

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS
INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE
BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTORES:

Bach. DANIEL ENRIQUE CUELLAR TENORIO

Bach. GRACE KATHERIN FABIANA VEGA FRÍAS

ASESORES:

Ing. WILMER ROJAS PINTADO

Ing. JOSÉ LUIS PIEDRA TINEO

JAÉN-PERÚ, ENERO, 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS
INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE
BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTORES:

Bach. DANIEL ENRIQUE CUELLAR TENORIO

Bach. GRACE KATHERIN FABIANA VEGA FRÍAS

ASESORES:

Ing. WILMER ROJAS PINTADO

Ing. JOSÉ LUIS PIEDRA TINEO

JAÉN-PERÚ, ENERO, 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 19 de febrero del año 2020, siendo las 11.00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Zarith Nancy Garrido Campaña

Secretario: Mg. Marco Antonio Martínez Serrano

Vocal: Mg. Marco Antonio Aguirre Camacho, para evaluar la Sustentación de:

- () Trabajo de Investigación
 (X) Tesis
 () Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOTEXTIL PRODUCIDO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS” que por unanimidad el jurado evaluador recomendó cambiar el título a “ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS”, presentado por los Bachilleres Daniel Enrique Cuellar Tenorio y Grace Katherin Fabiana Vega Frías de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (16) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | () |

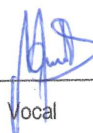
Siendo las... 12:00... horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



 Presidente



 Secretario



 Vocal

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Justificación de la investigación	2
1.3. Formulación de la Hipótesis	2
1.4. Antecedentes de la Investigación.....	2
1.4.1. A Nivel Internacional	2
1.4.2. A Nivel Nacional	3
1.4.3. A Nivel Local	3
1.5. Bases teóricas.....	4
1.5.1. Geotextil	4
1.5.2. Subrasante.....	5
II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Objetivo General	8
2.2. Objetivos Específicos	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1. Objeto de estudio	9
3.1.1. Localización.....	9
3.2. Fuentes de información.....	10
3.3. Tipo de Investigación.....	10
3.3.1. Según finalidad.....	10
3.3.2. Según su diseño	10
3.3.3. Según su enfoque.....	10
3.4. Línea de Investigación	10
3.5.1. Variables Independientes.....	10

3.5.2.	Variables Dependientes	10
3.6.	Métodos, técnicas y procedimientos de la Investigación.....	11
3.6.1.	Métodos y Técnicas	11
3.6.2.	Equipos y materiales.....	11
3.6.3.	Procedimiento de la información.....	12
3.6.4.	Procedimiento de investigación.....	13
3.6.5.	Trabajo de Campo	14
3.6.6.	Trabajo en Laboratorio	17
IV.	RESULTADOS	31
V.	DISCUSIÓN.....	40
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
6.1.	Conclusiones	42
6.2.	Recomendaciones	43
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
	DEDICATORIA.....	46
	AGRADECIMIENTO	47
	ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Categorías de Subrasante.....	5
Tabla 2: Características de los suelos según SUCS.....	6
Tabla 3: Clasificación de suelos AASHTO.....	7
Tabla 4: Clasificación de suelos según el tamaño de partículas.....	18
Tabla 5: Clasificación de suelos según el Índice de plasticidad.....	21
Tabla 6: Resultados de la granulometría.	31
Tabla 7: Clasificación del suelo en estudio.	32
Tabla 8: Resultados de límite líquido.	32
Tabla 9: Resultado de LL Según ecuación.	34
Tabla 10: Datos de límite plástico.	34
Tabla 11: Resultado del índice de Plasticidad.	34
Tabla 12: Datos de prueba de Proctor Estandar.	35
Tabla 13: Resultados de Humedad y Densidad Seca.	35
Tabla 14: Resultados de expansión.	36
Tabla 15: CBR con Geosintético a diferentes profundidades.....	37
Tabla 16: Tabla de análisis de varianza de CBR.....	38
Tabla 17: Resultados de medias..	38
Tabla 18 : Comparaciones en parejas de Tukey.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipo de Geotextil.	4
Figura 2: Ubicación de la muestra de estudio en la carta geológica de Jaén.	9
Figura 3: Recolección de muestra.	9
Figura 4: Representación esquemática del procedimiento de la investigación.	13
Figura 5: Recolección de botellas tiradas en eventos bailables.	14
Figura 5: Elaboración de cortadora artesanal de tiras de botellas.	14
Figura 7: Lavado de botellas plásticas.	15
Figura 8: Obtención de tiras de botellas plásticas.	15
Figura 9: Obtención de tiras de botellas plásticas.	15
Figura 10: Tejido del geosintético.	16
Figura 11: Cortado de geosintético a dimensiones del molde de CBR.	16
Figura 12: Localización de área de estudio en depósitos de formación Chulec.	16
Figura 13: Excavación de Calicata.	17
Figura 14: Material de estudio.	17
Figura 15: Procedimiento de análisis granulométrico.	19
Figura 16: Procedimiento de límite líquido.	20
Figura 17: Enrolado de muestra para Límite plástico.	22
Figura 18: Rollos para límite plástico.	22
Figura 19: Tamizaje de muestra en malla N°04.	23
Figura 20: Mezclado y humectación de espécimen.	24
Figura 21: Materiales para compactar.	24
Figura 22: Pesado de la muestra de Proctor.	25
Figura 23: Pesado de la muestra humedad de Proctor.	25
Figura 24: Pesado de porcentaje óptimo de humedad.	26
Figura 25: Compactación del espécimen.	26
Figura 26: Aparato medidor de expansión.	27
Figura 27: Inmersión de moldes de CBR en agua.	27
Figura 28: Toma de lectura de expansión.	28
Figura 29: Toma de lectura de penetración.	28
Figura 30: Muestra de humedad saturada de CBR.	29
Figura 31: Molde de CBR de suelo natural.	29
Figura 32: Molde de CBR de suelo natural más geosintético.	29

Figura 33: Efecto del ensayo de penetración en geosintético.....	30
Figura 34: Gráfica de determinación de límite líquido.....	33
Figura 35: Curva de Compactación.	36
Figura 36: Gráfica de CBR.....	37

RESUMEN

En la ejecución de obras viales es común encontrar suelos de subrasante inadecuada, lo que demanda mayores espesores de capa y por tal razón se busca mejorar el suelo implicado. En la actualidad existen varios métodos de estabilización y muchos de ellos tienen un costo muy elevado, como los geosintéticos (geomallas, geotextiles, etc.), varios de estos fabricados con materiales combinados con PET (Tereftalato de polietileno). En tal sentido, se propuso estabilizar subrasantes de suelos de baja calidad utilizando geosintético a base de botellas plásticas recicladas, contribuyendo con la reducción de la contaminación ambiental que producen estos desechos. Por lo expuesto, la investigación planteó estudiar el suelo de subrasante pobre o inadecuada localizada en la carretera Yanuyacu bajo, para analizarlos en laboratorio a través de ensayos, con el objetivo de obtener el mejoramiento de la subrasante con el reforzamiento del geosintético a alturas de 4cm, 8cm, 2.54cm y 1.27cm. Los resultados obtenidos de la investigación demostraron una mejora de la resistencia a una altura de 1.27cm, logrando obtener un CBR de 6.54%, lo cual ya es de regular calidad como subrasante.

Palabras Claves: Estabilización, Subrasante, Geosintético, suelos cohesivos.

ABSTRACT

In the execution of road works it is common to find inadequate subgrade floors, which demands greater layer thicknesses and for this reason it is sought to improve the soil involved. At present there are several stabilization methods and many of them have a very high cost, such as geosynthetics (geogrids, geotextiles, etc.), several of these manufactured with materials combined with PET (Polyethylene Terephthalate). In this regard, it was proposed to stabilize subgrade of low quality soils using geosynthetic based on recycled plastic bottles, contributing to the reduction of environmental pollution produced by these wastes. Due to the above, the research proposes to study the poor or inadequate subgrade soil located on the low Yanuyacu highway, to analyze them in the laboratory through tests, in order to obtain the improvement of the subgrade with the reinforcement of the geosynthetic at heights of 4cm, 8cm, 2.54cm and 1.27cm. The results obtained from the investigation showed an improvement in resistance at a height of 1.27cm, obtaining a CBR of 6.54%, which is already of regular quality as a subgrade.

Keywords: Stabilization, Subgrade, geosynthetic, Cohesive soils.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, está enfocado a mejorar la resistencia mecánica del suelo y la permanencia de tales propiedades en el tiempo, mejorándolo para su trabajo a tracción.

La experiencia internacional que se tiene sobre los geosintéticos frente al comportamiento de separación y filtración de los geotextiles y la función de refuerzo de las geomallas, se pueden combinar para proporcionar una estabilización mecánica de los suelos de subrasante inadecuada propuesta en el presente estudio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2013)

1.1. Planteamiento del problema

En la construcción de pavimentos se puede encontrar suelos con subrasante inadecuada o insuficiente, cuyo CBR es menor que 6%, los cuales requieren ser estabilizados antes de que se construya sobre estos. Para este fin se utiliza diversos materiales como cales, cementos, aditivos, emulsiones, enzimas, afirmado de reemplazo, entre otras; así también el uso de los geosintéticos (geomembranas, geoceldas, geomalla, geotextiles, etc.).

En el caso de los geosintéticos estos son muy eficientes pero su costo es elevado y demandan de una logística especial para su instalación. Por ello, se propone evaluar una alternativa económica mediante la utilización de un geosintético fabricado de tiras de botellas de plástico recicladas, que pueda utilizarse para mejorar las propiedades mecánicas de estos suelos de mala calidad.

Esta propuesta se presenta como una alternativa para la reutilización de las botellas de plástico que al ser desechadas al ambiente generan contaminación ya que tardan mucho tiempo en descomponerse.

A partir de lo expuesto se plantea la siguiente interrogante de investigación:

¿Es factible estabilizar subrasantes de suelos de baja calidad utilizando geosintético fabricadas de botellas plásticas recicladas?

1.2. Justificación de la investigación

El limitado conocimiento sobre el uso del plástico reciclado en elementos de estabilización de subrasante de mala calidad en el Perú, por lo cual se desconocen las características y beneficios de este material. El déficit de conocimiento trae consigo el desperdicio de este material, pues la industria del reciclaje en nuestro país se limita a lavar y triturar el material reciclado, para luego exportarlo en forma de hojuelas, sin mayor valor agregado. Por ello se propone el uso de las botellas recicladas para la producción de un geosintético que tenga un menor costo que un convencional y se pueda utilizar en la estabilización de subrasantes de mala calidad.

1.3. Formulación de la Hipótesis

El uso de geosintéticos hechos de botellas de plástico recicladas, permiten estabilizar subrasantes de suelos inadecuados o insuficientes.

1.4. Antecedentes de la Investigación

1.4.1. A Nivel Internacional

Sivapriya & Ganesh (2019) realizaron un estudio a los pavimentos flexibles, utilizando la incorporación de diferentes geosintéticos para mejorar el módulo de la capa base o subbase obteniendo como resultado que la subrasante reforzada incrementa el valor de CBR como lo son las geomalla que muestra valores más altos que el geotextil y la geomembrana para todas las capas de refuerzo debido a su rigidez y las características de resistencia, además determinó que al incorporar la capa de refuerzo se reducen el espesor de la subrasante y el tiempo de construcción, lo cual baja el costo de ejecución e incrementa la vida útil del pavimento.

Según el estudio de Díaz et al (2009), determinaron que utilizando geotextil de separación en la interfaz de la subrasante –subbase granular de un suelo con CBR de 3.5%, la incorporación del geotextil permitió reducir el espesor de la subbase granular de 72 cm. a 40 cm., concluyendo que permite el buen funcionamiento de los materiales, mejorando la resistencia y estabilidad de la estructura de la vía y a la vez disminuye su costo.

Teixeira et al. (2010), sugieren geotextiles biológicos construidos a partir de hojas de palma como una técnica de conservación del suelo eficaz, sostenible y económicamente

viable. Teniendo en cuenta su estudio sobre geosintéticos a partir de hojas de palma que son económicamente sustentable, se puede deducir que el uso de botellas plásticas recicladas para elaborar geosintéticos, puede ser una opción sustentable tanto económica y ambientalmente.

López (2013), realizó un estudio para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos mediante el ensayo de compresión simple, agregando fibras de 3,0 y 5,0 cm de longitud de PET incorporándolos a diferentes porcentajes de 0,2%, 0,5%, 1,0% y 1,5% del peso del suelo, concluyendo que a medida que la cantidad de porcentaje de fibra aumenta la resistencia del suelo también, por lo cual los suelos pueden ser reforzados con plástico reciclado.

1.4.2. A Nivel Nacional

Núñez (2016) hizo un estudio de análisis del uso de geosintéticos (geomalla biaxial) implementándolo al diseño tradicional AASHTO 93 como refuerzo de sub-base granular dentro de la estructura de un pavimento flexible, colocando la geomalla a diferentes alturas de 0 cm, 2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm y 10 cm, obteniendo valores de CBR de 62.29%, 71.45%, 78.51% , 95.35%, 114.87% respectivamente, concluyéndose que al colocar geomalla a mayor altura trabaja mucho mejor y aumenta la resistencia estando dentro de los parámetros que establece la normativa.

Zenteno (2018) evaluó el efecto de la estabilización de suelo fino (SC) con tereftalato de polietileno incorporándolo al 2, 4, 6, 8 y 10 % con relación al peso seco del suelo en estudio, obteniendo valores de CBR referido al 100% de la densidad seca máxima de 50.65, 20.39, 19.29, 18.38 y 17.36% respectivamente, concluyendo que al 2% de PET al suelo en estudio, mejora considerablemente su capacidad de soporte al esfuerzo cortante (CBR), haciéndolo apto para su uso en la capa de Sub rasante y Sub base a nivel de pavimentos flexible (EG 2013), recomendando realizar investigaciones en diferentes suelos existentes.

1.4.3. A Nivel Local

A nivel local no se han realizado investigaciones del uso de geosintéticos hecho de botellas recicladas.

1.5. Bases teóricas

1.5.1. Geotextil

Dentro del grupo de los geosintéticos tenemos los geotextiles que se definen como “un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural) que puede ser No Tejido, Tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas”. (PAVCO, 2009)

La estabilización de suelos blandos es una función de los geotextiles donde se aprovecha el comportamiento a tracción para trabajar como complemento de las propiedades mecánicas del suelo, con el fin de controlar los esfuerzos transmitidos tanto en la fase de construcción como en la de servicio de las estructuras. (DM Tecnologías, 2017)

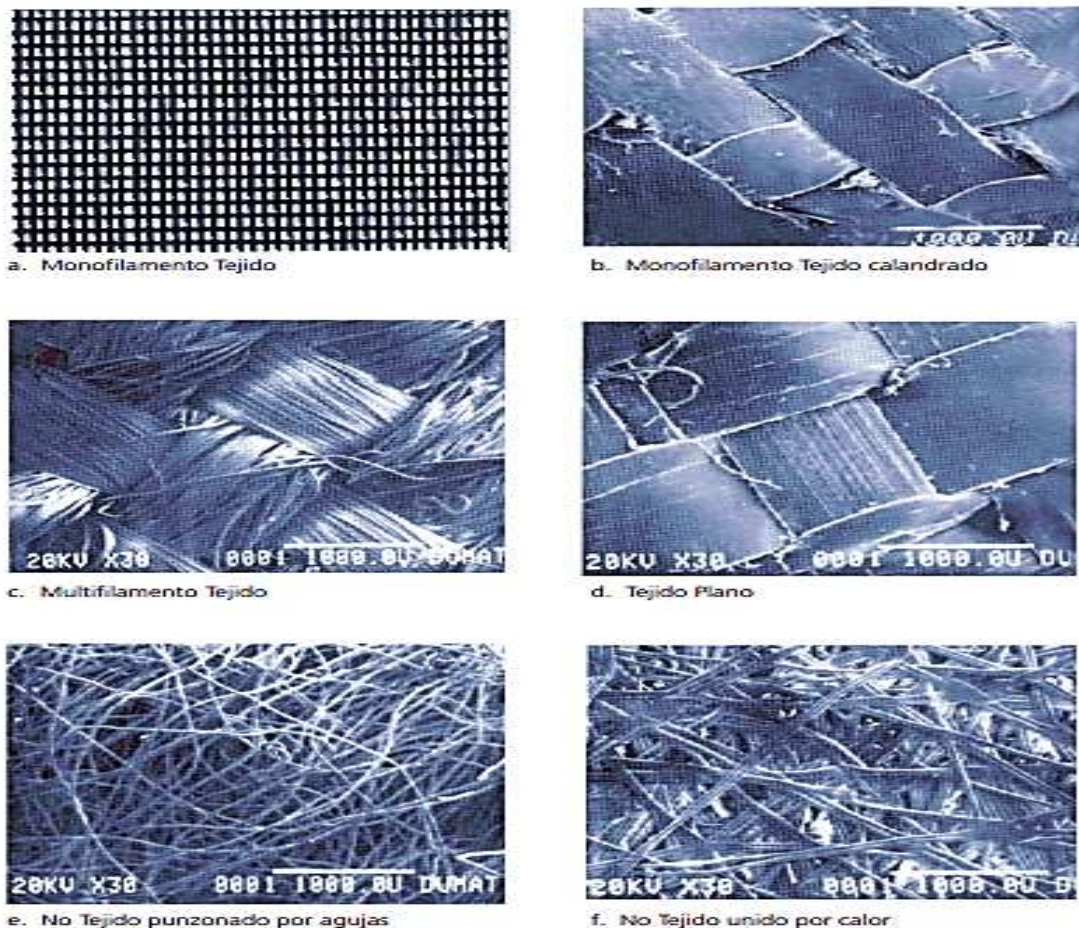


Figura 1: Tipo de Geotextil.

Fuente: (PAVCO, 2009)

1.5.2. Subrasante

Se denomina al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento. En el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos, se puede encontrar una clasificación de la subrasante.

Tabla 1: *Categorías de Subrasante.*

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	De CBR ≥ 30%

Fuente: (MTC, 2013).

Los suelos por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables con $CBR \geq 6\%$. En caso el suelo, debajo del nivel superior de la subrasante, tenga un $CBR < 6\%$ (subrasante pobre o subrasante inadecuada), corresponde estabilizar los suelos, para lo cual el Ingeniero Responsable analizará según la naturaleza del suelo alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la mas conveniente técnica y económica. (MTC, 2013)

1.5.2.1. Tipo y clasificación de suelos

En el mundo existen múltiples clasificaciones, pero las más utilizadas en el estudio de mecánica de suelos son la de Casagrande modificada - y otras de aplicación más directa en Ingeniería de Carreteras, como son la empleada por la AASHTO y SUCS. Las cuales se mencionarán a continuación.

- **Clasificación general de Casagrande modificada**

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (*Unified Soil Classification System* (USCS)) es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo.

Tabla 2: Características de los suelos según SUCS.

DIVISIONES PRINCIPALES	SIMBOLO	COMPORTAMIENTO MECÁNICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	Densidad Optima P.M	CBR In situ	
SUELOS DE GRANO GRUESO	GW	Excelente	Excelente	2.00 - 2.24	60-80	
	GP	Bueno a excelente	Excelente	1.76- 2.08	25-60	
	Gravas	GM	d	Bueno a excelente	2.08-2.32	40-80
			u	Bueno	1.92-2.24	20-40
	GC	Bueno	Mala a impermeable	1.92-2.24	20-40	
SUELOS DE GRANO FINO	SW	Bueno	Excelente	1.76-2.08	20-40	
	SP	Aceptable a bueno	Excelente	1.60-1.92	10-25	
	Arenas	SM	d	Aceptable a bueno	1.92-2.16	20-40
			u	Aceptable	1.68-2.08	10-20
	SC	Malo a bueno	Mala a impermeable	1.68-2.08	10-20	
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas (LL<50)	ML	Malo a aceptable	1.60-2.00	5-15	
	Limos y arcillas (LL>50)	CL	Malo a aceptable	1.60-2.00	5-15	
		OL	Malo	Mala	1.44-1.70	4-8
SUELOS ORGANICOS	Pt	MH	Malo	1.28-1.60	4-8	
		CH	Malo a aceptable	1.44-1.76	3-5	
		OH	Malo a muy malo	1.28-1.68	3-5	
SUELOS ORGANICOS	Pt	Inaceptable	Aceptable a mala	-	-	

Fuente: (Manual de carreteras, 2000).

- **Clasificación de la AASHTO**

Ha sido en Estados Unidos donde se han desarrollado la mayor parte de clasificaciones empíricas de suelos. Una de las más populares en carreteras es la empleada por la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), y que fue originalmente desarrollada por los ilustres geotécnicos Terzaghi y Hogentogler para el *Bureau of Public Roads* norteamericano.

Tabla 3: Clasificación de suelos AASHTO.

DIVISIÓN GENERAL		Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo -arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
GRUPO	A-1-a		A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Subgrupo	A-1-a		A-1-b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-7-5	A-7-6				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤50											
	#40	≤30	≤50	≤51									
	#200	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	≥36	≥36	≥36	≥36	≥36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite líquido				NP	C	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41 (IP<LL-30)	≥4 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad		≤6			≤10	≤10	≥11	≥11	≤10	≤10	≥11	≥11	≥11
INDICE DE GRUPO		0		0	0		≤4		≤8	≤12	≤20		≤20
TIPOLOGÍA		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas			Suelos limosos		suelos arcillosos			
CALIDAD		EXCELENTE A BUENA							ACEPTABLE A MALA				

Fuente: (Manual de carreteras, 2000).

II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.Objetivo General

- Evaluar la estabilización de subrasantes de suelos de baja calidad tras la aplicación de geosintético producido a partir de las botellas de plástico recicladas.

2.2.Objetivos Específicos

- Realizar los ensayos de laboratorio para la clasificación del suelo de subrasante.
- Producir un geosintético a partir de las tiras de botellas recicladas que tengan características similares a un geosintético industrial.
- Realizar los ensayos de CBR en muestras con incorporación del geosintético.
- Determinar si el geosintético fabricado a partir de las botellas de plástico reciclados es apto para estabilizar subrasantes inadecuadas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Objeto de estudio

3.1.1. Localización

Espacialmente, la investigación se desarrolló con muestras de suelos obtenidas de una prospección de campo (calicatas) realizadas en la carretera Yanuyacu Bajo, que pertenece sobre depósitos de la formación chulec (N-ch), constituida por margas gris verdosas y calizas gris oliva a gris claras en capas medianas a delgadas, que en conjunto meteorizan adoptando una coloración gris o crema.

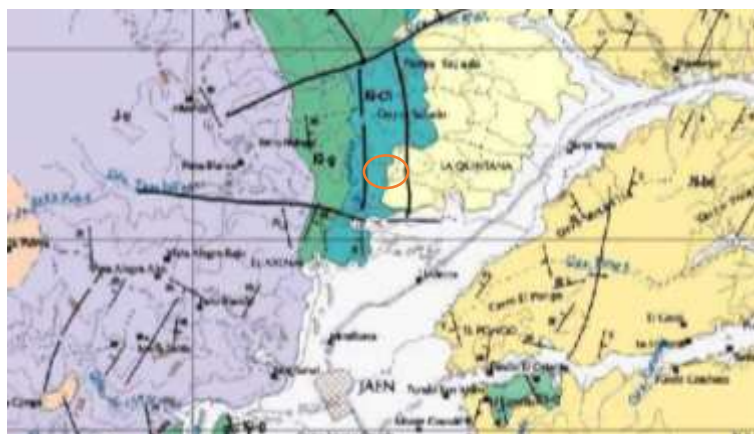


Figura 2: Ubicación de la muestra de estudio en la carta geológica de Jaén.



Figura 3: Recolección de muestra.

3.2.Fuentes de información

- **Información primaria:** Se consideró la información obtenida a través de la observación directa del suelo en estudio y los registros de los ensayos realizados en laboratorio que midieron las propiedades mecánicas de la subrasante.
- **Información secundaria:** Son los artículos, revistas científicas, monografías, libros, tesis, que se revisó para tener en cuenta como referencia bibliográfica de estabilización o reforzamiento de suelos arcillosos con el uso de PET y así mismo los manuales del Ministerio de Transporte y Educación que nos proporcionaron información necesaria para la realización de los ensayos en laboratorio.

3.3.Tipo de Investigación

3.3.1. Según finalidad

Es básica y aplicada; porque se busca aportar conocimientos sobre el uso de las botellas de plástico reciclables, en la fabricación de geosintético para la estabilización de suelos arcillosos.

3.3.2. Según su diseño

La investigación tendrá un diseño experimental. Porque las muestras extraídas del suelo, se les aplicará los ensayos correspondientes para poder clasificarlo, y también poder ver su comportamiento usando el geosintético.

3.3.3. Según su enfoque

La metodología de esta investigación será cuantitativa, porque comprobaremos nuestra hipótesis según los resultados de los ensayos a realizarse en la muestra a extraer del suelo, además de que los resultados que se obtendrán se medirán numéricamente.

3.4.Línea de Investigación

La línea de investigación a la que pertenece es la de “Mecánica de suelos”.

3.5.VARIABLES de la Investigación

3.5.1. Variables Independientes

X: Geosintético de botellas recicladas incorporado a diversas profundidades.

3.5.2. Variables Dependientes

Y: Resistencia a la penetración (CBR).

3.6. Métodos, técnicas y procedimientos de la Investigación

3.6.1. Métodos y Técnicas

- Observación en campo de forma directa.
- Observación en laboratorio de forma directa.
- Documental (Gabinete).

Para el desarrollo de esta investigación se han utilizado diferentes técnicas, una de ellas es la observación y trabajo en campo, ya que se ha realizado el reconocimiento del lugar a ser estudiado y la obtención de las muestras. Otra técnica de estudio es el trabajo en laboratorio, en el cual vamos a determinar las propiedades mecánicas del suelo de estudio clasificado como suelos con un índice de alta plasticidad; antes y después de usar el geosintético; lo siguiente sería realizar el ensamblado del geosintético hecha de las botellas de plástico reciclado y comprobar si mejoran el CBR en un suelo con un índice de alta plasticidad.

Otra técnica utilizada son los procedimientos y ensayos de mecánica de suelos basados en el manual de ensayos de materiales del MTC (2016); para determinar las propiedades mecánicas de los suelos.

- MTC E 101 – Muestreo de suelos y rocas.
- MTC E 107 - Análisis granulométrico de suelos por tamizado.
- MTC E 110.- Determinación del límite líquido de los suelos.
- MTC E 111 - Determinación del límite plástico (LP.) de los suelos e índice de plasticidad (IP).
- MTC E 116 - Compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar (proctor estándar).
- MTC E 132 - CBR de suelos (laboratorio).

3.6.2. Equipos y materiales

➤ **Material:**

Botellas de reciclaje: Los cuales deben cumplir con la clasificación y resistencia necesarios para la experimentación.

Suelo arcilloso: Material de subrasante inadecuado para el estudio de mejoramiento de resistencia a la compresión.

- **Equipos:** Los equipos a emplearse serán los mencionados en las normas para los ensayos de mecánica de suelos.

3.6.3. Procedimiento de la información

- Muestreo de subrasante.
- Ensayos de mecánica de suelos en laboratorio de la subrasante.
- Clasificar los materiales.
- CBR en suelo estabilizado.
- Determinar si el geosintético fabricado a partir de las botellas de plástico reciclados es apto para mejorar las subrasantes de suelos con un índice de alta plasticidad.

3.6.4. Procedimiento de investigación

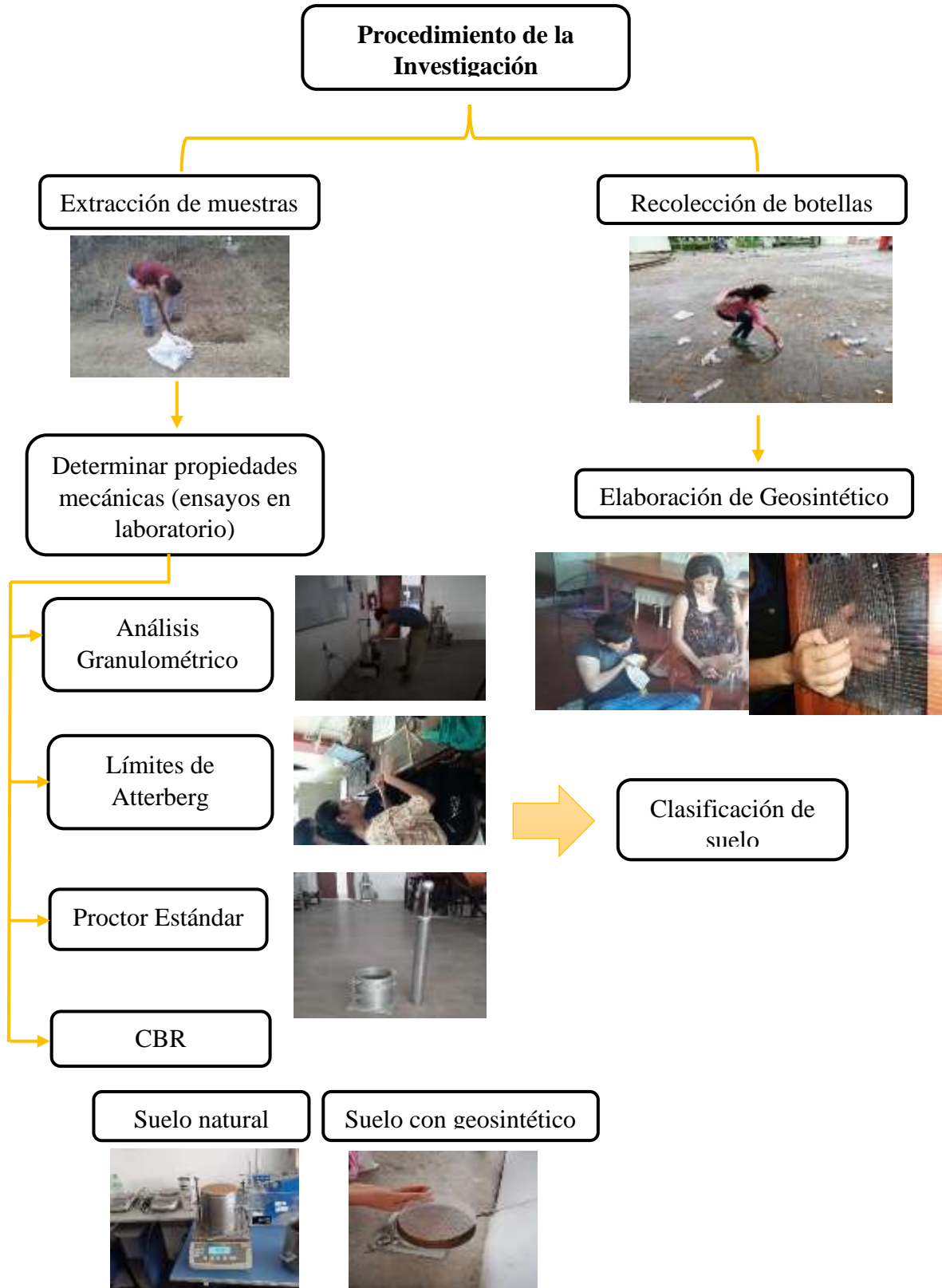


Figura 4: Representación esquemática del procedimiento de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.5. Trabajo de Campo

3.6.5.1. Obtención de botellas de plástico recicladas

Se realizó la ubicación de chatarreros y recolección de puntos de acopio de botellas reciclaje debido al consumo de bebidas en eventos.



Figura 5: Recolección de botellas tiradas en eventos bailables.

Se realizó la ubicación de los puntos de acopio de chatarra y lugares que en épocas de fiesta se consume demasiadas bebidas en botellas plásticas de lo cual se puede recolectar.

3.6.5.2. Elaboración de Geosintético

Para la elaboración del geosintético se tomó en cuenta las características del material fabricado industrialmente, para realizar o producir las tiras de botellas plásticas a entrelazar o tejer.



Figura 6: Elaboración de cortadora artesanal de tiras de botellas.



Figura 7: Lavado de botellas plásticas.



Figura 8: Obtención de tiras de botellas plásticas.



Figura 9: Tejido de geosintético propuesto.



Figura 10: Tejido del geosintético.



Figura 11: Cortado de geosintético a dimensiones del molde de CBR.

3.6.5.3. Delimitación del área de estudio

El área de estudio para tomar las muestras de investigación se realizó en la carretera Yanuyacu –señor Cautivo, distrito Jaén, Provincia de Jaén, Cajamarca, por presentar un suelo arcilloso, que pertenece sobre depósitos de la formación chulec.



Figura 12: Localización de área de estudio en depósitos de formación Chulec.

3.6.5.4.Extracción de la muestra de suelo

Se determinó realizar una exploración a cielo abierto (Calicata) a una altura de 1.50 m para la obtención del material de estudio.



Figura 13: Excavación de Calicata.



Figura 14: Material de estudio.

3.6.6. Trabajo en Laboratorio

Basados en el manual de ensayos de materiales del MTC (2016), realizaremos las pruebas de investigación referentes al estudio.

