



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido,
Incorporando Granos de Caucho al Agregado A1-b, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Parra Arzapalo, Sara Alejandra (ORCID: 0000-0002-7437-6210)

Ypenza Nuñez, Antony (ORCID: 0000-0002-1263-2035)

ASESOR:

Mg. Madrid Argomedo, Manuel Ricardo (ORCID: 0000-0002-3005-5884)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

A mis padres, PARRA TORRES JORGE MARIO y ARZAPALO CHAVEZ ROSA, por su apoyo incondicional en el transcurso de estos años, al igual que a mis hermanas, sobrino y mascota, ellos son el motivo para mejorar en lo personal y profesional.

A mi alma mater, Universidad Privada Cesar Vallejo por implantar los conocimientos que permitieron el desarrollo de este proyecto.

PARRA ARZAPALO SARA ALEJANDRA

A mis padres NUÑEZ MOSCOSO DORIS ELENA y YPENZA CCAHUANA RAÚL, por su constante e incondicional apoyo en el transcurso de estos años, ellos son el motivo para mejorar en lo personal y profesional.

YPENZA NUÑEZ ANTONY

Agradecimiento

Nuestro sincero agradecimiento, al Mg. Manuel Ricardo Madrid Argomedo, asesor del proyecto de tesis, por el apoyo constante y orientación adecuada en la elaboración del producto final.

Asimismo, a la Universidad Cesar Vallejo, por permitir el desarrollo académico, mediante docentes de excelencia de la escuela académica profesional de Ingeniería Civil, que participaron en nuestra formación profesional.

Al laboratorio GEOPAVIMENTOS y SCL INGENIEROS SAC, por permitir el desarrollo de los ensayos para la obtención de resultados óptimos y confiables a bien de la investigación, agradecemos el asesoramiento en la interpretación de los resultados.

Los autores

Página del Jurado

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 28

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) PARRA ARZAPALO SARA ALEJANDRA cuyo título es: "ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA DEFORMACIÓN DE TERRAPLENES VIALES SOBRE SUELO RÍGIDO, INCORPORANDO GRANOS DE CAUCHO AL AGREGADO A1-b, 2019"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 15 (QUINCE)

Lima, Ate 06 de julio del 2019.


.....
MG. CHOQUE FLORES, LEOPOLDO
PRESIDENTE


.....
MG. CASUSOL IBERICO, GERMAN FERNANDO
SECRETARIO


.....
MG. TACZA ZEVALLOS, JOHN NELINHO
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Página del Jurado

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 28
--	---------------------------------------	--

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) YPENZA NUÑEZ ANTONY cuyo título es: "ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA DEFORMACIÓN DE TERRAPLENES VIALES SOBRE SUELO RÍGIDO, INCORPORANDO GRANOS DE CAUCHO AL AGREGADO A1-b, 2019"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 15 (QUINCE)

Lima, Ate 06 de julio del 2019.


.....
MG. CHOQUE FLORES, LEOPOLDO
PRESIDENTE


.....
MG. CASUSOL IBERICO, GERMAN FERNANDO
SECRETARIO


.....
MG. TACZA ZEVALLOS, JOHN NELINHO
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Declaratoria de Autenticidad

Nosotros, Sara Alejandra Parra Arzapalo con DNI 72484926 y Antony Ypenza Nuñez con DNI 70063814, a efecto de cumplir con las disposiciones y condiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que toda la documentación que representa el presente informe de investigación es veraz y autentico.

Asimismo, declaramos bajo juramento que todos los datos e información, obtenidos en la elaboración de los ensayos son de fuentes verídicas y confiables.

De tal forma, asumimos la responsabilidad ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información obtenida bajo ética y respeto de la propiedad intelectual, por lo cual nos sometemos a lo estipulado en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, julio del 2019



PARRA ARZAPALO SARA ALEJANDRA

DNI 72484926



YPENZA NUÑEZ ANTONY

DNI 70063814

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado	iv
Declaratoria de Autenticidad.....	vi
Índice.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract	ix
I. Introducción	1
II.Método.....	14
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
2.2. Operacionalización de variables.....	15
2.3. Población, muestra y muestreo.....	17
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	18
2.5. Procedimiento	23
2.6. Método de análisis de datos	29
2.7. Aspectos éticos.....	29
III. Resultados	30
IV. Discusión.....	78
V. Conclusiones	79
VI. Recomendaciones.....	80
Referencias.....	81
Anexos.....	87
Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis.....	164
Pantallazo del Software Turnitin.....	165
Autorización para la Publicación de la Tesis	166
Autorización de la Versión Final del Trabajo de Investigación	167

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo general, estudiar la deformación de un terraplén vial, incorporando en su estructura mezcla de granos de caucho ($\phi=2.5\text{mm}$) y agregado A1-b, mediante la simulación de un terraplén de altura variable (1.5, 2.5, 3.5 y 5m) en el programa geotécnico PLAXIS, a base del modelo Hardening soil (Axisimétrico).

