing. Hebenly Celis Leguizamo

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2014

A Dios por darme la fuerza y hacer este sueño realidad.

A mis padres Domingo Melgarejo y Nelcy López por ser mi apoyo y mi fortaleza, por su dedicación y sus enseñanzas.

A mis hermanos Andrés y Valeria por llenar mi mundo de alegría y ser mi razón para seguir adelante.

A mis angelitos que aunque se fueron sin ver mi sueño hecho realidad sé que desde el cielo me cuidan y me dan fortaleza en los momentos difíciles.

A mi compañera Yessica por el excelente equipo que formamos y por la constante dedicación para cumplir nuestra meta.

A mis amigos por ser mi apoyo durante estos cinco años por compartir conmigo conocimiento e interminables horas de diversión.

A mis familiares por no perderse un solo día de mi crecimiento personal con sus consejos y buenos deseos.

Mónica Alejandra

A Dios por ser mi fortaleza y mi compañero fiel.

A mi madre Graciela Zambrano porque su compañía y su amor incondicional me dieron ánimo para seguir adelante.

A mi padre Jorge Pérez por su apoyo y confianza que me impulsaron a luchar cada día más.

A mi hermano porque con su alegría hizo que mis preocupaciones fueran más llevaderas.

A Yeiler por sus palabras de aliento y su amor que me reconfortaron en muchas ocasiones.

A mis abuelitos que desde el cielo fueron mi guía para poder lograr esta anhelada meta.

A mi compañera Mónica por brindarme la calma que necesitaba en los momentos difíciles

A mis familiares por sus consejos y buenos deseos durante todas las etapas de mi vida.

A mis amigos por su apoyo durante este camino.

Yessica Dayanna

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen este trabajo a:

A Dios primero que todo por darnos fortaleza para llevar a buen término este proyecto.

A la ingeniera Hebenly Celis por su colaboración y orientación permanente.

A German Hernández Ayala por la colaboración y amabilidad en el servicio prestado en los laboratorios de la universidad.

Al alma mater, a la facultad y especialmente a los profesores de la escuela de ingeniería civil que han estado en estos años de nuestra formación académica y profesional.

A nuestras familias y las personas que colaboraron de alguna forma en la realización de este trabajo

CONTENIDO

INTRODUCCION	16
1. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	17
2. PROPIEDADES DEL SUELO A ESTABILIZAR.....	18
3. TRATAMIENTO CON CEMENTO	22
3.1 CRITERIOS DE DOSIFICACIÓN.....	22
3.2 PROCESO DE MEZCLADO	23
3.3 PROCESO DE CURADO.....	23
3.4 PROCESO DE FALLADO DE LAS PROBETAS	24
4. RESULTADOS.....	27
5. SELECCIÓN DE LA MEZCLA ÓPTIMA.....	31
6. APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO A UN TERRAPLÉN	33
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	37
BIBLIOGRAFIA.....	38
ANEXOS.....	39

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Caracterización del suelo.</i>	19
Tabla 2. <i>Energía de compactación, anillos de corte directo.</i>	20
Tabla 3. <i>Propiedades del suelo natural</i>	20
Tabla 4. <i>Propiedades de la mezcla suelo cemento. 0 días de secado.</i>	27
Tabla 5. <i>Propiedades de la mezcla suelo cemento. 2 días de secado.</i>	28
Tabla 6. <i>Propiedades de la mezcla suelo cemento. 5 días de secado.</i>	28
Tabla 7. <i>Propiedades de la mezcla suelo cemento. 7 días de secado.</i>	29
Tabla 8. <i>Valores de esfuerzo cortante en Kg/cm²</i>	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Suelo natural.</i>	18
Figura 2. <i>Curvas esfuerzo cortante vs esfuerzo normal, suelo natural</i>	21
Figura 3. <i>Curado de probetas.</i>	24
Figura 4. <i>Dispositivo de corte directo.</i>	25
Figura 5. <i>Probetas tratadas con 6% de cemento en los diferentes tiempos de secado</i>	26
Figura 6. <i>Grafica de esfuerzo cortante vs días de secado</i>	32
Figura 7. <i>Terraplén con suelo natural</i>	33
Figura 8. <i>Terraplén con suelo natural fallado</i>	34
Figura 9. <i>Terraplén con suelo tratado</i>	34
Figura 10. <i>Terraplén con suelo tratado fallado</i>	35

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Caracterización del suelo a estabilizar	39
Anexo B. Ensayos de corte directo para el suelo natural.....	41
Anexo C. Ensayos de corte directo para suelo tratado a 0 días de secado	49
Anexo D. Ensayos de corte directo para suelo tratado a 2 días de secado	55
Anexo E. Ensayos de corte directo para suelo tratado a 5 días de secado	61
Anexo F. Ensayos de corte directo para suelo tratado a 7 días de secado	67
Anexo G. Modelo en Geoslope del terraplén con suelo natural	73
Anexo H. Modelo en Geoslope del terraplén con suelo tratado	75

RESUMEN

TÍTULO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO*

AUTOR(ES): MÓNICA ALEJANDRA MELGAREJO LÓPEZ
YESSICA DAYANNA PÉREZ ZAMBRANO**.

PALABRAS CLAVE: Suelo arenoso, cemento portland, estabilización, talud.

DESCRIPCIÓN:

En la construcción de cualquier obra es primordial minimizar el riesgo de movimientos de tierra, para esto se debe hacer un estudio detallado de los suelos presentes en el terreno y de las posibles soluciones a los problemas de estabilidad que dichos suelos puedan presentar, una de las posibles soluciones es el tratamiento con cemento.

En este proyecto de investigación se realiza un análisis de las propiedades mecánicas de un suelo arenoso antes y después de tratarlo con cemento portland, con el fin de comprobar la eficiencia de este método aplicado en la estabilización de taludes.

Como primer paso se analizan las propiedades del suelo en estado natural; posteriormente se realiza el tratamiento haciendo una mezcla suelo-cemento con porcentajes de concentración de material cementante del tres, seis y nueve por ciento del peso total del suelo, dichas muestras se someten a un proceso de curado en agua y secado a temperatura ambiente. Se realizan ensayos de corte directo consolidado drenado en cuatro tiempos diferentes durante la etapa de secado: a los cero, dos, cinco y siete días. De esta manera se determina la dosificación que aporta mejoras significativas a las propiedades mecánicas del suelo.

Para comprobar la mejora en la resistencia del suelo, se analiza un terraplén soportado por una base de suelo blando mediante el software Geoslope; el terraplén es modelado con el suelo natural y con el suelo tratado para observar el cambio que el tratamiento produce en el factor de seguridad.

* Proyecto de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico -mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director M.sc. Hebenly Celis Leguizamo

ABSTRACT

TITLE: STABILITY ANALYSIS OF A SANDY SLOPE BY TREATMENT WITH CEMENT*

AUTHOR(S): MÓNICA ALEJANDRA MELGAREJO LÓPEZ
YESSICA DAYANNA PÉREZ ZAMBRANO**

KEYWORDS: Sandy soil, Portland cement, stabilization, slope.

DESCRIPTION:

In the construction of any roads is essential minimize the risk of landslides, this is due to make a detailed study of soils in the field and present possible solutions to the problems of stability that these soils may present, one of the possible solutions is treatment with cement.

In this research project an analysis of the mechanical properties of a sandy soil before and after treating with Portland cement, with the order to check the efficiency of this method applied in the stabilization of slopes.

As a first step the soil properties are analyzed in their natural state; subsequently the treatment is performed by making a soil-cement mixture with concentration percentages cementations material three, six and nine percent of the total weight of the soil, these samples were subjected to a curing process in water and dried at room temperature. At zero, two, five and seven days direct shear tests consolidated drained at four different times during the drying step are performed. Thus, the dosage that provides the mechanical properties significant soil improvements are determined.

To check the improvement in soil strength, is analyzed an embankment supported by a base of soft ground by software Geoslope, the embankment is modeled with the natural soil and treated soil to observe the change that treatment produces in the security factor.

* Project of grade

** Faculty of Physical-mechanical Engineering, School of civil Engineering. Director: MSc Hebenly Celis Leguizamo.

INTRODUCCION

Uno de los principales problemas en la construcción de terraplenes es la estabilidad de taludes que lo constituyen, esto tiene diversas causas, una de ellas es la baja capacidad de soporte que pueden tener los suelos, por lo cual se hace necesario buscar diversas alternativas que ayuden en el mejoramiento de estos.

Una de las posibles soluciones para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos es el tratamiento con cemento, el cual es un proceso útil y económico, que al ser implementado brinda grandes beneficios como el mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo y una disminución de la sensibilidad del mismo ante el agua.

Surgió la inquietud de analizar el comportamiento de suelos arenosos ante el tratamiento con cemento, por lo cual se realizó un estudio de laboratorio con el fin de determinar si había cambio entre las propiedades mecánicas del suelo natural y del suelo tratado.

1. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Para lograr la estabilidad de los taludes de un terraplén o también llamados taludes artificiales hay que tener en cuenta que existen diferentes técnicas de estabilización que son soluciones a la gran variedad de problemas que puede presentar los taludes. Se presentan tres métodos generales para mejorar la estabilidad de un talud.

- Aumentar la resistencia del suelo
- Disminuir los esfuerzos actuantes en el talud
- Aumentar los esfuerzos de confinamiento.

Dentro de los métodos usados para aumentar la resistencia del suelo está la aplicación de drenajes y la mezcla o inyecciones de diferentes sustancias o conglomerantes como el cemento.

El propósito de este proyecto es mejorar la resistencia el suelo mediante la mezcla de este con cemento portland.

2. PROPIEDADES DEL SUELO A ESTABILIZAR

Para la realización de este trabajo se utilizó un suelo arenoso, obtenido de los taludes laterales a la vía doble calzada Bucaramanga- Cúcuta, aproximadamente en la abscisa K15+500, ubicada el municipio de Bucaramanga, departamento de Santander.

La muestra de suelo se obtuvo de material alterado a una profundidad aproximada de 90 cm.

En la Figura 1 se presenta el suelo arenoso de color beige obtenido para los ensayos.

Figura 1. *Suelo natural.*



Fuente: Elaboración propia

A la muestra de suelo llevada al laboratorio se le realizaron ensayos de: Granulometría (I.N.V.E 123-07)[1], Limite líquido (I.N.V.E 125-07)[2], Limite plástico e Índice de plasticidad (I.N.V.E 126-07)[3,] Compactación próctor modificado (I.N.V.E 142-07)[4], para la caracterización del material.

Los resultados de los ensayos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. *Caracterización del suelo.*

Granulometría	Gravas	7,10%
	Arenas	91,04%
	Finos	1,86%
Límites de Attemberg	Limite líquido	No presenta
	Limite plástico	No presenta
	Índice de plasticidad	No presenta
Clasificación	AASHTO	A-3
	USC	SW
Humedad optima		5,80%
Densidad seca máxima [gr/cm ³]		2,05

Fuente: Elaboración propia

Para conocer las propiedades mecánicas del suelo se llevaron a cabo ensayos de corte directo (I.N.V.E 154-07)[5], con probetas compactadas en laboratorio buscando alcanzar la energía de compactación del próctor modificado (2592.5 KN.m/m³), para esto se estableció que la compactación se realizaría en 3 capas y se determinó el número de golpes mediante la Ecuación (1)

$$\#golpes = \frac{Ec * Vmolde}{w pistón * caída * \#capas} \quad (1)$$

Tabla 2. *Energía de compactación, anillos de corte directo.*

w pistón [KN]	9.77×10^{-3}
caída libre [m]	0.2
# capas	3
# golpes	29
V molde [m ³]	6.53×10^{-5}
Ec [KN.m/m ³]	2592.5

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de cohesión y ángulo de fricción obteniendo se presentan en la Tabla 3.

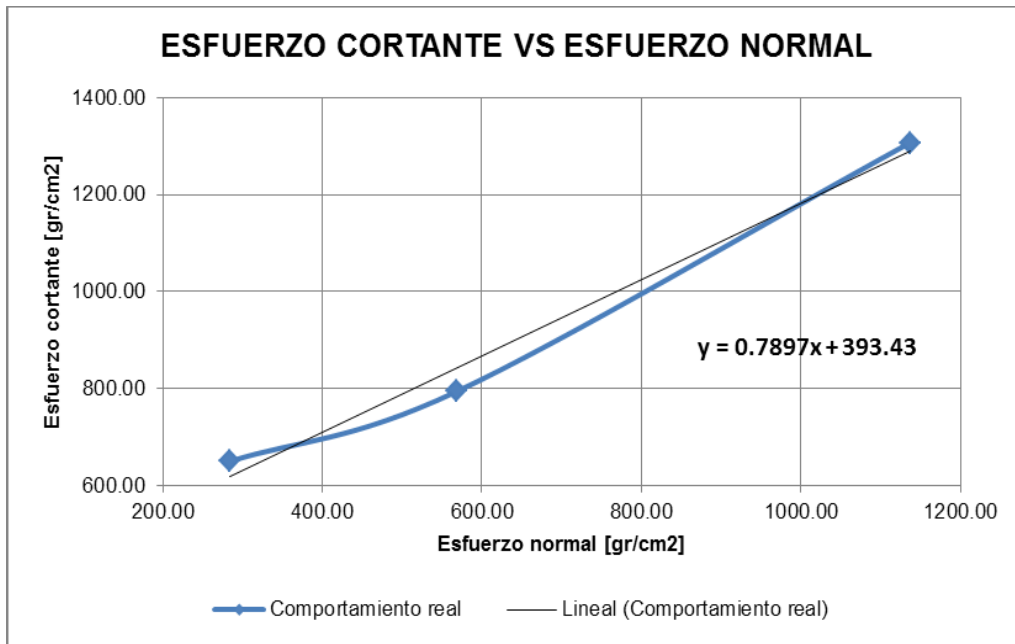
Tabla 3. *Propiedades del suelo natural*

COHESIÓN [Kg/cm ²]	ÁNGULO DE FRICCIÓN [grados]
0,39	38

Fuente: Elaboración propia

La curva esfuerzo cortante vs esfuerzo normal del suelo natural se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Curvas esfuerzo cortante vs esfuerzo normal, suelo natural



Fuente: Elaboración propia

3. TRATAMIENTO CON CEMENTO

El tratamiento de suelos con cemento consiste en realizar ya sean mezclas de suelo-cemento o inyecciones de lechada del material cementante; para el caso de este proyecto se realizaron mezclas, ya que era más apropiado para los ensayos de laboratorio.