3.6.6.1.Análisis granulométrico de suelos por tamizado

Representa la distribución cuantitativa de tamaños de partículas de suelo que posee, mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC EM 107) y permite estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que

pudieran interesar. Tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

Tabla 4: *Clasificación de suelos según el tamaño de partículas.*

Tipo de Material	Tamaños de las partículas
Grava	75mm-4.75mm
Arena	Arena gruesa: 4.75 mm- 2.00 mm
	Arena media: 2.00 mm- 0.425 mm
	Arena fina: 0.425 mm- 0.075 mm
Material Fino	Limo 0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla Menor a 0.005 mm

Fuente: (MTC, Manual de Carreteras, 09 de abril del 2014, pág. 31)

Procedimiento

- Se puede realizar un secado natural de la muestra bajo la sombra o secado de la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Cuarteo de la muestra a ensayar.
- A continuación, se remoja para su posterior se lavado 1.309 la muestra representativa obtenida del cuarteo, esta muestra es lavada sobre el tamiz N° 200 con abundante agua.
- Secar la muestra lavada en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que tenga un peso constante, para luego dejarlo enfriar al ambiente y pesarlo.
- Seleccionar tamices adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar, colocar los tamices en orden decreciente por tamaño de abertura.
- Efectuar la operación de tamizado de la parte gruesa (de la malla de 1" hasta la malla N°4) manual durante un tiempo adecuado. Pesar las muestras retenidas en cada tamiz con una precisión de 01gr.
- Colocar el juego de tamices para el tamizado de la parte de finos del suelo (pasante del tamiz N°4), es decir desde el tamiz N° 10 hasta el tamiz N° 200 en orden descendente, colocar la tapa y fondo y realizar el tamizado mecánico. Retirar los tamices y proceder a pesar las partículas retenidas.
- Pesado de las partículas retenidas en cada tamiz con una precisión de 0,1 gr. Registrar y procesar datos con una precisión de 0,1%.



Figura 15: Procedimiento de análisis granulométrico.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.6.2. Determinación del límite líquido de los suelos

Este ensayo es realizado para obtener el límite líquido (LL) poder determinar la plasticidad del suelo considerando que esta propiedad tiene que ver mucho con el comportamiento para la estabilización de los suelos. La norma MTC E 110 plantea la obtención de estos límites mediante el procedimiento con la copa casa grande.

Procedimiento

- Secar la muestra de suelo al aire libre, y se procedió a pulverizar.
- Se obtuvo una muestra representativa del suelo tamizado en la malla N°40.

- En un recipiente de porcelana se colocó la muestra, para luego añadir una pequeña cantidad de agua y se mezcló con una espátula en forma repetida hasta obtener una apariencia cremosa y homogénea.
- Luego se procedió a colocar la muestra en la copa de casa grande, una pequeña cantidad de suelo, se emparejo la superficie de la pasta con una espátula hasta obtener una muestra comprimida horizontalmente centrada en la copa de casa grande.
- Con la ayuda del ranurador, se cortó una ranura que separo el suelo en dos mitades.
- Inmediatamente procedimos a hacer el conteo de golpes necesarios para cerrar la ranura.
- Repetimos esta operación 04 veces para obtener la diferencia entre los números de golpes.
- Luego se colocó la muestra al horno por 24 horas.
- Cumplido las 24 horas se sacó la muestra del horno y se procedió a pesar.



Figura 16: Procedimiento de límite líquido.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.6.3. Determinación del límite plástico (LP) de los suelos e índice de plasticidad (IP)

Para evaluar el límite plástico (LP), se utiliza de la muestra sobrante (20 gr) del ensayo de límite líquido (LL) procediendo ha formado los rollos con la medida deseada para ser llevados al horno para así medir el porcentaje de humedad, además en conjunto con el LL permite determinar la plasticidad del suelo, considerando que esta propiedad tiene que ver mucho con el comportamiento para la estabilización de los suelos. Siendo el Índice de plasticidad IP la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:

Tabla 5: Clasificación de suelos según el Índice de plasticidad.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP < 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: (MTC, Manual de Carreteras, 09 de abril 2014, pág. 32)

Procedimiento

- Se obtiene una muestra para límite plástico de unos 20 gramos.
- Se hace perder un poco de humedad con las manos si es que la muestra está muy saturada.
- Cuando la muestra se nota aparentemente bien, se hará bolitas de unos 2 gr. cada una, luego después se procederá al rolado con los dedos sobre el vidrio esmerilado haciendo hilos, rollos o bastoncitos a una velocidad de 80 a 90 ciclos por minuto, este rolado se realizará hasta que el diámetro del suelo

rolado tenga 1/8" de pulgada (3,2 mm.) de grosor y este se rompa en pedazos en un tiempo no mayor a 2 minutos por cada bolita ensayada.



Figura 17: Enrolado de muestra para Límite plástico.

- “Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro”. (MTC, 2016, p. 77)
- “Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.
- Posteriormente la muestra es llevada al horno por 24 horas para ser secado. Pasado este procedimiento se pesa y se anota los datos.



Figura 18: Rollos para límite plástico.

3.6.6.4. Compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar (Proctor Estándar)

Para ejecutar esta prueba se procede según la norma MTC E- 116, esta describe uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada y así obtener el porcentaje óptimo de humedad para lograr la compactación adecuada de la subrasante.

Procedimiento

- Secar el material si este estuviera húmedo, puede ser al aire libre o al horno.
- Tamizar a través de las mallas 2", 3/4", 3/8" y N°4 para determinar el método de prueba según el análisis granulométrico.
- Tamizar el material por la malla correspondiente según el método optado.



Figura 19: Tamizaje de muestra en malla N°04.

- Preparar 4 muestras de 6kg para Proctor Estándar.
- Agregar agua y mezclar uniformemente. Cada punto de prueba debe tener un incremento de humedad constante que varíen alrededor de 2%.



Figura 20: Mezclado y humectación de espécimen.

- Colocar cada capa en el molde y aplicarle 25 golpes según el método de ensayo.



Figura 21: Materiales para compactar.

- Los golpes deben ser aplicados en toda el área en caída libre, girando el pisón adecuadamente hasta completar las cinco capas.
- La última capa debe quedar en el collarín no excediendo los 6mm al tope del molde de tal forma que luego pueda enrasarse.
- Enrasar el molde con una regla metálica quitando previamente el collarín.
- Retirar la base y registrar el peso del suelo más molde.



Figura 22: Pesado de la muestra de Proctor.

- Luego de pesado, extraer el suelo y tomar una muestra para el contenido de humedad, como mínimo 120 gr. para material granular tomada de la parte central del molde.



Figura 23: Pesado de la muestra humedad de Proctor.

- Llevar las muestras al horno para determinar la humedad.
- Repetir el procedimiento para un mínimo de 4 puntos compactados a diferentes contenidos de humedad, dos de los cuales quedan en el lado seco de la curva y los otros dos en el lado húmedo.

3.6.6.5.CBR de suelos (laboratorio)

Se realizó basándose en la norma de MTC E 132 para determinar la resistencia de los suelos en condiciones determinadas de humedad y densidad. El valor soporte está referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Procedimiento

Este procedimiento consta de la compactación de CBR, ensayo de hinchamiento y ensayo de carga-penetración.

a. Compactación de CBR

- Preparar los especímenes colocando el porcentaje de humedad óptima de contenido de agua encontrada en el ensayo de proctor modificado.



Figura 24: Pesado de porcentaje óptimo de humedad.

- Ensamblar los moldes cilíndricos con sus placas de base, collares de extensión, discos espaciadores y papel filtro.
- Compactar el espécimen en 5 capas de los 3 moldes de CBR, el primero con 12 golpes, el segundo con 24 golpes y el tercero con 56 golpes por capa.
- Determinar la densidad seca de cada molde.



Figura 25: Compactación del espécimen.

b. Ensayo de hinchamiento o expansión

- Invertir las muestras para ensamblar nuevamente los moldes en sus placas.
- Colocar el papel filtro, la placa de expansión, los anillos de sobrecarga, el trípode y el dial de expansión.
- Colocar los moldes a sumergir en un tanque de agua durante 4 días (96 horas) y tomar registro o lectura de la expansión cada 24 horas.



Figura 26: Aparato medidor de expansión.



Figura 27: Inmersión de moldes de CBR en agua.



Figura 28: Toma de lectura de expansión.

c. Ensayo de carga - compactación

- Pasado los cuatros días de sumergidos, sacar los moldes a drenar por un lapsus tiempo de 15 minutos.
- Pesar la muestra sumergida incluyendo el molde.
- Colocar los anillos de sobrecarga en cada molde para llevar a la prensa hidráulica de compresión y aplicar el ensayo de penetración a una velocidad de 0.05 pulg/min, registrando las lecturas de penetración.



Figura 29: Toma de lectura de penetración.

- Al final la toma de lectura tomar muestras para el contenido de humedad de las muestras saturadas.



Figura 30: Muestra de humedad saturada de CBR.



Figura 31: Molde de CBR de suelo natural.



Figura 32: Molde de CBR de suelo natural más geosintético.



Figura 33: Efecto del ensayo de penetración en geosintético.

IV. RESULTADOS

Los ensayos han sido ejecutados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.

4.1. Ensayos de laboratorio

4.1.1. Análisis granulométrico

Realizado el ensayo se obtuvo la tabla 6 que muestra los resultados obtenidos y la determinación de los debidos porcentajes de partículas.

Tabla 6: Resultados de la granulometría.

Abertura Malla		Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
pulg.	mm.	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	9.30	0.71	0.71	99.29
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.71	99.29
3/8"	9.53	19.20	1.47	2.18	97.82
1/4"	6.35	0.00	0.00	2.18	97.82
N° 04	4.76	19.10	1.46	3.63	96.37
N° 08	2.38	25.20	1.92	5.56	94.44
N° 10	2.00	0.00	0.00	5.56	94.44
N° 16	1.19	23.10	1.76	7.32	92.68
N° 20	0.84	0.00	0.00	7.32	92.68
N° 30	0.59	22.80	1.74	9.06	90.94
N° 40	0.42	0.00	0.00	9.06	90.94
N° 50	0.30	31.30	2.39	11.45	88.55
N° 80	0.18	0.00	0.00	11.45	88.55
N° 100	0.15	39.90	3.05	14.50	85.50
N° 200	0.07	39.10	2.99	17.49	82.51
BANDEJA		1080.00	82.47	99.96	0.04
TOTAL			1309.00		

Tabla 7: Clasificación del suelo en estudio.

Material	% Retenido
Grava	3.63
Arena	13.85
Material fino	82.47

Con los datos obtenidos de la tabla 6 se grafica la curva granulométrica de fracción se muestra en la siguiente figura 35.

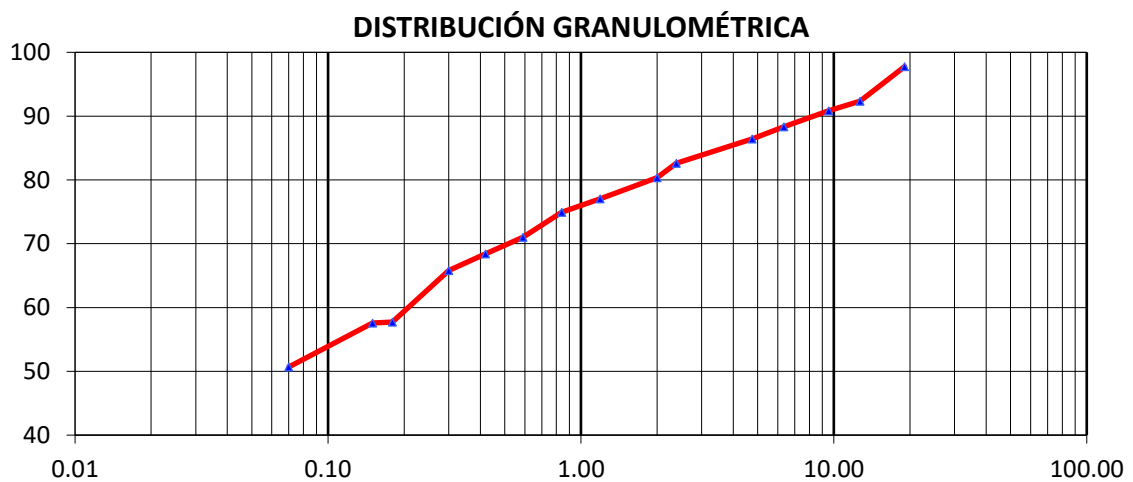


Figura 35. Curva granulométrica de suelo arcilloso.

4.1.2. Límite líquido

Los resultados obtenidos del ensayo de límite líquido se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8: Resultados de límite líquido.

ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO		
	I	II	III
NUMERO DE ENSAYO	1	2	3
CONTENEDOR N°	9	1	2
N°DE GOLPES	31	27	20
W DEL CONTENEDOR + SUELO HUMEDO (gr) Mcws=	28.4	31.28	28.74
W DEL CONTENEDOR + SUELO SECO (gr) Mcs=	21.43	23.17	21.22
PESO DEL CONTENEDOR EN (gr) Mc	6.66	6.43	6.59
PESO DEL AGUA (gr) Mw	6.97	8.11	7.52
PESO DE PARTICULAS SOLIDAS gr Ms	14.77	16.74	14.63
CONTENIDO DE HUMEDAD % W	47.19	48.45	51.40

Los datos obtenidos en la tabla 8 son procesados para obtener el siguiente gráfico mostrado en la figura 36 donde se observa la línea de tendencia de las diferentes humedades a respectivos números de golpes.

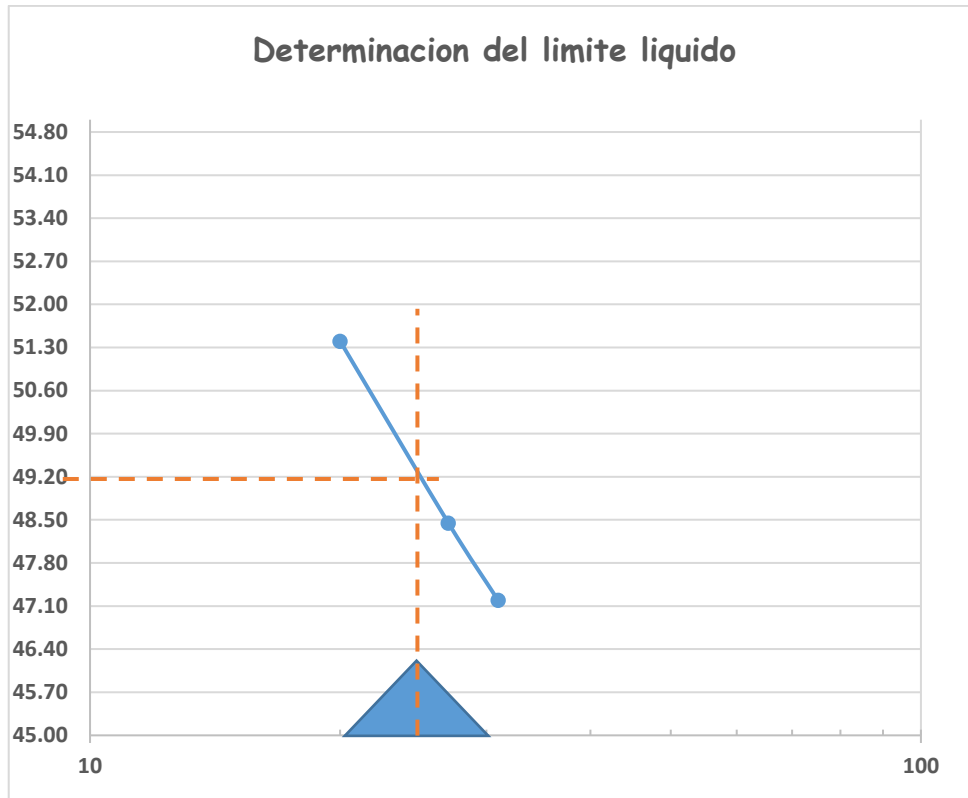


Figura 34: Gráfica de determinación de límite líquido.

Según la norma MTC E-110 el límite líquido es hallado a partir de la gráfica encontrando así el porcentaje de humedad a los 25 golpes, obteniendo un LL=49.2, el cual se verifica a través de la siguiente fórmula:

$$LL = W^n * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Donde:

N = números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad

W^n = contenido de humedad del suelo

Tabla 9: Resultado de LL Según ecuación.

MEDIANTE ECUACIÓN	
I	48.4
II	48.9
II	50.0
PROM	49.1

4.1.3. Limite plástico e índice de plasticidad

Los resultados obtenidos de seguir los procedimientos según la norma MTC E-111 se muestran en la tabla 10.

Tabla 10: Datos de límite plástico.

ENSAYO	LIMITE PLASTICO	
	I	II
NUMERO DE ENSAYO		
CONTENEDOR N°	5	9
W DEL CONTENEDOR + SUELO HUMEDO (gr) Mcws=	15.2	15.47
W DEL CONTENEDOR + SUELO SECO (gr) Mcs=	13.5	13.65
PESO DEL CONTENEDOR EN (gr) Mc	6.33	6.39
PESO DEL AGUA (gr) Mw	1.7	1.82
PESO DE PARTICULAS SOLIDAS gr Ms	7.17	7.26
CONTENIDO DE HUMEDAD % W	23.71	25.07
PROMEDIO (W)	24.39	

Con los datos obtenidos de los límites de Atterberg se halla el índice de plasticidad (IP) del suelo en estudio con la ecuación.

$$IP = LL - LP$$

Tabla 11: Resultado del índice de Plasticidad.

GRAFICAMENTE	
LL=	49.20
LP=	24.39
IP=	24.71

4.1.4. Ensayo de Proctor Estándar

De los especímenes elaborados a diferentes porcentajes de humedad se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 12: Datos de prueba de Proctor Estándar.

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de Golpes	25	25	25	25
Peso del suelo compactado + molde gr.	5666.90	5778.10	5827.10	5812.60
Peso del suelo	1890.90	1922.30	1926.50	1836.80
Peso de molde (gr.)	3776.00	3855.80	3900.60	3975.80
Volumen del molde(gr.)	947.87	947.87	947.87	947.87
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.99	2.03	2.03	1.94

Tabla 13: Resultados de Humedad y Densidad Seca.

	HÚMEDAD			
N° contenedor	1	3	5	7
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	348.1	372	442.3	352.9
P. cont. + suelo seca (gr.)	290.3	317.8	393.1	321.1
Peso del contenedor (gr.)	40.8	53.9	74.8	41.2
Peso del suelo húmedo (gr.)	307.3	318.1	367.5	311.7
Peso del suelo seco (gr.)	249.5	263.9	318.3	279.9
peso del agua	57.8	54.2	49.2	31.8
Contenido de humedad (%)	23.17	20.54	15.46	11.36
Contenido de húm. prom. (%)	23.17	20.54	15.46	11.36
Densidad seca (gr/cm3)	1.62	1.68	1.76	1.74

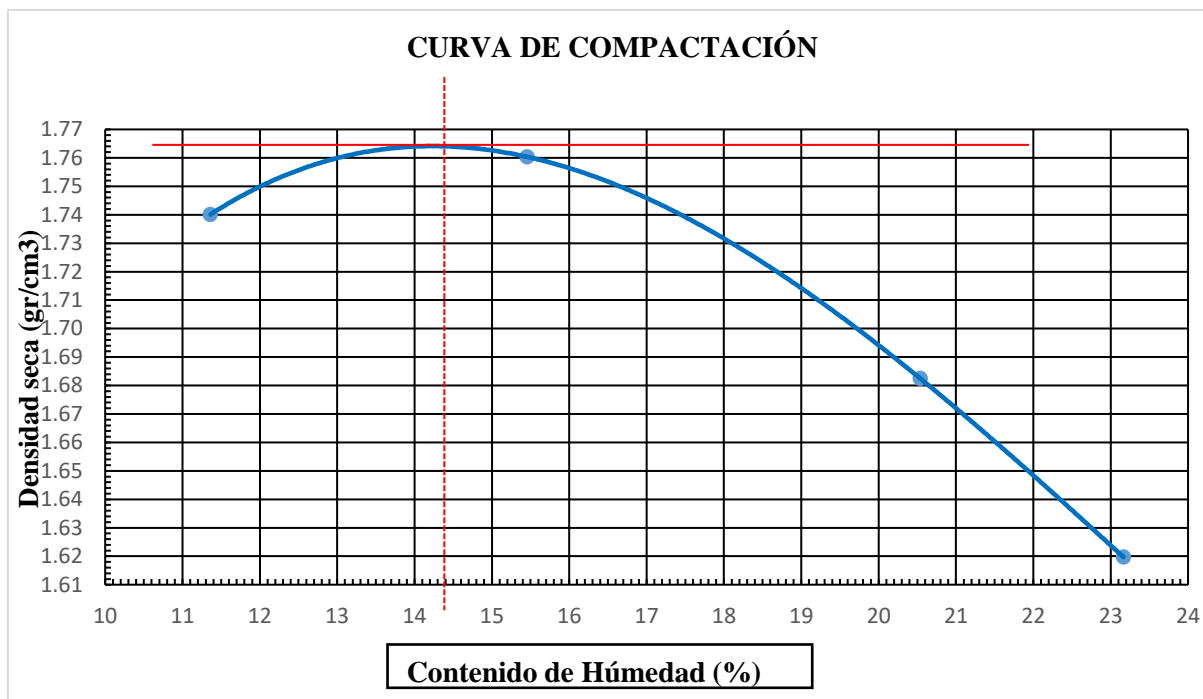


Figura 35: Curva de Compactación.

De la curva de compactación obtendremos los resultados de la densidad seca apropiada para obtener una humedad óptima para compactar.

Máxima densidad seca : 1.764 gr/cm³

Optimo contenido de humedad : 14.40 %

4.1.5. Ensayo de CBR

Los resultados obtenidos del ensayo según la norma MTC E 132 se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 14: Resultados de expansión.

MUESTRAS		EXPANSIÓN					PROMEDIO
Suelos natural (CL)	12 golpes	7.08	7.03	6.79	6.88	6.88	6.93
	25 golpes	6.42	5.57	6.22	5.86	6.40	6.09
	56 golpes	5.20	5.35	4.85	5.11	5.18	5.14
CL+	12 golpes	7.50	7.75	7.84	7.60	7.47	7.63
Geot_8cm S/perf	25 golpes	6.76	7.38	7.60	7.18	7.10	7.20
	56 golpes	6.08	6.68	6.27	6.51	6.46	6.40
CL+	12 golpes	6.68	6.66	6.60	6.68	6.72	6.67
Geot_8cm perf	25 golpes	6.01	5.94	5.79	5.79	5.92	5.89
	56 golpes	4.98	5.07	4.98	5.15	5.20	5.08
CL+	12 golpes	6.36	6.44	6.42	6.35	6.35	6.38

Geot_4cm	25 golpes	5.61	5.77	5.77	5.72	5.63	5.70
perf	56 golpes	5.20	5.09	5.20	5.18	5.11	5.16
CL+	12 golpes	6.21	6.10	6.15	6.04	6.13	6.13
Geot_2.54cm	25 golpes	5.34	5.20	5.37	5.31	5.42	5.33
perf	56 golpes	4.58	4.61	4.52	4.36	4.44	4.50
CL+	12 golpes	4.61	4.66	4.66	4.73	4.56	4.64
Geot_1.27cm	25 golpes	3.75	3.80	3.70	3.77	3.75	3.75
perf	56 golpes	3.39	3.27	3.25	3.27	3.25	3.28

Tabla 15: CBR con Geosintético a diferentes profundidades.

MUESTRAS	CBR 95 %					Promedio
Suelos natural (CL)	2.80	2.85	2.88	2.90	3.10	2.91
CL+ Geosintético a 8 cm s/perf	1.87	1.90	2.10	2.15	2.30	2.06
CL+ Geosintético a 8 cm perf	3.21	3.30	3.37	3.39	3.45	3.34
CL+ Geosintético a 4 cm perf	3.60	3.72	3.75	3.80	3.90	3.75
CL+ Geosintético a 2.54 cm perf	4.40	4.48	4.52	4.55	4.60	4.51
CL+ Geosintético a 1.27 cm perf	6.30	6.40	6.60	6.68	6.72	6.54

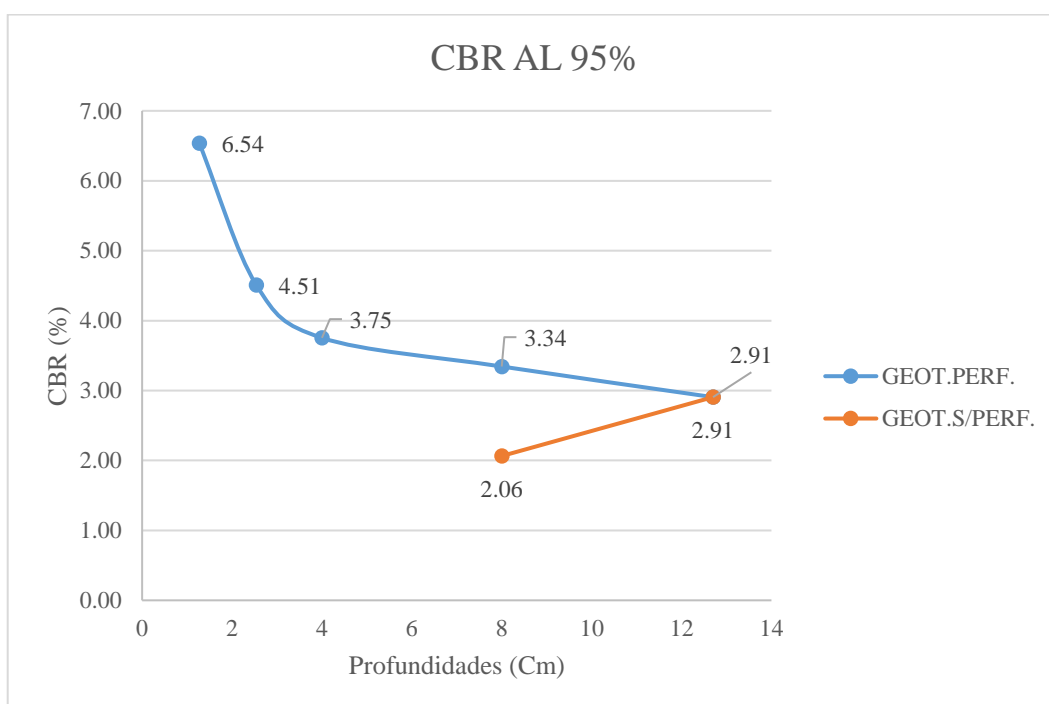


Figura 36: Gráfica de CBR.

* Geot. S/perf: Geosintético manufacturado con escasas aberturas.

* Geot. perf: Geosintético manufacturado con un incremento de tamaño y número de aberturas.

4.2. Análisis estadístico

Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos en el ensayo de CBR se empleó el programa Minitab 18.

- **Análisis Varianza (ANVA)**

El análisis de varianza es una técnica estadística paramétrica (cumple supuestos de aleatorización o asignación de los tratamientos al azar a las unidades experimentales, normalidad de errores e igualdad de varianzas por tratamientos) (ver Anexo 2) utilizada para comparar grupos de datos, y es absolutamente indispensable para analizar los resultados de cualquier diseño experimental.

Hipótesis nula: Las alturas a la que se coloca el geosintético no influye en la estabilización del suelo (Todas las medias son iguales).

Hipótesis alternada: Las alturas a la que se coloca el geosintético influye en la estabilización del suelo (No todas las medias son iguales).

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Tabla 16: *Tabla de análisis de varianza de CBR.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Altura	5	60.0891	12.0178	687.58	0.000
Error	24	0.4195	0.0175		
Total	29	60.5086			

El $p < 0.05$ siendo significativa. Se concluye que existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo cual se determina que la altura en que se coloque el geosintético influirá en la resistencia del suelo.

Tabla 17: *Resultados de medias.*

Altura	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	5	2.9060	0.1148	(2.7840; 3.0280)
2	5	2.0640	0.1795	(1.9420; 2.1860)

3	5	3.3440	0.0921	(3.2220; 3.4660)
4	5	3.7540	0.1099	(3.6320; 3.8760)
5	5	4.5100	0.0755	(4.3880; 4.6320)
6	5	6.5400	0.1822	(6.4180; 6.6620)

- **Prueba Post Anva**

Tabla 18 : *Comparaciones en parejas de Tukey.*

Altura	N	Media	Agrupación
6	5	6.5400	A
5	5	4.5100	B
4	5	3.7540	C
3	5	3.3440	D
1	5	2.9060	E
2	5	2.0640	F

Las medias no comparten una letra son significativamente diferentes, se probó que las agrupaciones son diferentes, que al ser comparado con la norma la agrupación 6 que es la colocación del geosintético a una altura de 1.27cm el geosintético tiene una resistencia mayor a 6% siendo apto como subrasante.

V. DISCUSIÓN

Realizado los ensayos de mecánica de suelos del material en estudio se ha determinado que la granulometría está conformada por un 82.47 % de finos; 13.85 % de arena y 3.63% de grava, así mismo se tiene un límite líquido de 49.2, un límite plástico de 24.39, y un índice de plasticidad de 24.81, clasificando según AASTHO como A-7-6 y en el sistema SUCS como CL, con un CBR de 2.91% al 95% de la densidad seca máxima. En correspondencia con los parámetros del manual de carreteras MTC Este suelo según su CBR como subrasante inadecuada (S0) y según su IP clasifica como de alta plasticidad lo cual se corresponde con el LL próximo a suelos de alta plasticidad es la carta de Casagrande.

El geosintético utilizado es de estructura plana fabricado de tiras entrelazados de botellas plásticas (PET) este material demora en degradarse entre 150 años a 1000 años si permanecen enteradas, mientras el geosintético industrial que contiene polipropileno en un 85 %, puede tener una vida útil entre 50 a 100 años, por lo que se puede inferir que el Geosintético propuesto puede tener mayor vida útil según su tiempo de degradación.

Habiéndose incorporado el geosintético manufacturado a base de botellas recicladas, en los especímenes para CBR se determinó que:

- EL Ensayo de CBR con el geosintético manufacturado con escasas aberturas a una profundidad de 8 cm se obtuvo un valor de 2.06%, observándose que al momento de la penetración el agua no discurre, generando la disminución de la resistencia del suelo inclusive por debajo del suelo natural. Lo cual llevo a incrementar el tamaño y número de aberturas del geosintético manufacturado para su uso en los siguientes especímenes.
- Al utilizar geosintético manufacturado mejorado a profundidades de 8 cm, 4 cm, 2.54 cm y 1.27cm se obtuvo valores de CBR de 3.34%, 3.75%, 4.51% y 6.54% respectivamente, se observa que el CBR del suelo va mejorando en la medida que el geosintético está más próximo a la superficie, pasando de un suelo de subrasante

inadecuada a pobre y en el caso más superficial (1.27 cm) evoluciona a subrasante regular.

En los resultados obtenidos en la tabla 17 del ensayo de CBR al suelo incorporando el geosintético perforado a las profundidades de 8cm, 4cm, 2,54 cm, 1.27 cm se observa incrementos de 14.77%, 28.87%, 54.98% y 124.74% con respecto al CBR del suelo natural, mientras el estudio de Nuñez a un suelo para base incorporando geomalla a diferentes alturas de 2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm y 10 cm y obteniendo incrementos de 14.71%, 26.04%, 53.07% y 84.87% respectivamente según su CBR de suelo natural, lo cual corrobora que los geosintéticos incrementan el valor de soporte a medida que este cerca de la interfase de la subrasante.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- En correspondencia con los parámetros del manual de carreteras MTC Este suelo según su CBR es de subrasante inadecuada (S0) y según su IP clasifica como de alta plasticidad lo cual corresponde con el LL próximo a suelos de alta plasticidad en la carta de Casagrande, según el manual MTC en este tipo de suelos se requiere reforzamiento.
- Según el manual de diseño con geosintéticos, el suelo en estudio requiere de un geosintético que cumpla la función de reforzamiento para $CBR < 3\%$.
- El geosintético manufacturado de material reciclado PET (botellas de plástico), compuestas fundamentalmente de polímeros sintéticos, similar que el geosintético industrial
- El geosintético manufacturado con similares propiedades de reforzamiento, logrando estabilizar el suelo en estudio.
- Para la fabricación una malla de 1m² se utilizaran un total de 22 botellas de 3 litros, concluyendo que para realizar un geosintético para un paño de pavimento de 3.5x3.5m se utilizarán 266 botellas.
- Al Incorporar Geosintético a una profundidad de 1.27 cm, el CBR se obtiene un resultado de 6.54%, que el manual de caminos y carreteras del MTC permite clasificarlo como una subrasante regular, que ya no necesita mejoramiento.
- La resistencia (CBR) del suelo en estudio aumenta a medida que el geosintético manufacturado está más próximo a la superficie, pasando de subrasante inadecuada a subrasante regular.

6.2. Recomendaciones

- Realizar un estudio de verificación de calidad al geosintético creado de tiras de botellas plásticas mediante ensayos estandarizados como ensayo de resistencia a la perforación estática CBR, ensayo de tracción y alargamiento, ensayo de permeabilidad, ensayo de abertura de poros, ensayo de espesor bajo carga de 2 KN/m² y teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de un geosintético manufacturado industrialmente para comparar su comportamiento funcional y estructural.
- Se recomienda estudiar al geosintético en diferentes tipos de suelo con CBR mayor al 6%, para evaluar el porcentaje de incremento de su resistencia y determinar en qué tipo de suelo es más eficiente.
- Realizar un estudio socioeconómico para la producción del geosintético de botellas plásticas manufacturadas a mayor escala.
- Los organismos de gobierno deberían promover empresas especializadas y modernas que se dediquen exclusivamente al reciclado y transformación del residuo de PET en geosintético que abastezcan los proyectos carreteros del país y contribuyan a la reducción de la contaminación ambiental por la disposición de estos residuos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bañón, L., & Bevía, J. (2000). *Manual de carreteras* (Vol. 2). (C. d. Ortiz e Hijos, Ed.) Alicante, España.
- Correa, I. S. (2018). *Análisis del uso de geosintéticos como componentes en la estabilización de taludes y refuerzo de la presa de relaves Animón* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Cerro de Pasco.
- Díaz Gonzáles, J., Escobar Velásquez, O., y Olivo Martínez, E. (2009). *Aplicación de los geosintéticos en la estructura de los pavimentos y en obras de drenaje para carreteras* (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador.
- DM Tecnologías, S.A. de C.V. Group. (2017). *Geosintéticos Group*. Recuperado de <https://www.dmgeosinteticos.mx/2017/01/10/geotextil-para-la-estabilizacion-de-suelos-blandos/>
- PAVCO de Mexichem. (2009). *Funciones y Aplicaciones geotextil*.
- PAVCO S.A. (2009). *Manual de Diseño con Geosintéticos*. Bogota, Colombia. Recuperado de <https://es.slideshare.net/castilloaroni/manual-de-diseo-con-geosinteticos>
- López , J. A. (2013). *Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado (PET)* (tesis de grado). Escuela de ingeniería de Antioquia, Antioquia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima, Perú.
- Núñez, A. (2016). *Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de Geosintéticos* (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Antiplano, Puno.

- Sivapriya, S., & Ganesh-Kumar, S. (2019). Functional and cost-benefits of geosynthetics as subgrade reinforcement in the design of flexible pavement. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(51), 39-49.
doi:<https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n51.2019.9082>
- Teixeira, A., Rodrigues, J., Dias, L., Silva, J., Teixeira, T., Buhmann, C., . . . Fullen, M. (2010). Land rehabilitation with the use of biological geotextiles, in two different countries. *Sociedade & Natureza*, XXII(3), 431-446.
- Zenteno, S. J. (2018). *Efecto de la estabilización de suelos finos con tereftalato de polietileno como material de refuerzo en la estructura de pavimentos flexibles del distrito de puno* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8150>

DEDICATORIA

A Dios, por ser la luz y fortaleza que nos da, por brindarnos salud e iluminar nuestro sendero del saber en la culminación del trabajo.

A nuestros padres y hermanos por el apoyo incondicional brindando la fortaleza y la paciencia para alcanzar este triunfo en la formación profesional.

A nuestros amigos, que están en esta hermosa carrera y nos estuvieron ayudando en las buenas y malas durante la trayectoria de la carrera, con lo que forjaremos un buen desarrollo de nuestro país, sin importar en el lugar que estaremos. ¡Gracias compañeros y amigos!

A los docentes, por haber aportado con sus conocimientos, valores y experiencias para ser profesionales capaces y seguros de afrontar todo tipo de dificultad durante nuestra vida profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos la vida y guiarnos en todo momento, brindándonos la sabiduría y perseverancia para cumplir la meta de poder concluir esta importante etapa del proceso de formación profesional.

A nuestros padres que estuvieron presentes con sus atenciones y que, con muchos esfuerzos y sacrificios, nos han enseñado, aconsejado y apoyado en todo momento para cumplir nuestras metas; nuestro respeto y admiración.

A nuestros amigos y hermanos, por el apoyo en la ejecución de los ensayos y motivarnos a continuar pese a las adversidades.

A la Universidad Nacional de Jaén que nos albergó durante toda nuestra etapa de formación profesional, permitiéndonos crecer intelectualmente y moldearnos con actitudes y capacidades para afrontar las dificultades.

A los Docentes de la Carrera Profesional de la Ingeniería Civil, por compartir sus experiencias y conocimientos; por formarnos profesionalmente y obsequiarme su tiempo valioso para poder concluir este proceso tan importante en nuestra carrera.

A nuestros asesores los ingenieros Wilmer Rojas Pintado y José Luis Piedra Tineo, por su paciencia en acompañarnos en la finalización de este trabajo. Además, por su colaboración que nos brindaron a través de la información, la misma que fue de suma relevancia.

ANEXOS

ANEXO1: ENSAYO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO_UNJ



ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E 107 - 2000

DATOS DEL PROYECTO

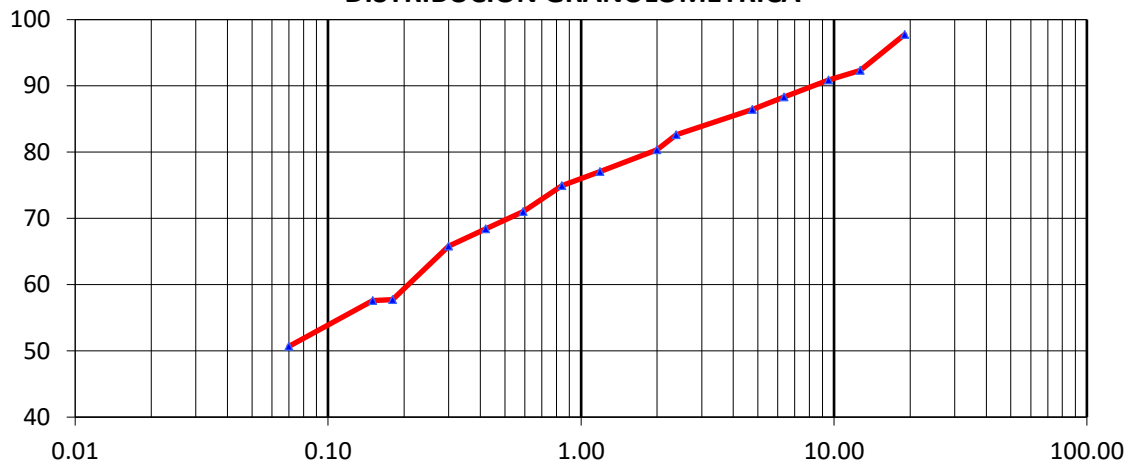
PROYECTO	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN	JAEN_CAJAMARCA
RESPONSABLE	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Enrique Cuellar Tenorio

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	C-01	MATERIAL DE :	Carretera Yanuyacu Bajo
TIPO DE SUELO	CL	PROFUNDIDAD:	1.50
PESO INICIAL	1309.5		

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
pulg.	mm.				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	9.30	0.71	0.71	99.29
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.71	99.29
3/8"	9.53	19.20	1.47	2.18	97.82
1/4"	6.35	0.00	0.00	2.18	97.82
N° 04	4.76	19.10	1.46	3.63	96.37
N° 08	2.38	25.20	1.92	5.56	94.44
N° 10	2.00	0.00	0.00	5.56	94.44
N° 16	1.19	23.10	1.76	7.32	92.68
N° 20	0.84	0.00	0.00	7.32	92.68
N° 30	0.59	22.80	1.74	9.06	90.94
N° 40	0.42	0.00	0.00	9.06	90.94
N° 50	0.30	31.30	2.39	11.45	88.55
N° 80	0.18	0.00	0.00	11.45	88.55
N° 100	0.15	39.90	3.05	14.50	85.50
N° 200	0.07	39.10	2.99	17.49	82.51
BANDEJA		1080.00	82.47	99.96	0.04
TOTAL		1309.00			

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO_UNJ



LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBERG
MTC E 110-111 – 2000

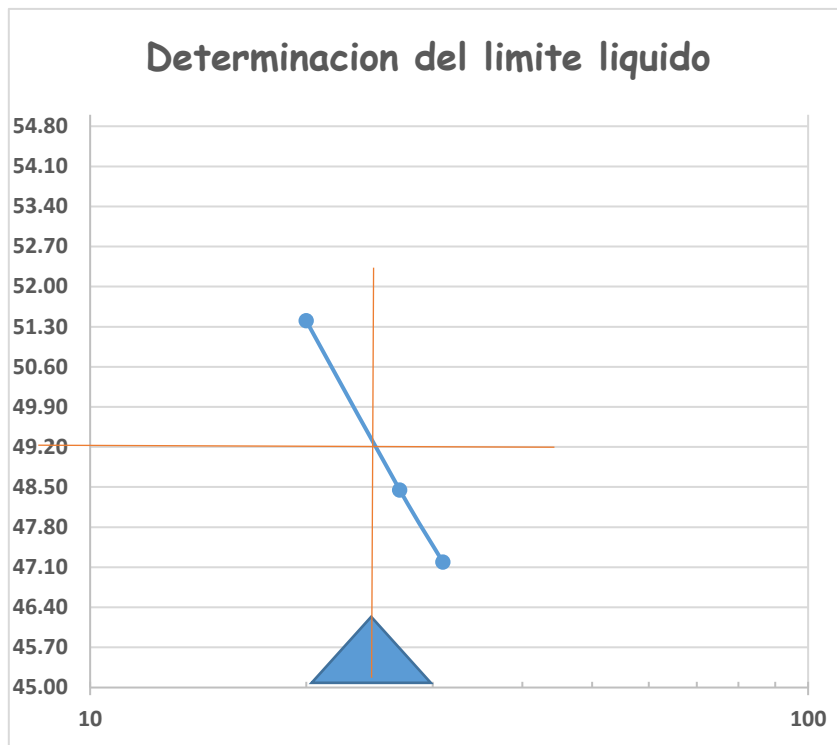
DATOS DEL PROYECTO U OBRA

PROYECTO	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN	: JAEN_CAJAMARCA
RESPONSABLE	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Enrique Cuellar Tenorio

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-01
TIPO DE SUELO	: CL
MATERIAL DE	: CARRETERA YANUYACU BAJO
PROFUNDIDAD	: 1.5

ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	I	II	III	I	II
NUMERO DE ENSAYO	9	1	2	5	9
CONTENEDOR N°	31	27	20
N°DE GOLPES	28.4	31.28	28.74	15.2	15.47
W DEL CONTENEDOR + SUELO HUMEDO (gr) Mcws=	21.43	23.17	21.22	13.5	13.65
W DEL CONTENEDOR + SUELO SECO (gr) Mcs=	6.66	6.43	6.59	6.33	6.39
PESO DEL CONTENEDOR EN (gr) Mc	6.97	8.11	7.52	1.7	1.82
PESO DEL AGUA (gr) Mw	14.77	16.74	14.63	7.17	7.26
PESO DE PARTICULAS SOLIDAS gr Ms	47.19	48.45	51.40	23.71	25.07
CONTENIDO DE HUMEDAD % W	GRAFICAMENTE/FORMULA			24.39	
PROMEDIO (W)	ULA				



PARA GRAFICAR	
Nº GOLPES	W %
20	51.40
27	48.45
31	47.19

GRAFICAMENTE	
LL=	49.20
LP=	24.39
IP=	24.81

MEDIANTE ECUACION	
I	48.4
II	48.9
II	50.0
PROM	49.1



CLASIFICACIÓN DE SUELOS _METODO AASHTO

DATOS DEL PROYECTO U OBRA

PROYECTO	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN	JAEN_CAJAMARCA
RESPONSABLE	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías : Bach: Daniel Enrique Cuellar Tenorio

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-01
TIPO DE SUELO	: CL
MATERIAL DE	: CARRETERA YANUYACU BAJO
PROFUNDIDAD	: 1.5

DATOS DE ENSAYOS

PASA #10 :	94.44	LL :	49.2
PASA#40:	90.94	LP :	24.39
PASA# 20:	82.51	IP :	24.81

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
GRUPO	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Subgrupo												
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)												
Serie ASTM	#10	≤ 50										
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Límite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	≤ 4		≤ 8		≤ 12		< 20		≤ 20
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA					



CLASIFICACIÓN DE SUELOS _METODO SUCS

DATOS DEL PROYECTO U OBRA

PROYECTO	: “ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN	: JAEN_CAJAMARCA
RESPONSABLE	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías : Bach: Daniel Enrique Cuellar Tenorio

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-01
TIPO DE SUELO	: CL
MATERIAL DE	: CARRETERA YANUYACU BAJO
PROFUNDIDAD	: 1.5

DATOS DE ENSAYOS

PASA #10 :	94.44	LL :	49.2
PASA#40:	90.94	LP :	24.39
PASA# 20:	82.51	IP :	24.81





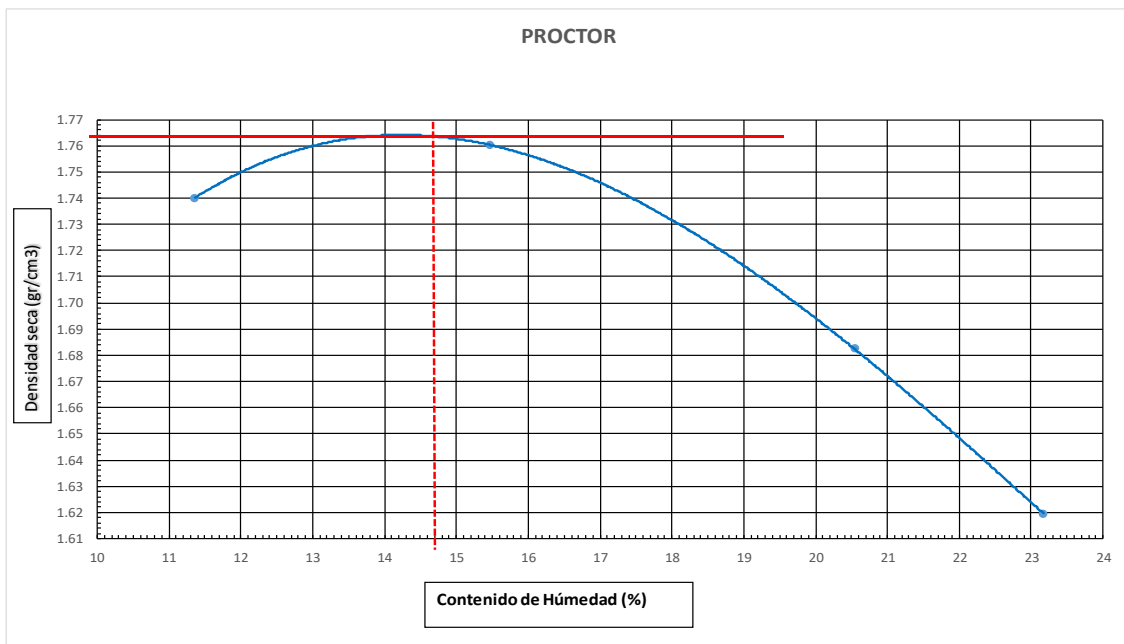
METODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATRIO UTILIZANDO UNA ENERGIA ESTANDAR
MT C E 116 – 2016 ASTM 1557

DATOS DEL PROYECTO	
PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
TESISTAS:	
RESPONSABLES	Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA :	C-01
TIPO DE SUELO:	CL
MATERIAL DE :	CARRETERA YANUYACU BAJO
PROFUNDIDAD:	1.5

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de Golpes	25	25	25	25
Peso del suelo compactado + molde gr.	5666.90	5778.10	5827.10	5812.60
Peso del suelo	1890.90	1922.30	1926.50	1836.80
Peso de molde (gr.)	3776.00	3855.80	3900.60	3975.80
Volumen del molde(gr.)	947.87	947.87	947.87	947.87
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.99	2.03	2.03	1.94

HÚMEDAD				
N° contenedor	1	3	5	7
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	348.1	372	442.3	352.9
P. cont. + suelo seca (gr.)	290.3	317.8	393.1	321.1
Peso del contenedor (gr.)	40.8	53.9	74.8	41.2
Peso del suelo húmedo (gr.)	307.3	318.1	367.5	311.7
Peso del suelo seco (gr.)	249.5	263.9	318.3	279.9
peso del agua	57.8	54.2	49.2	31.8
Contenido de humedad (%)	23.17	20.54	15.46	11.36
Contenido de húm. prom. (%)	23.17	20.54	15.46	11.36
Densidad seca (gr/cm3)	1.62	1.68	1.76	1.74
Densida seca máxima (gr/cm3)	1.764			
Cont. Óptimo de húmdad %	14.4			



Máxima densidad seca	:	1.764 gr/cm3
Óptimo contenido de humedad	:	14.40%

● CBR DE SUELO NATURAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO_UNJ



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	1		A		6	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10964.00	11304.00	11823.00	12025.00	11457.00	11590.00
Peso del suelo compactado	3962.00	4302.00	4355.00	4557.00	4453.00	4586.00
Peso de molde (gr.)	7002.00	7002.00	7468.00	7468.00	7004.00	7004.00
Volumen del molde (gr.)	2144.36	2144.36	2138.74	2138.74	2152.66	2152.66
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.85	2.01	2.04	2.13	2.07	2.13

HÚMEDAD

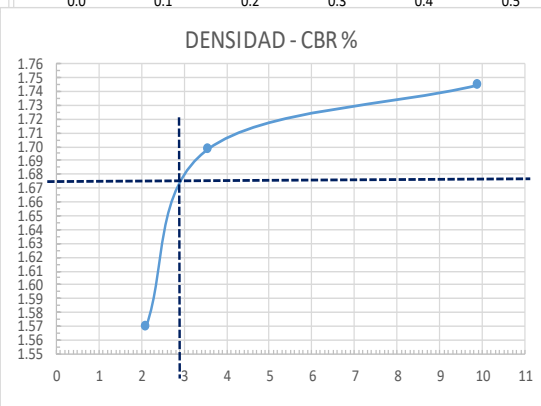
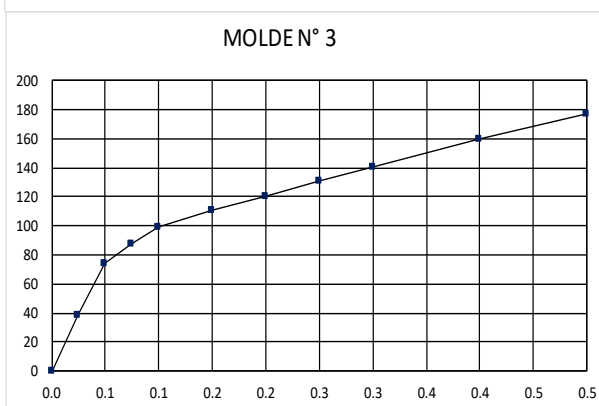
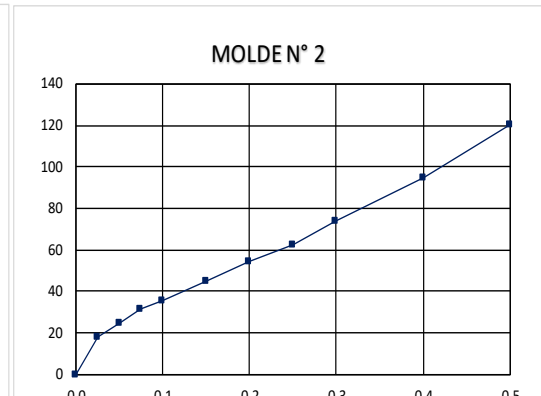
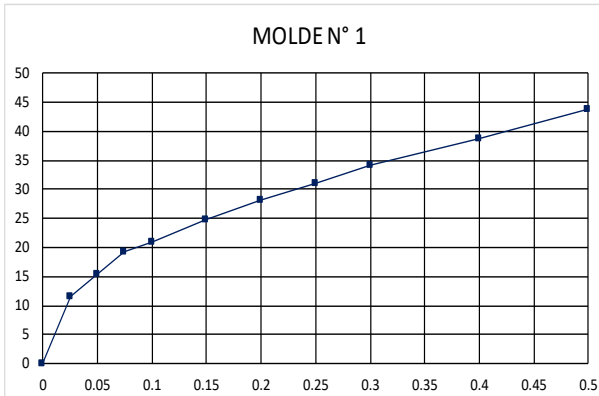
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	365.80	105.47	805.80	104.94	472.00	93.40
P. cont. + suelo seca (gr.)	321.08	91.30	701.96	91.70	406.85	83.90
Peso del contenedor (gr.)	53.80	40.30	122.70	39.63	40.00	40.90
Peso del suelo húmedo (gr.)	312.00	65.17	683.10	65.31	432.00	52.50
Peso del suelo seco (gr.)	267.28	51.00	579.26	52.07	366.85	43.00
peso del agua	44.72	14.17	103.84	13.24	65.15	9.50
Contenido de humedad %	16.73	27.78	17.93	25.43	17.76	22.09
Contenido de humedad prom. %	16.73	27.78	17.93	25.43	17.76	22.09
Densidad seca (gr/cm ³)	1.58	1.57	1.73	1.70	1.76	1.74

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Días	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
		expan.			expan.			expan.		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1.41	3.58	3.08	1.16	2.95	2.54	1.04	2.64	2.27
48	2	2.33	5.92	2.01	2.12	5.38	2.09	1.75	4.45	1.56
72	3	2.83	7.19	1.09	2.58	6.55	1.01	2.13	5.41	0.83
96	4	3.24	8.2296	0.89	2.94	7.467	0.79	2.38	6.0452	0.55

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm ²	Lib/Pulg ²	Kg.	Kg/Cm ²	Lib/Pulg ²	Kg.	Kg/Cm ²	Lib/Pulg ²
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	15.60	0.80	11.46	24.80	1.28	18.22	53.20	2.74	39.07
1.27	0.050	21.10	1.08	15.50	33.30	1.71	24.46	101.20	5.20	74.33
1.91	0.075	26.10	1.34	19.17	42.50	2.19	31.22	119.30	6.13	87.62
2.54	0.100	28.60	1.47	21.01	48.50	2.49	35.62	134.60	6.92	98.86
3.81	0.150	33.70	1.73	24.75	61.20	3.15	44.95	150.60	7.74	110.61
5.08	0.200	38.50	1.98	28.28	73.90	3.80	54.28	164.60	8.46	120.90
6.35	0.250	42.20	2.17	31.00	85.30	4.39	62.65	178.50	9.18	131.11
7.62	0.300	46.50	2.39	34.15	100.50	5.17	73.82	191.60	9.85	140.73
10.16	0.400	52.90	2.72	38.85	129.20	6.64	94.90	217.20	11.17	159.53
12.70	0.500	59.60	3.06	43.78	164.30	8.45	120.68	241.40	12.41	177.30



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg ²	%	gr/cm ³		2.90%
1	0.1	21.01	2.10062431	1.57	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	2.90%
2	0.1	35.62	3.56224752	1.70		
3	0.1	98.86	9.88615498	1.74		



**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883**

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	1		5		2	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condición de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11061.00	11357.70	11333.00	11576.00	11715.00	11890.00
Peso del suelo compactado	4057.00	4353.70	4309.00	4552.00	4458.00	4633.00
Peso de molde (gr.)	7004.00	7004.00	7024.00	7024.00	7257.00	7257.00
Volumen del molde (gr.)	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31	2120.52	2120.52
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.91	2.05	2.03	2.14	2.10	2.18

HÚMEDAD

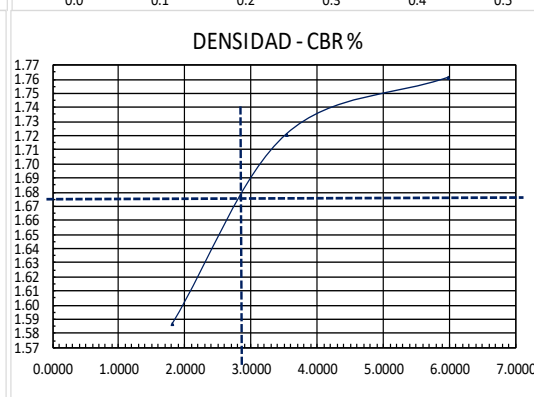
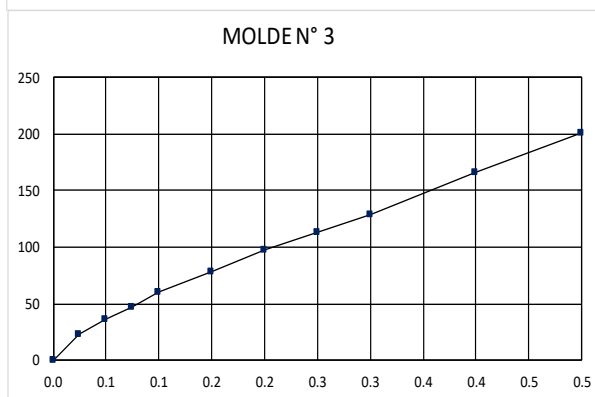
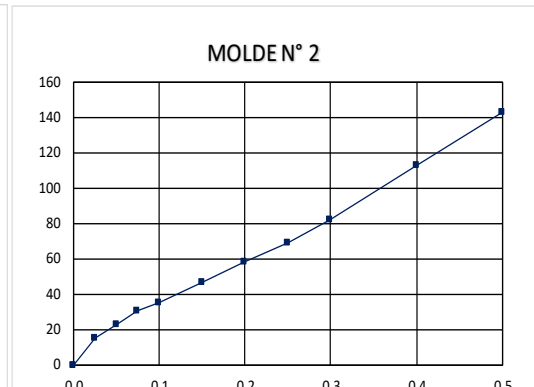
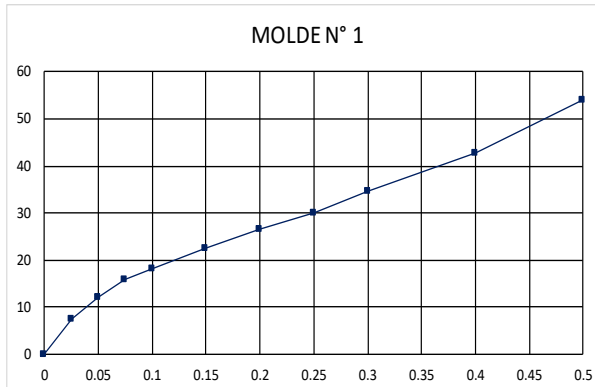
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	328.90	109.80	416.70	96.90	452.40	105.70
P. cont. + suelo seca (gr.)	291.10	94.50	368.10	85.30	398.20	92.90
Peso del contenedor (gr.)	54.50	42.10	69.40	38.10	65.80	39.70
Peso del suelo húmedo (gr.)	274.40	67.70	347.30	58.80	386.60	66.00
Peso del suelo seco (gr.)	236.60	52.40	298.70	47.20	332.40	53.20
peso del agua	37.80	15.30	48.60	11.60	54.20	12.80
Contenido de humedad %	15.98	29.20	16.27	24.58	16.31	24.06
Contenido de humedad prom. %	15.98	29.20	16.27	24.58	16.31	24.06
Densidad seca (gr/cm3)	1.65	1.59	1.75	1.72	1.81	1.76

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Días	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
		expan.			expan.			expan.		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	2.05	5.21	4.48	1.39	3.53	3.04	1.15	2.92	2.51
48	2	2.67	6.78	1.35	1.95	4.95	1.22	1.83	4.65	1.49
72	3	3.08	7.82	0.89	2.43	6.17	1.05	2.34	5.94	1.11
96	4	3.22	8.18	0.31	2.55	6.48	0.27	2.45	6.22	0.24

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde 1			N° de Molde 5			N° de Molde 2		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	9.90	0.53	7.60	19.50	1.05	14.98	29.30	1.58	22.50
1.27	0.050	15.90	0.85	12.21	30.10	1.62	23.12	47.50	2.55	36.48
1.91	0.075	20.70	1.11	15.90	39.50	2.12	30.34	61.00	3.28	46.85
2.54	0.100	23.70	1.27	18.20	46.10	2.48	35.41	78.00	4.19	59.91
3.81	0.150	29.40	1.58	22.58	60.50	3.25	46.47	102.30	5.50	78.57
5.08	0.200	34.70	1.87	26.65	76.00	4.09	58.37	126.50	6.80	97.16
6.35	0.250	39.20	2.11	30.11	89.60	4.82	68.82	146.80	7.89	112.75
7.62	0.300	45.00	2.42	34.56	106.60	5.73	81.87	168.60	9.06	129.49
10.16	0.400	55.70	2.99	42.78	146.90	7.90	112.83	216.20	11.62	166.05
12.70	0.500	70.50	3.79	54.15	186.20	10.01	143.01	261.60	14.06	200.92



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		
1	0.1	18.20	1.8203	1.59	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	2.85%
2	0.1	35.41	3.5407	1.72		
3	0.1	59.91	5.9908	1.76		



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	1		A		6	
	5		5		5	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10884.00	11367.00	11853.00	12065.00	11487.00	11520.00
Peso del suelo compactado	3882.00	4365.00	4385.00	4597.00	4483.00	4516.00
Peso de molde (gr.)	7002.00	7002.00	7468.00	7468.00	7004.00	7004.00
Volumen del molde (gr.)	2129.75	2129.75	2124.16	2124.16	2132.54	2132.54
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.82	2.05	2.06	2.16	2.10	2.12

HÚMEDAD

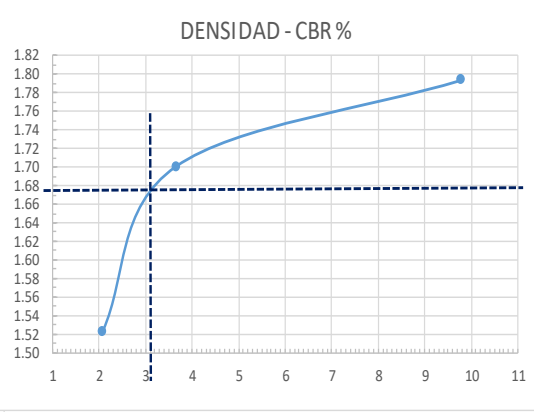
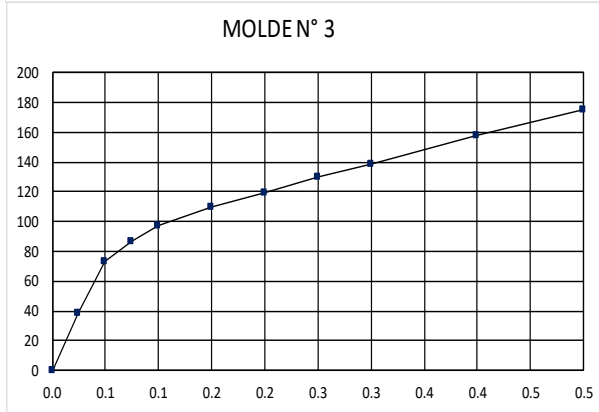
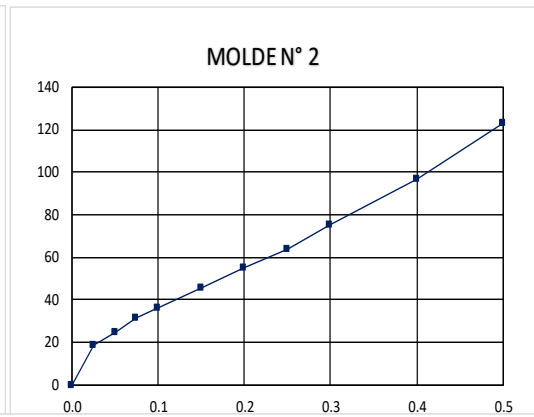
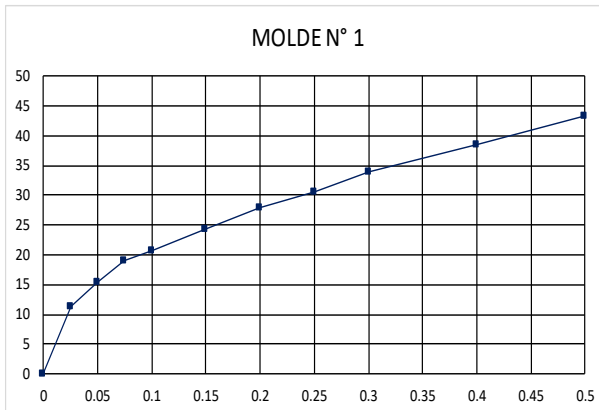
N° contenedor	1-A		1-B		2-A		2-B		3-A		3-B	
	345.80		95.47		815.50		103.60		378.00		83.40	
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	345.80		95.47		815.50		103.60		378.00		83.40	
P. cont. + suelo seca (gr.)	311.08		81.30		710.96		89.90		327.80		76.90	
Peso del contenedor (gr.)	53.80		40.30		122.70		39.63		40.00		40.90	
Peso del suelo húmedo (gr.)	292.00		55.17		692.80		63.97		338.00		42.50	
Peso del suelo seco (gr.)	257.28		41.00		588.26		50.27		287.80		36.00	
peso del agua	34.72		14.17		104.54		13.70		50.20		6.50	
Contenido de humedad %	13.50		34.56		17.77		27.25		17.44		18.06	
Contenido de humedad prom. %	13.50		34.56		17.77		27.25		17.44		18.06	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.61		1.52		1.75		1.70		1.79		1.79	

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
		expan.			expan.			expan.		
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1	1.71	4.34	3.73	1.36	3.45	2.97	1.14	2.90	2.49
48	2	2.46	6.25	1.64	2.23	5.66	1.90	1.65	4.19	1.11
72	3	2.96	7.52	1.09	2.71	6.88	1.05	2.10	5.33	0.98
96	4	3.11	7.90	0.33	2.85	7.24	0.31	2.22	5.64	0.27

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm ²	Lib/Pulg ²	Kg.	Kg/Cm ²	Lib/Pulg ²	Kg.	Kg/Cm ²	Lib/Pulg ²
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	15.40	0.79	11.31	25.30	1.30	18.58	52.60	2.70	38.63
1.27	0.050	20.90	1.07	15.35	33.90	1.74	24.90	100.20	5.15	73.60
1.91	0.075	25.80	1.33	18.95	43.30	2.23	31.80	118.10	6.07	86.74
2.54	0.100	28.30	1.46	20.79	49.70	2.56	36.50	133.20	6.85	97.83
3.81	0.150	33.30	1.71	24.46	62.40	3.21	45.83	149.10	7.67	109.51
5.08	0.200	38.10	1.96	27.98	75.40	3.88	55.38	162.90	8.38	119.65
6.35	0.250	41.70	2.14	30.63	87.00	4.47	63.90	176.70	9.08	129.78
7.62	0.300	46.10	2.37	33.86	102.50	5.27	75.28	189.60	9.75	139.26
10.16	0.400	52.40	2.69	38.49	131.70	6.77	96.73	215.00	11.05	157.91
12.70	0.500	59.10	3.04	43.41	167.60	8.62	123.10	238.90	12.28	175.47



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R.	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		3.10%
1	0.1	20.79	2.07858979	1.52	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	3.10%
2	0.1	36.50	3.6503856	1.70		
3	0.1	97.83	9.78332721	1.79		



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS REICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	2		5		2" - C	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11051.00	11303.00	11268.00	11522.00	11581.00	11771.00
Peso del suelo compactado	3793.00	4045.00	4245.00	4499.00	4439.00	4629.00
Peso de molde (gr.)	7258.00	7258.00	7023.00	7023.00	7142.00	7142.00
Volumen del molde (gr.)	2124.16	2124.16	2115.80	2115.80	2115.80	2115.80
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.79	1.90	2.01	2.13	2.10	2.19