El tratamiento con cemento es un proceso de cementación y relleno de los vacíos del suelo o roca y las discontinuidades de mayor abertura, aumentando la resistencia del conjunto y controlando los flujos internos de agua. [7]

El material cementante usado en el proyecto es cemento portland que es un material finamente pulverizado, generalmente de color gris, compuesto por minerales cristalinos artificiales, fundamentalmente silicatos de calcio y aluminio que son capaces, mediante la reacción con el agua, de producir compuestos con propiedades semejantes a las de las rocas una vez que haya endurecido la mezcla.[8]

3.1 CRITERIOS DE DOSIFICACIÓN

De acuerdo a Suárez J. el porcentaje de cemento varía del 3% al 16% y aumenta de acuerdo a la cantidad de arcillas presentes en el suelo[9]; para la realización de este proyecto se escogieron tres porcentajes de material cementante, 3, 6 y 9% debido a la baja cantidad de arcilla.

3.2 PROCESO DE MEZCLADO

Para hacer un análisis de las propiedades del suelo antes y después del tratamiento con cemento, se realizaron probetas de suelo natural con la humedad óptima, algunas de ellas se ensayaron justo después de su compactación y las demás se dejaron secar a temperatura ambiente para ser ensayadas a los 2, 5 y 7 días, esto con el fin de observar cómo cambia su comportamiento al reducir la humedad en el suelo.

Con cada relación suelo-cemento se prepararon probetas con la humedad óptima y la densidad seca máxima calculadas en el ensayo de próctor modificado, teniendo en cuenta que el porcentaje de agua que se agrega a la mezcla tiene que ser la necesaria para obtener la humedad del suelo y la hidratación del material cementante.

3.3 PROCESO DE CURADO

Un buen proceso de curado asegura que el cemento alcance su resistencia mínima para poder soportar los esfuerzos inducidos en el suelo, existen diversos métodos de curado: curado con agua, con materiales sellantes y curado al vapor[10]. Para este proyecto se decidió realizar el primero de los métodos nombrados, sumergiendo las muestras durante siete días en agua.

Figura 3. *Curado de probetas.*



Fuente: Elaboración propia

3.4 PROCESO DE FALLADO DE LAS PROBETAS

Al cumplirse los 7 días se ensayaron las probetas en cuatro tiempos diferentes: el primero justo después del curado y los siguientes a los 2, 5 y 7 días de secado a temperatura ambiente tal y como se hizo con el suelo natural.

Dichos ensayos fueron realizados en el dispositivo de corte directo, el cual puede apreciarse en la Figura 4.

Figura 4. *Dispositivo de corte directo.*



Fuente: Elaboración propia

Todas las probetas se ensayaron mediante el método de corte directo que permite determinar parámetros como la cohesión y el ángulo de fricción. Las cargas normales usadas en todos los ensayos fueron de 8, 16 y 32 Kg.

En el momento de ensayar las muestras se pudo evidenciar que el tratamiento produjo cambios en el aspecto de estas, mencionados a continuación.

Las muestras de suelo natural ensayadas justo después de su compactación se veían homogéneas ya que tenían la humedad óptima pero las probetas ensayadas a los 2, 5 y 7 días evidenciaban que el suelo estaba más seco y que había perdido cohesión.

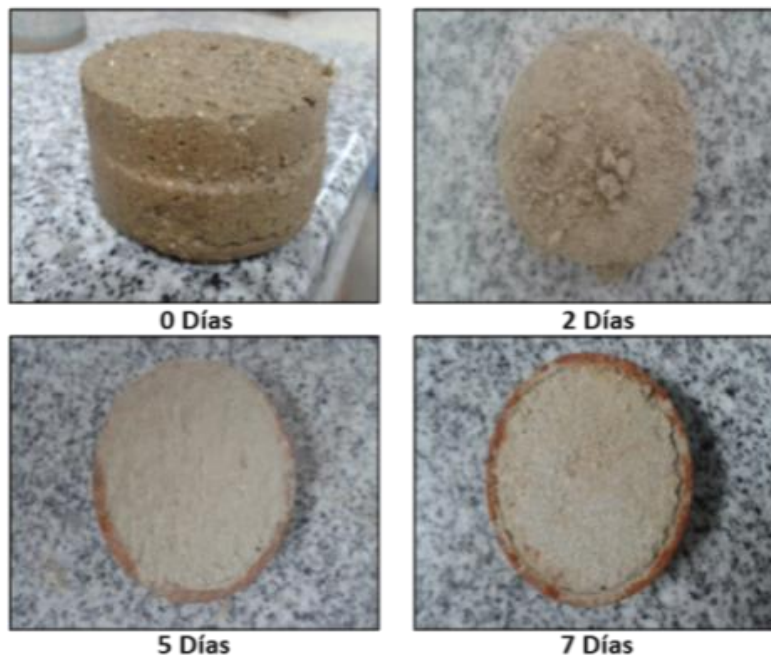
Las probetas realizadas con suelo tratado que se ensayaron justo después del curado se encontraban en estado saturado y se observó que la muestra se había expandido.

Dos días después del curado la muestra presento una leve disminución en su contenido de humedad pero aún se veían saturadas.

A los 5 días se observó que superficialmente la muestra contaba con una apariencia seca ya que al tocarla se desintegraba en partículas finas pero después de ensayadas se evidencio que en el interior de la probeta el suelo estaba húmedo.

Se pudo observar que a los 7 días de secado la muestra se encontraba seca en su totalidad y al tacto se desintegraba en partículas muy finas. Otro factor que demostraba el bajo contenido de humedad de la muestra fue observar que esta se separó de los bordes del anillo del dispositivo de corte directo.

Figura 5. *Probetas tratadas con 6% de cemento en los diferentes tiempos de secado*



Fuente: Elaboración propia

4. RESULTADOS

Con la respectiva cohesión (c) y el ángulo de fricción (ϕ) calculamos el esfuerzo cortante mediante la Ecuación (2), asumiendo un valor de esfuerzo normal en el plano de falla (σ) igual a 1; esto se realizó tanto para el suelo natural como para las mezclas.

$$\tau = c + \sigma * \tan \phi \quad (2)$$

Los resultados obtenidos de los ensayos de corte directo y del cálculo de la resistencia al cortante se muestran en las Tablas 4, 5, 6 y 7.

Tabla 4. *Propiedades de la mezcla suelo cemento. 0 días de secado.*

PROPIEDADES MECÁNICAS	% DE CEMENTO			
	0%	3%	6%	9%
Densidad seca [gr/cm ³]	1,55	1,43	1,39	1,37
% Humedad	5,8	25	26,5	29,3
Cohesión [Kg/cm ²]	0,39	0,39	0,93	0,85
Angulo de fricción [grados]	38	16	14	8
Esfuerzo cortante [Kg/cm ²]	1,17	0,68	1,18	0,99

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. *Propiedades de la mezcla suelo cemento. 2 días de secado.*

PROPIEDADES MECÁNICAS	% DE CEMENTO			
	0%	3%	6%	9%
Densidad seca [gr/cm ³]	1,57	1,38	1,4	1,38
% Humedad	3,2	15,5	15,8	15,6
Cohesión [Kg/cm ²]	0,36	0,55	0,68	0,72
Angulo de fricción [grados]	38	50	54	53
Esfuerzo cortante [Kg/cm ²]	1,14	1,74	2,06	2,05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. *Propiedades de la mezcla suelo cemento. 5 días de secado.*

PROPIEDADES MECÁNICAS	% DE CEMENTO			
	0%	3%	6%	9%
Densidad seca [gr/cm ³]	1,59	1,65	1,65	1,62
% Humedad	1,8	5,4	5,6	5,4
Cohesión [Kg/cm ²]	0,34	0,61	0,85	0,93
Angulo de fricción [grados]	38	51	51	50
Esfuerzo cortante [Kg/cm ²]	1,12	1,84	2,08	2,12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. *Propiedades de la mezcla suelo cemento. 7 días de secado.*

PROPIEDADES MECÁNICAS	% DE CEMENTO			
	0%	3%	6%	9%
Densidad seca [gr/cm ³]	1,6	1,64	1,65	1,62
% Humedad	1,5	3	2,9	3
Cohesión [Kg/cm ²]	0,32	0,37	0,42	0,73
Angulo de fricción [grados]	38	55	58	51
Esfuerzo cortante [Kg/cm ²]	1,10	1,8	2,02	1,96

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que en el caso del suelo sin tratamiento los valores de humedad disminuyen con los días de secado por lo tanto la cohesión y el esfuerzo cortante se reducen.

Los ensayos de corte directo se evidencia que el uso de cemento portland mejora las propiedades mecánicas de los suelos arenosos ya que la resistencia al esfuerzo cortante aumenta con respecto al suelo natural, esto se debe al incremento de la cohesión, que se produce porque el cemento ocupa los espacios vacíos en el suelo.

En la muestras con 3% y 9% de material cementante ensayadas justo después del curado es decir a los 0 días se evidencia una reducción del esfuerzo cortante caso contrario sucede con las muestras del 6% las cuales evidencian un aumento en la resistencia.

Además se observó que en el proceso de secado, realizado después del curado la resistencia mejoró para todas las dosificaciones con el trascurso de los días, obteniendo mejores resultados cuando el contenido de humedad en la mezcla se

encontraba cerca del óptimo, es decir a los 5 días de secado; después de esto la resistencia empieza a disminuir ya que hay una reducción en la humedad.

5. SELECCIÓN DE LA MEZCLA ÓPTIMA

Después del análisis de los resultados se puede afirmar que las propiedades mecánicas de los suelos arenosos son mejoradas cuando se realiza un proceso de tratamiento con material cementante en este caso cemento portland, pero para obtener los mejores resultados de estabilidad en dichos suelos se hace necesario establecer cuál es la mezcla que aporta mayores beneficios a las propiedades mecánicas del suelo.

Para elegir la mezcla óptima en este proyecto se tuvo como criterio principal la resistencia al esfuerzo cortante en la mezcla suelo-cemento ya que 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 la estabilidad de las obras civiles[11] y para este caso en especial a la estabilidad de taludes artificiales arenosos.

Los valores de resistencia al esfuerzo cortante fueron calculados para las dosificaciones propuestas, en los diferentes tiempos de secado estipulados, haciendo uso de la Ecuación (2) y se pueden evidenciar en la Tabla 8.

Tabla 8. *Valores de esfuerzo cortante en Kg/cm²*

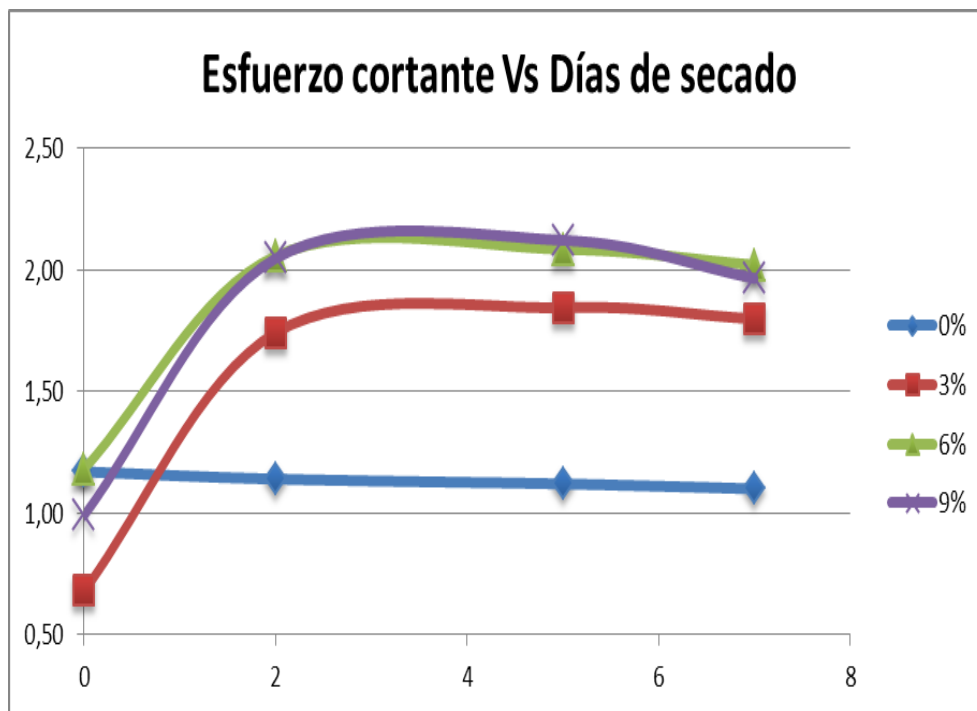
	Días de secado			
	0	2	5	7
0%	1,17	1,14	1,12	1,10
3%	0,68	1,74	1,84	1,80
6%	1,18	2,06	2,08	2,02
9%	0,99	2,05	2,12	1,96

Fuente: Elaboración propia

Se puede evidenciar según la Tabla 6 que los máximos valores de esfuerzo cortante se encuentran en las dosificaciones del 6 y 9% y que la diferencia entre ellos es relativamente pequeña, por esto se puede afirmar que la mezcla óptima es la del 6%, ya que brinda mejores condiciones de resistencia y además sería económicamente más factible al representar un ahorro en la cantidad de material cementante.

En la Figura 6 se observa que a los 5 días de secado todas las dosificaciones alcanzan sus máximos valores de resistencia al cortante aunque el suelo natural por el contrario presenta una leve disminución de dicha resistencia con el paso de los días.

Figura 6. *Grafica de esfuerzo cortante vs días de secado*



Fuente: Elaboración propia.