HÚMEDAD

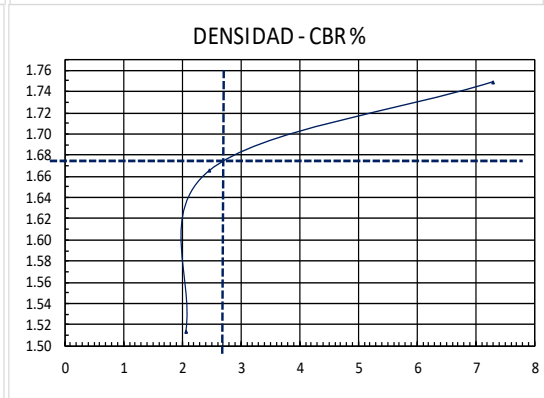
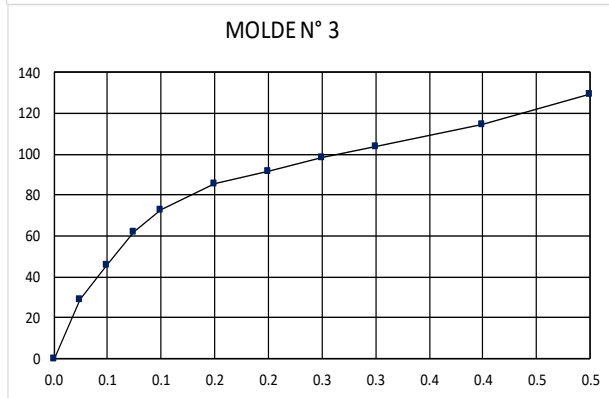
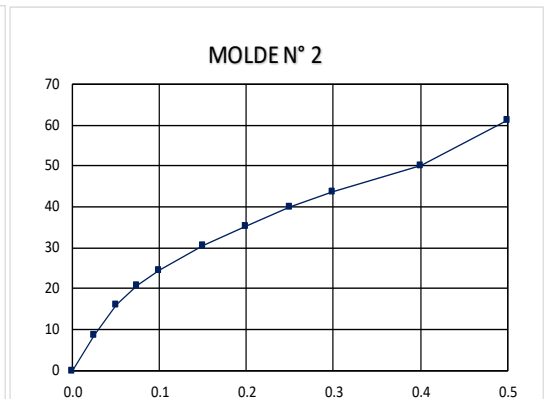
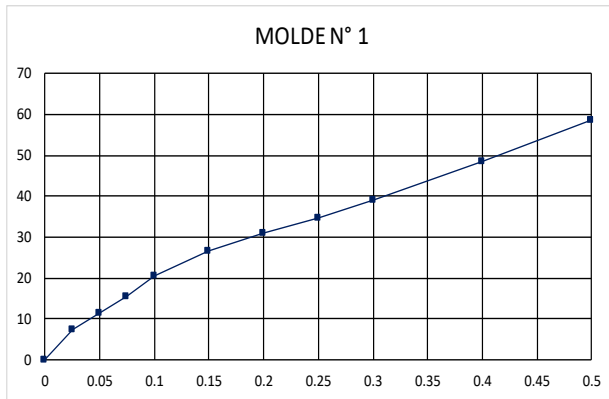
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	283.54	117.00	304.20	105.04	438.60	91.30
P. cont. + suelo seca (gr.)	249.04	101.30	262.84	90.90	384.14	81.30
Peso del contenedor (gr.)	27.90	40.30	28.80	39.78	41.40	41.40
Peso del suelo húmedo (gr.)	255.64	76.70	275.40	65.26	397.20	49.90
Peso del suelo seco (gr.)	221.14	61.00	234.04	51.12	342.74	39.90
peso del agua	34.50	15.70	41.36	14.14	54.46	10.00
Contenido de humedad %	15.60	25.74	17.67	27.66	15.89	25.06
Contenido de humedad prom. %	15.60	25.74	17.67	27.66	15.89	25.06
Densidad seca (gr/cm3)	1.54	1.51	1.71	1.67	1.81	1.75

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Días	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
0	0	expan.			expan.			expan.		
24	1	2.08	5.28	4.54	1.42	3.61	3.10	1.13	2.87	2.47
48	2	2.50	6.48	1.03	2.11	5.41	1.55	1.82	4.62	1.50
72	3	2.95	7.49	0.87	2.53	6.43	0.88	2.22	5.64	0.88
96	4	3.15	8.00	0.44	2.68	6.81	0.33	2.34	5.94	0.26

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	10.20	0.52	7.49	11.70	0.60	8.59	40.00	2.06	29.38
1.27	0.050	15.72	0.81	11.55	22.00	1.13	16.16	62.80	3.23	46.13
1.91	0.075	21.24	1.09	15.60	28.20	1.45	20.71	84.80	4.36	62.28
2.54	0.100	28.08	1.44	20.62	33.50	1.72	24.61	99.40	5.11	73.01
3.81	0.150	36.24	1.86	26.62	41.70	2.14	30.63	116.70	6.00	85.71
5.08	0.200	42.36	2.18	31.11	48.20	2.48	35.40	124.90	6.42	91.74
6.35	0.250	47.40	2.44	34.81	54.40	2.80	39.96	133.80	6.88	98.27
7.62	0.300	53.40	2.75	39.22	59.60	3.06	43.78	141.10	7.25	103.64
10.16	0.400	66.00	3.39	48.48	68.40	3.52	50.24	156.00	8.02	114.58
12.70	0.500	79.80	4.10	58.61	83.60	4.30	61.40	176.70	9.08	129.78



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		2.80%
1	0.1	20.62	2.06243114	1.51	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	2.80%
2	0.1	24.61	2.46052148	1.67		
3	0.1	73.01	7.30077121	1.75		



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MIC E 132 – 2016 ASTM 1883

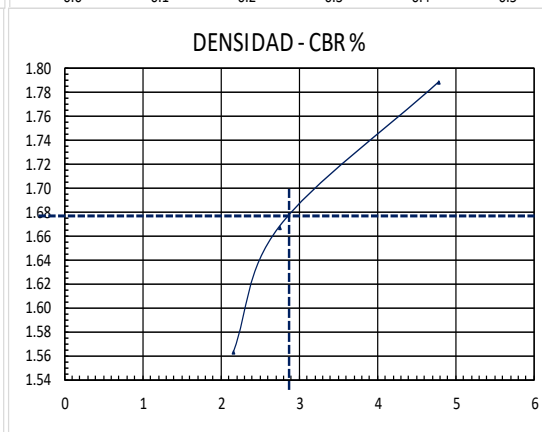
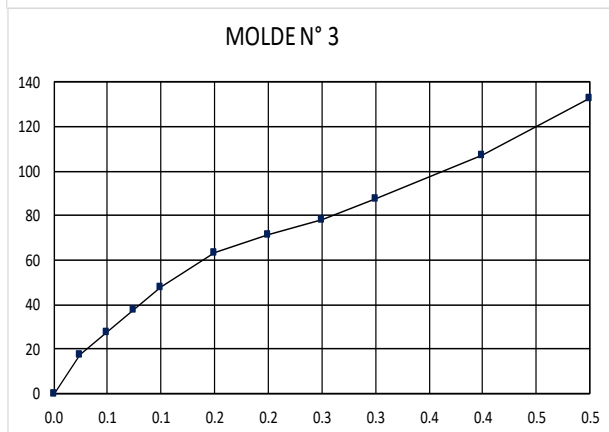
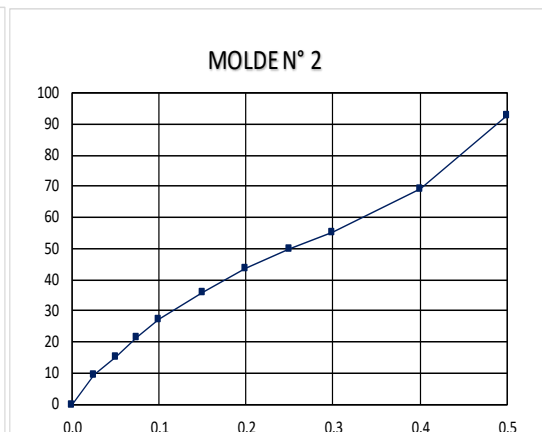
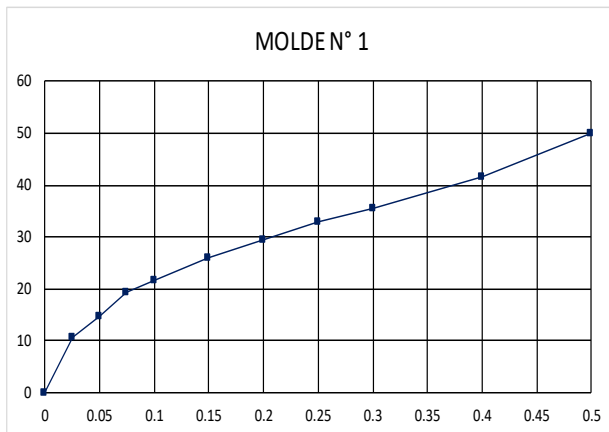
DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN						
NUMERO DE ENSAYO	3		4		6	
Numero de capas	5		B		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condición de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11583	11757	11582	11507	11513	11657
Peso del suelo compactado	4054	4228	4557	4482	4507	4651
Peso de molde (gr.)	7529	7529	7025	7025	7006	7006
Volumen del molde (gr.)	2120.52	2120.52	2128.88	2128.88	2140.47	2140.47
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.91	1.99	2.14	2.11	2.11	2.17

HÚMEDAD						
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	252.69	116.3	303	128	198	113.8
P. cont. + suelo seca (gr.)	219.5	99.8	251.6	109.8	172.2	100.8
Peso del contenedor (gr.)	30.15	39.9	29.34	40.5	28.00	40.3
Peso del suelo húmedo (gr.)	222.54	76.4	273.66	87.5	170	73.5
Peso del suelo seco (gr.)	189.35	59.9	222.26	69.3	144.2	60.5
peso del agua	33.19	16.5	51.4	18.2	25.8	13.00
Contenido de humedad %	17.53	27.55	23.13	26.26	17.89	21.49
Contenido de humedad prom. %	17.53	27.55	23.13	26.26	17.89	21.49
Densidad seca (gr/cm ³)	1.63	1.56	1.74	1.67	1.79	1.79

EXPANSIÓN										
TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1.44	3.66	3.15	1.22	3.10	2.67	1.08	2.74	2.36
48	2	2.29	5.82	1.86	2.15	5.46	2.03	1.64	4.17	1.23
72	3	2.95	6.99	1.01	2.77	6.58	0.96	2.24	5.18	0.87
96	4	3.15	8.00	0.87	2.93	7.44	0.74	2.37	6.02	0.72

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga Kg.	ESFUERZO		Carga Kg.	ESFUERZO		Carga Kg.	ESFUERZO	
			Kg/Cm2	Lib/Pulg2		Kg/Cm2	Lib/Pulg2		Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	14.40	0.74	10.58	12.80	0.66	9.40	24.30	1.25	17.85
1.27	0.050	20.10	1.03	14.76	20.50	1.05	15.06	37.90	1.95	27.84
1.91	0.075	26.40	1.36	19.39	29.10	1.50	21.37	51.50	2.65	37.83
2.54	0.100	29.50	1.52	21.67	37.40	1.92	27.47	65.10	3.35	47.81
3.81	0.150	35.60	1.83	26.15	49.10	2.52	36.06	86.10	4.43	63.24
5.08	0.200	40.00	2.06	29.38	59.40	3.05	43.63	97.60	5.02	71.69
6.35	0.250	45.00	2.31	33.05	67.80	3.49	49.80	106.90	5.50	78.52
7.62	0.300	48.30	2.48	35.48	75.30	3.87	55.31	119.60	6.15	87.84
10.16	0.400	56.70	2.92	41.65	94.00	4.83	69.04	145.90	7.50	107.16
12.70	0.500	68.10	3.50	50.02	126.50	6.50	92.91	181.10	9.31	133.02



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		2.88%
1	0.1	21.67	2.16672787	1.56		
2	0.1	27.47	2.74697025	1.67		
3	0.1	47.81	4.781491	1.79		

• CBR CON GEOSINTÉTICO SIN PERFORAR A 8 CM



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO_UNJ



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTTELLAS PLASTICAS RECICLADAS"
UBICACIÓN: JAJEN_CAJAMARCA
TESISTAS:
RESPONSABLES: Bach: Grace Vega Frías
Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	2		5		2" - C	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11051.00	11304.00	11268.00	11522.00	11581.00	11771.00
Peso del suelo compactado	3793.00	4046.00	4245.00	4499.00	4439.00	4629.00
Peso de molde (gr.)	7258.00	7258.00	7023.00	7023.00	7142.00	7142.00
Volumen del molde (gr.)	2120.52	2120.52	2112.18	2112.18	2112.18	2112.18
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.79	1.91	2.01	2.13	2.10	2.19

HÚMEDAD

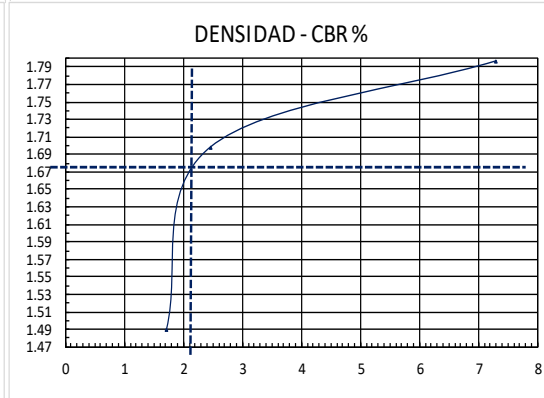
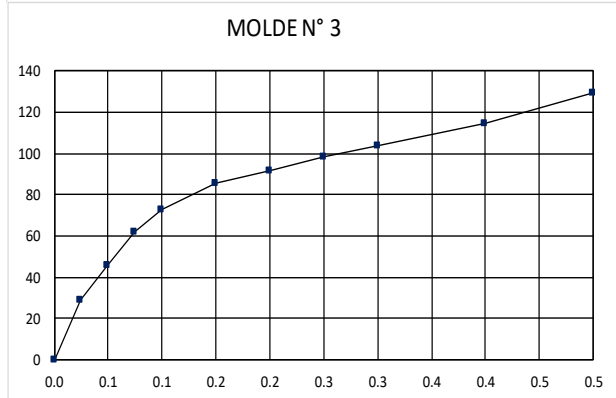
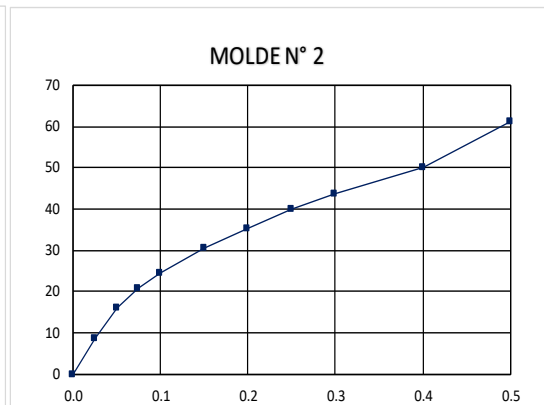
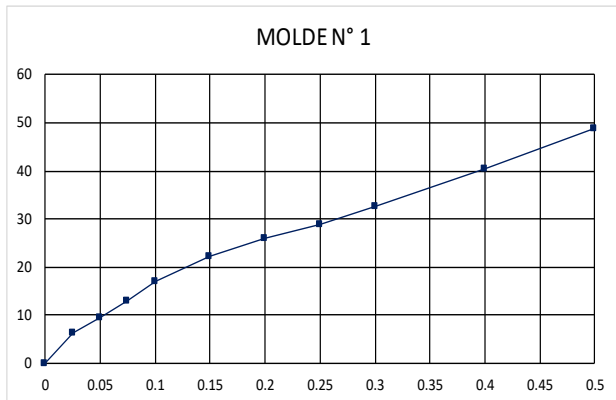
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	283.54	117.00	304.20	105.04	438.60	91.30
P. cont. + suelo seca (gr.)	249.04	100.20	262.84	91.80	384.14	82.30
Peso del contenedor (gr.)	27.90	40.30	28.80	39.78	41.40	41.40
Peso del suelo húmedo (gr.)	255.64	76.70	275.40	65.26	397.20	49.90
Peso del suelo seco (gr.)	221.14	59.90	234.04	52.02	342.74	40.90
peso del agua	34.50	16.80	41.36	13.24	54.46	9.00
Contenido de humedad %	15.60	28.05	17.67	25.45	15.89	22.00
Contenido de humedad prom. %	15.60	28.05	17.67	25.45	15.89	22.00
Densidad seca (gr/cm3)	1.55	1.49	1.71	1.70	1.81	1.80

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
0	0	expan.			expan.			expan.		
24	1	2.38	6.04	5.19	1.59	4.04	3.47	1.33	3.38	2.91
48	2	2.97	7.54	1.29	2.66	6.76	2.34	2.35	5.97	2.23
72	3	3.47	8.81	1.09	3.14	7.98	1.05	2.83	7.19	1.05
96	4	3.75	9.53	0.62	3.38	8.59	0.52	3.04	7.72	0.46

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	8.5	0.44	6.24	11.7	0.60	8.59	40	2.06	29.38
1.27	0.050	13.1	0.67	9.62	22	1.13	16.16	62.8	3.23	46.13
1.91	0.075	17.7	0.91	13.00	28.2	1.45	20.71	84.8	4.36	62.28
2.54	0.100	23.4	1.20	17.19	33.5	1.72	24.61	99.4	5.11	73.01
3.81	0.150	30.2	1.55	22.18	41.7	2.14	30.63	116.7	6.00	85.71
5.08	0.200	35.3	1.81	25.93	48.2	2.48	35.40	124.9	6.42	91.74
6.35	0.250	39.5	2.03	29.01	54.4	2.80	39.96	133.8	6.88	98.27
7.62	0.300	44.5	2.29	32.68	59.6	3.06	43.78	141.1	7.25	103.64
10.16	0.400	55	2.83	40.40	68.4	3.52	50.24	156	8.02	114.58
12.70	0.500	66.5	3.42	48.84	83.6	4.30	61.40	176.7	9.08	129.78



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		
1	0.1	17.19	1.71869262	1.49	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	2.10%
2	0.1	24.61	2.46052148	1.70		
3	0.1	73.01	7.30077121	1.80		



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	3		4		B	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11533	11837	11562	11623	11615	11580
Peso del suelo compactado	4004	4308	4392	4453	4686	4651
Peso de molde (gr.)	7529	7529	7170	7170	6929	6929
Volumen del molde(gr.)	2120.52	2120.52	2128.88	2128.88	2140.47	2140.47
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.89	2.03	2.06	2.09	2.19	2.17

HÚMEDAD

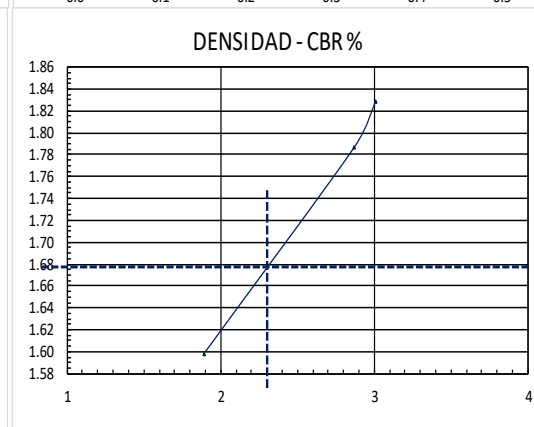
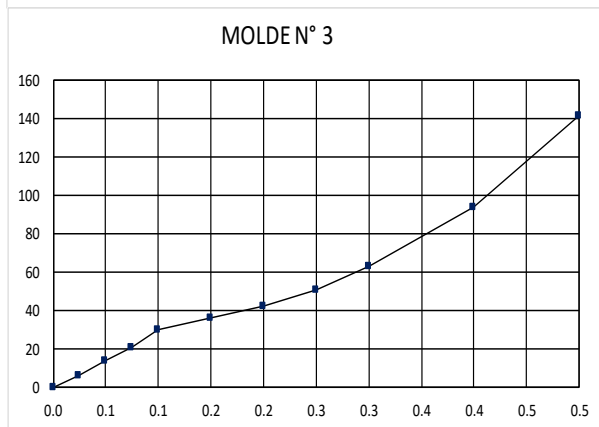
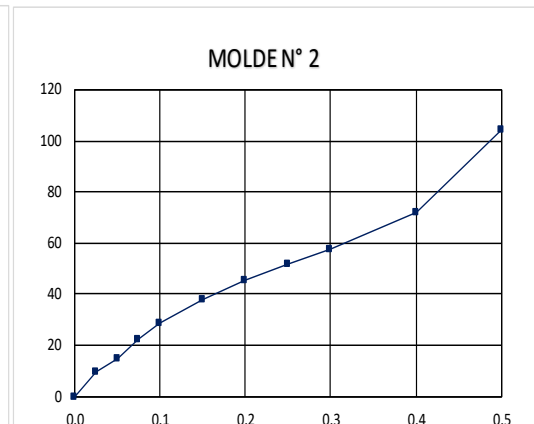
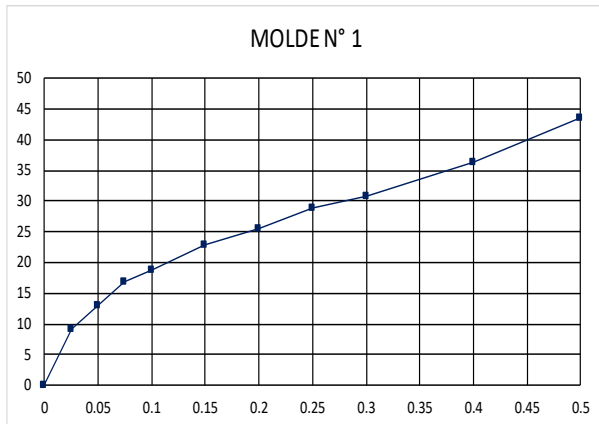
N° contenedor	1-A		1-B		2-A		2-B		3-A		3-B	
	272.69		106.3		323.01		117		208		102.3	
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	239.5		92.1		282.6		105.9		183.2		92.1	
P. cont. + suelo seca (gr.)	30.15		39.6		29.34		40.7		28.00		37.8	
Peso del contenedor (gr.)	242.54		66.7		293.67		76.3		180		64.5	
Peso del suelo húmedo (gr.)	209.35		52.5		253.26		65.2		155.2		54.3	
Peso del suelo seco (gr.)	33.19		14.2		40.41		11.1		24.8		10.20	
peso del agua	15.85		27.05		15.96		17.02		15.98		18.78	
Contenido de humedad %	15.85		27.05		15.96		17.02		15.98		18.78	
Contenido de humedad prom. %	1.63		1.60		1.78		1.79		1.89		1.83	
Densidad seca (gr/cm3)												

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
		expan.			expan.			expan.		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	2.03	5.16	4.43	1.51	3.84	3.30	1.45	3.68	3.17
48	2	2.81	7.14	1.70	2.51	6.38	2.18	2.46	6.25	2.21
72	3	3.32	8.43	1.11	3.13	7.95	1.35	2.99	7.59	1.16
96	4	3.55	9.02	0.50	3.38	8.59	0.55	3.06	7.77	0.15

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	12.00	0.65	9.22	12.80	0.69	9.83	8.40	0.45	6.45
1.27	0.050	16.80	0.90	12.90	19.50	1.05	14.98	17.90	0.96	13.75
1.91	0.075	22.00	1.18	16.90	29.10	1.56	22.35	27.50	1.48	21.12
2.54	0.100	24.60	1.32	18.89	37.40	2.01	28.73	39.20	2.11	30.11
3.81	0.150	29.70	1.60	22.81	49.10	2.64	37.71	46.90	2.52	36.02
5.08	0.200	33.40	1.80	25.65	59.40	3.19	45.62	55.70	2.99	42.78
6.35	0.250	37.50	2.02	28.80	67.80	3.65	52.07	66.00	3.55	50.69
7.62	0.300	40.30	2.17	30.95	75.30	4.05	57.83	82.30	4.42	63.21
10.16	0.400	47.30	2.54	36.33	94.00	5.05	72.20	122.70	6.60	94.24
12.70	0.500	56.70	3.05	43.55	136.00	7.31	104.45	184.60	9.92	141.78



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		
1	0.1	18.89	1.88940092	1.60	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	2.30%
2	0.1	28.73	2.87250384	1.79		
3	0.1	30.11	3.01075269	1.83		



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E132 – 2016 ASTM 1883

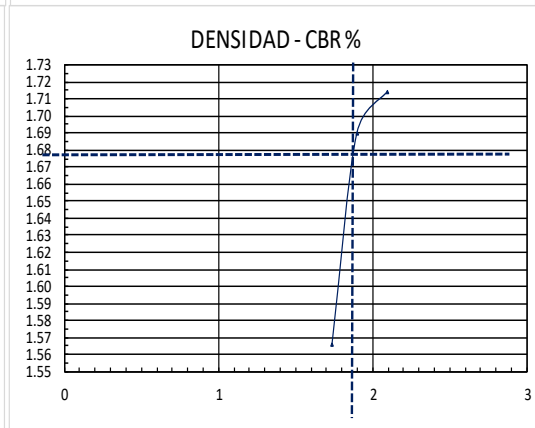
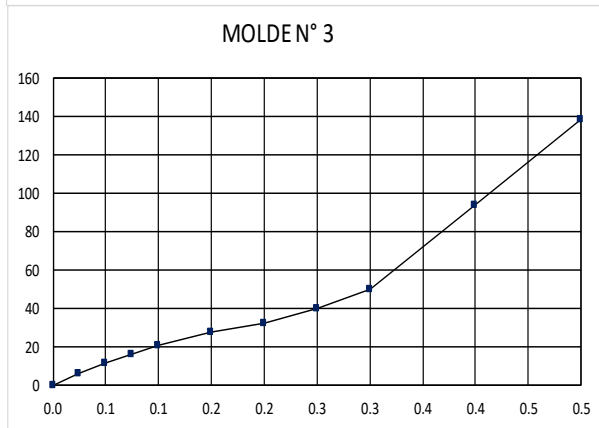
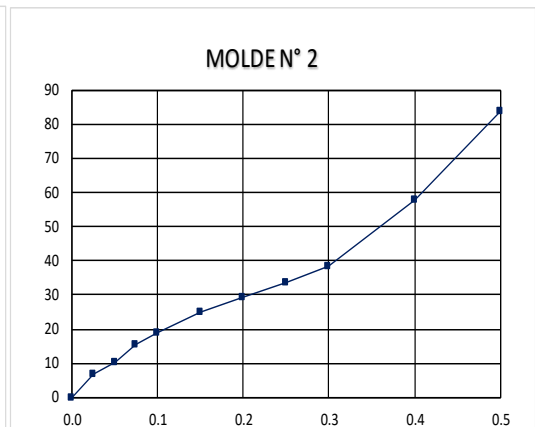
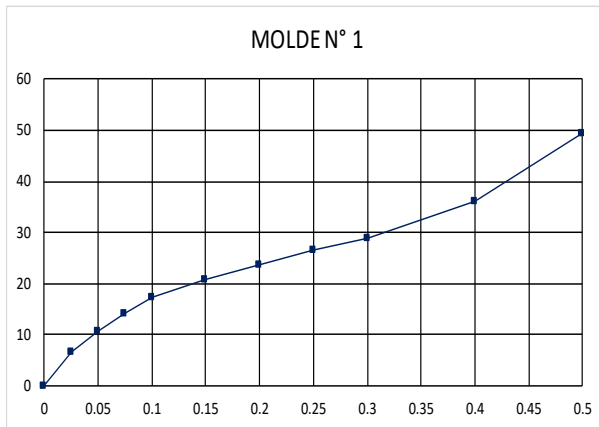
DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN						
NUMERO DE ENSAYO	A		C		6	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condición de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11427	11723	11432	11642	11448	11604
Peso del suelo compactado	3958	4254	4286	4496	4442	4598
Peso de molde (gr.)	7469	7469	7146	7146	7006	7006
Volumen del molde (gr.)	2126.09	2126.09	2120.52	2120.52	2128.88	2128.88
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.86	2.00	2.02	2.12	2.09	2.16

HÚMEDAD						
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	362.5	112.6	343.7	100.6	281.7	110.6
P. cont. + suelo seca (gr.)	322.1	96.9	301.4	88.0	246.8	96.3
Peso del contenedor (gr.)	75.9	40.3	41.7	38.5	41.9	41.2
Peso del suelo húmedo (gr.)	286.6	72.3	302.0	62.1	239.8	69.4
Peso del suelo seco (gr.)	246.2	56.6	259.7	49.5	204.9	55.1
peso del agua	40.4	15.7	42.3	12.6	34.9	14.3
Contenido de humedad %	16.4	27.7	16.3	25.5	17.0	26.0
Contenido de humedad prom. %	16.4	27.7	16.3	25.5	17.0	26.0
Densidad seca (gr/cm3)	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.7

EXPANSIÓN										
TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Días	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
		expan.			expan.			expan.		
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1	1.85	4.70	4.04	1.78	4.52	3.89	1.62	4.11	3.54
48	2	2.90	7.37	2.29	2.80	7.11	2.23	2.42	6.15	1.75
72	3	3.30	8.38	0.87	3.25	8.26	0.98	2.76	7.01	0.74
96	4	3.59	9.12	0.63	3.48	8.84	0.50	2.87	7.29	0.24

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	8.8	0.47	6.76	8.8	0.47	6.76	8.2	0.44	6.30
1.27	0.050	13.8	0.74	10.60	13.6	0.73	10.45	15	0.81	11.52
1.91	0.075	18.6	1.00	14.29	20	1.08	15.36	21.1	1.13	16.21
2.54	0.100	22.6	1.22	17.36	24.7	1.33	18.97	27.3	1.47	20.97
3.81	0.150	27.3	1.47	20.97	32.8	1.76	25.19	35.8	1.92	27.50
5.08	0.200	30.9	1.66	23.73	38.2	2.05	29.34	42.6	2.29	32.72
6.35	0.250	34.6	1.86	26.57	43.7	2.35	33.56	52	2.80	39.94
7.62	0.300	37.8	2.03	29.03	49.8	2.68	38.25	65.7	3.53	50.46
10.16	0.400	46.9	2.52	36.02	75.2	4.04	57.76	122.5	6.59	94.09
12.70	0.500	64.2	3.45	49.31	109.4	5.88	84.02	180.7	9.72	138.79



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		1.87%
1	0.1	17.36	1.73579109	1.57	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	1.87%
2	0.1	18.97	1.89708141	1.69		
3	0.1	20.97	2.09677419	1.71		



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E132 – 2016 ASTM1883

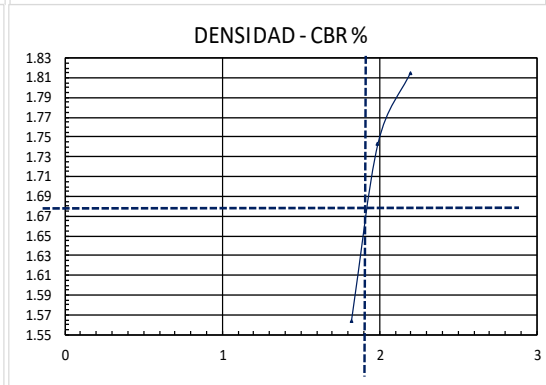
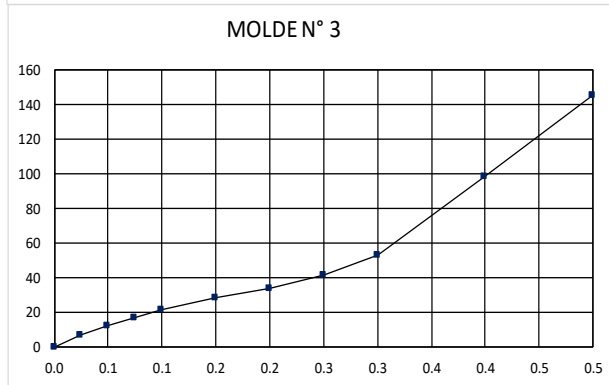
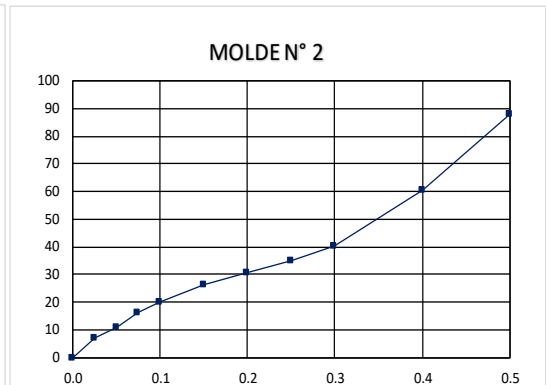
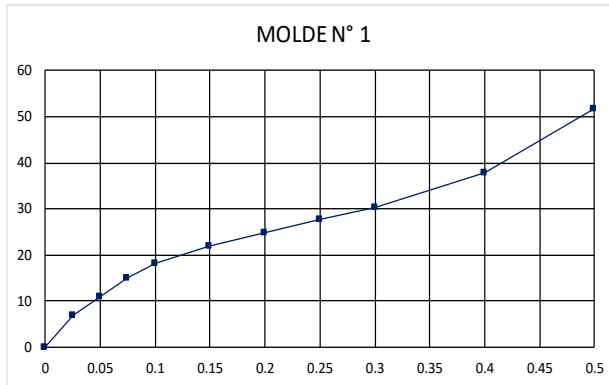
DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN						
NUMERO DE ENSAYO	A		2		6	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11267	11388	11282	11544	11468	11670
Peso del suelo compactado	3799	3920	4027	4289	4465	4667
Peso de molde (gr.)	7468	7468	7255	7255	7003	7003
Volumen del molde(gr.)	2126.09	2126.09	2120.52	2120.52	2128.88	2128.88
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.79	1.84	1.90	2.02	2.10	2.19