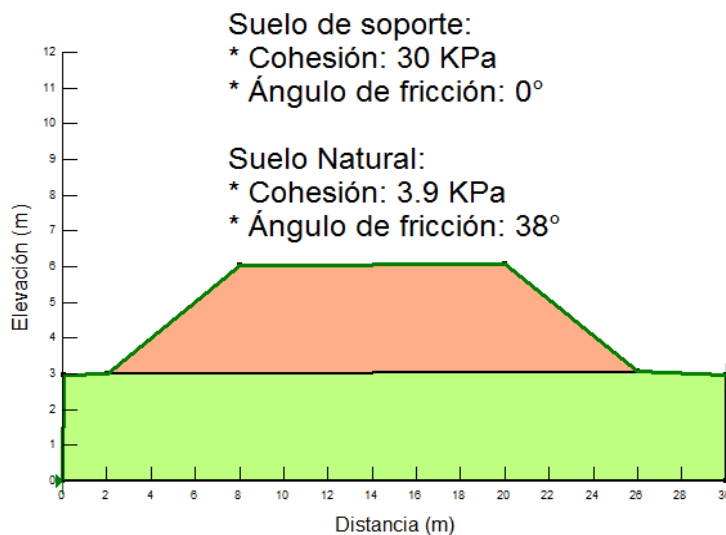
6. APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO A UN TERRAPLÉN

Mediante el software Geoslope se realizó el análisis de estabilidad de los taludes artificiales de un terraplén de 3 metros de altura, con una inclinación 2:1, soportado por una base de arcilla saturada, para comprobar la eficiencia del tratamiento y de la mezcla óptima seleccionada.

Como primer paso se modela el terraplén con el suelo natural es decir asignando un valor de 3,9 KPa de cohesión y 38° de ángulo de fricción, se analizó mediante el método de Bishop obteniendo un factor de seguridad de 2.132.

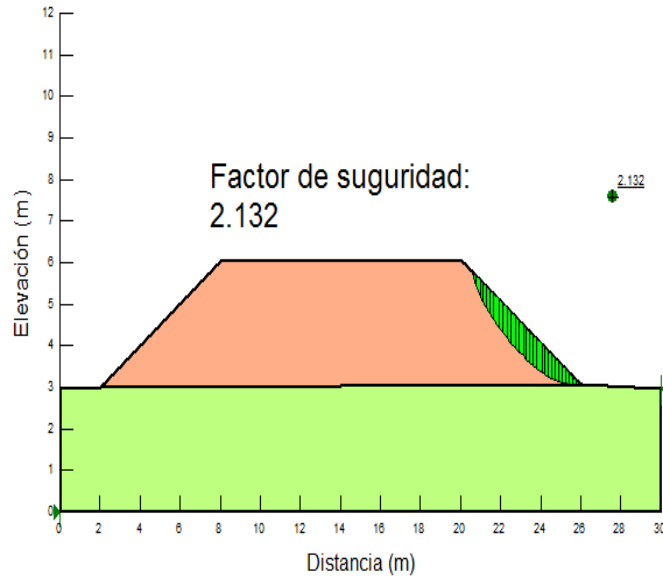
Posteriormente se modelo el terraplén con el suelo tratado, asignando los valores de cohesión y ángulo de fricción de la mezcla optima seleccionada es decir 8.5 KPa y 51° respectivamente. Al igual que con el terraplén de suelo natural se analizó mediante el método de Bishop y se obtuvo un factor de seguridad de 3.85.

Figura 7. *Terraplén con suelo natural*



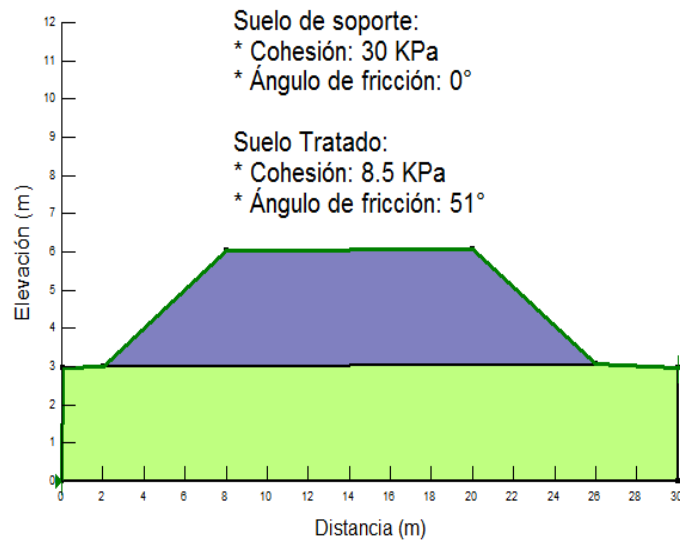
Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. *Terraplén con suelo natural fallado*



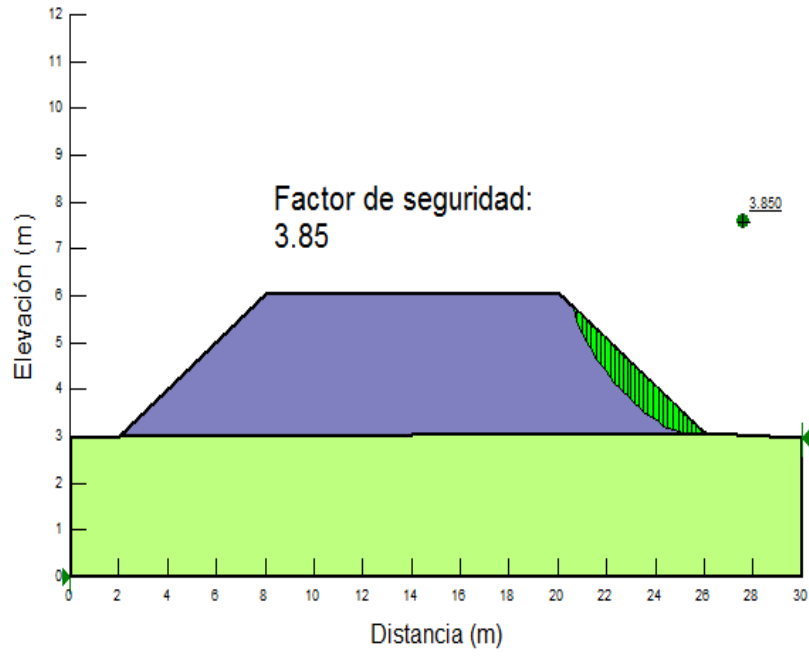
Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. *Terraplén con suelo tratado*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Terraplén con suelo tratado fallado



Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede afirmar que el tratamiento con cemento en suelos arenosos presenta una mejora en las propiedades mecánicas del suelo evidenciándose en el aumento en la resistencia al corte en un 81% y en la mejora de estabilidad de los taludes artificiales de un terraplén pasando de un factor de seguridad del 2.13 a 3.85.

Se determinó que para suelos arenosos la dosificación óptima es del 6% de material cementante ya que muestra un aumento relevante en la resistencia, además se puede decir que la resistencia máxima es alcanzada a los 5 días después de curado ya que en este momento la mezcla tiene las condiciones de humedad más cercanas a las óptimas.

Se recomienda continuar con el estudio de este tratamiento, analizando las propiedades mecánicas del suelo a largo plazo y teniendo en cuenta otros factores como aguas subterráneas, aguas de escorrentía, infiltraciones de agua, erosión, entre otros que pueden afectar la estabilidad de un talud artificial arenoso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] I.N.V.E – 123- 0.7. Análisis granulométrico de suelos por tamizado.
- [2] I.N.V.E – 125- 0.7. Determinación del límite líquido de los suelos.
- [3] I.N.V.E – 126- 0.7. Límite plástico e índice de plasticidad de suelos.
- [4] I.N.V.E – 142- 0.7. Relación de humedad- masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación).
- [5] I.N.V.E – 154- 0.7. Determinación de la resistencia al corte directo
- [6] Consideraciones sobre compactación de suelos en obras de infraestructura de transporte:<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTDocume/dt7.pdf>
[Citado 2 de abril de 2014].
- [7] Suarez J, Deslizamientos y estabilidad de taludes, primera edición, Ingeniería de suelos Ltda., Bucaramanga, Julio de 1998, Cap. 3, p. 404.
- [8] Oliva C, Estabilización de un suelo de la formación Toledo con cemento portland y sistema ROCAMIX líquido [tesis de pregrado], Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, Ciudad de la Habana, 2010.
- [9] Estabilización de suelos: <http://erosion.com.co/presentaciones/category/40-estabilizacion-de-suelos.html#> [Citado 7 de abril de 2014]
- [10] Curado del concreto: http://construestruconcreto.webpin.com/785751_4-5-Curado-del-concreto.html [Citado 24 de abril de 2014]
- [11] Juárez E. Rico A, Mecánica de suelos tomo1, Editorial Limusa S.A, México, 2005, p.373

BIBLIOGRAFIA

Consideraciones sobre la compactación de suelos en obras de infraestructura de transporte. Disponible en: <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTDocume/dt7.pdf> (consultado 2 de abril de 2014)

Curado del concreto. Disponible en: http://construconcreto.webpin.com/785751_4-5-Curado-del-concreto.html (consultado 24 de abril de 2014]

Estabilización de suelos. Disponible en: <http://erosion.com.co/presentaciones/category/40-estabilizacion-de-suelos.html#> (Consultado 7 de abril de 2014]

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras.

JUÁREZ BADILLO EULALIO. RICO ALFONSO, Mecánica de suelos tomo1, Editorial Limusa S.A, México, 2005.

OLIVA CARIDAD, Estabilización de un suelo de la formación Toledo con cemento portland y sistema ROCAMIX líquido, Ciudad de la Habana, 2010.

SUAREZ JAIME, Deslizamientos y estabilidad de taludes, primera edición, Ingeniería de suelos Ltda., Bucaramanga, Julio de 1998.

ANEXOS

Anexo A. Caracterización del suelo a estabilizar

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE ATTERBERG
 I.N.V E - 123 - E - 125 - E - 126

PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 PRESENTADO: UIS FECHA: 11/12/2013

GRADACIÓN

Peso inicial de la muestra (gr)	800
Peso después del lavado (gr)	623,7

MALLA N°	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	% QUE PASA LA MALLA
	mm	gr	%	%
2"	50,8	-	-	100,00%
1 1/2"	36,1	-	-	100,00%
1"	25,4	-	-	100,00%
3/4"	19,05	-	-	100,00%
1/2"	12,7	8,4	1,35%	98,65%
3/8"	9,52	9,9	1,59%	97,07%
4	4,75	26	4,17%	92,90%
10	2	72,5	11,62%	81,27%
20	0,84	171,5	27,50%	53,78%
40	0,42	149,5	23,97%	29,81%
60	0,25	77,6	12,44%	17,36%
100	0,149	46,2	7,41%	9,96%
200	0,074	50,5	8,10%	1,86%
Pasa 200	..	10,8	1,73%	0,13%
	SUMA	622,9	99,9%	

LIMITES DE ATTERBERG

LIMITE LIQUIDO

Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	50	40	30
Recipiente No.	1	2	3
P ₁	-	-	-
P ₂	-	-	-
P ₃	-	-	-
P _W	-	-	-
P _S	-	-	-
W%	-	-	-

LIMITE PLASTICO

Recipiente No.	4	5
P ₁	-	-
P ₂	-	-
P ₃	-	-
P _W	-	-
P _S	-	-
W%	-	-

P₁ = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en gr
 P₂ = Peso Recipiente + Suelo Seco, en gr
 P₃ = Peso Recipiente, en g
 P_W = Peso del Agua, en gr $PW = P_1 - P_2$
 P_S = Peso Suelo Seco, en g $PS = P_2 - P_3$
 W = Conten. agua, en % $w = (PW / PS) \times 100$

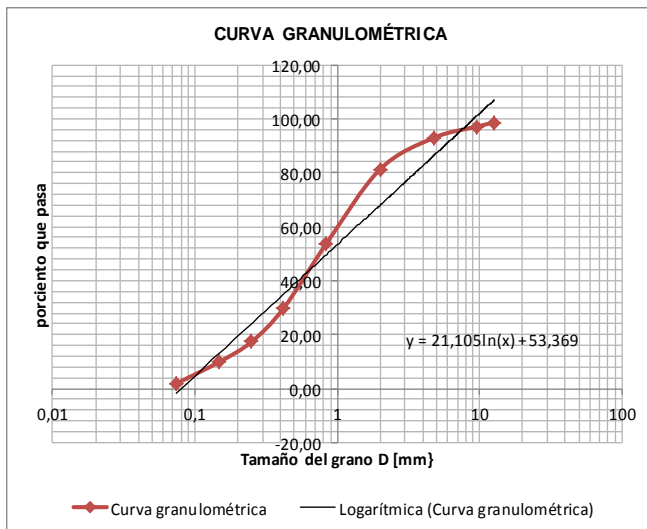
RESULTADOS

Límite líquido -
 Límite líquido -
 Índice plástico NP

Gravas 7,10% Cu 6,6
 Arenas 91,04% Cc 1,35
 Finos 1,86%

CLASIFICACIÓN

AASHTO A-3
 USC SW



Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

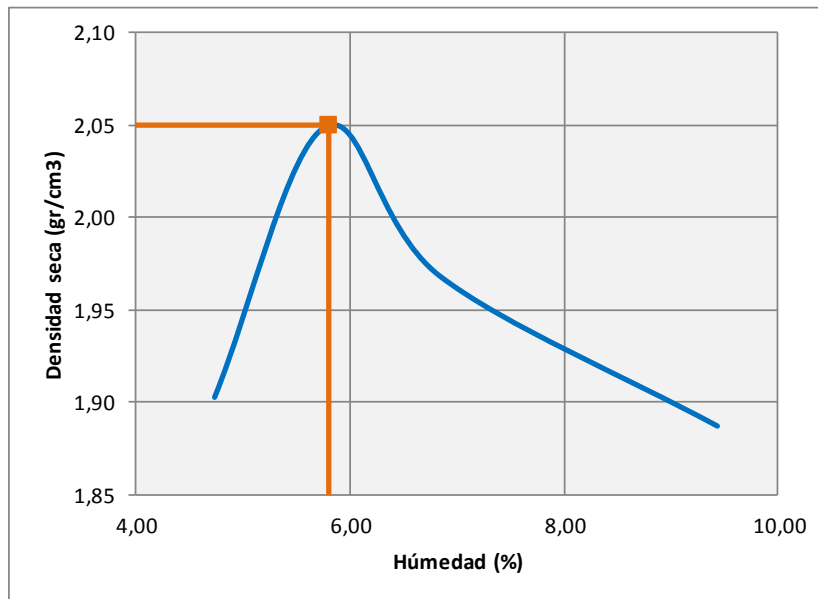
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ENSAYO DE COMPACTACIÓN
I.N.V E - 142

PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
PRESENTA UIS

FECHA: 12/12/2013

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NÚMERO DE CAPAS	5
NÚMERO DE GOLPES POR C	25
MOLDE No	1
DIÁMETRO MOLDE (cm)	10,20
ALTURA MOLDE (cm)	12,00
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	980,55

	PRUEBA 1		PRUEBA 2		PRUEBA 3		PRUEBA 4	
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	2500		2500		2500		2500	
PESO MOLDE (gr)	4175		4175		4175		4175	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	6129		6300		6237		6200	
PESO DEL SUELO HÚMEDO	1954		2125		2062		2025	
PESO TARA (gr)	6,89	6,9	6,8	6,8	7,2	7,4	6,9	6,8
PESO DE TARA + SUELO HÚMEDO	49,3	46,4	35,1	30	41,2	37,4	44,7	49,1
PESO DE TARA + SUELO SECO	47,4	44,6	33,6	28,7	39	35,5	41,4	45,5
PESO AGUA	1,9	1,8	1,5	1,3	2,2	1,9	3,3	3,6
PESO SOLIDO	40,51	37,7	26,8	21,9	31,8	28,1	34,5	38,7
HUMEDAD %	4,69	4,77	5,60	5,94	6,92	6,76	9,57	9,30
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1,99	1,99	2,17	2,17	2,10	2,10	2,07	2,07
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1,90	1,90	2,05	2,05	1,97	1,97	1,88	1,89



DENSIDAD MÁXIMA 2,05 gr/cm³
HÚMEDAD ÓPTIMA 5,8 %

ssica Pérez-Monica Melgan
REALIZÓ

Hebenly Celi
40 REVISÓ

Anexo B. Ensayos de corte directo para el suelo natural

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154. SUELO NATURAL, 0 DÍAS DE SECADO

FECHA 22/01/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	112,9
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	220,8
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	107,9
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,65
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,56
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	15,4	PESO AGUA gr	4,50
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	99,4	PESO SECO gr	79,50
P.TARA + SUELO SECO gr.	94,90	HUMEDAD %	5,66
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,88
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	219,6
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	105,72
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,62
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,53
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	15,8	PESO AGUA gr	6
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	123,3	PESO SECO gr	101,5
P.TARA + SUELO SECO gr.	117,3	HUMEDAD %	5,91
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gramos	114,5
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	222,7
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	108,2
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,66
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,57
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	15,7	PESO AGUA gr	6,1
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	126,4	PESO SECO gr	104,6
P.TARA + SUELO SECO gr	120,3	HUMEDAD %	5,83

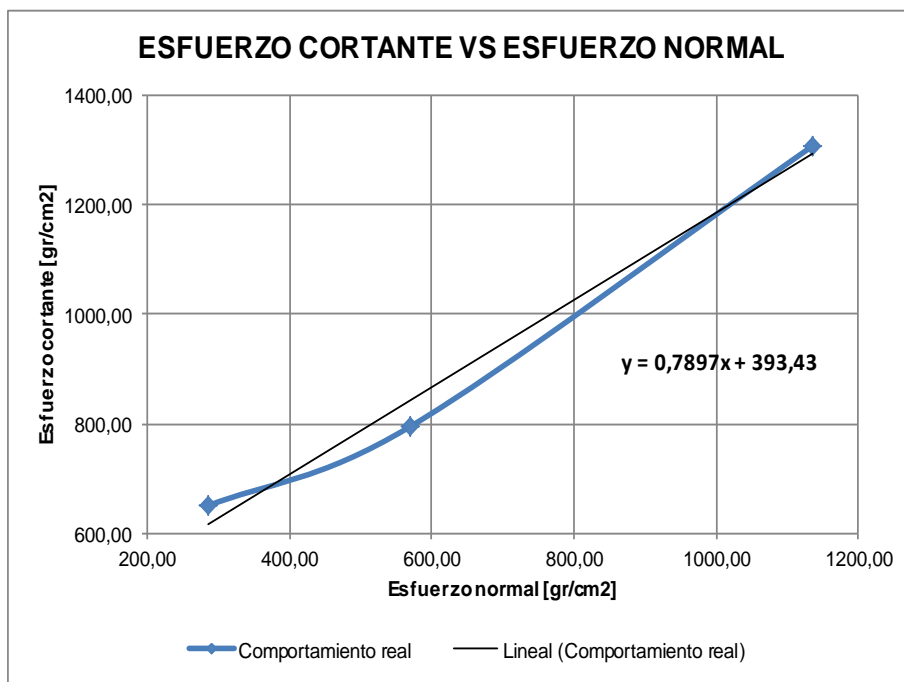
Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154. SUELO NATURAL, 0 DÍAS DE SECADO

FECHA 22/01/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE
8000	28,15	18300	284,19	650,09
16000	28,15	22350	568,38	793,96
32000	28,15	36800	1136,77	1307,28



DENSIDAD SECA 1,55 gr/cm³
 HUMEDAD % 5,8 DE ENSAYO
 PENDIENTE 0,7897
 ANGULO FRICCION 38 grados
 COHESION 393,43 gr/cm²
 COHESION 3934 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154. SUELO NATURAL, 2 DÍAS DE SECADO

FECHA 23/04/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	<u>5,982</u>	PESO DEL ANILLO EN gr	<u>106</u>
DIAMETRO CENTRAL EN cm	<u>5,986</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	<u>212,4</u>
DIAMETRO INFERIOR EN cm	<u>5,992</u>	PESO MUESTRA	<u>106,4</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	<u>5,99</u>	VOLUMEN EN cm ³	<u>65,3</u>
AREA EN cm ²	<u>28,15</u>	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	<u>1,63</u>
ALTURA MEDIA EN cm	<u>2,32</u>	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	<u>1,58</u>
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	<u>8,5</u>	PESO AGUA gr	<u>0,80</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	<u>33,6</u>	PESO SECO gr	<u>24,30</u>
P.TARA + SUELO SECO gr.	<u>32,80</u>	HUMEDAD %	<u>3,29</u>
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	<u>5,982</u>	PESO DEL ANILLO EN gr	<u>103,1</u>
DIAMETRO CENTRAL EN cm	<u>5,986</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	<u>208,7</u>
DIAMETRO INFERIOR EN cm	<u>5,992</u>	PESO MUESTRA	<u>105,6</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	<u>5,99</u>	VOLUMEN EN cm ³	<u>65,3</u>
AREA EN cm ²	<u>28,15</u>	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	<u>1,62</u>
ALTURA MEDIA EN cm	<u>2,32</u>	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	<u>1,56</u>
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	<u>9,5</u>	PESO AGUA gr	<u>0,8</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	<u>34,2</u>	PESO SECO gr	<u>23,9</u>
P.TARA + SUELO SECO gr.	<u>33,4</u>	HUMEDAD %	<u>3,35</u>
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	<u>5,982</u>	PESO DEL ANILLO EN gramos	<u>114,7</u>
DIAMETRO CENTRAL EN cm	<u>5,986</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	<u>220,1</u>
DIAMETRO INFERIOR EN cm	<u>5,992</u>	PESO MUESTRA	<u>105,4</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	<u>5,99</u>	VOLUMEN EN cm ³	<u>65,3</u>
AREA EN cm ²	<u>28,15</u>	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	<u>1,61</u>
ALTURA MEDIA EN cm	<u>2,32</u>	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	<u>1,57</u>
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	<u>8,9</u>	PESO AGUA gr	<u>0,8</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	<u>36,3</u>	PESO SECO gr	<u>26,6</u>
P.TARA + SUELO SECO gr	<u>35,5</u>	HUMEDAD %	<u>3,01</u>

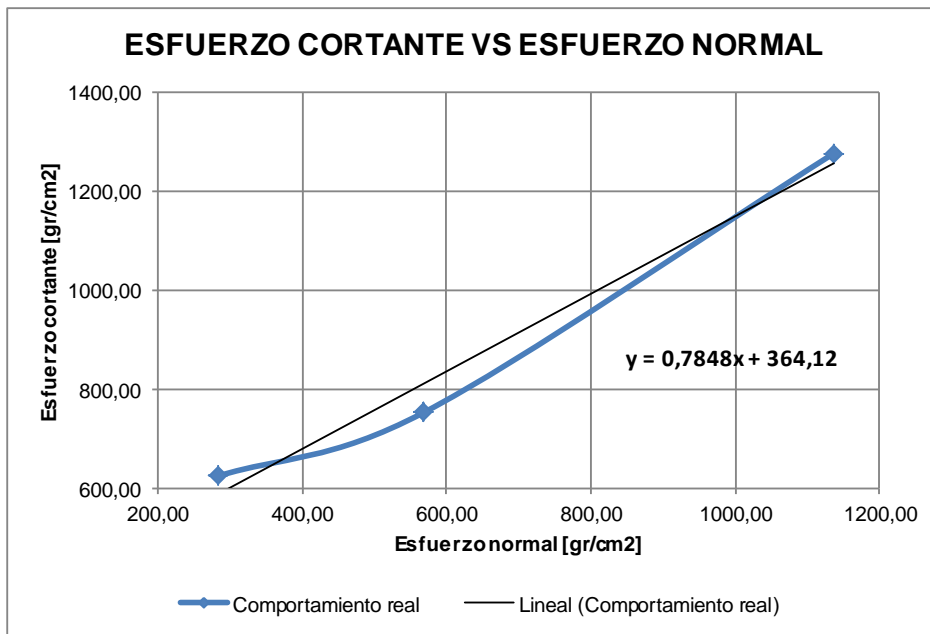
Yessica Pérez-Monica Melgarej
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154. SUELO NATURAL, 2 DÍAS DE SECADO

FECHA 23/04/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE
8000	28,15	17600	284,19	625,22
16000	28,15	21200	568,38	753,11
32000	28,15	35900	1136,77	1275,31



DENSIDAD SECA 1,57 gr/cm³
HUMEDAD % 3,2 DE ENSAYO
PENDIENTE 0,7848
ANGULO FRICCION 38 grados
COHESION 364,12 gr/cm²
COHESION 3641 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154. SUELO NATURAL, 5 DÍAS DE SECADO

FECHA 26/04/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	109,8
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	215,6
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	105,8
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,62
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,59
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,5	PESO AGUA gr	0,50
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	37,5	PESO SECO gr	28,50
P.TARA + SUELO SECO gr.	37,00	HUMEDAD %	1,75
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	114,7
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	219,6
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	104,9
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,61
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,58
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	9,8	PESO AGUA gr	0,4
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	34,2	PESO SECO gr	24
P.TARA + SUELO SECO gr.	33,8	HUMEDAD %	1,67
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gramos	110
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	216,5
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	106,5
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,63
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,60
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	8,5	PESO AGUA gr	0,5
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	35,4	PESO SECO gr	26,4
P.TARA + SUELO SECO gr	34,9	HUMEDAD %	1,89

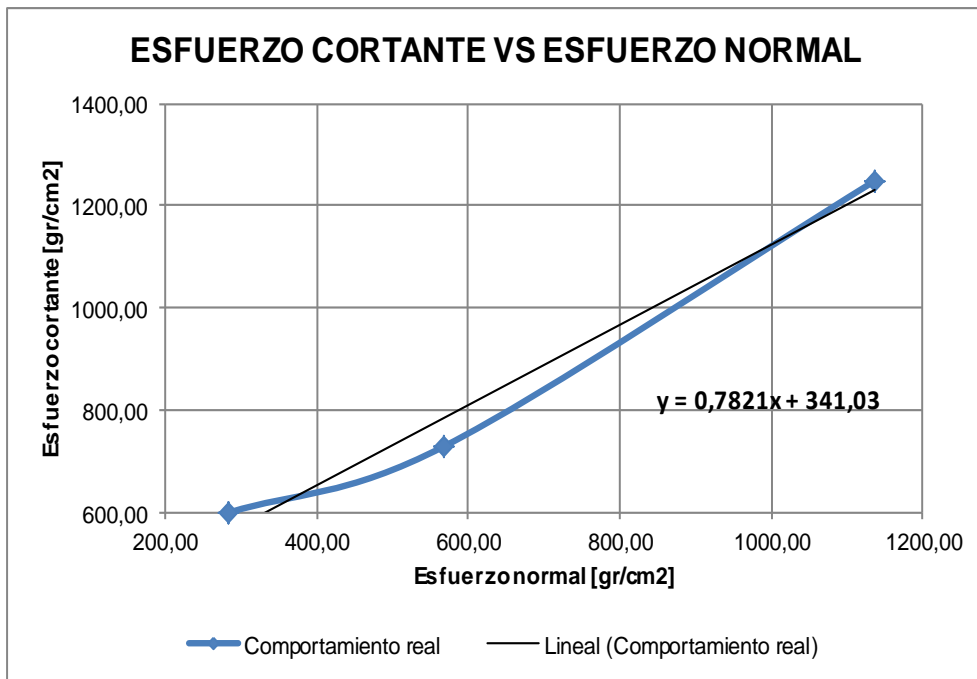
Jessica Pérez-Monica Melgarej
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154. SUELO NATURAL, 5 DÍAS DE SECADO

FECHA 26/04/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD A RENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	16900	284,19	600,36
16000	28,15	20550	568,38	730,02
32000	28,15	35150	1136,77	1248,67



DENSIDAD SECA 1,59 gr/cm³
HUMEDAD % 1,8 DE ENSAYO
PENDIENTE 0,7821
ANGULO FRICCION 38 grados
COHESION 341,03 gr/cm²
COHESION 3410 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154. SUELO NATURAL, 7 DÍAS DE SECADO

FECHA 28/04/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	112,9
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	220,8
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	107,9
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,65
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,62
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,3	PESO AGUA gr	0,50
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	35,7	PESO SECO gr	26,90
P.TARA + SUELO SECO gr.	35,20	HUMEDAD %	1,86
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,88
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	219,6
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	105,72
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,62
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,60
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	10,3	PESO AGUA gr	0,4
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	39,4	PESO SECO gr	28,7
P.TARA + SUELO SECO gr.	39	HUMEDAD %	1,39
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gramos	114,5
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	219,7
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	105,2
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,61
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,59
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	9,7	PESO AGUA gr	0,3
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	30,2	PESO SECO gr	20,2
P.TARA + SUELO SECO gr	29,9	HUMEDAD %	1,49