HÚMEDAD						
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	262.50	105.80	123.70	98.60	111.70	105.90
P. cont. + suelo seca (gr.)	242.10	95.90	108.40	90.80	96.80	94.30
Peso del contenedor (gr.)	56.70	40.30	41.70	42.10	41.90	38.50
Peso del suelo húmedo (gr.)	205.80	65.50	82.00	56.50	69.80	67.40
Peso del suelo seco (gr.)	185.40	55.60	66.70	48.70	54.90	55.80
peso del agua	20.40	9.90	15.30	7.80	14.90	11.60
Contenido de humedad %	11.00	17.81	22.94	16.02	27.14	20.79
Contenido de humedad prom. %	11.00	17.81	22.94	16.02	27.14	20.79
Densidad seca (gr/cm3)	1.61	1.57	1.54	1.74	1.65	1.81

EXPANSIÓN										
TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
		expan.			expan.			expan.		
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1	1.85	4.95	4.26	1.82	4.62	3.97	1.64	4.17	3.58
48	2	2.90	7.37	2.07	2.68	6.91	1.96	2.36	6.25	1.79
72	3	3.15	8.00	0.55	2.98	7.57	0.57	2.66	6.81	0.48
96	4	3.48	8.84	0.72	3.29	8.36	0.68	2.98	7.57	0.66

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	9.20	0.49	7.07	9.20	0.49	7.07	8.60	0.46	6.61
1.27	0.050	14.50	0.78	11.14	14.20	0.76	10.91	15.70	0.84	12.06
1.91	0.075	19.50	1.05	14.98	21.00	1.13	16.13	22.20	1.19	17.05
2.54	0.100	23.70	1.27	18.20	25.90	1.39	19.89	28.60	1.54	21.97
3.81	0.150	28.70	1.54	22.04	34.40	1.85	26.42	37.50	2.02	28.80
5.08	0.200	32.40	1.74	24.88	40.10	2.16	30.80	44.70	2.40	34.33
6.35	0.250	36.30	1.95	27.88	45.80	2.46	35.18	54.60	2.94	41.94
7.62	0.300	39.70	2.13	30.49	52.30	2.81	40.17	68.90	3.70	52.92
10.16	0.400	49.20	2.65	37.79	78.90	4.24	60.60	128.60	6.91	98.77
12.70	0.500	67.40	3.62	51.77	114.80	6.17	88.17	189.70	10.20	145.70



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3	
1	0.1	18.20	1.8202765	1.57	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 1.90%
2	0.1	19.89	1.98924731	1.74	
3	0.1	21.97	2.19662058	1.81	



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

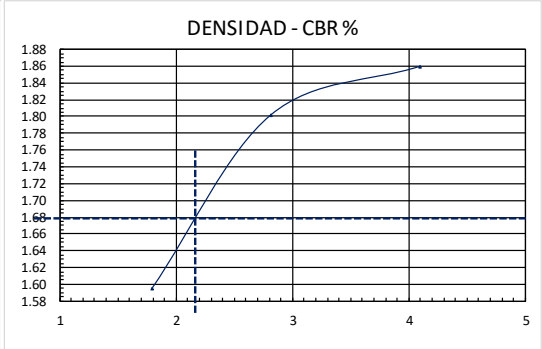
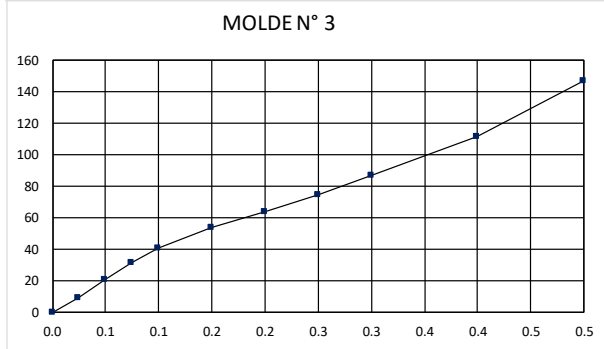
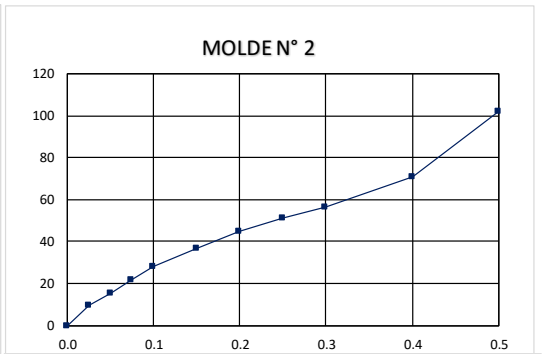
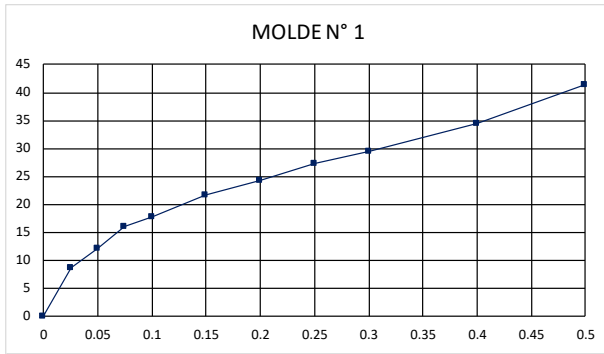
DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN						
NUMERO DE ENSAYO	A		1		B	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condición de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11583	11733	11387	11498	11415	11580
Peso del suelo compactado	4116	4266	4384	4495	4486	4651
Peso de molde (gr.)	7467	7467	7003	7003	6929	6929
Volumen del molde (gr.)	2120.52	2120.52	2128.88	2128.88	2140.47	2140.47
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.94	2.01	2.06	2.11	2.10	2.17

HÚMEDAD						
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	272.59	105.8	321.05	122.6	205.8	109.3
P. cont. + suelo seca (gr.)	237.5	92.1	282.6	110.8	185.2	99.1
Peso del contenedor (gr.)	30.15	39.6	29.34	42.1	28.00	38.5
Peso del suelo húmedo (gr.)	242.44	66.2	291.71	80.5	177.8	70.8
Peso del suelo seco (gr.)	207.35	52.5	253.26	68.7	157.2	60.6
peso del agua	35.09	13.7	38.45	11.8	20.6	10.20
Contenido de humedad %	16.92	26.10	15.18	17.18	13.10	16.83
Contenido de humedad prom. %	16.92	26.10	15.18	17.18	13.10	16.83
Densidad seca (gr/cm3)	1.66	1.60	1.79	1.80	1.85	1.86

EXPANSIÓN										
TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	2.05	5.21	4.48	1.75	4.45	3.82	1.68	4.27	3.67
48	2	2.71	6.88	1.44	2.41	6.38	1.66	2.36	5.99	1.48
72	3	3.16	8.03	0.99	2.95	7.49	0.96	2.79	7.09	0.94
96	4	3.42	8.69	0.56	3.25	8.26	0.66	2.96	7.52	0.37

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga Kg.	ESFUERZO		Carga Kg.	ESFUERZO		Carga Kg.	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	11.40	0.61	8.76	12.50	0.67	9.60	12.60	0.68	9.68
1.27	0.050	15.90	0.85	12.21	20.10	1.08	15.44	26.85	1.44	20.62
1.91	0.075	20.90	1.12	16.05	28.50	1.53	21.89	41.25	2.22	31.68
2.54	0.100	23.30	1.25	17.90	36.60	1.97	28.11	53.30	2.87	40.94
3.81	0.150	28.20	1.52	21.66	48.10	2.59	36.94	70.35	3.78	54.03
5.08	0.200	31.70	1.70	24.35	58.20	3.13	44.70	83.55	4.49	64.17
6.35	0.250	35.60	1.91	27.34	66.40	3.57	51.00	97.00	5.22	74.50
7.62	0.300	38.30	2.06	29.42	73.70	3.96	56.61	113.45	6.10	87.14
10.16	0.400	44.90	2.41	34.49	92.10	4.95	70.74	145.95	7.85	112.10
12.70	0.500	53.80	2.89	41.32	133.20	7.16	102.30	191.29	10.28	146.92



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3	
1	0.1	17.90	1.78955453	1.60	2.15%
2	0.1	28.11	2.81105991	1.80	
3	0.1	40.94	4.093702	1.86	

C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")

• CBR CON GEOSINTÉTICO PERFORADO A 8 CM



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO_UNJ



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.) MTC E 132 – 2016 ASTM 1883
--

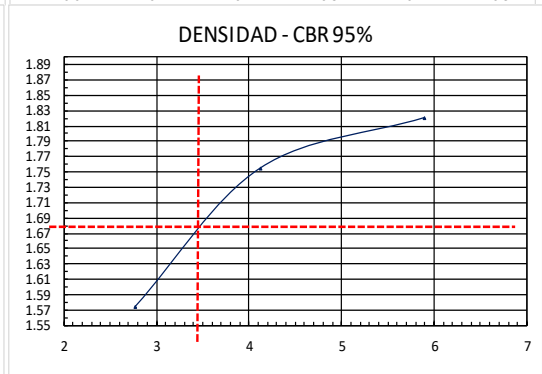
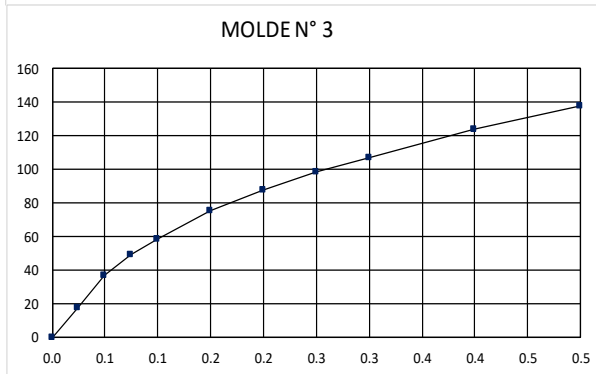
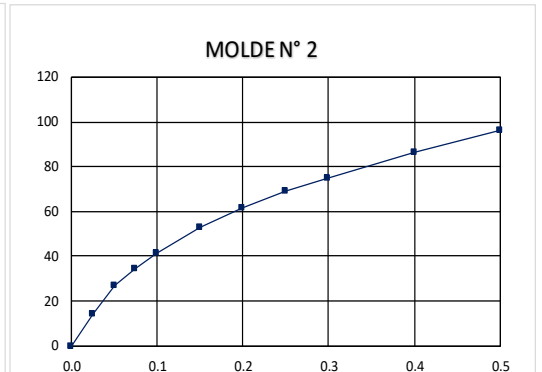
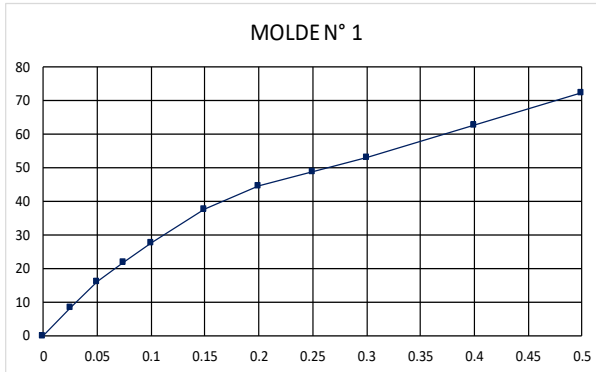
DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN						
NUMERO DE ENSAYO	4		6		A	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10931.00	11285.00	11540.00	11686.00	11458.00	11615.00
Peso del suelo compactado	3927.00	4281.00	4284.00	4430.00	4435.00	4592.00
Peso de molde (gr.)	7004.00	7004.00	7256.00	7256.00	7023.00	7023.00
Volumen del molde (gr.)	2118.70	2118.70	2110.36	2110.36	2110.36	2110.36
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.85	2.02	2.03	2.10	2.10	2.18

HÚMEDAD						
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	213.20	98.60	219.20	97.30	219.00	100.30
P. cont. + suelo seca (gr.)	189.80	85.70	194.30	87.60	195.10	90.50
Peso del contenedor (gr.)	27.50	40.20	28.90	38.10	29.90	40.24
Peso del suelo húmedo (gr.)	185.70	58.40	190.30	59.20	189.10	60.06
Peso del suelo seco (gr.)	162.30	45.50	165.40	49.50	165.20	50.26
peso del agua	23.40	12.90	24.90	9.70	23.90	9.80
Contenido de humedad %	14.42	28.35	15.05	19.60	14.47	19.50
Contenido de humedad prom. %	14.42	28.35	15.05	19.60	14.47	19.50
Densidad seca (gr/cm3)	1.62	1.57	1.76	1.76	1.84	1.82

EXPANSIÓN										
TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%
0	0									
24	1	2.12	5.38	4.63	1.68	4.27	3.67	1.58	4.01	3.45
48	2	2.62	6.65	1.09	2.17	5.51	1.07	1.98	5.03	0.87
72	3	2.93	7.44	0.68	2.53	6.43	0.79	2.26	5.74	0.61
96	4	3.06	7.77	0.28	2.65	6.73	0.26	2.36	5.99	0.22

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga Kg.	ESFUERZO Kg/Cm2	ESFUERZO Lib/Pulg2	Carga Kg.	ESFUERZO Kg/Cm2	ESFUERZO Lib/Pulg2	Carga Kg.	ESFUERZO Kg/Cm2	ESFUERZO Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	11.77	0.60	8.64	19.60	1.01	14.40	24.50	1.26	17.99
1.27	0.050	22.16	1.14	16.27	36.40	1.87	26.74	50.50	2.60	37.09
1.91	0.075	29.75	1.53	21.85	47.25	2.43	34.70	67.50	3.47	49.58
2.54	0.100	37.80	1.94	27.76	56.21	2.89	41.29	80.30	4.13	58.98
3.81	0.150	51.37	2.64	37.73	72.31	3.72	53.11	103.30	5.31	75.87
5.08	0.200	60.65	3.12	44.54	83.58	4.30	61.39	119.40	6.14	87.70
6.35	0.250	66.76	3.43	49.03	94.22	4.84	69.20	134.60	6.92	98.86
7.62	0.300	72.61	3.73	53.33	102.41	5.27	75.22	146.30	7.52	107.46
10.16	0.400	85.42	4.39	62.74	118.09	6.07	86.74	168.70	8.67	123.91
12.70	0.500	98.60	5.07	72.42	131.32	6.75	96.45	187.60	9.65	137.79



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg ²	%	gr/cm ³	
1	0.1	27.76	2.77598237	1.57	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 3.45%
2	0.1	41.29	4.1285347	1.76	
3	0.1	58.98	5.89790672	1.82	



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	4		6		A	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11174.00	11425.00	11240.00	11467.00	11966.00	12157.00
Peso del suelo compactado	4007.00	4258.00	4237.00	4464.00	4499.00	4690.00
Peso de molde (gr.)	7167.00	7167.00	7003.00	7003.00	7467.00	7467.00
Volumen del molde(gr.)	2118.70	2118.70	2121.48	2121.48	2118.70	2118.70
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.89	2.01	2.00	2.10	2.12	2.21

HÚMEDAD

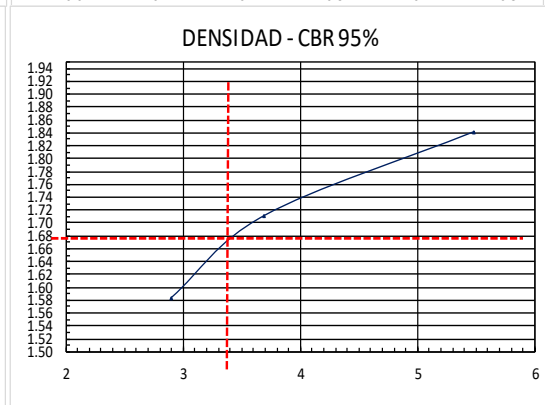
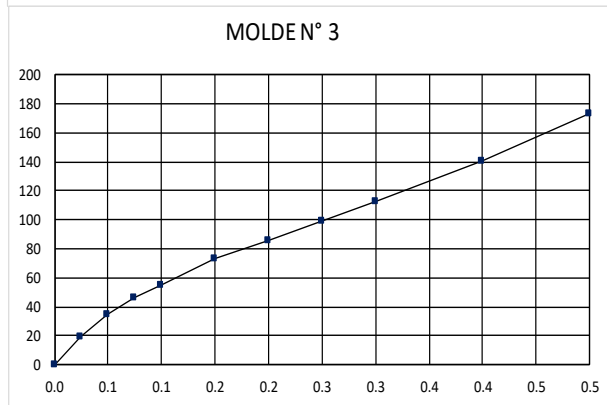
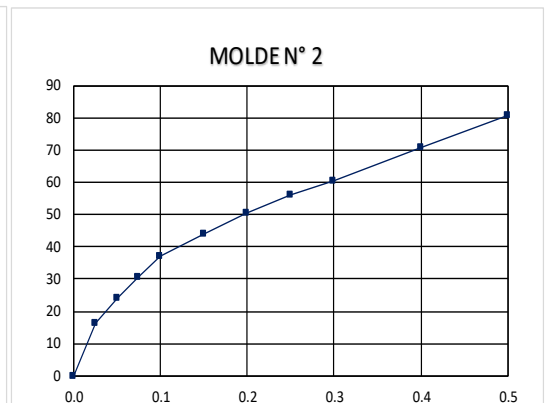
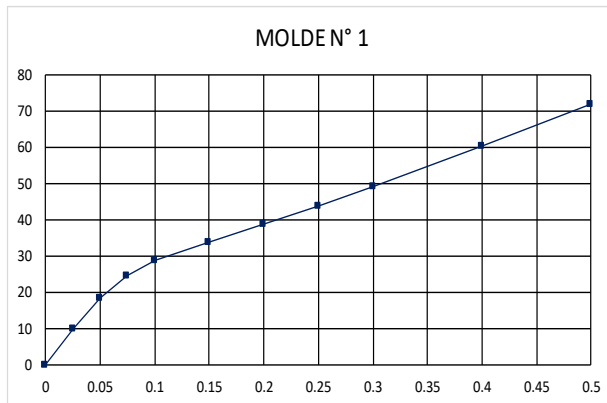
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	175.20	93.60	189.20	87.77	129.00	90.57
P. cont. + suelo seca (gr.)	156.80	82.30	171.30	78.50	115.90	82.10
Peso del contenedor (gr.)	27.50	40.20	28.90	38.10	29.90	40.24
Peso del suelo húmedo (gr.)	147.70	53.40	160.30	49.67	99.10	50.33
Peso del suelo seco (gr.)	129.30	42.10	142.40	40.40	86.00	41.86
peso del agua	18.40	11.30	17.90	9.27	13.10	8.47
Contenido de humedad %	14.23	26.84	12.57	22.95	15.23	20.23
Contenido de humedad prom. %	14.23	26.84	12.57	22.95	15.23	20.23
Densidad seca (gr/cm3)	1.66	1.58	1.77	1.71	1.84	1.84

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Días	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
0	0	expan.			expan.			expan.		
24	1	2.08	5.28	4.54	1.62	4.11	3.54	1.46	3.71	3.19
48	2	2.69	6.83	1.33	2.24	5.69	1.35	2.08	5.28	1.35
72	3	2.97	7.54	0.61	2.61	6.63	0.81	2.28	5.79	0.44
96	4	3.08	7.82	0.24	2.71	6.88	0.22	2.38	6.05	0.22

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	13.9	0.71	10.21	22.20	1.14	16.31	26.92	1.38	19.77
1.27	0.050	25.4	1.31	18.66	32.90	1.69	24.16	47.72	2.45	35.05
1.91	0.075	33.8	1.74	24.83	41.60	2.14	30.55	63.63	3.27	46.73
2.54	0.100	39.5	2.03	29.01	50.30	2.59	36.94	74.64	3.84	54.82
3.81	0.150	46.3	2.38	34.01	60.10	3.09	44.14	99.11	5.10	72.80
5.08	0.200	53.1	2.73	39.00	68.70	3.53	50.46	116.25	5.98	85.38
6.35	0.250	60.1	3.09	44.14	76.50	3.93	56.19	134.60	6.92	98.86
7.62	0.300	67.1	3.45	49.28	82.34	4.23	60.48	154.18	7.93	113.24
10.16	0.400	82.5	4.24	60.59	96.80	4.98	71.10	192.11	9.88	141.10
12.70	0.500	98.2	5.05	72.13	110.40	5.68	81.09	236.16	12.14	173.46



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		
1	0.1	29.01	2.9012119	1.58	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	3.37%
2	0.1	36.94	3.69445465	1.71		
3	0.1	54.82	5.4823386	1.84		



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
TESISTAS:	
RESPONSABLES:	Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	4		6		A	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11381.00	11545.00	11317.00	11527.00	11753.00	11896.00
Peso del suelo compactado	4214.00	4378.00	4314.00	4524.00	4518.00	4661.00
Peso de molde (gr.)	7167.00	7167.00	7003.00	7003.00	7235.00	7235.00
Volumen del molde(gr.)	2118.70	2118.70	2110.36	2110.36	2137.94	2137.94
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.99	2.07	2.04	2.14	2.11	2.18

HÚMEDAD

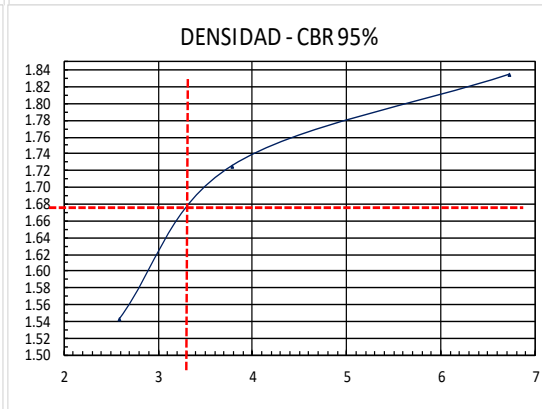
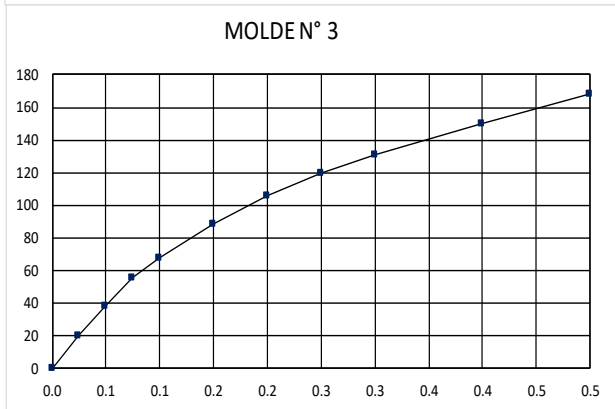
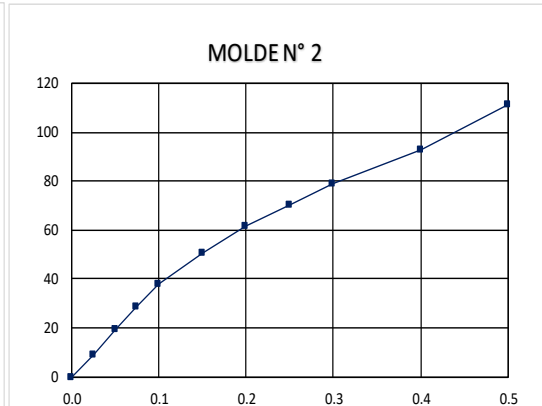
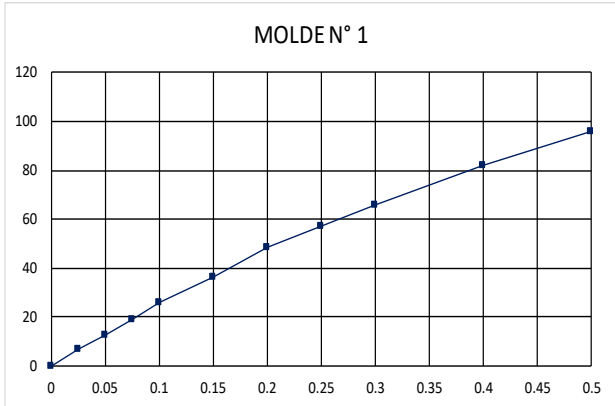
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
	P. cont. + suelo húmeda (gr.)	103.20	92.40	119.20	87.60	146.70
P. cont. + suelo seca (gr.)	86.80	79.20	103.80	78.30	132.30	82.54
Peso del contenedor (gr.)	28.90	40.30	27.50	39.90	29.90	40.24
Peso del suelo húmedo (gr.)	74.30	52.10	91.70	47.70	116.80	50.26
Peso del suelo seco (gr.)	57.90	38.90	76.30	38.40	102.40	42.30
peso del agua	16.40	13.20	15.40	9.30	14.40	7.96
Contenido de humedad %	28.32	33.93	20.18	24.22	14.06	18.82
Contenido de humedad prom. %	28.32	33.93	20.18	24.22	14.06	18.82
Densidad seca (gr/cm3)	1.55	1.54	1.70	1.73	1.85	1.83

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
		expan.			expan.			expan.		
0	0									
24	1	2.08	5.28	4.54	1.61	4.09	3.52	1.42	3.61	3.10
48	2	2.63	6.68	1.20	2.15	5.46	1.18	1.87	4.75	0.98
72	3	2.89	7.34	0.57	2.53	6.43	0.83	2.19	5.56	0.70
96	4	3.02	7.67	0.28	2.65	6.73	0.26	2.28	5.79	0.20

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	9.60	0.49	7.05	12.20	0.63	8.96	26.90	1.38	19.76
1.27	0.050	17.10	0.88	12.56	26.20	1.35	19.24	52.10	2.68	38.27
1.91	0.075	26.10	1.34	19.17	38.80	1.99	28.50	75.10	3.86	55.16
2.54	0.100	35.20	1.81	25.85	51.50	2.65	37.83	91.60	4.71	67.28
3.81	0.150	49.80	2.56	36.58	68.80	3.54	50.53	120.50	6.20	88.51
5.08	0.200	66.00	3.39	48.48	83.60	4.30	61.40	144.40	7.42	106.06
6.35	0.250	77.80	4.00	57.14	95.40	4.90	70.07	163.00	8.38	119.72
7.62	0.300	89.90	4.62	66.03	107.70	5.54	79.10	178.10	9.16	130.81
10.16	0.400	111.60	5.74	81.97	126.20	6.49	92.69	203.90	10.48	149.76
12.70	0.500	130.50	6.71	95.85	151.40	7.78	111.20	229.40	11.79	168.49



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3	
1	0.1	25.85	2.58538377	1.54	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 3.30%
2	0.1	37.83	3.78259273	1.73	
3	0.1	67.28	6.72787367	1.83	



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

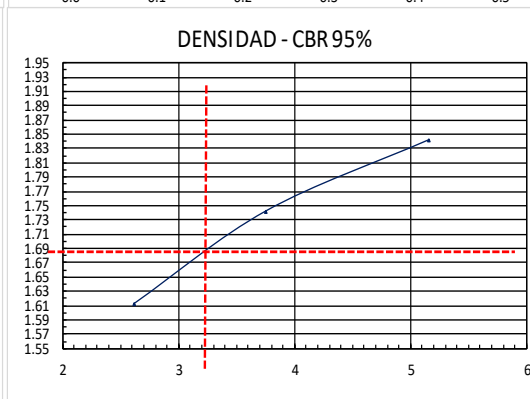
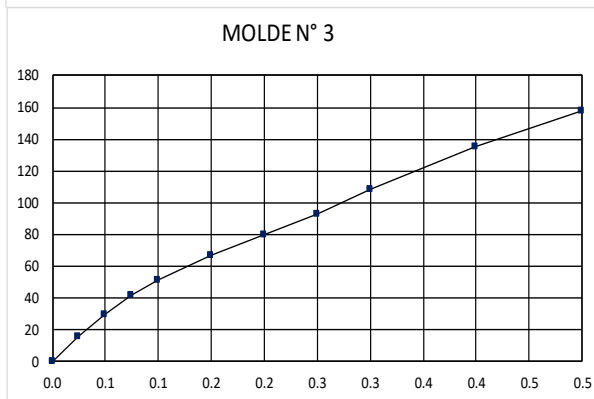
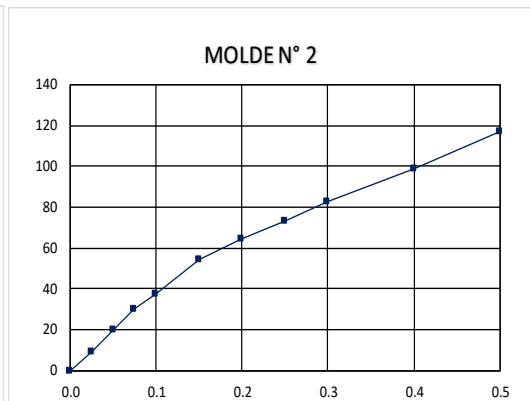
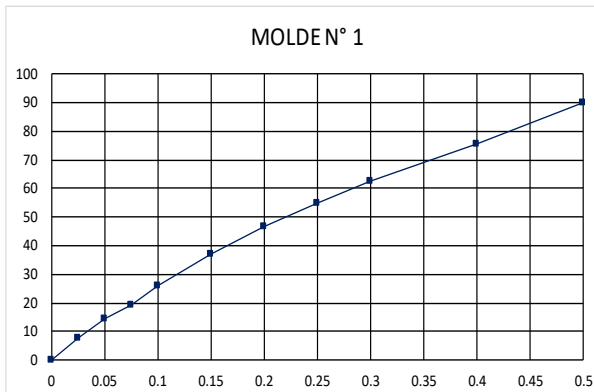
DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN						
NUMERO DE ENSAYO	4		6		A	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condición de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11381.00	11525.00	11340.00	11577.00	11705.00	11898.00
Peso del suelo compactado	4214.00	4358.00	4337.00	4574.00	4470.00	4663.00
Peso de molde (gr.)	7167.00	7167.00	7003.00	7003.00	7235.00	7235.00
Volumen del molde (gr.)	2120.52	2120.52	2112.18	2112.18	2139.78	2139.78
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.99	2.06	2.05	2.17	2.09	2.18

HÚMEDAD						
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	113.20	93.80	119.20	87.80	118.70	98.50
P. cont. + suelo seca (gr.)	96.80	82.20	104.30	78.10	108.10	89.50
Peso del contenedor (gr.)	27.50	39.90	28.90	38.10	29.90	40.24
Peso del suelo húmedo (gr.)	85.70	53.90	90.30	49.70	88.80	58.26
Peso del suelo seco (gr.)	69.30	42.30	75.40	40.00	78.20	49.26
peso del agua	16.40	11.60	14.90	9.70	10.60	9.00
Contenido de humedad %	23.67	27.42	19.76	24.25	13.55	18.27
Contenido de humedad prom. %	23.67	27.42	19.76	24.25	13.55	18.27
Densidad seca (gr/cm3)	1.61	1.61	1.71	1.74	1.84	1.84

EXPANSIÓN										
TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Días	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%
0	0									
24	1	2.12	5.38	4.63	1.52	3.86	3.32	1.32	3.35	2.88
48	2	2.76	7.09	1.46	2.25	5.72	1.59	2.03	5.16	1.55
72	3	2.98	7.44	0.31	2.61	6.63	0.79	2.31	5.87	0.61
96	4	3.05	7.75	0.26	2.72	6.91	0.24	2.35	5.97	0.09

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	10.30	0.53	7.57	12.35	0.63	9.07	21.20	1.09	15.57
1.27	0.050	19.40	1.00	14.25	27.15	1.40	19.94	39.80	2.05	29.23
1.91	0.075	26.30	1.35	19.32	41.10	2.11	30.19	57.10	2.94	41.94
2.54	0.100	35.60	1.83	26.15	51.10	2.63	37.53	70.20	3.61	51.56
3.81	0.150	50.70	2.61	37.24	74.30	3.82	54.57	91.30	4.69	67.06
5.08	0.200	63.50	3.26	46.64	87.50	4.50	64.27	108.70	5.59	79.84
6.35	0.250	74.50	3.83	54.72	99.90	5.14	73.37	126.30	6.49	92.77
7.62	0.300	85.10	4.38	62.50	112.55	5.79	82.67	147.30	7.57	108.19
10.16	0.400	103.10	5.30	75.73	134.90	6.94	99.08	183.70	9.44	134.92
12.70	0.500	122.90	6.32	90.27	159.55	8.20	117.19	215.20	11.06	158.06



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R.	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3	
1	0.1	26.15	2.61476313	1.61	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 3.21%
2	0.1	37.53	3.75321337	1.74	
3	0.1	51.56	5.15607786	1.84	