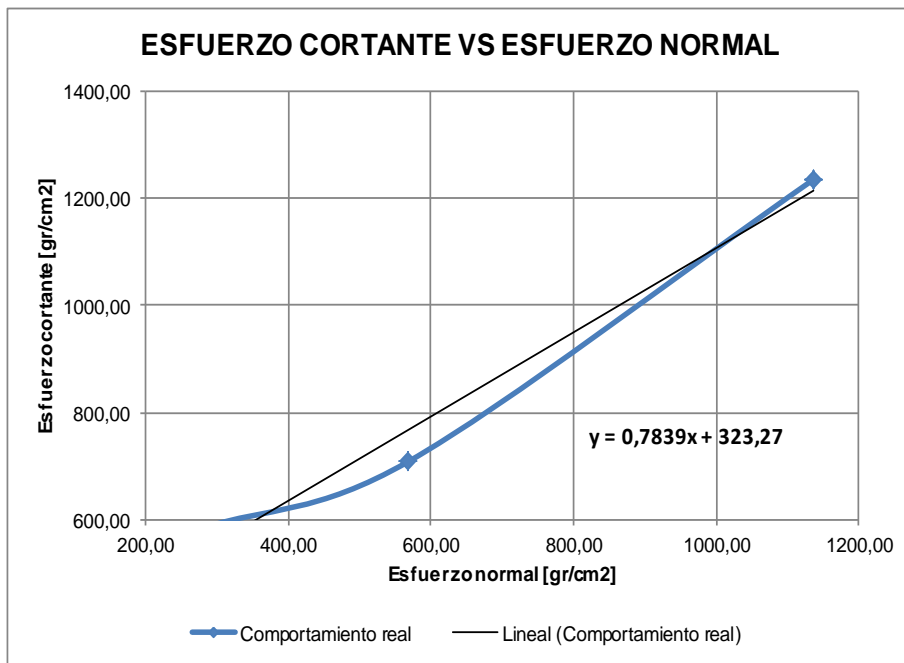
Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154. SUELO NATURAL, 7 DÍAS DE SECADO

FECHA 28/04/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE
8000	28,15	16500	284,19	586,15
16000	28,15	19950	568,38	708,70
32000	28,15	34750	1136,77	1234,46



DENSIDAD SECA 1,60 gr/cm³
HUMEDAD % 1,6 DE ENSAYO
PENDIENTE 0,7839
ANGULO FRICCION 38 grados
COHESION 323,27 gr/cm²
COHESION 3233 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

Anexo C. Ensayos de corte directo para suelo tratado a 0 días de secado

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 3% DE CEMENTO, 0 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA	26/02/2014
PROYECTO	ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	112,9
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	230,5
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	117,6
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,80
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,44
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	7,8	PESO AGUA gr	5,70
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	36,1	PESO SECO gr	22,60
P.TARA + SUELO SECO gr.	30,40	HUMEDAD %	25,22
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,5
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	228,7
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	115,2
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,76
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,41
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,9	PESO AGUA gr	5,6
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	37	PESO SECO gr	22,5
P.TARA + SUELO SECO gr.	31,4	HUMEDAD %	24,89
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,88
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	231,2
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	117,32
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,80
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,44
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	8,6	PESO AGUA gr	4,5
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	31,2	PESO SECO gr	18,1
P.TARA + SUELO SECO gr	26,7	HUMEDAD %	24,86

Nota: curado de 7 dias

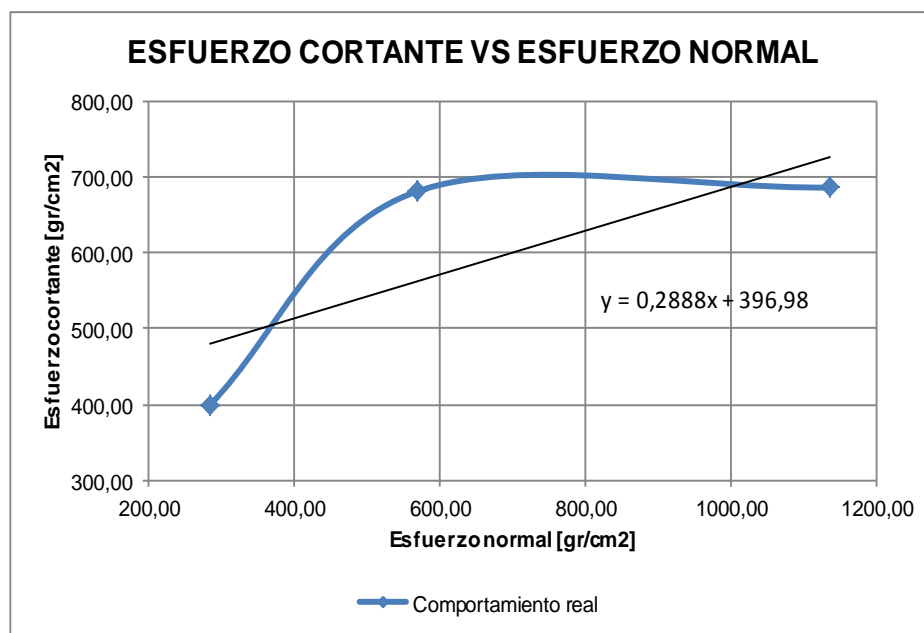
Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 3% DE CEMENTO, 0 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	11250	284,19	399,64
16000	28,15	19150	568,38	680,28
32000	28,15	19300	1136,77	685,61



DENSIDAD SECA 1,43 gr/cm³
 HUMEDAD % 25,0 DE ENSAYO
 PENDIENTE 0,2888
 ANGULO FRICCION 16 grados
 COHESION 396,98 gr/cm²
 COHESION 3970 kg/m²

 Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

 Hebenly Celi
 REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 6% DE CEMENTO, 0 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UIS

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,2
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	226,3
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	113,1
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,73
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,37
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	9,1	PESO AGUA gr	6,00
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	37,8	PESO SECO gr	22,70
P.TARA + SUELO SECO gr.	31,80	HUMEDAD %	26,43
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	112,8
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	228,6
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	115,8
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,77
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,42
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,3	PESO AGUA gr	4,9
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	32,6	PESO SECO gr	19,4
P.TARA + SUELO SECO gr.	27,7	HUMEDAD %	25,26
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,88
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	230,1
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	116,22
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,78
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,39
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	8,4	PESO AGUA gr	5,4
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	33,3	PESO SECO gr	19,5
P.TARA + SUELO SECO gr	27,9	HUMEDAD %	27,69

Nota: curado de 7 dias

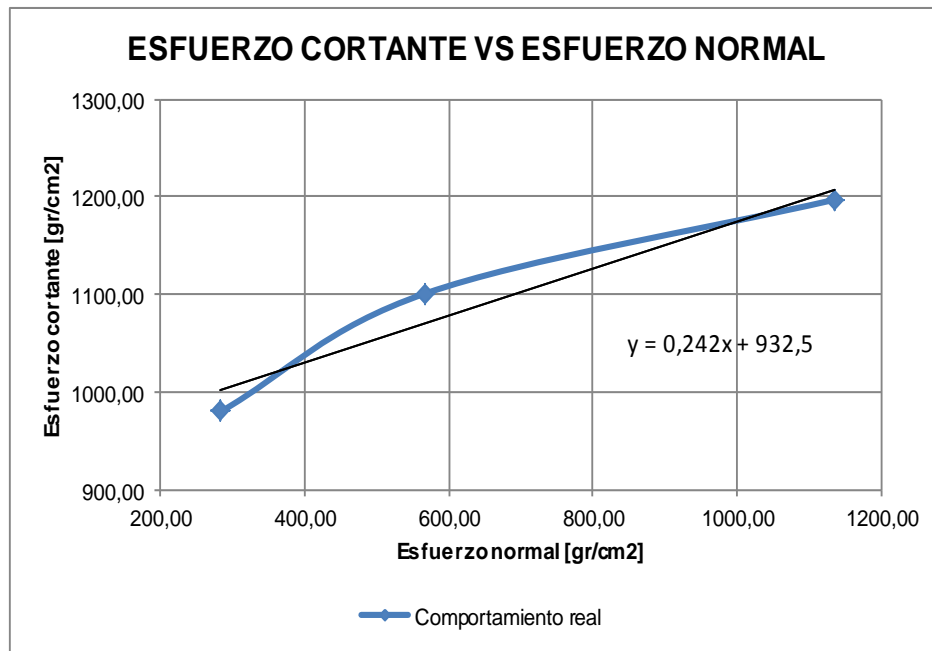
Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 6% DE CEMENTO, 0 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	27600	284,19	980,46
16000	28,15	31000	568,38	1101,24
32000	28,15	33700	1136,77	1197,16



DENSIDAD SECA 1,39 gr/cm³
 HUMEDAD % 26,5 DE ENSAYO
 PENDIENTE 0,242
 ANGULO FRICCION 14 grados
 COHESION 932,5 gr/cm²
 COHESION 9325 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 9% DE CEMENTO, 0 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD A RENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	112,9
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	230,4
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	117,5
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,80
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,39
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	9	PESO AGUA gr	5,40
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	32,8	PESO SECO gr	18,40
P.TARA + SUELO SECO gr.	27,40	HUMEDAD %	29,35
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,6
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	230,6
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	117
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,79
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,37
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	6,8	PESO AGUA gr	5,4
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	29,9	PESO SECO gr	17,7
P.TARA + SUELO SECO gr.	24,5	HUMEDAD %	30,51
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,4
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	226,9
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	113,5
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,74
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,36
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	6,8	PESO AGUA gr	5,2
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	30,5	PESO SECO gr	18,5
P.TARA + SUELO SECO gr	25,3	HUMEDAD %	28,11

Nota: curado de 7 días

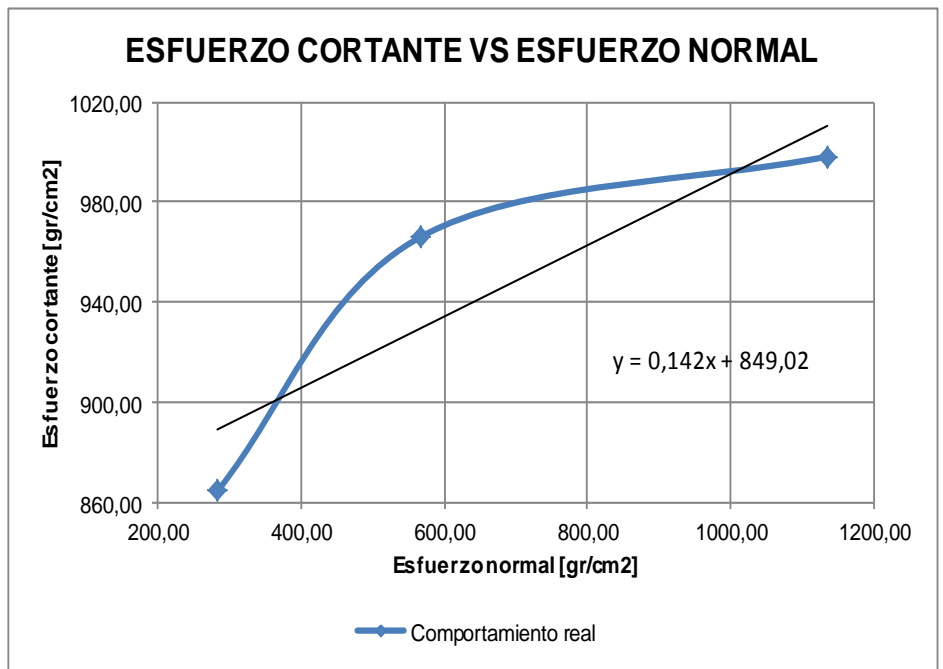
Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 9% DE CEMENTO, 0 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	24350	284,19	865,01
16000	28,15	27200	568,38	966,25
32000	28,15	28100	1136,77	998,22



DENSIDAD SECA 1,37 gr/cm³
 HUMEDAD % 29,3 DE ENSAYO
 PENDIENTE 0,142
 ANGULO FRICCION 8 grados
 COHESION 849,02 gr/cm²
 COHESION 8490 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

Anexo D. Ensayos de corte directo para suelo tratado a 2 días de secado

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 3% DE CEMENTO, 2 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA	05/03/2014
PROYECTO	ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,7
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	218,4
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	104,7
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,60
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,39
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,3	PESO AGUA gr	3,60
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	35,2	PESO SECO gr	23,30
P.TARA + SUELO SECO gr.	31,60	HUMEDAD %	15,45
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	110,4
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	214,5
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	104,1
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,59
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,38
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,6	PESO AGUA gr	3,7
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	35,9	PESO SECO gr	23,6
P.TARA + SUELO SECO gr.	32,2	HUMEDAD %	15,68
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,4
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	216,7
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	103,3
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,58
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,37
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	7,9	PESO AGUA gr	3,1
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	31,3	PESO SECO gr	20,3
P.TARA + SUELO SECO gr	28,2	HUMEDAD %	15,27

Nota: curado de 7 dias

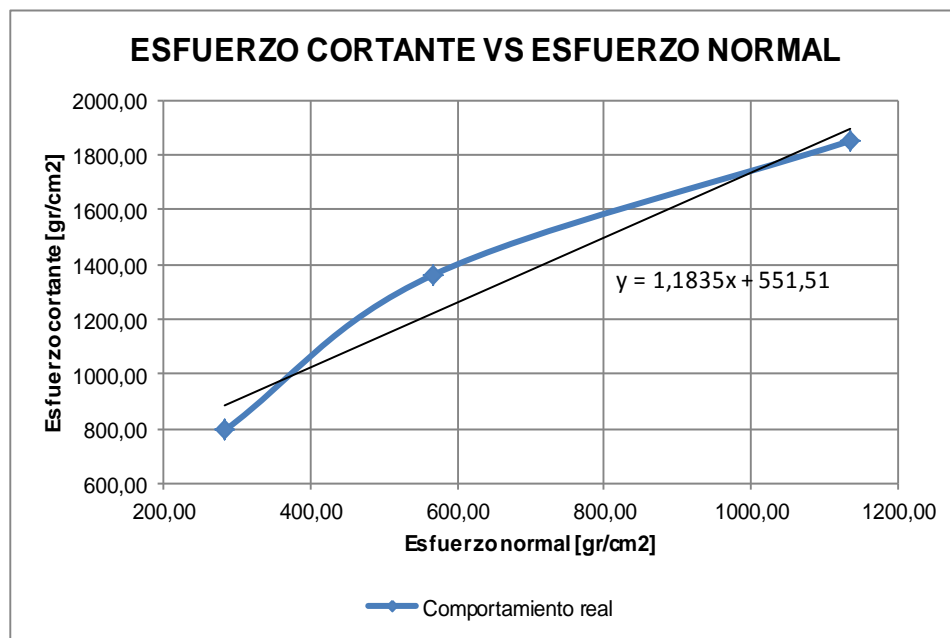
Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 3% DE CEMENTO, 2 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD A RENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	22400	284,19	795,74
16000	28,15	38350	568,38	1362,34
32000	28,15	52100	1136,77	1850,80



DENSIDAD SECA 1,38 gr/cm³
HUMEDAD % 15,5 DE ENSAYO
PENDIENTE 1,1835
ANGULO FRICCION 50 grados
COHESION 551,51 gr/cm²
COHESION 5515 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 6% DE CEMENTO, 2 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UIS

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,8
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	219,4
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	105,6
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,62
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,40
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	9,1	PESO AGUA gr	3,60
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	35,6	PESO SECO gr	22,90
P.TARA + SUELO SECO gr.	32,00	HUMEDAD %	15,72
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	112,4
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	220,1
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	107,7
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,65
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,43
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,2	PESO AGUA gr	3,4
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	33,3	PESO SECO gr	21,7
P.TARA + SUELO SECO gr.	29,9	HUMEDAD %	15,67
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	109,8
DIAMETRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	214,3
DIAMETRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	104,5
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,60
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,38
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	8,4	PESO AGUA gr	3,5
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	33,8	PESO SECO gr	21,9
P.TARA + SUELO SECO gr	30,3	HUMEDAD %	15,98

Nota: curado de 7 dias

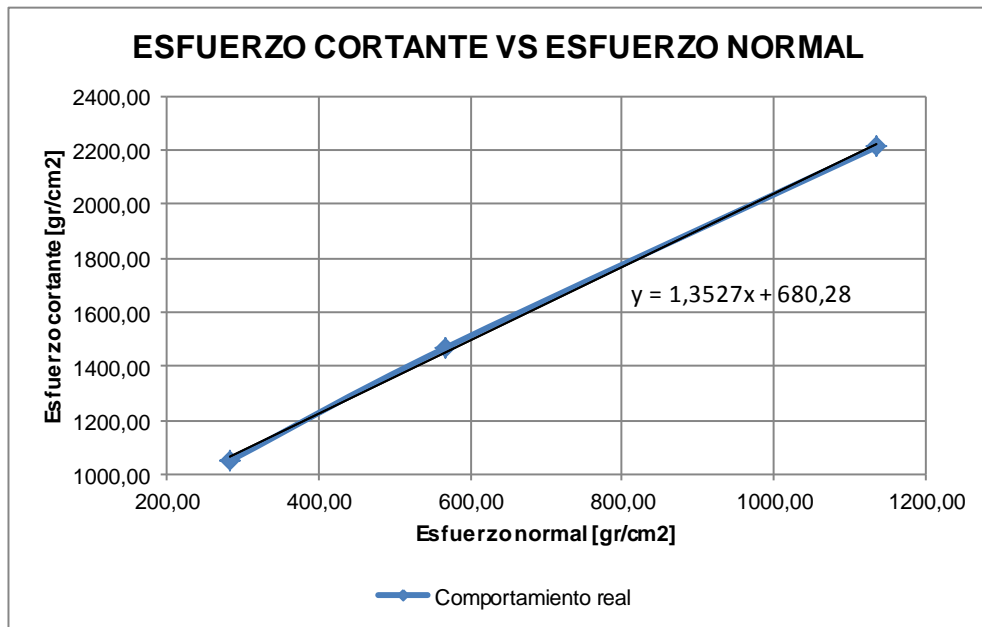
essica Pérez-Monica Melgare
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 6% DE CEMENTO, 2 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	29600	284,19	1051,51
16000	28,15	41350	568,38	1468,92
32000	28,15	62250	1136,77	2211,37



DENSIDAD SECA 1,40 gr/cm³
HUMEDAD % 15,8 DE ENSAYO
PENDIENTE 1,3527
ANGULO FRICCIÓN 54 grados
COHESION 680,28 gr/cm²
COHESION 6803 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 9% DE CEMENTO, 2 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD A RENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,4
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA + ANILLO EN gr	218,4
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	105
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,61
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,39
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,3	PESO AGUA gr	3,30
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	32,5	PESO SECO gr	20,90
P.TARA + SUELO SECO gr.	29,20	HUMEDAD %	15,79
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,8
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA + ANILLO EN gr	216,7
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	102,9
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,58
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,36
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	7,8	PESO AGUA gr	3,2
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	31,5	PESO SECO gr	20,5
P.TARA + SUELO SECO gr.	28,3	HUMEDAD %	15,61
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	115,4
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA + ANILLO EN gr	220,1
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	104,7
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,60
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,39
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	6,8	PESO AGUA gr	3,1
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	29,9	PESO SECO gr	20
P.TARA + SUELO SECO gr	26,8	HUMEDAD %	15,50

Nota: curado de 7 dias

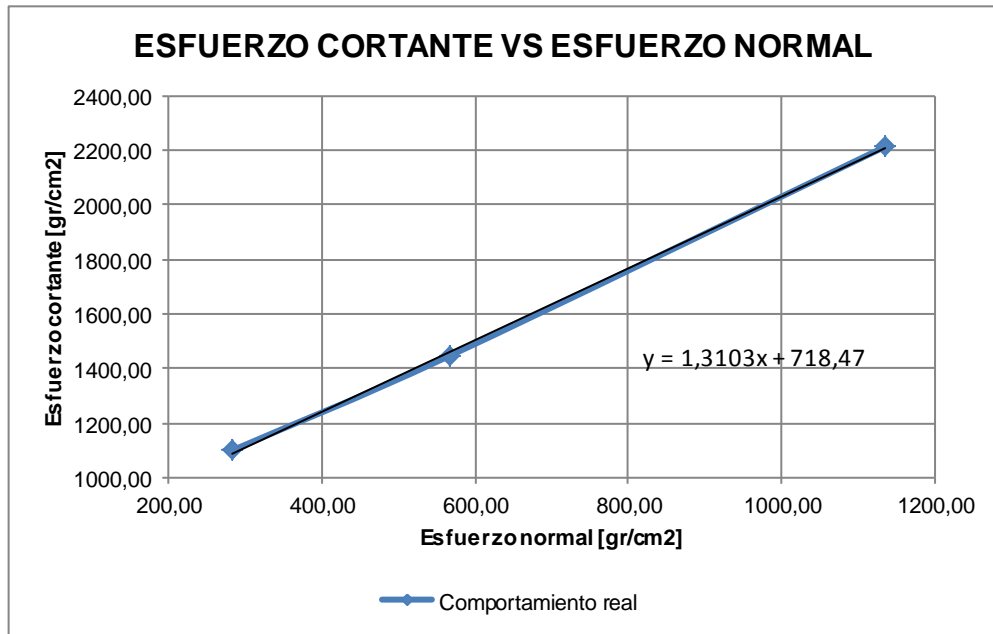
Jessica Pérez-Monica Melgarej
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 9% DE CEMENTO, 2 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	31000	284,19	1101,24
16000	28,15	40750	568,38	1447,60
32000	28,15	62300	1136,77	2213,14



DENSIDAD SECA 1,38 gr/cm³
HUMEDAD % 15,6 DE ENSAYO
PENDIENTE 1,3103
ANGULO FRICCION 53 grados
COHESION 718,47 gr/cm²
COHESION 7185 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

Anexo E. Ensayos de corte directo para suelo tratado a 5 días de secado

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 3% DE CEMENTO, 5 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA	<u>05/03/2014</u>
PROYECTO	<u>ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD A RENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO</u>
LOCALIZACION	<u>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</u>

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	<u>5,982</u>	PESO DEL ANILLO EN gr	<u>112,6</u>
DIAMETRO CENTRAL EN cm	<u>5,986</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	<u>224,5</u>
DIAMETRO INFERIOR EN cm	<u>5,992</u>	PESO MUESTRA	<u>111,9</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	<u>5,99</u>	VOLUMEN EN cm ³	<u>65,3</u>
AREA EN cm ²	<u>28,15</u>	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	<u>1,71</u>
ALTURA MEDIA EN cm	<u>2,32</u>	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	<u>1,62</u>
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	<u>8,3</u>	PESO AGUA gr	<u>1,40</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	<u>33,2</u>	PESO SECO gr	<u>23,50</u>
P.TARA + SUELO SECO gr.	<u>31,80</u>	HUMEDAD %	<u>5,96</u>
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	<u>5,982</u>	PESO DEL ANILLO EN gr	<u>113,8</u>
DIAMETRO CENTRAL EN cm	<u>5,986</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	<u>228,7</u>
DIAMETRO INFERIOR EN cm	<u>5,992</u>	PESO MUESTRA	<u>114,9</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	<u>5,99</u>	VOLUMEN EN cm ³	<u>65,3</u>
AREA EN cm ²	<u>28,15</u>	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	<u>1,76</u>
ALTURA MEDIA EN cm	<u>2,32</u>	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	<u>1,67</u>
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	<u>7,9</u>	PESO AGUA gr	<u>1,2</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	<u>32,1</u>	PESO SECO gr	<u>23</u>
P.TARA + SUELO SECO gr.	<u>30,9</u>	HUMEDAD %	<u>5,22</u>
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIAMETRO SUPERIOR EN cm	<u>5,982</u>	PESO DEL ANILLO EN gr	<u>110,3</u>
DIAMETRO CENTRAL EN cm	<u>5,986</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	<u>224,2</u>
DIAMETRO INFERIOR EN cm	<u>5,992</u>	PESO MUESTRA	<u>113,9</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	<u>5,99</u>	VOLUMEN EN cm ³	<u>65,3</u>
AREA EN cm ²	<u>28,15</u>	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	<u>1,74</u>
ALTURA MEDIA EN cm	<u>2,32</u>	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	<u>1,66</u>
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	<u>8,2</u>	PESO AGUA gr	<u>1,3</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	<u>35,6</u>	PESO SECO gr	<u>26,1</u>
P.TARA + SUELO SECO gr	<u>34,3</u>	HUMEDAD %	<u>4,98</u>

Nota: curado de 7 días

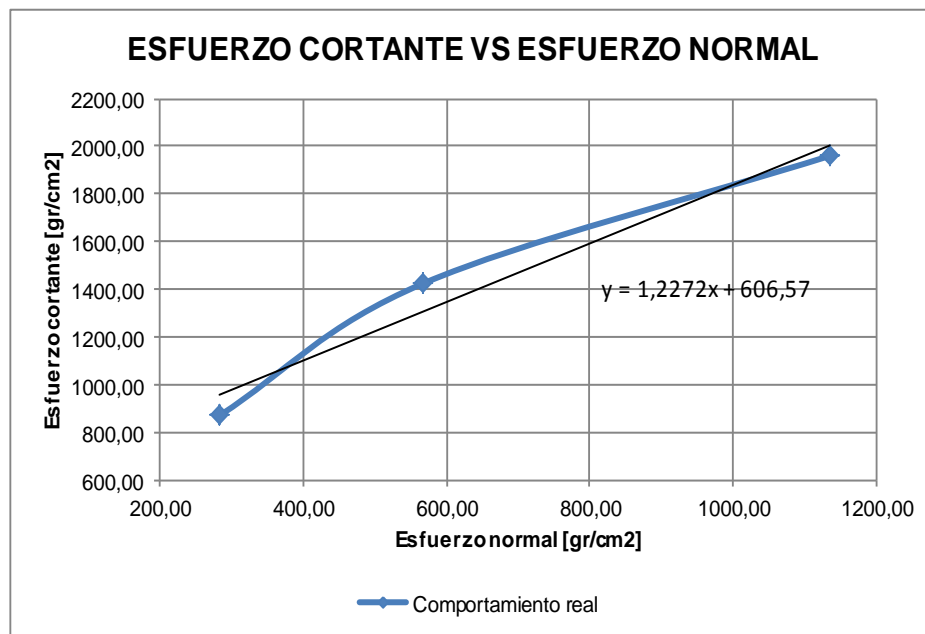
Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 3% DE CEMENTO, 5 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD A RENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	24600	284,19	873,89
16000	28,15	40150	568,38	1426,29
32000	28,15	55200	1136,77	1960,92



DENSIDAD SECA 1,65 gr/cm³
HUMEDAD % 5,4 DE ENSAYO
PENDIENTE 1,2272
ANGULO FRICCION 51 grados
COHESION 606,57 gr/cm²
COHESION 6066 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 6% DE CEMENTO, 5 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UIS

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	106
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	220,9
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	114,9
PROMEDIO DIA METRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,76
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,64
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	7,7	PESO AGUA gr	1,80
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	33,4	PESO SECO gr	23,90
P.TARA + SUELO SECO gr.	31,60	HUMEDAD %	7,53
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	103,1
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	214,1
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	111
PROMEDIO DIA METRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,70
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,62
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,2	PESO AGUA gr	1,1
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	32,1	PESO SECO gr	22,8
P.TARA + SUELO SECO gr.	31	HUMEDAD %	4,82
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	113,88
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	230,1
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	116,22
PROMEDIO DIA METRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,78
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,70
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	8	PESO AGUA gr	1
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	31	PESO SECO gr	22
P.TARA + SUELO SECO gr	30	HUMEDAD %	4,55

Nota: curado de 7 dias

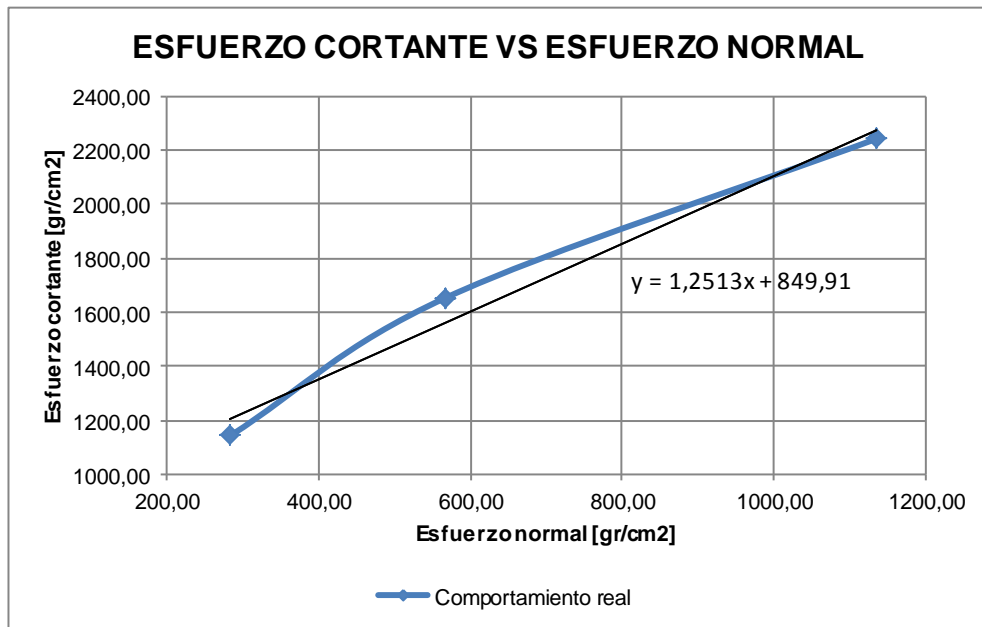
essica Pérez-Monica Melgare
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 6% DE CEMENTO, 5 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	32200	284,19	1143,87
16000	28,15	46550	568,38	1653,64
32000	28,15	63100	1136,77	2241,56