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

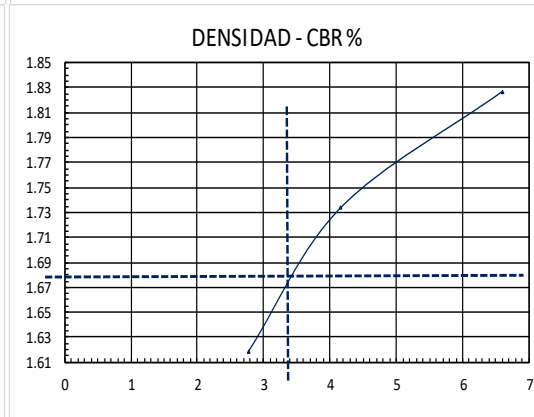
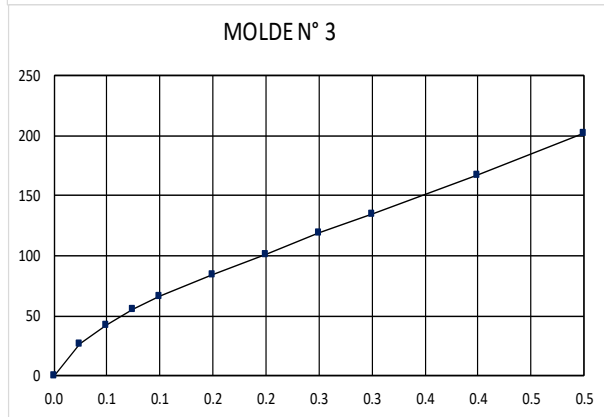
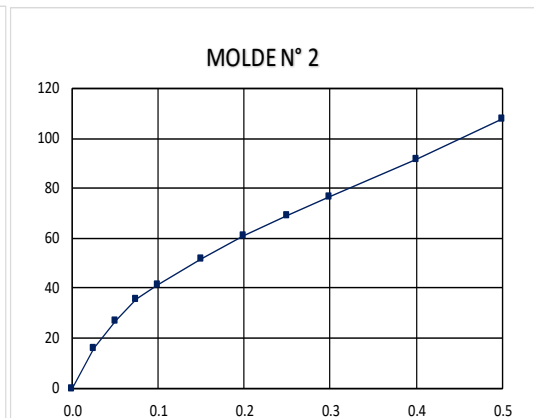
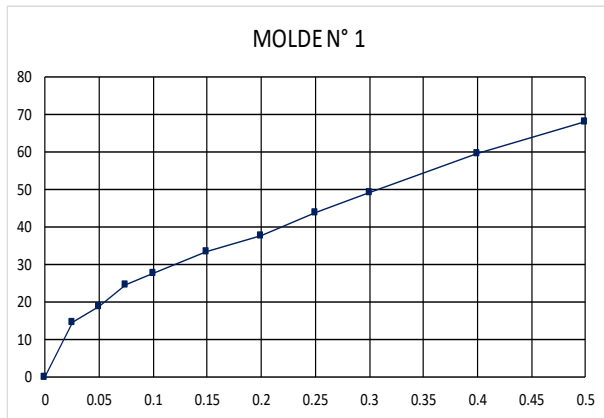
DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN						
NUMERO DE ENSAYO	2		3			
Numero de capas	5		5			
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11138.00	11501.00	11572.00	11857.00	11993.00	12197.00
Peso del suelo compactado	3995.00	4358.00	4315.00	4600.00	4462.00	4666.00
Peso de molde (gr.)	7143.00	7143.00	7257.00	7257.00	7531.00	7531.00
Volumen del molde (gr.)	2127.05	2127.05	2131.57	2131.57	2132.43	2132.43
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.88	2.05	2.02	2.16	2.09	2.19

HÚMEDAD						
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	209.50	92.53	307.00	98.69	288.80	95.70
P. cont. + suelo seca (gr.)	185.10	81.40	273.60	87.20	259.30	86.70
Peso del contenedor (gr.)	28.00	39.50	48.90	40.20	54.30	41.10
Peso del suelo húmedo (gr.)	181.50	53.03	258.10	58.49	234.50	54.60
Peso del suelo seco (gr.)	157.10	41.90	224.70	47.00	205.00	45.60
peso del agua	24.40	11.13	33.40	11.49	29.50	9.00
Contenido de humedad %	15.53	26.56	14.86	24.45	14.39	19.74
Contenido de humedad prom. %	15.53	26.56	14.86	24.45	14.39	19.74
Densidad seca (gr/cm3)	1.63	1.62	1.76	1.73	1.83	1.83

EXPANSIÓN										
TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	2.42	6.15	5.29	1.42	3.61	3.09	1.26	3.20	2.74
48	2	2.78	6.93	0.68	2.19	5.56	1.67	1.81	4.60	1.20
72	3	2.92	7.42	0.42	2.65	6.73	1.00	2.19	5.56	0.83
96	4	3.06	7.77	0.31	2.75	6.99	0.22	2.28	5.79	0.20

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		N° de Molde 1			N° de Molde 5			N° de Molde 2		
mm.	Pulg	Carga Kg.	ESFUERZO		Carga Kg.	ESFUERZO		Carga Kg.	ESFUERZO	
			Kg/Cm2	Lib/Pulg2		Kg/Cm2	Lib/Pulg2		Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	19.90	1.02	14.62	22.00	1.13	16.16	36.10	1.86	26.51
1.27	0.050	25.50	1.31	18.73	36.60	1.88	26.88	57.50	2.96	42.23
1.91	0.075	33.80	1.74	24.83	48.20	2.48	35.40	75.30	3.87	55.31
2.54	0.100	37.70	1.94	27.69	56.70	2.92	41.65	90.00	4.63	66.10
3.81	0.150	45.50	2.34	33.42	70.70	3.63	51.93	114.90	5.91	84.39
5.08	0.200	51.20	2.63	37.61	83.10	4.27	61.04	137.20	7.05	100.77
6.35	0.250	59.70	3.07	43.85	93.90	4.83	68.97	162.30	8.34	119.21
7.62	0.300	67.10	3.45	49.28	104.50	5.37	76.75	183.60	9.44	134.85
10.16	0.400	81.50	4.19	59.86	124.70	6.41	91.59	228.70	11.76	167.98
12.70	0.500	92.90	4.78	68.23	147.00	7.56	107.97	275.50	14.16	202.35



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R.	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		3.39%
1	0.1	27.69	2.76900477	1.62	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	3.39%
2	0.1	41.65	4.16452442	1.73		
3	0.1	66.10	6.61035622	1.83		

• CBR CON GEOSINTÉTICO PERFORADO A 4CM



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO_UNJ



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MIC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	A		C		6	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11457	11667	11232	11542	11458	11564
Peso del suelo compactado	3988	4198	4086	4396	4452	4558
Peso de molde (gr.)	7469	7469	7146	7146	7006	7006
Volumen del molde (gr.)	2126.09	2126.09	2120.52	2120.52	2128.88	2128.88
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.88	1.97	1.93	2.07	2.09	2.14

HÚMEDAD

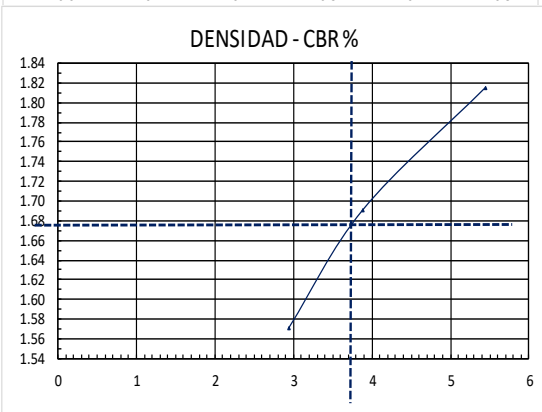
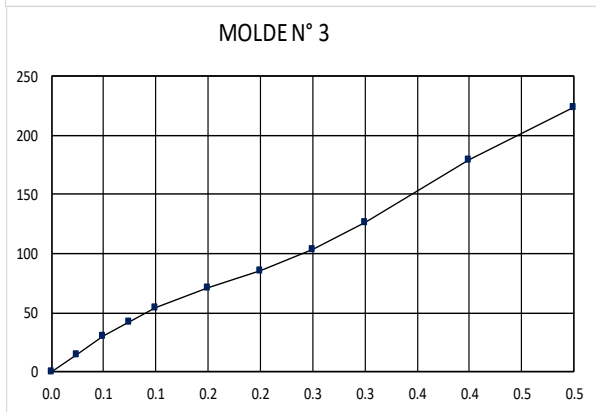
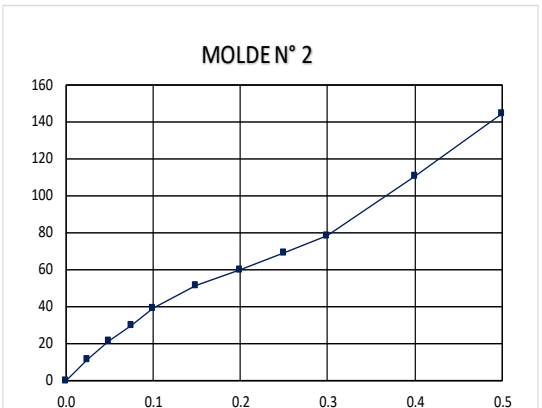
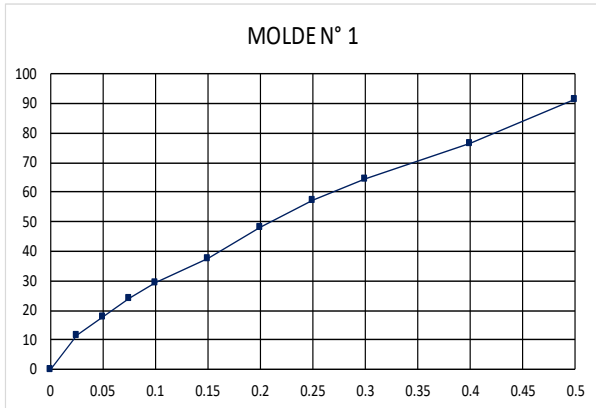
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	372.5	102.6	187.7	90.6	141.7	100.3
P. cont. + suelo seca (gr.)	342.1	89.9	168.4	81	126.80	91.3
Peso del contenedor (gr.)	75.9	40.3	41.7	38.5	41.90	41.2
Peso del suelo húmedo (gr.)	296.6	62.3	146	52.1	99.8	59.1
Peso del suelo seco (gr.)	266.2	49.6	126.7	42.5	84.9	50.1
peso del agua	30.4	12.7	19.3	9.6	14.9	9.00
Contenido de humedad %	11.42	25.60	15.23	22.59	17.55	17.96
Contenido de humedad prom. %	11.42	25.60	15.23	22.59	17.55	17.96
Densidad seca (gr/cm3)	1.68	1.57	1.67	1.69	1.78	1.81

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
		expan.			expan.			expan.		
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1	1.97	5.00	4.30	1.86	4.72	4.06	1.68	4.27	3.67
48	2	2.49	6.32	1.14	2.25	5.72	0.85	2.05	5.21	0.81
72	3	2.74	6.96	0.55	2.43	6.17	0.39	2.20	5.66	0.39
96	4	2.91	7.39	0.37	2.58	6.55	0.33	2.34	5.94	0.24

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	14.9	0.80	11.44	14.72	0.79	11.31	19.68	1.06	15.12
1.27	0.050	23.4	1.26	17.97	27.78	1.49	21.34	39	2.10	29.95
1.91	0.075	31.6	1.70	24.27	38.9	2.09	29.88	54.86	2.95	42.14
2.54	0.100	38.4	2.06	29.49	50.635	2.72	38.89	70.98	3.82	54.52
3.81	0.150	49.1	2.64	37.71	67.24	3.62	51.64	93.08	5.00	71.49
5.08	0.200	62.5	3.36	48.00	78.31	4.21	60.15	110.76	5.95	85.07
6.35	0.250	74.8	4.02	57.45	89.585	4.82	68.81	134.4	7.23	103.23
7.62	0.300	84.2	4.53	64.67	102.09	5.49	78.41	164.54	8.85	126.37
10.16	0.400	99.7	5.36	76.57	144.16	7.75	110.72	233.5	12.55	179.34
12.70	0.500	119.1	6.40	91.47	188.27	10.12	144.60	291.54	15.67	223.92



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R.	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg ²	%	gr/cm ³	
1	0.1	29.49	2.94930876	1.57	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 3.72%
2	0.1	38.89	3.8890169	1.69	
3	0.1	54.52	5.4516129	1.81	



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	A		5		2	
	5		5		5	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11097.00	11298.20	11209.00	11265.60	11480.00	11629.70
Peso del suelo compactado	3629.00	3830.20	4185.00	4241.60	4225.00	4374.70
Peso de molde (gr.)	7468.00	7468.00	7024.00	7024.00	7255.00	7255.00
Volumen del molde(gr.)	2122.34	2122.34	2113.99	2113.99	2113.99	2113.99
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.71	1.80	1.98	2.01	2.00	2.07

HÚMEDAD

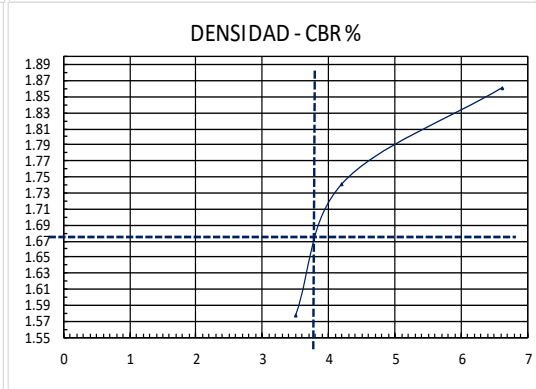
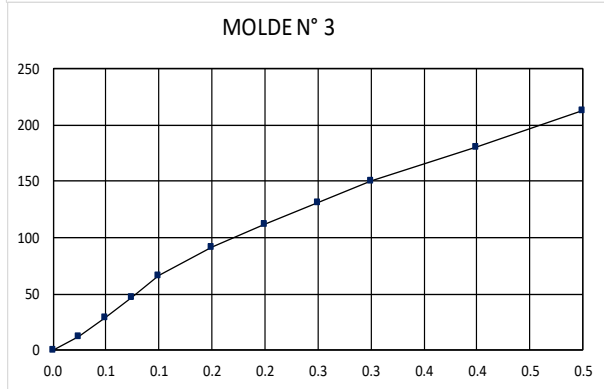
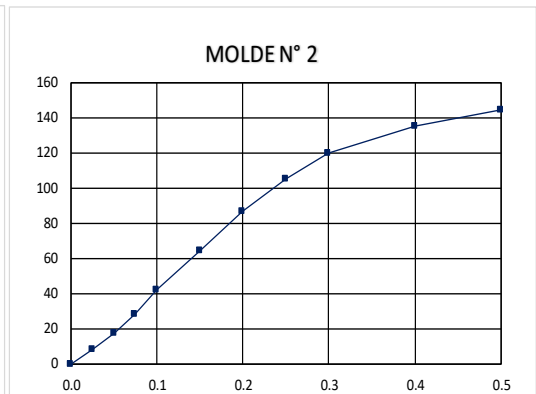
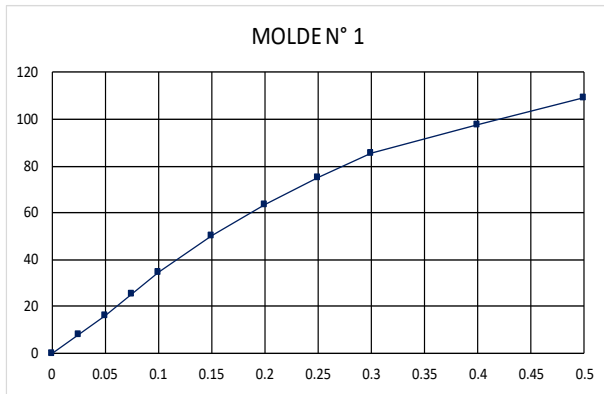
N° contenedor	1-A		1-B		2-A		2-B		3-A		3-B	
	175.00		128.70		165.00		101.47		186.60		110.57	
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	175.00		128.70		165.00		101.47		186.60		110.57	
P. cont. + suelo seca (gr.)	157.90		117.60		148.30		93.40		166.50		103.50	
Peso del contenedor (gr.)	28.50		40.27		30.00		40.23		29.20		40.24	
Peso del suelo húmedo (gr.)	146.50		88.43		135.00		61.24		157.40		70.33	
Peso del suelo seco (gr.)	129.40		77.33		118.30		53.17		137.30		63.26	
peso del agua	17.10		11.10		16.70		8.07		20.10		7.07	
Contenido de humedad %	13.21		14.35		14.12		15.18		14.64		11.18	
Contenido de humedad prom. %	13.21		14.35		14.12		15.18		14.64		11.18	
Densidad seca (gr/cm3)	1.51		1.58		1.73		1.74		1.74		1.86	

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Días	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%
0	0									
24	1	1.96	4.98	4.28	1.76	4.47	3.84	1.51	3.84	3.30
48	2	2.43	6.17	1.03	2.29	5.82	1.16	1.98	5.03	1.03
72	3	2.74	6.96	0.68	2.48	6.30	0.41	2.27	5.77	0.63
96	4	2.91	7.39	0.37	2.62	6.65	0.31	2.37	6.02	0.22

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	11.40	0.59	8.37	11.30	0.58	8.30	16.50	0.85	12.12
1.27	0.050	21.90	1.13	16.09	23.90	1.23	17.55	39.20	2.02	28.79
1.91	0.075	34.60	1.78	25.41	38.80	1.99	28.50	64.70	3.33	47.52
2.54	0.100	47.60	2.45	34.96	57.20	2.94	42.01	90.10	4.63	66.18
3.81	0.150	68.70	3.53	50.46	87.60	4.50	64.34	125.00	6.43	91.81
5.08	0.200	86.80	4.46	63.75	118.70	6.10	87.18	152.70	7.85	112.16
6.35	0.250	102.40	5.26	75.21	143.10	7.36	105.10	179.10	9.21	131.55
7.62	0.300	116.70	6.00	85.71	162.80	8.37	119.57	204.80	10.53	150.42
10.16	0.400	132.70	6.82	97.47	184.70	9.50	135.66	245.60	12.63	180.39
12.70	0.500	149.10	7.67	109.51	196.40	10.10	144.25	290.60	14.94	213.44



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		
1	0.1	34.96	3.49614396	1.58	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	3.80%
2	0.1	42.01	4.20124862	1.74		
3	0.1	66.18	6.61770107	1.86		



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	5		6		1	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condición de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde g	11086.00	11406.00	11352.00	11453.00	11478.00	11658.00
Peso del suelo compactado	4063.00	4383.00	4349.00	4450.00	4475.00	4655.00
Peso de molde (gr.)	7023.00	7023.00	7003.00	7003.00	7003.00	7003.00
Volumen del molde (gr.)	2125.13	2125.13	2127.92	2127.92	2130.71	2130.71
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.91	2.06	2.04	2.09	2.10	2.18

HÚMEDAD

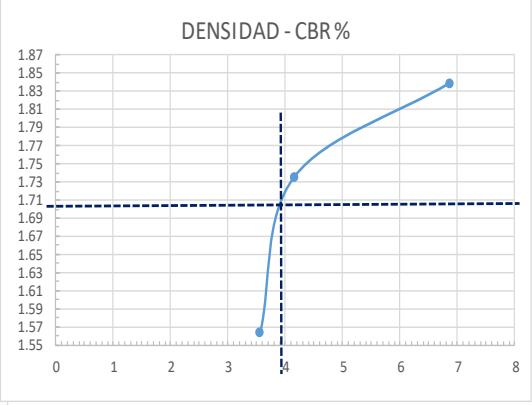
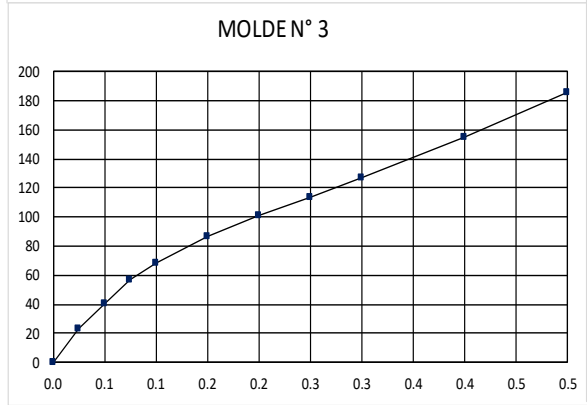
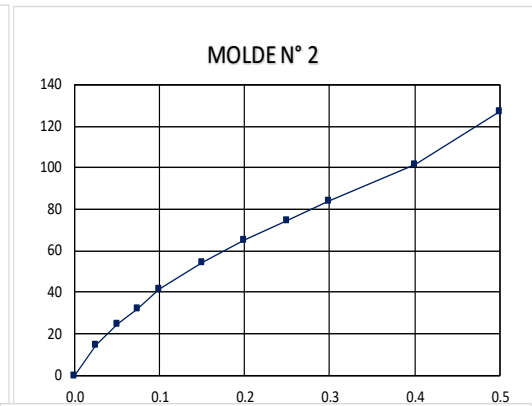
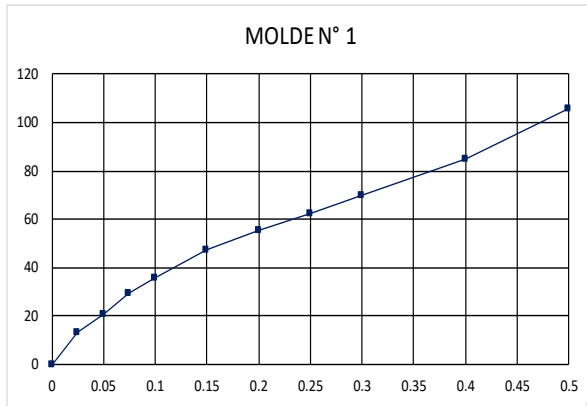
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	189.90	95.68	164.80	103.20	197.50	109.53
P. cont. + suelo seca (gr.)	159.90	82.30	141.60	92.80	173.90	98.80
Peso del contenedor (gr.)	65.20	40.30	30.00	42.10	29.00	41.90
Peso del suelo húmedo (gr.)	124.70	55.38	134.80	61.10	168.50	67.63
Peso del suelo seco (gr.)	94.70	42.00	111.60	50.70	144.90	56.90
peso del agua	30.00	13.38	23.20	10.40	23.60	10.73
Contenido de humedad %	31.68	31.86	20.79	20.51	16.29	18.86
Contenido de humedad prom. %	31.68	31.86	20.79	20.51	16.29	18.86
Densidad seca (gr/cm3)	1.45	1.56	1.69	1.74	1.81	1.84

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1	1.96	4.98	4.27	1.68	4.27	3.66	1.45	3.68	3.16
48	2	2.45	6.22	1.07	2.28	5.79	1.31	2.10	5.28	1.37
72	3	2.72	6.91	0.59	2.47	6.27	0.41	2.22	5.64	0.31
96	4	2.94	7.47	0.48	2.64	6.71	0.37	2.38	6.05	0.35

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga Kg.	ESFUERZO Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Carga Kg.	ESFUERZO Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Carga Kg.	ESFUERZO Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	18.30	0.94	13.44	20.20	1.04	14.84	31.30	1.61	22.99
1.27	0.050	28.40	1.46	20.86	33.30	1.71	24.46	55.80	2.87	40.98
1.91	0.075	39.80	2.05	29.23	44.20	2.27	32.46	77.10	3.96	56.63
2.54	0.100	48.50	2.49	35.62	56.60	2.91	41.57	93.40	4.80	68.60
3.81	0.150	64.50	3.32	47.37	74.30	3.82	54.57	118.20	6.08	86.82
5.08	0.200	75.60	3.89	55.53	88.70	4.56	65.15	137.40	7.06	100.92
6.35	0.250	85.20	4.38	62.58	101.90	5.24	74.84	155.40	7.99	114.14
7.62	0.300	95.10	4.89	69.85	114.00	5.86	83.73	173.50	8.92	127.43
10.16	0.400	115.50	5.94	84.83	138.20	7.11	101.51	210.90	10.84	154.90
12.70	0.500	143.80	7.39	105.62	173.40	8.92	127.36	253.50	13.03	186.19



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R.	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		
1	0.1	35.62	3.56224752	1.56	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	3.90%
2	0.1	41.57	4.15717958	1.74		
3	0.1	68.60	6.86008079	1.84		



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	5		6		1	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr	11096.00	11416.00	11382.00	11613.00	11488.00	11668.00
Peso del suelo compactado	4073.00	4393.00	4379.00	4610.00	4485.00	4665.00
Peso de molde (gr.)	7023.00	7023.00	7003.00	7003.00	7003.00	7003.00
Volumen del molde(gr.)	2125.13	2125.13	2127.92	2127.92	2130.71	2130.71
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.92	2.07	2.06	2.17	2.10	2.19

HÚMEDAD

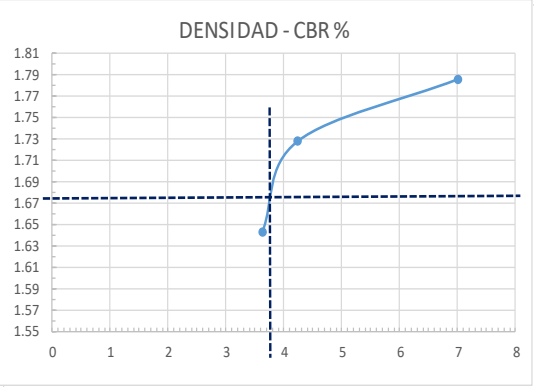
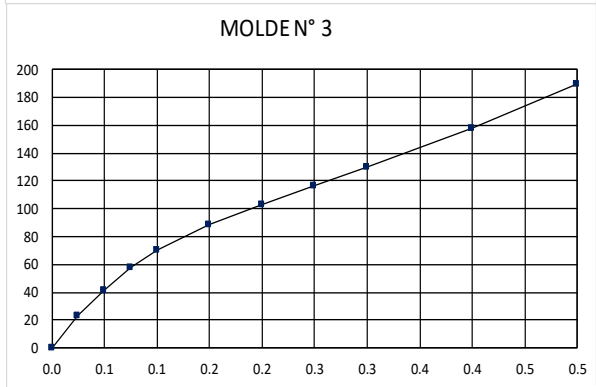
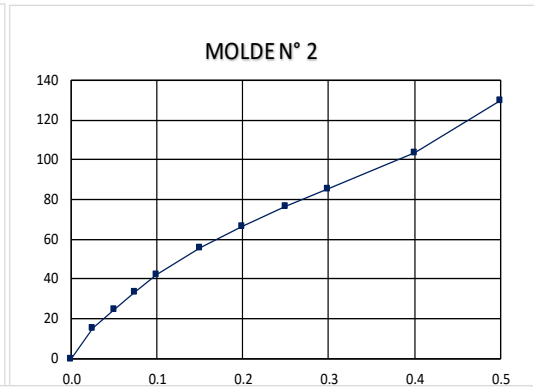
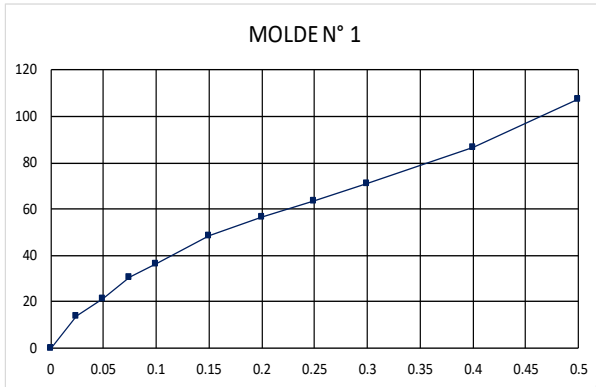
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	304.90	93.68	194.80	113.20	197.50	109.53
P. cont. + suelo seca (gr.)	269.90	82.70	171.60	98.80	173.90	96.30
Peso del contenedor (gr.)	55.20	40.20	30.00	42.10	29.00	37.80
Peso del suelo húmedo (gr.)	249.70	53.48	164.80	71.10	168.50	71.73
Peso del suelo seco (gr.)	214.70	42.50	141.60	56.70	144.90	58.50
peso del agua	35.00	10.98	23.20	14.40	23.60	13.23
Contenido de humedad %	16.30	25.84	16.38	25.40	16.29	22.62
Contenido de humedad prom. %	16.30	25.84	16.38	25.40	16.29	22.62
Densidad seca (gr/cm3)	1.65	1.64	1.77	1.73	1.81	1.79

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
		expan.			expan.			expan.		
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1	1.86	4.72	4.05	1.41	3.58	3.07	1.33	3.38	2.90
48	2	2.55	6.48	1.50	2.34	5.94	2.03	2.11	5.36	1.70
72	3	2.78	7.06	0.50	2.52	6.40	0.39	2.24	5.69	0.28
96	4	2.95	7.49	0.37	2.64	6.71	0.26	2.33	5.92	0.20

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	18.60	0.96	13.66	20.60	1.06	15.13	32.00	1.65	23.50
1.27	0.050	29.00	1.49	21.30	34.00	1.75	24.97	57.00	2.93	41.87
1.91	0.075	41.70	2.14	30.63	45.20	2.32	33.20	78.70	4.05	57.80
2.54	0.100	49.50	2.54	36.36	57.80	2.97	42.45	95.40	4.90	70.07
3.81	0.150	65.80	3.38	48.33	75.80	3.90	55.67	120.60	6.20	88.58
5.08	0.200	77.20	3.97	56.70	90.50	4.65	66.47	140.20	7.21	102.97
6.35	0.250	86.90	4.47	63.83	104.00	5.35	76.39	158.60	8.15	116.49
7.62	0.300	97.10	4.99	71.32	116.40	5.98	85.49	177.10	9.11	130.08
10.16	0.400	117.90	6.06	86.60	141.00	7.25	103.56	215.30	11.07	158.13
12.70	0.500	146.70	7.54	107.75	176.90	9.10	129.93	258.70	13.30	190.01



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		3.75%
1	0.1	36.36	3.63569592	1.64	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	3.75%
2	0.1	42.45	4.24531766	1.73		
3	0.1	70.07	7.0069776	1.79		



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	A		4		B	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11525.00	11861.00	11370.00	11739.00	11363.00	11599.00
Peso del suelo compactado	4056.00	4392.00	4203.00	4572.00	4437.00	4673.00
Peso de molde (gr.)	7469.00	7469.00	7167.00	7167.00	6926.00	6926.00
Volumen del molde (gr.)	2121.48	2121.48	2124.27	2124.27	2132.54	2132.54
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.91	2.07	1.98	2.15	2.08	2.19

HÚMEDAD

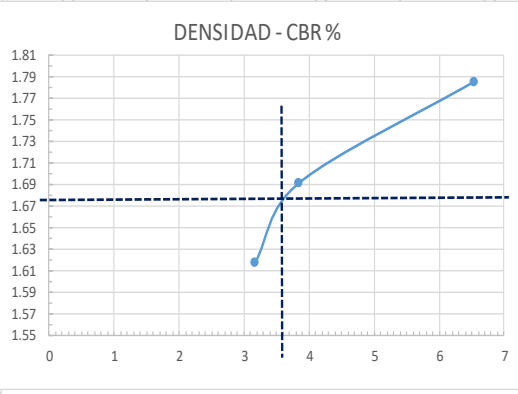
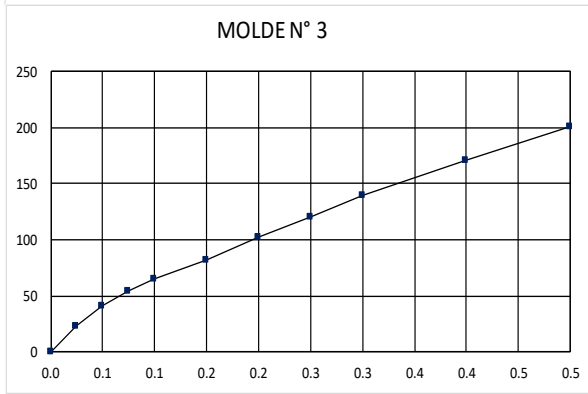
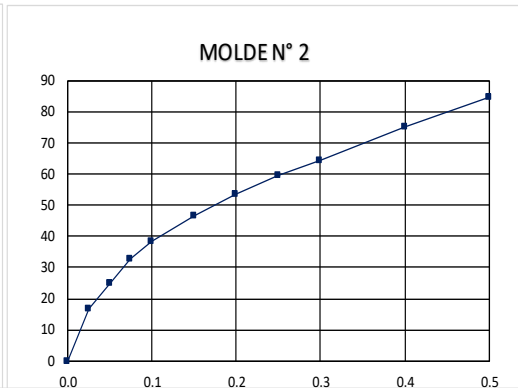
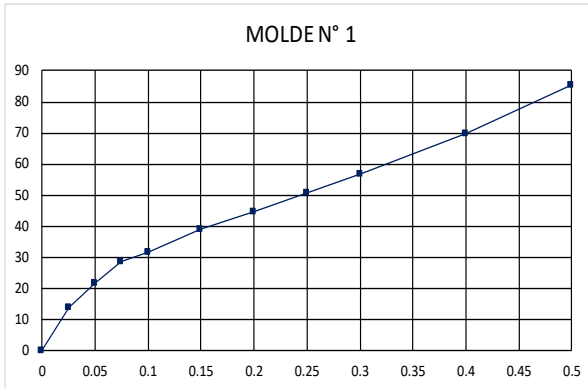
N° contenedor	1-A		1-B		2-A		2-B		3-A		3-B	
	387.90		102.52		302.20		89.00		291.90		104.82	
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	387.90		102.52		302.20		89.00		291.90		104.82	
P. cont. + suelo seca (gr.)	344.00		88.90		271.60		78.10		261.50		92.80	
Peso del contenedor (gr.)	48.50		40.20		42.20		38.10		41.90		39.90	
Peso del suelo húmedo (gr.)	339.40		62.32		260.00		50.90		250.00		64.92	
Peso del suelo seco (gr.)	295.50		48.70		229.40		40.00		219.60		52.90	
peso del agua	43.90		13.62		30.60		10.90		30.40		12.02	
Contenido de humedad %	14.86		27.97		13.34		27.25		13.84		22.72	
Contenido de humedad prom. %	14.86		27.97		13.34		27.25		13.84		22.72	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.66		1.62		1.75		1.69		1.83		1.79	

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
		expan.			expan.			expan.		
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1	1.97	5.00	4.30	1.86	4.72	4.06	1.68	4.27	3.66
48	2	2.49	6.32	1.14	2.25	5.72	0.85	2.12	5.38	0.96
72	3	2.74	6.96	0.55	2.41	6.12	0.35	2.32	5.66	0.24
96	4	2.91	7.39	0.37	2.57	6.53	0.35	2.38	6.05	0.33

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm ²	Lib/Pulg ²	Kg.	Kg/Cm ²	Lib/Pulg ²	Kg.	Kg/Cm ²	Lib/Pulg ²
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	18.80	0.97	13.81	22.70	1.17	16.67	30.70	1.58	22.55
1.27	0.050	29.30	1.51	21.52	34.30	1.76	25.19	55.10	2.83	40.47
1.91	0.075	38.80	1.99	28.50	44.40	2.28	32.61	73.40	3.77	53.91
2.54	0.100	43.10	2.22	31.66	52.30	2.69	38.41	89.10	4.58	65.44
3.81	0.150	53.20	2.74	39.07	63.50	3.26	46.64	112.20	5.77	82.41
5.08	0.200	61.00	3.14	44.80	73.00	3.75	53.62	138.70	7.13	101.87
6.35	0.250	69.10	3.55	50.75	81.50	4.19	59.86	163.80	8.42	120.31
7.62	0.300	77.20	3.97	56.70	88.00	4.52	64.63	189.60	9.75	139.26
10.16	0.400	94.80	4.87	69.63	102.20	5.25	75.06	232.30	11.94	170.62
12.70	0.500	116.30	5.98	85.42	115.30	5.93	84.69	273.40	14.06	200.81



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R.	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg ²	%	gr/cm ³	
1	0.1	31.66	3.16562615	1.62	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 3.60%
2	0.1	38.41	3.84135145	1.69	
3	0.1	65.44	6.54425266	1.79	

• CBR CON GEOSINTÉTICO PERFORADO A 2.54 CM



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	5		6		1	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10096.00	10416.00	10382.00	10603.00	10488.00	10668.00
Peso del suelo compactado	3073.00	3393.00	3379.00	3600.00	3485.00	3665.00
Peso de molde (gr.)	7023.00	7023.00	7003.00	7003.00	7003.00	7003.00
Volumen del molde (gr.)	1652.68	1652.68	1654.85	1654.85	1657.02	1657.02
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.86	2.05	2.04	2.18	2.10	2.21

HÚMEDAD

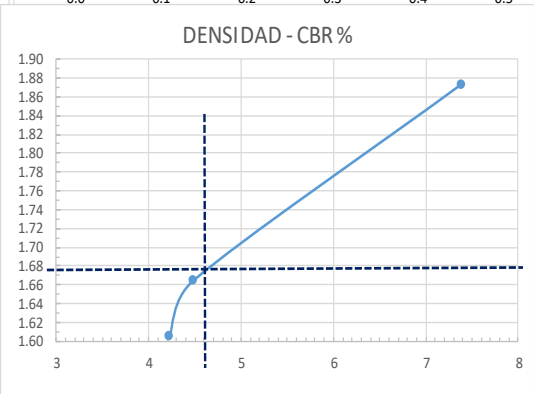
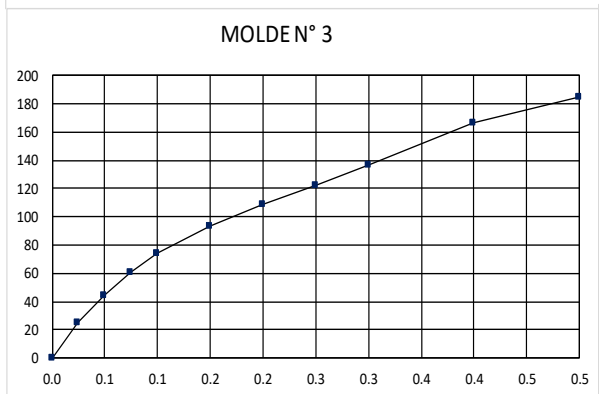
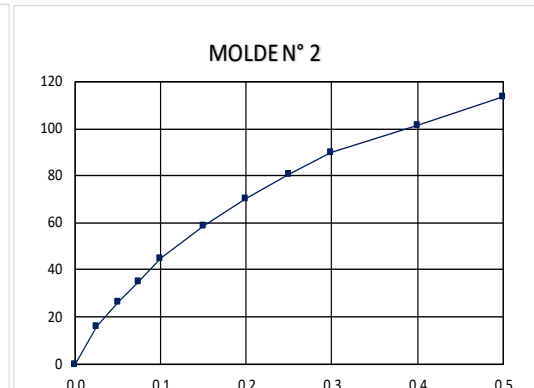
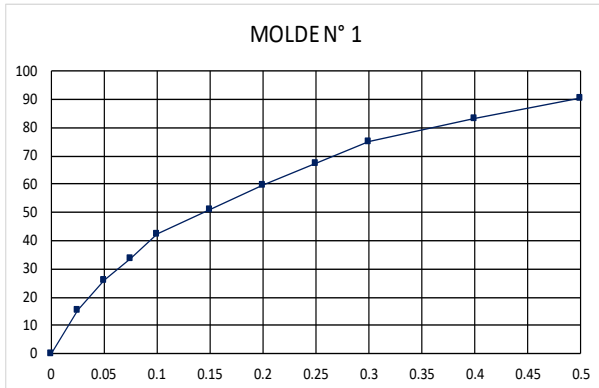
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	304.90	93.28	194.80	113.20	197.50	108.53
P. cont. + suelo seca (gr.)	269.90	81.70	171.60	96.50	173.90	97.70
Peso del contenedor (gr.)	55.20	40.20	30.00	42.10	29.00	37.80
Peso del suelo húmedo (gr.)	249.70	53.08	164.80	71.10	168.50	70.73
Peso del suelo seco (gr.)	214.70	41.50	141.60	54.40	144.90	59.90
peso del agua	35.00	11.58	23.20	16.70	23.60	10.83
Contenido de humedad %	16.30	27.90	16.38	30.70	16.29	18.08
Contenido de humedad prom. %	16.30	27.90	16.38	30.70	16.29	18.08
Densidad seca (gr/cm3)	1.60	1.61	1.75	1.66	1.81	1.87

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
		expan.			expan.			expan.		
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1	1.43	3.63	4.02	1.27	3.23	3.57	1.07	2.72	3.01
48	2	1.74	4.42	0.87	1.52	3.86	0.70	1.33	3.38	0.73
72	3	2.01	5.11	0.76	1.72	4.47	0.67	1.53	3.89	0.56
96	4	2.21	5.61	0.56	1.90	4.83	0.39	1.67	4.14	0.28

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	19.70	1.07	15.25	20.60	1.12	15.95	32.00	1.73	24.78
1.27	0.050	33.80	1.83	26.17	34.00	1.84	26.33	57.00	3.09	44.13
1.91	0.075	43.70	2.37	33.84	45.20	2.45	35.00	78.70	4.27	60.94
2.54	0.100	54.50	2.95	42.20	57.80	3.13	44.75	95.40	5.17	73.87
3.81	0.150	65.80	3.57	50.95	75.80	4.11	58.69	120.60	6.54	93.38
5.08	0.200	77.20	4.18	59.78	90.50	4.91	70.07	140.20	7.60	108.56
6.35	0.250	86.90	4.71	67.29	104.00	5.64	80.53	158.60	8.60	122.80
7.62	0.300	97.10	5.26	75.18	116.40	6.31	90.13	177.10	9.60	137.13
10.16	0.400	107.90	5.85	83.55	131.00	7.10	101.43	215.30	11.67	166.71
12.70	0.500	116.70	6.33	90.36	146.90	7.96	113.74	238.70	12.94	184.82



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		4.60%
1	0.1	42.20	4.21989934	1.61	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	4.60%
2	0.1	44.75	4.47541618	1.66		
3	0.1	73.87	7.38675958	1.87		



PROTOCOLO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (MTC E 132 – 2016 ASTM 1883)

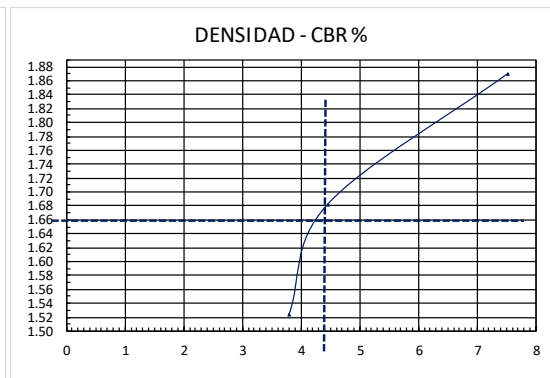
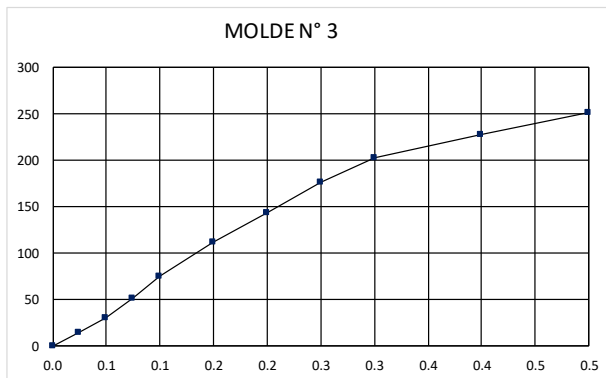
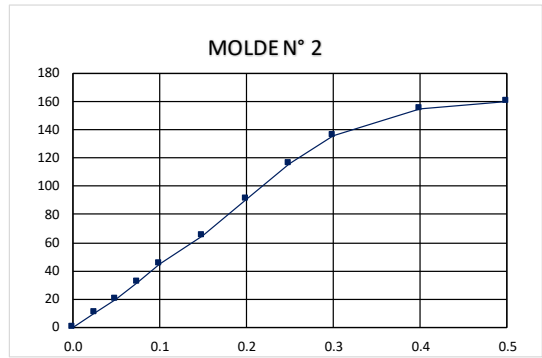
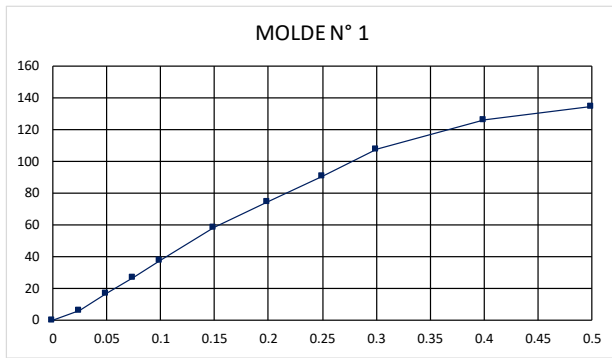
DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN						
NUMERO DE ENSAYO	A		5		2	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10597.00	10868.20	10409.00	10765.60	10770.00	11089.70
Peso del suelo compactado	3129.00	3400.20	3385.00	3741.60	3515.00	3834.70
Peso de molde (gr.)	7468.00	7468.00	7024.00	7024.00	7255.00	7255.00
Volumen del molde(gr.)	1646.87	1646.87	1640.38	1640.38	1640.38	1640.38
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.90	2.06	2.06	2.28	2.14	2.34

HÚMEDAD						
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	175.00	128.70	165.00	101.47	186.60	110.57
P. cont. + suelo seca (gr.)	157.90	105.60	148.30	85.40	166.50	96.50
Peso del contenedor (gr.)	28.50	40.27	30.00	40.23	29.20	40.24
Peso del suelo húmedo (gr.)	146.50	88.43	135.00	61.24	157.40	70.33
Peso del suelo seco (gr.)	129.40	65.33	118.30	45.17	137.30	56.26
peso del agua	17.10	23.10	16.70	16.07	20.10	14.07
Contenido de humedad %	13.21	35.36	14.12	35.58	14.64	25.01
Contenido de humedad prom. %	13.21	35.36	14.12	35.58	14.64	25.01
Densidad seca (gr/cm3)	1.68	1.53	1.81	1.68	1.87	1.87

EXPANSIÓN										
TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Días	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%
0	0	1.40	3.56	3.93	1.25	3.18	3.51	1.05	2.67	2.95
24	1	1.76	4.47	1.01	1.54	3.91	0.81	1.31	3.33	0.73
48	2	1.98	5.05	0.65	1.72	4.37	0.51	1.47	3.73	0.45
72	3	2.17	5.51	0.51	1.85	4.70	0.37	1.56	3.96	0.25
96	4									

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga Kg.	ESFUERZO Kg/Cm2 Lib/Pulg2		Carga Kg.	ESFUERZO Kg/Cm2 Lib/Pulg2		Carga Kg.	ESFUERZO Kg/Cm2 Lib/Pulg2	
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	7.28	0.44	6.33	11.30	0.69	9.83	17.30	1.05	15.05
1.27	0.050	19.10	1.16	16.62	22.90	1.39	19.93	35.00	2.13	30.46
1.91	0.075	31.30	1.91	27.24	36.80	2.24	32.02	58.90	3.59	51.25
2.54	0.100	43.70	2.66	38.03	51.20	3.12	44.55	86.50	5.27	75.27
3.81	0.150	67.50	4.11	58.74	74.60	4.54	64.92	128.60	7.83	111.90
5.08	0.200	85.60	5.21	74.49	104.70	6.38	91.11	164.50	10.02	143.14
6.35	0.250	104.39	6.36	90.84	133.10	8.11	115.82	203.00	12.37	176.65
7.62	0.300	124.10	7.56	107.99	156.30	9.52	136.01	232.70	14.17	202.49
10.16	0.400	145.20	8.84	126.35	178.00	10.84	154.89	262.20	15.97	228.16
12.70	0.500	154.70	9.42	134.62	184.30	11.23	160.37	289.70	17.65	252.09



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R.	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		
1	0.1	38.03	3.80267841	1.53	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	4.40%
2	0.1	44.55	4.455312	1.68		
3	0.1	75.27	7.52704079	1.87		



PROTOCOLO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (MTC E 132 – 2016 ASTM 1883)

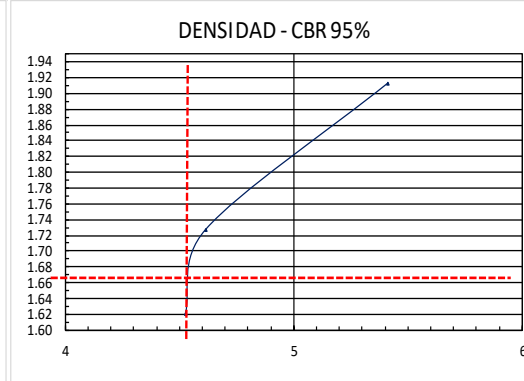
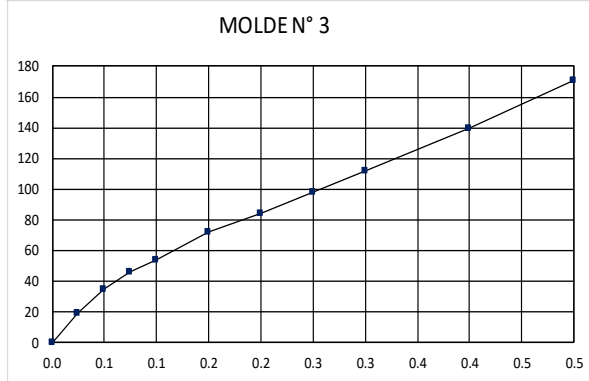
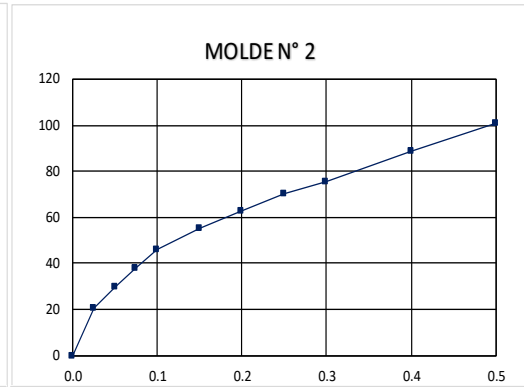
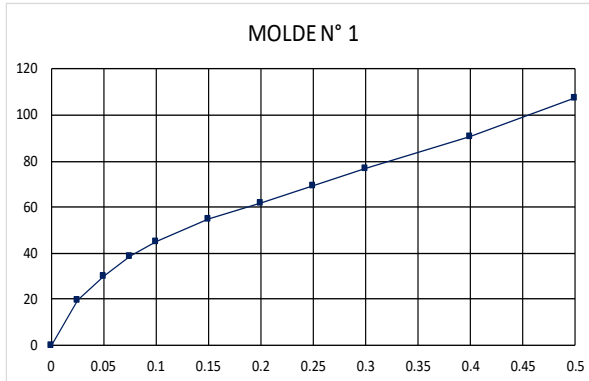
DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN						
NUMERO DE ENSAYO	4		6		A	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10411.00	10705.00	10440.00	10717.00	10986.00	11190.00
Peso del suelo compactado	3244.00	3538.00	3437.00	3714.00	3519.00	3723.00
Peso de molde (gr.)	7167.00	7167.00	7003.00	7003.00	7467.00	7467.00
Volumen del molde (gr.)	1650.51	1650.51	1640.38	1640.38	1640.38	1640.38
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.97	2.14	2.10	2.26	2.15	2.27

HÚMEDAD						
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	213.20	92.83	219.20	87.77	219.00	110.57
P. cont. + suelo seca (gr.)	189.80	80.00	194.30	76.00	195.10	99.54
Peso del contenedor (gr.)	27.50	40.20	28.90	38.10	29.90	40.24
Peso del suelo húmedo (gr.)	185.70	52.63	190.30	49.67	189.10	70.33
Peso del suelo seco (gr.)	162.30	39.80	165.40	37.90	165.20	59.30
peso del agua	23.40	12.83	24.90	11.77	23.90	11.03
Contenido de humedad %	14.42	32.24	15.05	31.06	14.47	18.60
Contenido de humedad prom. %	14.42	32.24	15.05	31.06	14.47	18.60
Densidad seca (gr/cm3)	1.72	1.62	1.82	1.73	1.87	1.91

EXPANSIÓN										
TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Días	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
0	0	expan.			expan.			expan.		
24	1	1.46	3.71	4.10	1.25	3.18	3.51	1.09	2.77	3.06
48	2	1.78	4.52	0.90	1.51	3.84	0.73	1.32	3.35	0.65
72	3	2.01	5.05	0.59	1.73	4.39	0.62	1.56	3.96	0.67
96	4	2.19	5.56	0.56	1.91	4.85	0.51	1.61	4.09	0.14

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	22.43	1.37	19.52	23.45	1.43	20.41	22.43	1.37	19.52
1.27	0.050	34.67	2.11	30.17	34.67	2.11	30.17	39.77	2.42	34.61
1.91	0.075	44.87	2.73	39.04	43.85	2.67	38.15	53.02	3.23	46.14
2.54	0.100	52.00	3.17	45.25	53.02	3.23	46.14	62.20	3.79	54.13
3.81	0.150	63.22	3.85	55.01	63.22	3.85	55.01	82.60	5.03	71.87
5.08	0.200	71.38	4.35	62.11	72.40	4.41	63.00	96.87	5.90	84.30
6.35	0.250	79.54	4.84	69.21	80.56	4.91	70.10	112.17	6.83	97.61
7.62	0.300	88.71	5.40	77.20	86.67	5.28	75.42	128.48	7.83	111.80
10.16	0.400	104.01	6.34	90.51	101.97	6.21	88.73	160.09	9.75	139.31
12.70	0.500	123.38	7.52	107.37	116.25	7.08	101.15	196.80	11.99	171.25



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3	
1	0.1	45.25	4.52533524	1.62	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 4.52%
2	0.1	46.14	4.6140673	1.73	
3	0.1	54.13	5.41265587	1.91	



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 - 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	"ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS"
UBICACIÓN:	JAEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	B		4		A	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10221.00	10424.00	10560.00	10697.00	10896.00	11149.00
Peso del suelo compactado	3295.00	3498.00	3393.00	3530.00	3429.00	3682.00
Peso de molde (gr.)	6926.00	6926.00	7167.00	7167.00	7467.00	7467.00
Volumen del molde (gr.)	1650.51	1650.51	1640.38	1640.38	1640.38	1640.38
Densidad Húmeda (gr/cm3)	2.00	2.12	2.07	2.15	2.09	2.24

HÚMEDAD

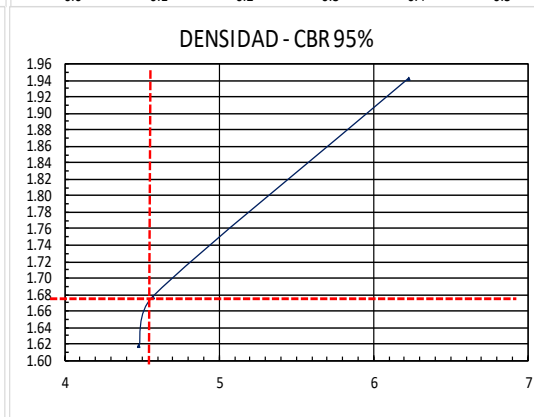
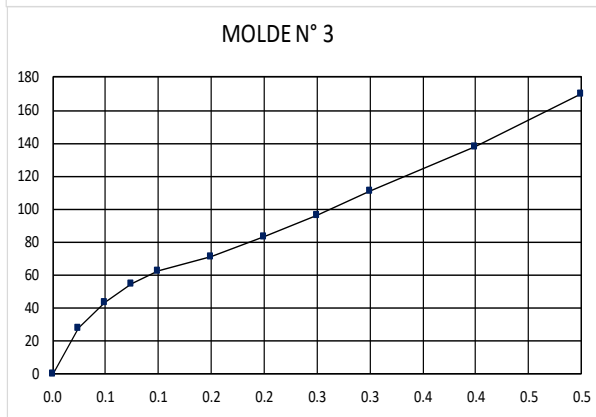
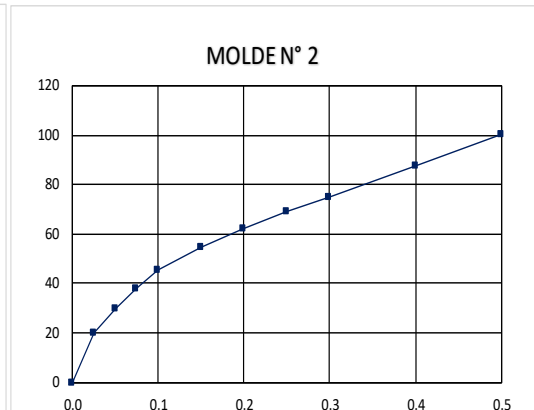
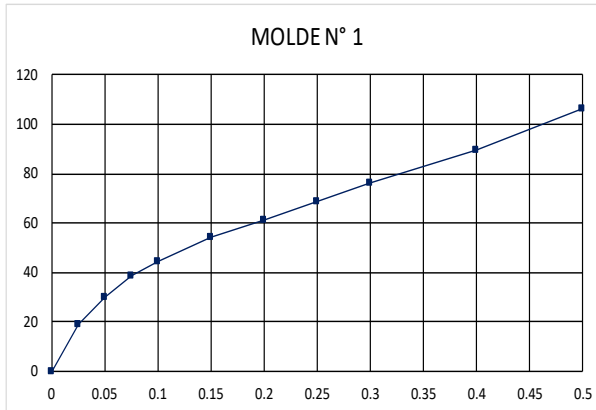
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	189.00	98.40	176.50	87.50	189.70	109.60
P. cont. + suelo seca (gr.)	166.50	84.70	160.30	77.00	175.10	100.54
Peso del contenedor (gr.)	28.90	40.50	28.90	39.90	29.90	42.20
Peso del suelo húmedo (gr.)	160.10	57.90	147.60	47.60	159.80	67.40
Peso del suelo seco (gr.)	137.60	44.20	131.40	37.10	145.20	58.34
peso del agua	22.50	13.70	16.20	10.50	14.60	9.06
Contenido de humedad %	16.35	31.00	12.33	28.30	10.06	15.53
Contenido de humedad prom. %	16.35	31.00	12.33	28.30	10.06	15.53
Densidad seca (gr/cm3)	1.72	1.62	1.84	1.68	1.90	1.94

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
0	0	expan.			expan.			expan.		
24	1	1.51	3.84	4.24	1.32	3.35	3.71	1.22	3.10	3.43
48	2	1.79	4.55	0.79	1.56	3.96	0.67	1.37	3.43	0.37
72	3	2.03	5.16	0.67	1.78	4.52	0.62	1.47	3.73	0.34
96	4	2.15	5.46	0.34	1.89	4.80	0.31	1.55	3.94	0.22

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	22.22	1.35	19.34	23.23	1.41	20.21	32.20	1.96	28.02
1.27	0.050	34.34	2.09	29.88	34.34	2.09	29.88	49.40	3.01	42.99
1.91	0.075	44.44	2.71	38.67	43.43	2.65	37.79	62.50	3.81	54.39
2.54	0.100	51.51	3.14	44.82	52.52	3.20	45.70	71.60	4.36	62.30
3.81	0.150	62.62	3.81	54.49	62.62	3.81	54.49	81.80	4.98	71.18
5.08	0.200	70.70	4.31	61.52	71.71	4.37	62.40	95.90	5.84	83.45
6.35	0.250	78.78	4.80	68.55	79.79	4.86	69.43	111.10	6.77	96.68
7.62	0.300	87.87	5.35	76.46	85.85	5.23	74.70	127.20	7.75	110.69
10.16	0.400	103.02	6.28	89.65	101.00	6.15	87.89	158.50	9.65	137.92
12.70	0.500	122.21	7.44	106.34	115.14	7.01	100.19	194.90	11.87	169.60



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R.	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		4.55%
1	0.1	44.82	4.48228752	1.62	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	4.55%
2	0.1	45.70	4.57017551	1.68		
3	0.1	62.30	6.23047538	1.94		



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	A		5		2	
	5		5		5	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10557.00	10846.00	10405.00	10695.00	10678.00	11029.00
Peso del suelo compactado	3089.00	3378.00	3381.00	3671.00	3532.00	3883.00
Peso de molde (gr.)	7468.00	7468.00	7024.00	7024.00	7146.00	7146.00
Volumen del molde (gr.)	1646.87	1646.87	1640.38	1640.38	1640.38	1640.38
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.88	2.05	2.06	2.24	2.15	2.37

HÚMEDAD

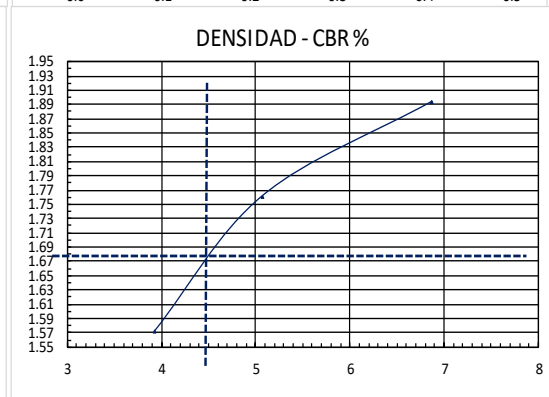
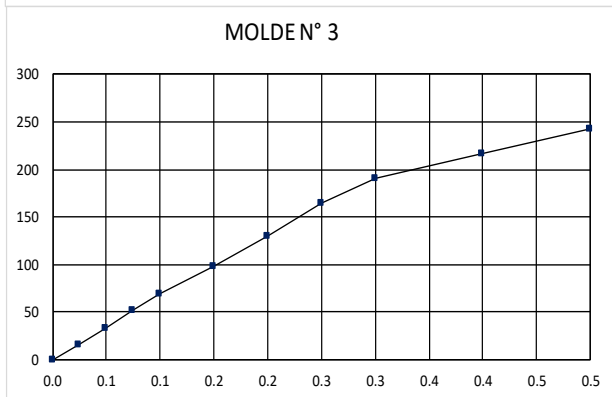
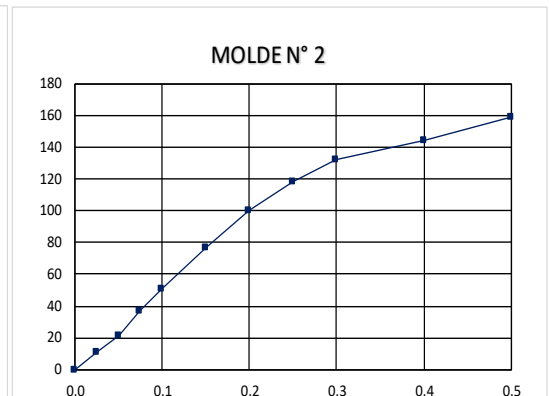
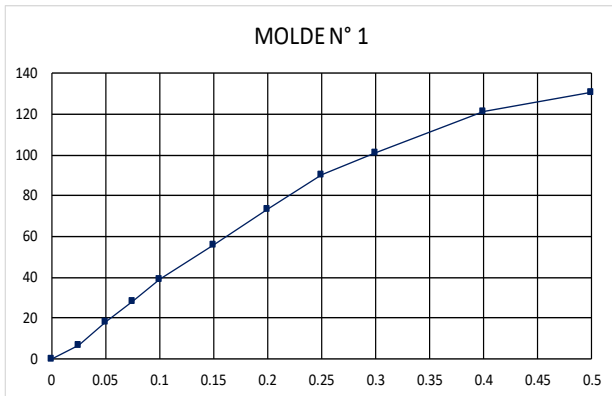
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	165.00	138.50	175.80	110.30	198.60	110.57
P. cont. + suelo seca (gr.)	144.60	115.60	158.10	95.40	176.80	96.50
Peso del contenedor (gr.)	30.00	40.27	29.90	40.23	28.50	40.24
Peso del suelo húmedo (gr.)	135.00	98.23	145.90	70.07	170.10	70.33
Peso del suelo seco (gr.)	114.60	75.33	128.20	55.17	148.30	56.26
peso del agua	20.40	22.90	17.70	14.90	21.80	14.07
Contenido de humedad %	17.80	30.40	13.81	27.01	14.70	25.01
Contenido de humedad prom. %	17.80	30.40	13.81	27.01	14.70	25.01
Densidad seca (gr/cm3)	1.59	1.57	1.81	1.76	1.88	1.89

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
0	0	expan.			expan.			expan.		
24	1	1.49	3.78	4.19	1.35	3.43	3.79	1.18	3.00	3.32
48	2	1.78	4.52	0.81	1.58	4.01	0.65	1.38	3.51	0.56
72	3	2.05	5.21	0.76	1.81	4.60	0.65	1.49	3.78	0.31
96	4	2.18	5.54	0.37	1.93	4.90	0.34	1.58	4.01	0.25

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	8.00	0.49	6.96	12.40	0.76	10.79	17.80	1.08	15.49
1.27	0.050	21.00	1.28	18.27	25.10	1.53	21.84	38.00	2.31	33.07
1.91	0.075	32.40	1.97	28.19	42.40	2.58	36.90	60.60	3.69	52.73
2.54	0.100	45.10	2.75	39.25	58.30	3.55	50.73	79.00	4.81	68.74
3.81	0.150	64.20	3.91	55.87	88.00	5.36	76.58	112.40	6.85	97.81
5.08	0.200	84.60	5.15	73.62	115.20	7.02	100.24	149.40	9.10	130.00
6.35	0.250	103.80	6.32	90.32	136.40	8.31	118.69	189.00	11.51	164.46
7.62	0.300	116.50	7.10	101.38	152.40	9.28	132.62	219.20	13.35	190.74
10.16	0.400	139.70	8.51	121.56	166.40	10.14	144.80	250.00	15.23	217.54
12.70	0.500	150.70	9.18	131.14	182.70	11.13	158.98	278.30	16.95	242.17



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg ²	%	gr/cm ³	
1	0.1	39.25	3.92450335	1.57	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 4.48%
2	0.1	50.73	5.07313847	1.76	
3	0.1	68.74	6.87440719	1.89	

• CBR CON GEOSINTÉTICO PERFORADO A 1.27 CM.