DENSIDAD SECA 1,65 gr/cm³
HUMEDAD % 5,6 DE ENSAYO
PENDIENTE 1,2513
ANGULO FRICCION 51 grados
COHESION 849,91 gr/cm²
COHESION 8499 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 9% DE CEMENTO, 5 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD A RENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	112,1
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA + ANILLO EN gr	234,1
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	122
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,87
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,61
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,3	PESO AGUA gr	3,30
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	32,5	PESO SECO gr	20,90
P.TARA + SUELO SECO gr.	29,20	HUMEDAD %	15,79
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	109,5
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA + ANILLO EN gr	230,6
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	121,1
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,85
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,60
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	7,8	PESO AGUA gr	3,2
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	31,5	PESO SECO gr	20,5
P.TARA + SUELO SECO gr.	28,3	HUMEDAD %	15,61
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	106,3
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA + ANILLO EN gr	229,5
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	123,2
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,89
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,63
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	6,8	PESO AGUA gr	3,1
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	29,9	PESO SECO gr	20
P.TARA + SUELO SECO gr	26,8	HUMEDAD %	15,50

Nota: curado de 7 dias

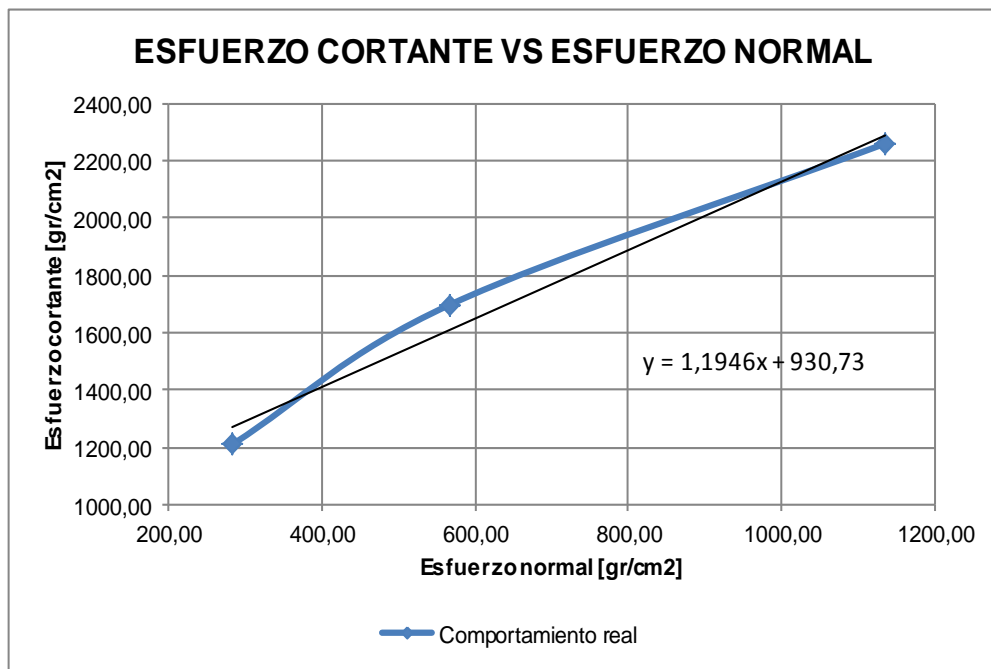
Jessica Pérez-Monica Melgarej
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 9% DE CEMENTO, 5 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	34100	284,19	1211,37
16000	28,15	47800	568,38	1698,05
32000	28,15	63600	1136,77	2259,33



DENSIDAD SECA 1,62 gr/cm³
 HUMEDAD % 5,4 DE ENSAYO
 PENDIENTE 1,1946
 ANGULO FRICCION 50 grados
 COHESION 930,73 gr/cm²
 COHESION 9307 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

Anexo F. Ensayos de corte directo para suelo tratado a 7 días de secado

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 3% DE CEMENTO, 7 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA	<u>05/03/2014</u>
PROYECTO	<u>ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD A RENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO</u>
LOCALIZACION	<u>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</u>

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIA METRO SUPERIOR EN cm	<u>5,982</u>	PESO DEL ANILLO EN gr	<u>106</u>
DIA METRO CENTRAL EN cm	<u>5,986</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	<u>217,4</u>
DIA METRO INFERIOR EN cm	<u>5,992</u>	PESO MUESTRA	<u>111,4</u>
PROMEDIO DIA METRO EN cm	<u>5,99</u>	VOLUMEN EN cm ³	<u>65,3</u>
AREA EN cm ²	<u>28,15</u>	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	<u>1,71</u>
ALTURA MEDIA EN cm	<u>2,32</u>	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	<u>1,66</u>
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	<u>8,6</u>	PESO AGUA gr	<u>0,70</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	<u>33,2</u>	PESO SECO gr	<u>23,90</u>
P.TARA + SUELO SECO gr.	<u>32,50</u>	HUMEDAD %	<u>2,93</u>
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIA METRO SUPERIOR EN cm	<u>5,982</u>	PESO DEL ANILLO EN gr	<u>109,8</u>
DIA METRO CENTRAL EN cm	<u>5,986</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	<u>213,4</u>
DIA METRO INFERIOR EN cm	<u>5,992</u>	PESO MUESTRA	<u>103,6</u>
PROMEDIO DIA METRO EN cm	<u>5,99</u>	VOLUMEN EN cm ³	<u>65,3</u>
AREA EN cm ²	<u>28,15</u>	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	<u>1,59</u>
ALTURA MEDIA EN cm	<u>2,32</u>	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	<u>1,54</u>
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	<u>7,9</u>	PESO AGUA gr	<u>0,7</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	<u>31,6</u>	PESO SECO gr	<u>23</u>
P.TARA + SUELO SECO gr.	<u>30,9</u>	HUMEDAD %	<u>3,04</u>
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIA METRO SUPERIOR EN cm	<u>5,982</u>	PESO DEL ANILLO EN gr	<u>116,6</u>
DIA METRO CENTRAL EN cm	<u>5,986</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	<u>232,9</u>
DIA METRO INFERIOR EN cm	<u>5,992</u>	PESO MUESTRA	<u>116,3</u>
PROMEDIO DIA METRO EN cm	<u>5,99</u>	VOLUMEN EN cm ³	<u>65,3</u>
AREA EN cm ²	<u>28,15</u>	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	<u>1,78</u>
ALTURA MEDIA EN cm	<u>2,32</u>	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	<u>1,73</u>
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	<u>8,2</u>	PESO AGUA gr	<u>0,8</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	<u>34,7</u>	PESO SECO gr	<u>25,7</u>
P.TARA + SUELO SECO gr	<u>33,9</u>	HUMEDAD %	<u>3,11</u>

Nota: curado de 7 días

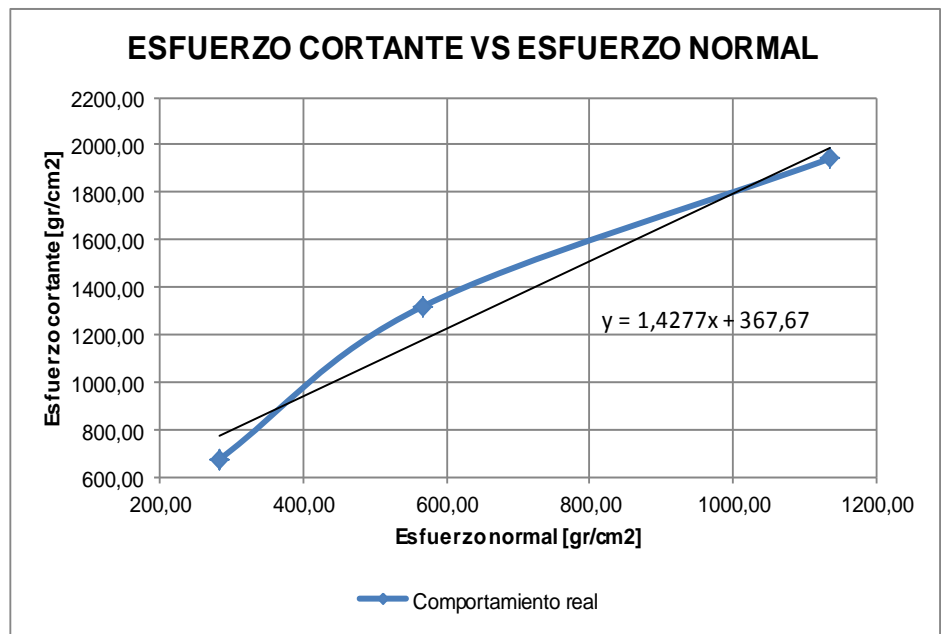
Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 3% DE CEMENTO, 7 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD A RENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	19100	284,19	678,51
16000	28,15	37200	568,38	1321,49
32000	28,15	54700	1136,77	1943,16



DENSIDAD SECA 1,64 gr/cm³
 HUMEDAD % 3,0 DE ENSAYO
 PENDIENTE 1,4277
 ANGULO FRICCION 55 grados
 COHESION 367,67 gr/cm²
 COHESION 3677 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 6% DE CEMENTO, 7 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
 PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
 LOCALIZACION UIS

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	110
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	219,2
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	109,2
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,67
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,62
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,8	PESO AGUA gr	0,60
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	28,8	PESO SECO gr	19,40
P.TARA + SUELO SECO gr.	28,20	HUMEDAD %	3,09
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	114,7
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	223,9
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	109,2
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,67
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,63
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	7,7	PESO AGUA gr	0,7
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	34	PESO SECO gr	25,6
P.TARA + SUELO SECO gr.	33,3	HUMEDAD %	2,73
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	104,1
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	217,5
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	113,4
PROMEDIO DIAMETRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,74
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,69
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	8,4	PESO AGUA gr	0,8
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	36,5	PESO SECO gr	27,3
P.TARA + SUELO SECO gr	35,7	HUMEDAD %	2,93

Nota: curado de 7 dias

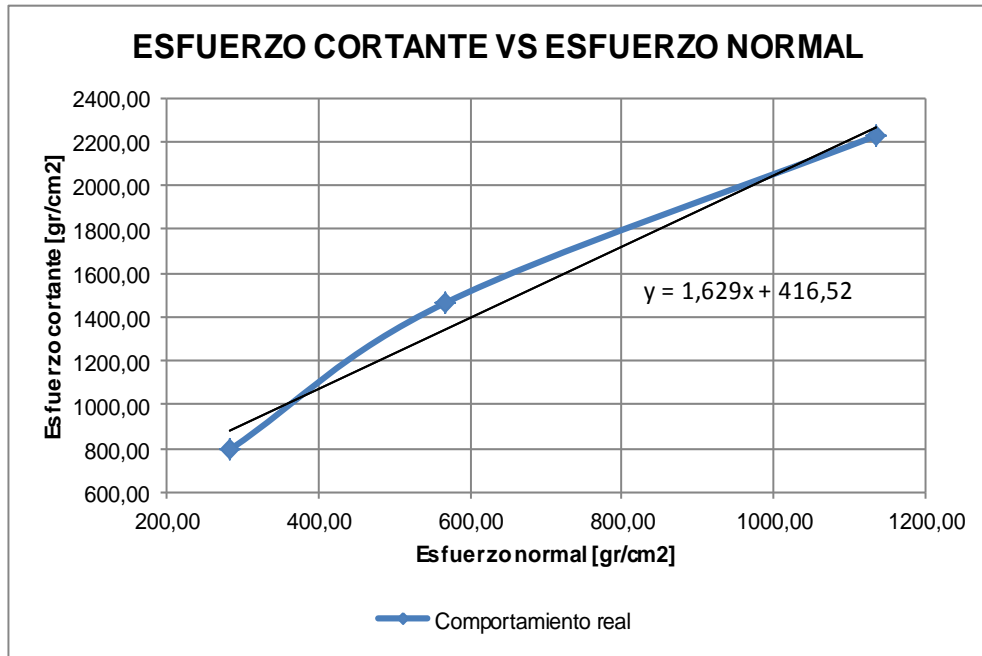
Yessica Pérez-Monica Melgarejo
 REALIZÓ

Hebenly Celi
 REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 6% DE CEMENTO, 7 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	22450	284,19	797,51
16000	28,15	41250	568,38	1465,36
32000	28,15	62700	1136,77	2227,35



DENSIDAD SECA 1,65 gr/cm³
HUMEDAD % 2,9 DE ENSAYO
PENDIENTE 1,629
ANGULO FRICCION 58 grados
COHESION 416,52 gr/cm²
COHESION 4165 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154
MEZCLA CON 9% DE CEMENTO, 7 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD A RENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA gr	8000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	284,20
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	103,2
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	224,5
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	121,3
PROMEDIO DIA METRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,86
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,60
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	8,3	PESO AGUA gr	3,30
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	32,5	PESO SECO gr	20,90
P.TARA + SUELO SECO gr.	29,20	HUMEDAD %	15,79
CARGA gr	16000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	568,41
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	105,1
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	227,8
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	122,7
PROMEDIO DIA METRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,88
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,63
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA gr	7,8	PESO AGUA gr	3,2
P.TARA + SUELO HUMEDO gr.	31,5	PESO SECO gr	20,5
P.TARA + SUELO SECO gr.	28,3	HUMEDAD %	15,61
CARGA gr	32000	ESFUERZO NORMAL EN gr/cm²	1136,82
DIA METRO SUPERIOR EN cm	5,982	PESO DEL ANILLO EN gr	103,4
DIA METRO CENTRAL EN cm	5,986	PESO MUESTRA+ANILLO EN gr	227,5
DIA METRO INFERIOR EN cm	5,992	PESO MUESTRA	124,1
PROMEDIO DIA METRO EN cm	5,99	VOLUMEN EN cm ³	65,3
AREA EN cm ²	28,15	DENSIDAD HUMEDA EN gr/cm ³	1,90
ALTURA MEDIA EN cm	2,32	DENSIDAD SECA EN gr/cm ³	1,65
<i>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %</i>			
PESO DE LA TARA EN gr	6,8	PESO AGUA gr	3,1
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	29,9	PESO SECO gr	20
P.TARA + SUELO SECO gr	26,8	HUMEDAD %	15,50