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E132 – 2016 ASTM1883

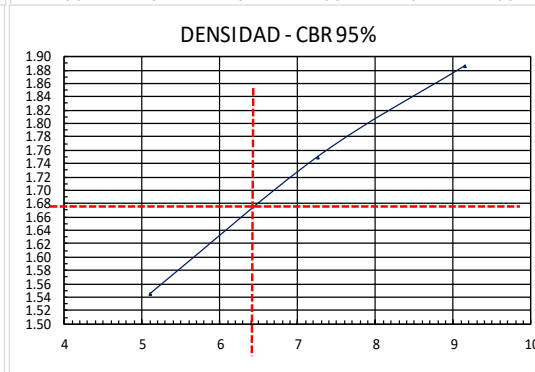
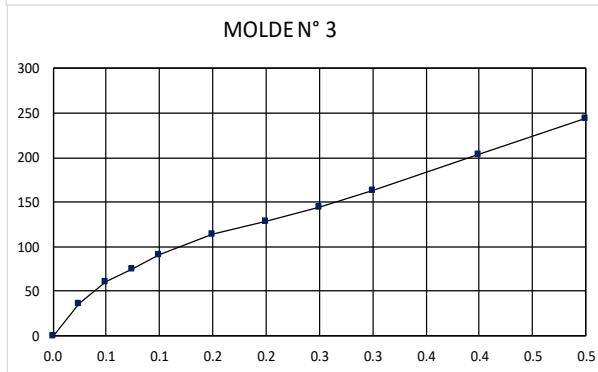
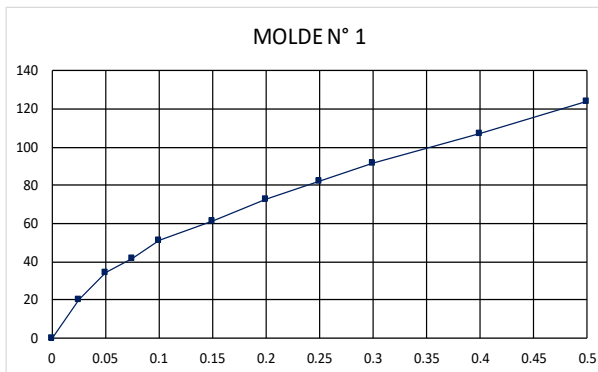
DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN						
NUMERO DE ENSAYO	3		5		A	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condición de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	11023.00	11188.00	11108.00	11220.00	11405.00	11630.00
Peso del suelo compactado	3789.00	3954.00	4084.00	4196.00	4170.00	4395.00
Peso de molde (gr.)	7234.00	7234.00	7024.00	7024.00	7235.00	7235.00
Volumen del molde(gr.)	1938.35	1938.35	1930.72	1930.72	1955.95	1955.95
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.95	2.04	2.12	2.17	2.13	2.25

HÚMEDAD						
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	202.30	100.20	143.60	98.40	148.70	110.57
P. cont. + suelo seca (gr.)	185.70	85.50	133.30	87.10	138.10	99.50
Peso del contenedor (gr.)	27.60	39.63	28.80	40.30	29.90	41.40
Peso del suelo húmedo (gr.)	174.70	60.57	114.80	58.10	118.80	69.17
Peso del suelo seco (gr.)	158.10	45.87	104.50	46.80	108.20	58.10
peso del agua	16.60	14.70	10.30	11.30	10.60	11.07
Contenido de humedad %	10.50	32.05	9.86	24.15	9.80	19.05
Contenido de humedad prom. %	10.50	32.05	9.86	24.15	9.80	19.05
Densidad seca (gr/cm3)	1.77	1.54	1.93	1.75	1.94	1.89

EXPANSIÓN											
TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde			
Horas	Días	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	
0	0	expan.			expan.			expan.			
24	1	0.85	2.16	2.03	0.61	1.55	1.46	0.45	1.14	1.07	
48	2	1.33	3.38	1.14	1.08	2.74	1.12	0.92	2.34	1.12	
72	3	1.69	4.29	0.86	1.41	3.58	0.79	1.26	3.20	0.81	
96	4	1.93	4.90	0.57	1.57	3.99	0.38	1.42	3.61	0.38	

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	23.30	1.42	20.28	35.90	2.19	31.24	41.20	2.51	35.85
1.27	0.050	39.40	2.40	34.29	61.10	3.72	53.17	69.80	4.25	60.74
1.91	0.075	48.30	2.94	42.03	72.40	4.41	63.00	87.10	5.31	75.79
2.54	0.100	58.60	3.57	50.99	83.40	5.08	72.57	105.20	6.41	91.54
3.81	0.150	70.70	4.31	61.52	95.20	5.80	82.84	131.30	8.00	114.25
5.08	0.200	83.50	5.09	72.66	105.00	6.40	91.37	148.70	9.06	129.40
6.35	0.250	94.50	5.76	82.23	115.60	7.04	100.59	166.30	10.13	144.71
7.62	0.300	105.10	6.40	91.46	126.70	7.72	110.25	187.30	11.41	162.98
10.16	0.400	123.10	7.50	107.12	151.60	9.23	131.92	233.70	14.24	203.36
12.70	0.500	142.90	8.70	124.35	178.70	10.89	155.50	280.20	17.07	243.82



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3	
1	0.1	50.99	5.09924382	1.54	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 6.40%
2	0.1	72.57	7.25728557	1.75	
3	0.1	91.54	9.15427388	1.89	



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	"ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS"
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	6		C		B	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10883.00	11244.00	11124.00	11425.00	11072.00	11314.00
Peso del suelo compactado	3879.00	4240.00	3940.00	4241.00	4146.00	4388.00
Peso de molde (gr.)	7004.00	7004.00	7184.00	7184.00	6926.00	6926.00
Volumen del molde (gr.)	1920.13	1920.13	1912.57	1912.57	1937.57	1937.57
Densidad Húmeda (gr/cm3)	2.02	2.21	2.06	2.22	2.14	2.26

HÚMEDAD

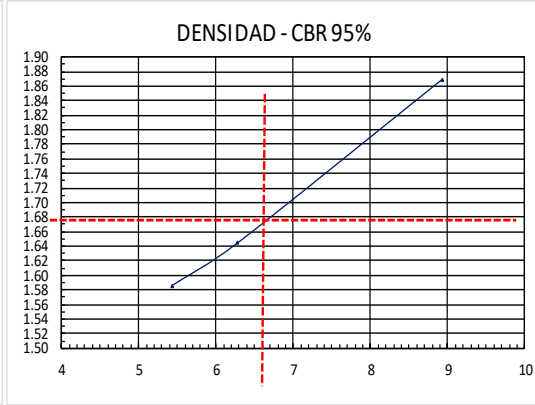
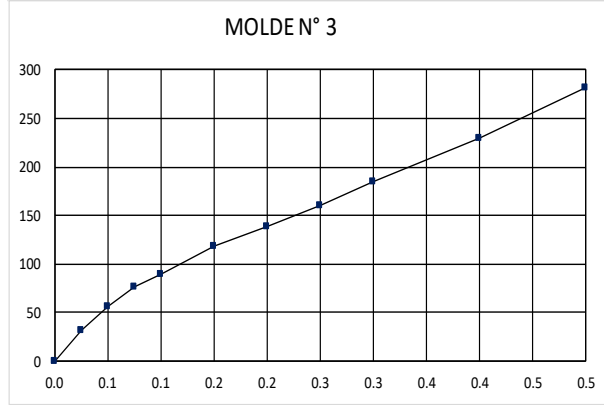
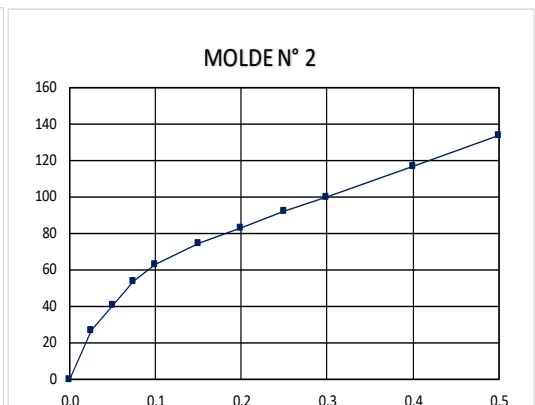
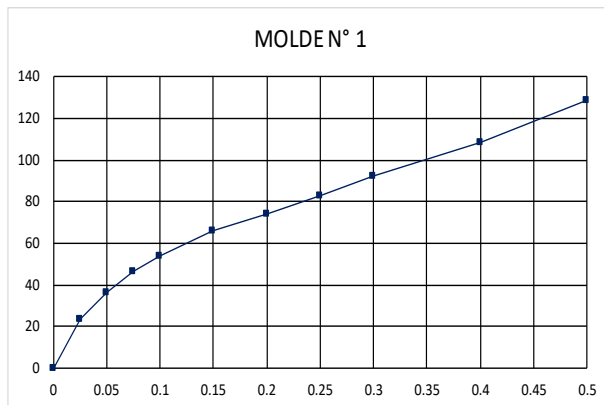
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	278.60	99.20	181.00	79.70	144.10	101.00
P. cont. + suelo seca (gr.)	253.30	82.50	168.40	69.30	132.40	90.40
Peso del contenedor (gr.)	49.10	39.90	48.90	39.40	30.00	40.20
Peso del suelo húmedo (gr.)	229.50	59.30	132.10	40.30	114.10	60.80
Peso del suelo seco (gr.)	204.20	42.60	119.50	29.90	102.40	50.20
peso del agua	25.30	16.70	12.60	10.40	11.70	10.60
Contenido de humedad %	12.39	39.20	10.54	34.78	11.43	21.12
Contenido de humedad prom. %	12.39	39.20	10.54	34.78	11.43	21.12
Densidad seca (gr/cm3)	1.80	1.59	1.86	1.65	1.92	1.87

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Días	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%
0	0									
24	1	0.81	2.06	1.93	0.65	1.65	1.55	0.48	1.22	1.35
48	2	1.35	3.43	1.29	1.09	2.77	1.05	0.91	2.31	0.94
72	3	1.69	4.27	0.79	1.40	3.56	0.74	1.20	3.05	0.63
96	4	1.95	4.95	0.64	1.59	4.04	0.45	1.38	3.48	0.41

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	26.90	1.64	23.41	30.90	1.88	26.89	37.10	2.26	32.28
1.27	0.050	41.60	2.53	36.20	46.70	2.84	40.64	65.60	4.00	57.08
1.91	0.075	53.80	3.28	46.82	61.90	3.77	53.86	87.50	5.33	76.14
2.54	0.100	62.41	3.80	54.30	72.20	4.40	62.83	102.63	6.25	89.31
3.81	0.150	75.87	4.62	66.02	85.40	5.20	74.31	136.28	8.30	118.59
5.08	0.200	85.65	5.22	74.53	95.50	5.82	83.10	159.84	9.74	139.09
6.35	0.250	95.44	5.81	83.05	106.30	6.47	92.50	185.08	11.27	161.05
7.62	0.300	106.46	6.48	92.64	114.40	6.97	99.55	212.00	12.91	184.47
10.16	0.400	124.81	7.60	108.61	134.60	8.20	117.13	264.15	16.09	229.86
12.70	0.500	148.06	9.02	128.84	153.40	9.34	133.49	324.72	19.78	282.57



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R.	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3	
1	0.1	54.30	5.43040228	1.59	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 6.60%
2	0.1	62.83	6.28268607	1.65	
3	0.1	89.31	8.93088219	1.87	



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	4		6		A	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10811.00	11123.00	10840.00	11137.00	11405.00	11630.00
Peso del suelo compactado	3644.00	3956.00	3837.00	4134.00	4170.00	4395.00
Peso de molde (gr.)	7167.00	7167.00	7003.00	7003.00	7235.00	7235.00
Volumen del molde (gr.)	1920.13	1920.13	1912.57	1912.57	1937.57	1937.57
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.90	2.06	2.01	2.16	2.15	2.27

HÚMEDAD

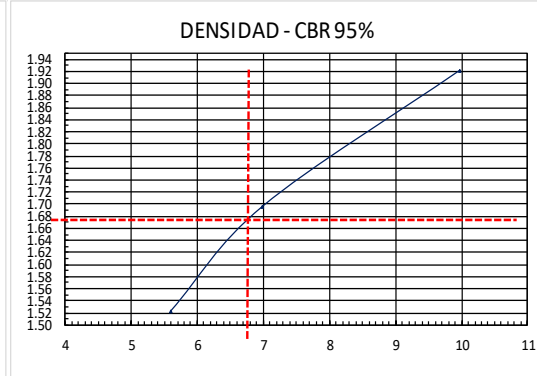
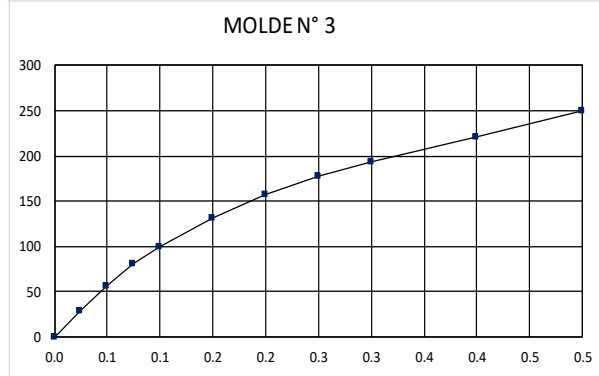
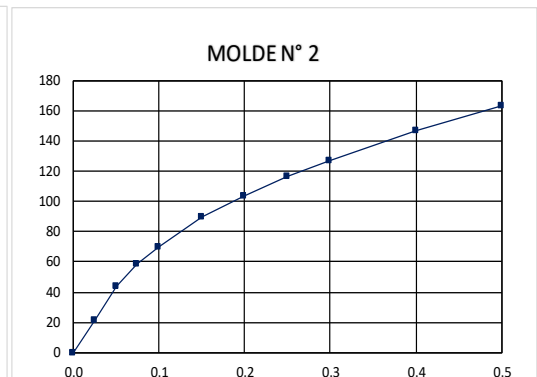
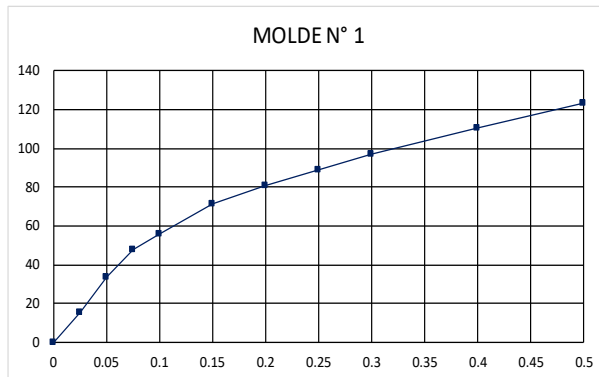
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
	P. cont. + suelo húmeda (gr.)	213.20	92.83	219.20	87.77	148.70
P. cont. + suelo seca (gr.)	189.80	79.10	194.30	77.10	138.10	99.80
Peso del contenedor (gr.)	27.50	40.20	28.90	38.10	29.90	40.24
Peso del suelo húmedo (gr.)	185.70	52.63	190.30	49.67	118.80	70.26
Peso del suelo seco (gr.)	162.30	38.90	165.40	39.00	108.20	59.56
peso del agua	23.40	13.73	24.90	10.67	10.60	10.70
Contenido de humedad %	14.42	35.30	15.05	27.36	9.80	17.97
Contenido de humedad prom. %	14.42	35.30	15.05	27.36	9.80	17.97
Densidad seca (gr/cm3)	1.66	1.52	1.74	1.70	1.96	1.92

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%
0	0									
24	1	0.87	1.91	1.80	0.67	1.702	1.60	0.49	1.2446	1.17
48	2	1.36	3.454	1.45	1.1	2.794	1.03	0.91	2.3114	1.00
72	3	1.68	4.267	0.76	1.38	3.5052	0.67	1.21	3.0734	0.72
96	4	1.95	4.953	0.64	1.55	3.937	0.41	1.36	3.4544	0.36

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	18.10	1.10	15.75	24.50	1.49	21.32	33.70	2.05	29.33
1.27	0.050	38.70	2.36	33.68	50.50	3.08	43.94	65.10	3.97	56.65
1.91	0.075	55.00	3.35	47.86	67.50	4.11	58.74	93.90	5.72	81.71
2.54	0.100	64.30	3.92	55.95	80.30	4.89	69.88	114.50	6.97	99.64
3.81	0.150	82.10	5.00	71.44	103.30	6.29	89.89	150.70	9.18	131.14
5.08	0.200	93.30	5.68	81.19	119.40	7.27	103.90	180.50	10.99	157.07
6.35	0.250	102.70	6.26	89.37	134.60	8.20	117.13	203.80	12.41	177.34
7.62	0.300	111.70	6.80	97.20	146.30	8.91	127.31	222.70	13.57	193.79
10.16	0.400	126.80	7.72	110.34	168.70	10.28	146.80	254.90	15.53	221.81
12.70	0.500	141.90	8.64	123.48	187.60	11.43	163.25	286.80	17.47	249.57



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg ²	%	gr/cm ³	
1	0.1	55.95	5.59524535	1.52	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 6.72%
2	0.1	69.88	6.98753035	1.70	
3	0.1	99.64	9.96353954	1.92	



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	4		6		A	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Condición de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10869.00	11156.00	10565.00	11074.00	11405.00	11458.00
Peso del suelo compactado	3400.00	3687.00	3559.00	4068.00	4379.00	4432.00
Peso de molde (gr.)	7469.00	7469.00	7006.00	7006.00	7026.00	7026.00
Volumen del molde (gr.)	1920.13	1920.13	1912.57	1912.57	1937.57	1937.57
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.77	1.92	1.86	2.13	2.26	2.29

HÚMEDAD

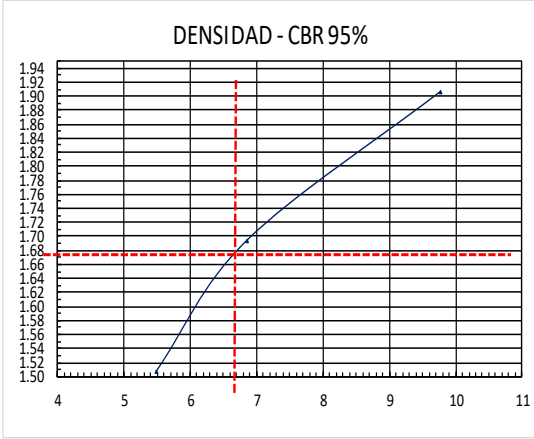
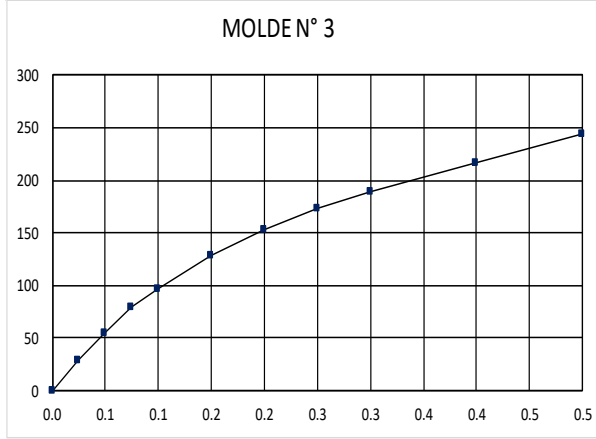
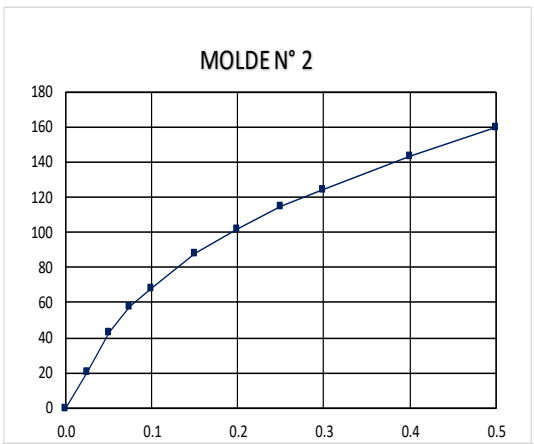
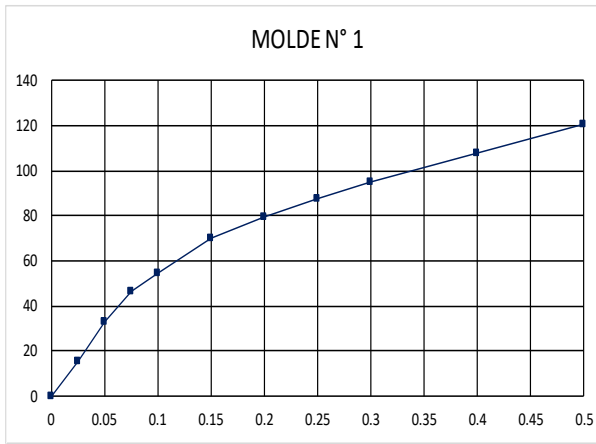
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	186.40	91.86	208.30	95.60	138.50	98.40
P. cont. + suelo seca (gr.)	164.70	80.80	188.30	83.90	127.30	88.70
Peso del contenedor (gr.)	28.90	40.20	27.50	38.10	29.90	40.24
Peso del suelo húmedo (gr.)	157.50	51.66	180.80	57.50	108.60	58.16
Peso del suelo seco (gr.)	135.80	40.60	160.80	45.80	97.40	48.46
peso del agua	21.70	11.06	20.00	11.70	11.20	9.70
Contenido de humedad %	15.98	27.24	12.44	25.55	11.50	20.02
Contenido de humedad prom. %	15.98	27.24	12.44	25.55	11.50	20.02
Densidad seca (gr/cm3)	1.53	1.51	1.65	1.69	2.03	1.91

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Días	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%	lectura	mm.	%
0	0	expan.			expan.			expan.		
24	1	0.86	2.18	2.05	0.69	1.75	1.65	0.51	1.32	1.24
48	2	1.36	3.45	1.19	1.15	2.92	1.10	0.96	2.44	1.05
72	3	1.69	4.29	0.79	1.42	3.61	0.64	1.23	3.12	0.64
96	4	1.98	5.03	0.69	1.58	4.01	0.38	1.37	3.48	0.33

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	17.80	1.08	15.49	24.10	1.47	20.97	33.10	2.02	28.80
1.27	0.050	37.90	2.31	32.98	49.50	3.02	43.07	63.80	3.89	55.52
1.91	0.075	53.90	3.28	46.90	66.20	4.03	57.61	92.01	5.60	80.07
2.54	0.100	63.10	3.84	54.91	78.70	4.79	68.48	112.20	6.83	97.63
3.81	0.150	80.50	4.90	70.05	101.30	6.17	88.15	147.70	9.00	128.53
5.08	0.200	91.40	5.57	79.53	117.10	7.13	101.90	176.90	10.78	153.93
6.35	0.250	100.70	6.13	87.63	131.90	8.03	114.78	199.70	12.16	173.77
7.62	0.300	109.50	6.67	95.28	143.40	8.73	124.78	218.30	13.30	189.96
10.16	0.400	124.30	7.57	108.16	165.30	10.07	143.84	249.80	15.22	217.37
12.70	0.500	139.10	8.47	121.04	183.90	11.20	160.03	281.10	17.12	244.61



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3	
1	0.1	54.91	5.49082397	1.51	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1") 6.68%
2	0.1	68.48	6.84830185	1.69	
3	0.1	97.63	9.76339857	1.91	



METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
MTC E 132 – 2016 ASTM 1883

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO:	“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE SUELOS INADECUADOS CON GEOSINTÉTICO PRODUCIDO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS”
UBICACIÓN:	JAJEN_CAJAMARCA
RESPONSABLES:	TESISTAS: Bach: Grace Vega Frías Bach: Daniel Cuellar Tenorio

COMPACTACIÓN

NUMERO DE ENSAYO	4		6		A	
	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Numero de capas	12		25		56	
Condicion de Muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
Peso del suelo compactado + molde gr.	10871.00	11090.00	10910.00	11167.00	11405.00	11410.00
Peso del suelo compactado	3637.00	3856.00	3767.00	4024.00	4402.00	4407.00
Peso de molde (gr.)	7234.00	7234.00	7143.00	7143.00	7003.00	7003.00
Volumen del molde(gr.)	1920.13	1920.13	1912.57	1912.57	1937.57	1937.57
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.89	2.01	1.97	2.10	2.27	2.27

HÚMEDAD

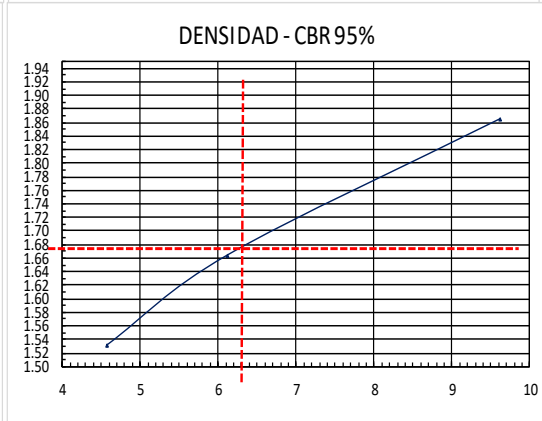
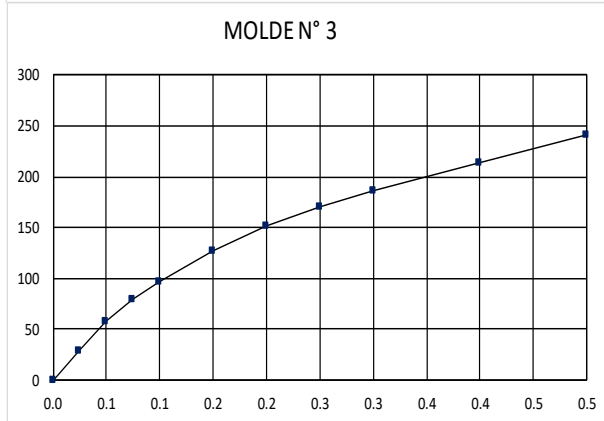
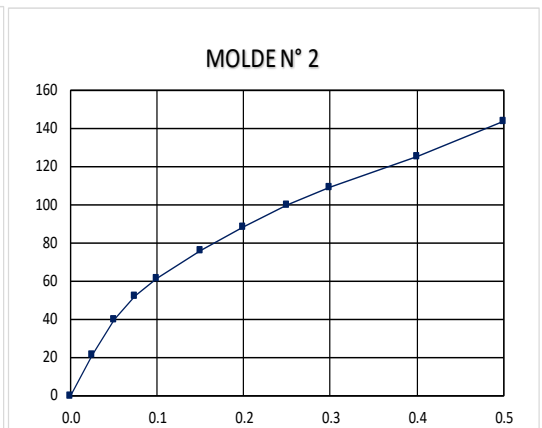
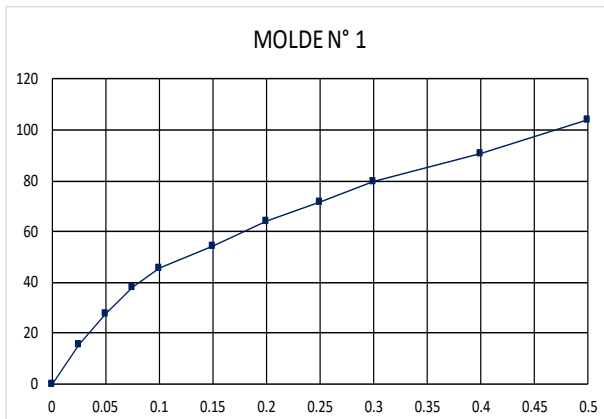
N° contenedor	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. cont. + suelo húmeda (gr.)	175.60	92.50	168.70	98.50	148.70	96.70
P. cont. + suelo seca (gr.)	161.50	79.70	151.80	85.90	138.10	86.40
Peso del contenedor (gr.)	30.00	38.50	29.00	38.10	55.20	39.50
Peso del suelo húmedo (gr.)	145.60	54.00	139.70	60.40	93.50	57.20
Peso del suelo seco (gr.)	131.50	41.20	122.80	47.80	82.90	46.90
peso del agua	14.10	12.80	16.90	12.60	10.60	10.30
Contenido de humedad %	10.72	31.07	13.76	26.36	12.79	21.96
Contenido de humedad prom. %	10.72	31.07	13.76	26.36	12.79	21.96
Densidad seca (gr/cm3)	1.71	1.53	1.73	1.67	2.01	1.86

EXPANSIÓN

TIEMPO		N° Molde			N° Molde			N° Molde		
Horas	Dias	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%	lectura expan.	mm.	%
0	0									
24	1	0.81	2.06	1.93	0.68	1.73	1.62	0.51	1.30	1.22
48	2	1.38	3.51	1.36	1.12	2.84	1.05	0.93	2.36	1.00
72	3	1.67	4.24	0.69	1.40	3.56	0.67	1.21	3.07	0.67
96	4	1.91	4.85	0.57	1.57	3.99	0.41	1.36	3.45	0.36

ENSAYO DE ESFUERZO - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		N° de Molde			N° de Molde			N° de Molde		
mm.	Pulg	Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO		Carga	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2	Kg.	Kg/Cm2	Lib/Pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	18.30	1.11	15.92	24.60	1.50	21.41	34.04	2.07	29.62
1.27	0.050	31.90	1.94	27.76	46.20	2.81	40.20	65.87	4.01	57.32
1.91	0.075	43.60	2.66	37.94	59.60	3.63	51.86	90.62	5.52	78.86
2.54	0.100	52.50	3.20	45.68	70.40	4.29	61.26	110.58	6.74	96.23
3.81	0.150	62.40	3.80	54.30	87.60	5.34	76.23	145.54	8.87	126.65
5.08	0.200	74.10	4.51	64.48	101.20	6.16	88.06	174.34	10.62	151.71
6.35	0.250	82.10	5.00	71.44	114.40	6.97	99.55	196.79	11.99	171.24
7.62	0.300	91.60	5.58	79.71	125.20	7.63	108.95	215.10	13.10	187.17
10.16	0.400	104.50	6.37	90.93	143.60	8.75	124.96	246.19	15.00	214.23
12.70	0.500	119.70	7.29	104.16	165.50	10.08	144.01	277.01	16.87	241.05



N° ensayo	Penetración	Esfuerzo Corregido	C.B.R	Densidad seca	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	C.B.R. (%)
	Pulg.	Lib/Pulg2	%	gr/cm3		6.30%
1	0.1	45.68	4.56843516	1.53	C.B.R. para el 95% de M.D.S. (0.1")	6.30%
2	0.1	61.26	6.126054	1.67		
3	0.1	96.23	9.62277778	1.86		

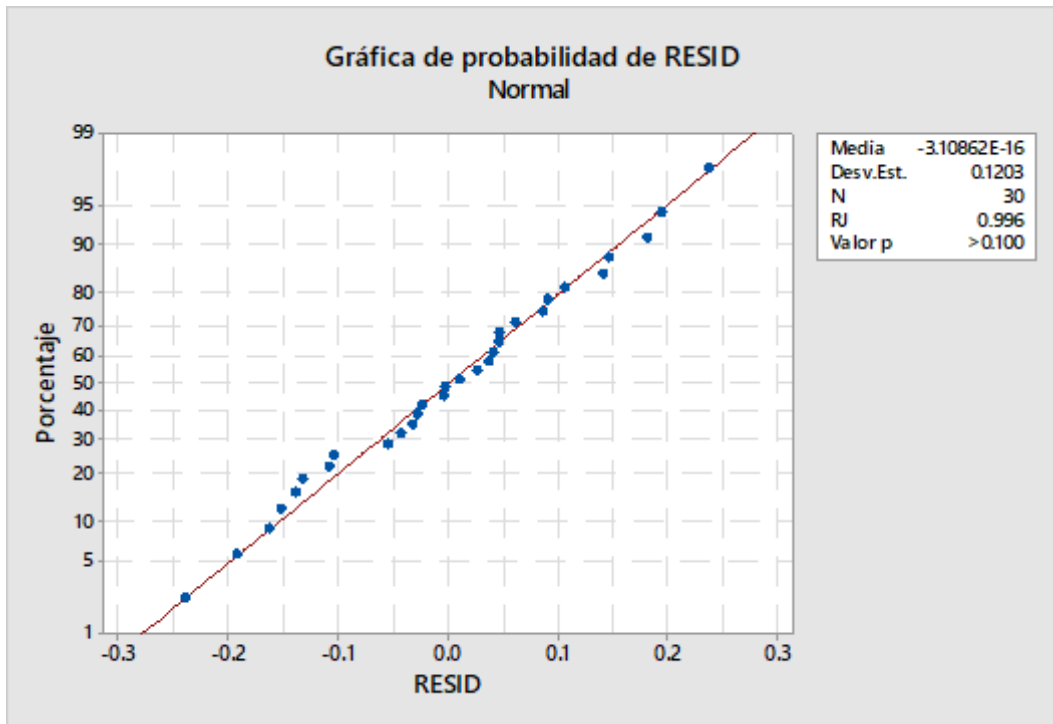
ANEXO 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

a. Prueba de probabilidad

Hipótesis nula (H₀): Los errores siguen una distribución normal.

Hipótesis alternada (H₁): Los errores no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$



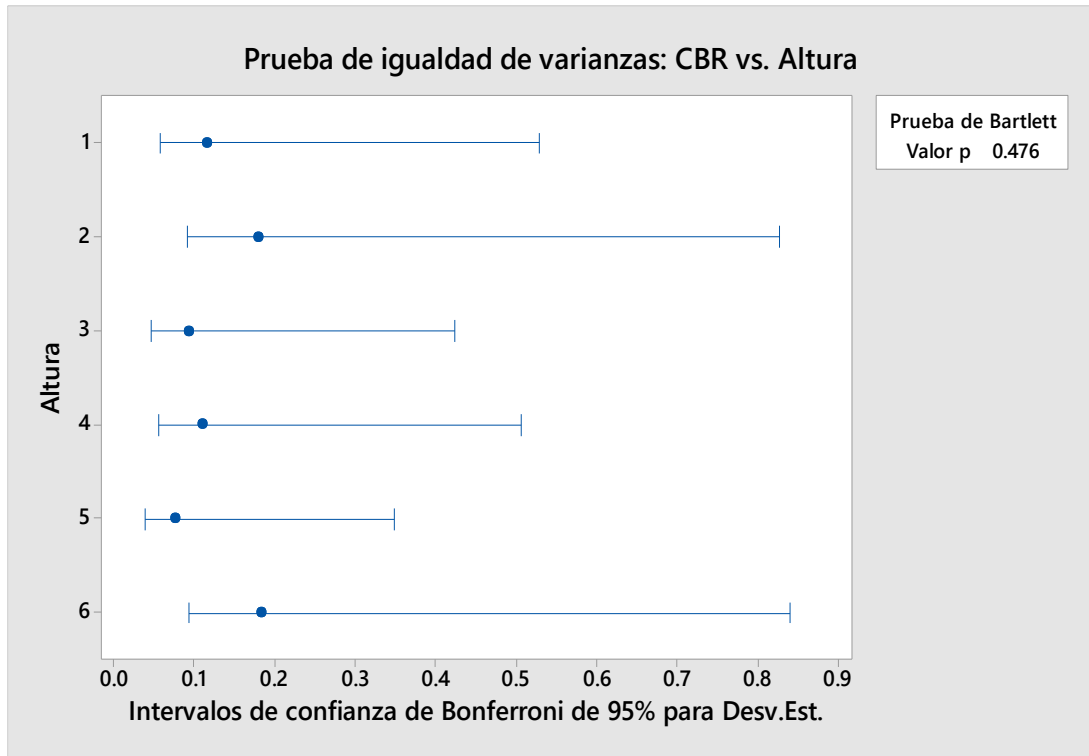
Obteniendo un $P > 0.05$ siendo no significativa, por lo cual se acepta la hipótesis nula.

b. Prueba de igual de varianzas

Hipótesis nula (H₀): La varianza de los grupos son iguales ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 = \sigma_6^2$)

Hipótesis alternada (H₁): La varianzas son diferentes o por lo menos una es diferente. ($\sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$)

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$



Se observa que el $P > 0.05$, siendo no significativa, comprobándose que la varianza por grupo es igual.