Nota: curado de 7 dias

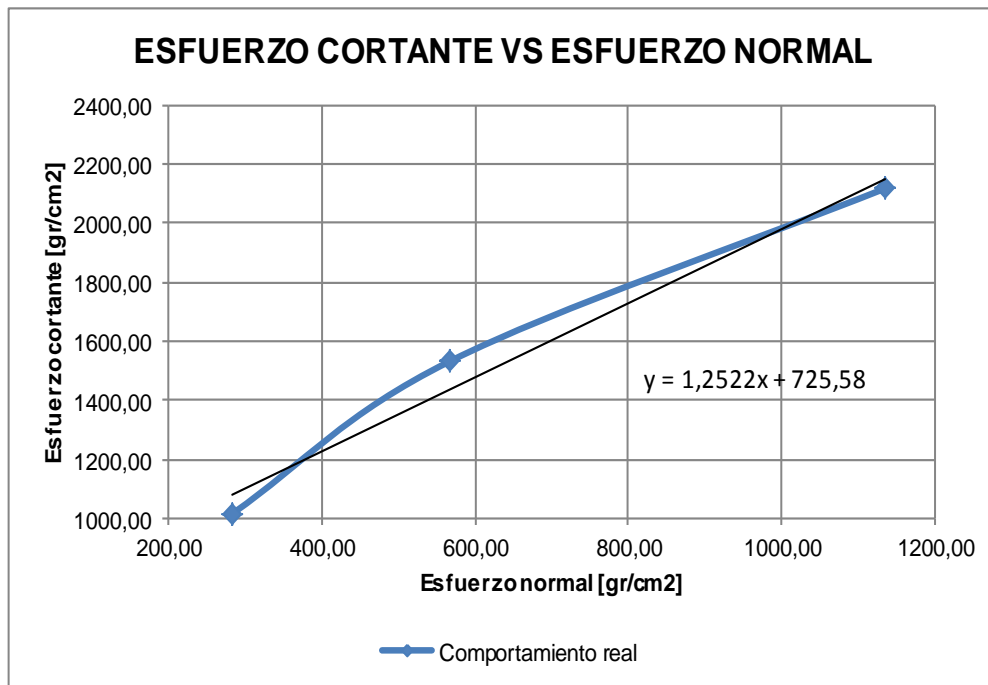
Jessica Pérez-Monica Melgarej
REALIZÓ

Hebenly Celi
REVISÓ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS. ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154
MEZCLA CON 9% DE CEMENTO, 7 DIAS DE SECADO DESPUES DEL CURADO

FECHA 26/02/2014
PROYECTO ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD ARENOSO MEDIANTE TRATAMIENTO CON CEMENTO
LOCALIZACION UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CARGA VERTICAL [gramos]	AREA [cm ²]	CARGA HORIZONTAL MAXIMA [gramos]	ESFUERZO NORMAL [gr/cm ²]	ESFUERZO CORTANTE [gr/cm ²]
8000	28,15	28650	284,19	1017,76
16000	28,15	43150	568,38	1532,86
32000	28,15	59600	1136,77	2117,23



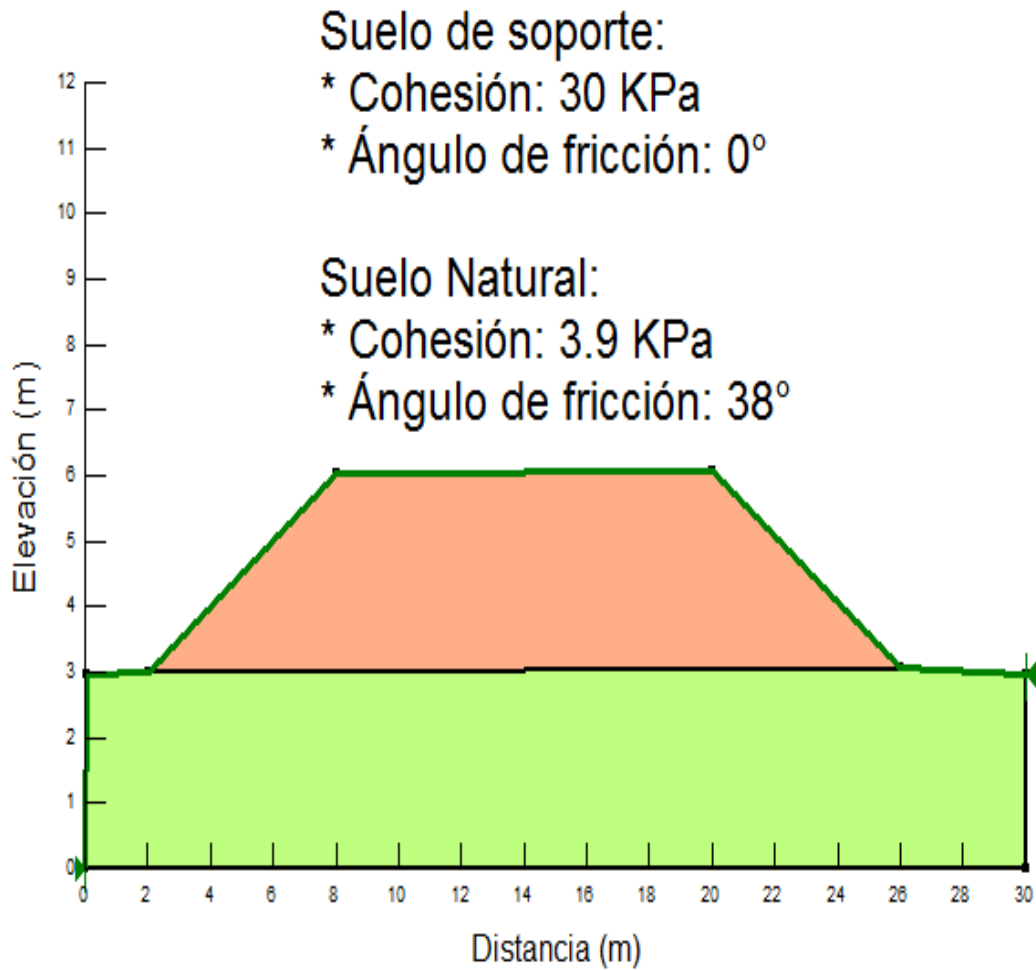
DENSIDAD SECA 1,62 gr/cm³
HUMEDAD % 3,0 DE ENSAYO
PENDIENTE 1,2522
ANGULO FRICCION 51 grados
COHESION 725,58 gr/cm²
COHESION 7256 kg/m²

Yessica Pérez-Monica Melgarejo
REALIZÓ

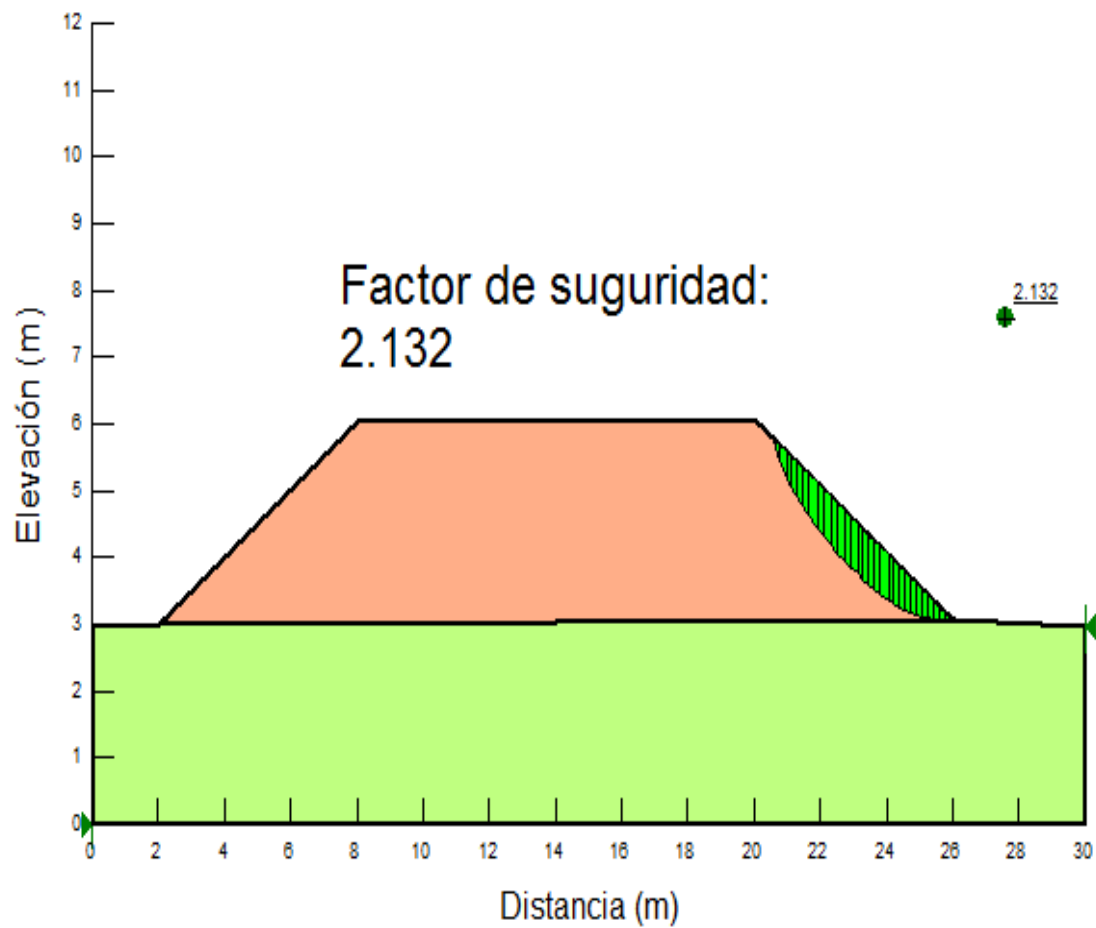
Hebenly Celi
REVISÓ

Anexo G. Modelo en Geoslope del terraplén con suelo natural

MODELAMIENTO SUELO NATURAL

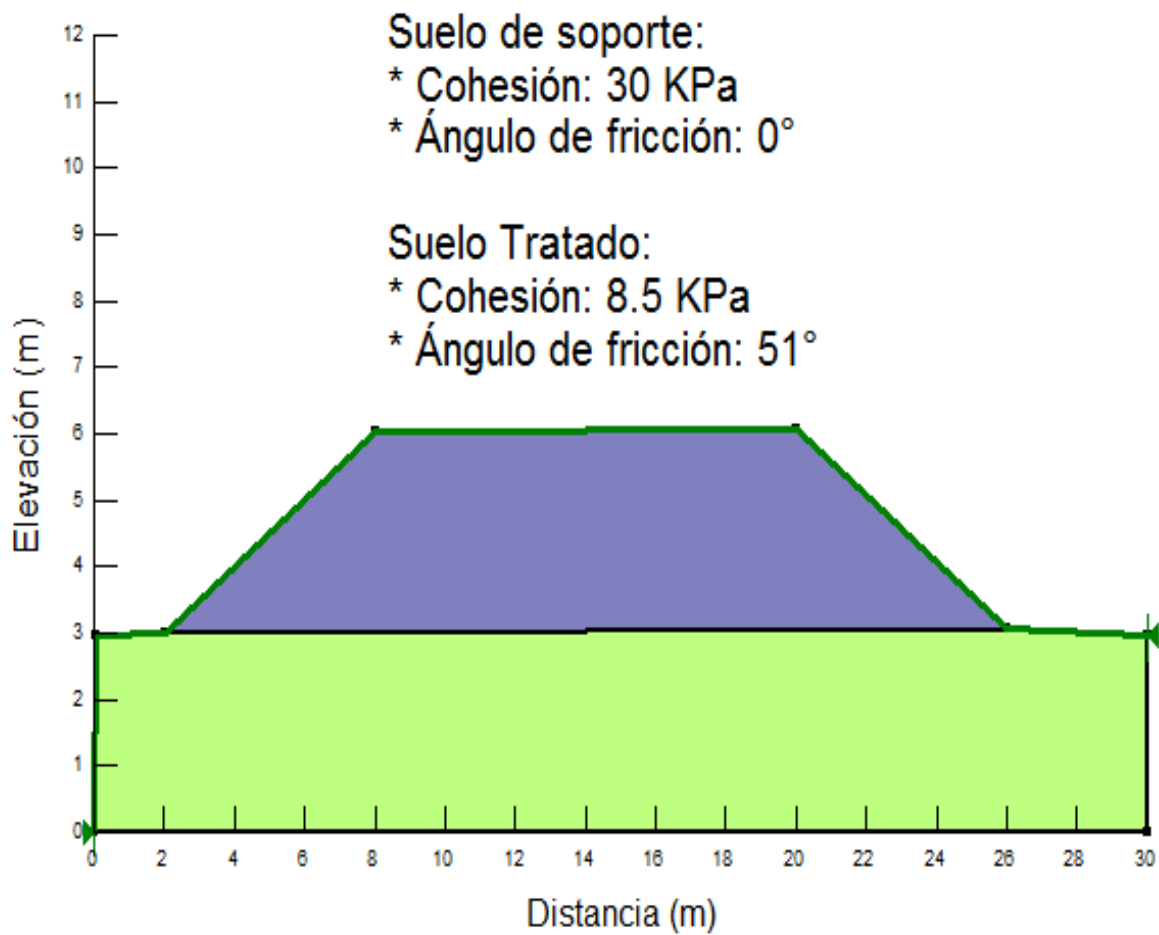


MODELAMIENTO SUELO NATURAL



Anexo H. Modelo en Goeslope del terraplén con suelo tratado

MODELAMIENTO SUELO TRATADO



MODELAMIENTO SUELO TRATADO