Asimismo, los parámetros necesarios para emplear en el programa en mención, son los siguientes: Ángulo de fricción interna, cohesión, rigidez secante-tangente, y deformación edométrica, observados en la Tabla 6. Parámetros para el modelo Hardening soil (p.20), lo mencionado anteriormente, se obtuvo de los ensayos realizados (PROCTOR, CBR y EDOMETRO).

Igualmente, el parámetro de deformación admisible en la estructura del terraplén, es calculada mediante la ecuación brindada por “The Asphalt Institute”, ello bajo la selección de un tipo pavimento normado, tipo (Tp13), del cual se obtiene los siguientes espesores 0.16, 0.40 y 0.22 m en función a carpeta asfáltica, base y subbase respectivamente, observadas en la Figura 4. (p.15).

A base de la ecuación planteada por el “Asphalt Institute”, se obtuvo como deformación admisible $2.4497\text{e-}4$ y $2.3306\text{e-}4$. Dado ello, se consideró realizar el análisis de muestras estratificadamente y porcentajes que varían de 0, 5, 10 y 15% en función del peso del agregado.

De este modo, se analiza la mezcla patrón de agregado A1-b + % (0, 5, 10 y 15) grano de caucho, lográndose obtener resultados de contenido de humedad (14.2, 13.8, 13.3 y 13 %) así como máximas densidades secas (1.85, 1.83, 1.76 y 1.7 gr/cc) y CBR (14.6, 10.3, 11.1 y 8.8%) respectivamente para cada diseño, de ello se deduce que el resultado disminuye proporcional al aumento del % de caucho.

De todo lo antes expresado y en función a los resultados de deformación en el terraplén, se resuelve que, el resultado es favorable ya que las deformaciones máximas obtenidas ($1.497\text{e-}04$, $1.672\text{e-}04$, $1.517\text{e-}04$ y $1.054\text{e-}04$ % en función a 1.5, 2.5, 3.5 y 5m respectivamente) se encuentran por debajo de la admisible ($2.4497\text{e-}04$ %), por ende, resulta adecuada la aplicación de granos de caucho en el cuerpo de un terraplén de 5m de altura vertical.

Palabras claves: Granos de caucho, terraplén vial, deformación.

Abstract

The objective of this research is to study the deformation of a road embankment, incorporating in its structure a mixture of rubber grains ($\phi=2.5$ mm) and aggregate A1-b, by simulating an embankment of variable height (1.5, 2.5, 3.5 and 5m) in the geotechnical program PLAXIS, based on the Hardening soil model (Axisymmetric).

The same, the parameters necessary to use in the mentioned program are the following: Internal friction angle, cohesion, drying-tangent rigidity, and oedometric deformation, observed in Table 6. Parameters for the Hardening soil model (p.20), as mentioned above, was obtained from the tests performed (PROCTOR, CBR and EDOMETRO).

Equally, the permissible deformation parameter in the embankment structure is calculated by the equation provided by “The Asphalt Institute”, this under the selection of a standard pavement type, type Tp 13, from which the following thicknesses are obtained 0.16, 0.40 and 0.22 m depending on the asphalt, base and subbase respectively, observed in Figure 4. (p. 15).

Based on the equation proposed by Asphalt Institute, $2.4497e-4$ and $2.3306e-4$ were obtained as an allowable deformation. Given this, it was considered to perform the stratified sample analysis and percentages that vary from 0, 5, 10 and 15% depending on the weight of the aggregate.

In this way, the standard mix of aggregate A1-b + % (0, 5, 10 and 15) rubber grain is analyzed, obtaining moisture content results (14.2, 13.8, 13.3 and 13%) as well as maximum densities dry (1.85, 1.83, 1.76 and 1.7 gr/cc) and CBR (14.6, 10.3, 11.1 and 8.8%) respectively for each design, it follows that the result decreases proportional to the increase of % rubber.

From all of the above and depending on the results of deformation on the embankment, it is resolved that the result is favorable since the maximum deformations obtained ($1.497e-04$, $1.672e-04$, $1.517e-04$ and $1.054e-04$ % depending on 1.5, 2.5, 3.5 and 5m respectively) are below the admissible ($2.4497e-4\%$), therefore, the application of rubber grains in the body of a 5m high embankment is appropriate vertical.

Keywords: Rubber grains, road embankment, deformation.

I. Introducción

En la actualidad existe un grave problema de contaminación del medio ambiente ocasionado por la dificultad de eliminar los productos industriales una vez finalizado su ciclo de vida. Una de las industrias que genera mayor efecto es la automovilística, por ello Vignart (2010, p.7) afirma que: “La fabricación constante de neumáticos y la dificultad para desecharlos después de usados, constituye uno de los problemas medioambientales más serios de los últimos años en el mundo”.

Dada la magnitud de este problema, es importante implementar nuevas formas de reutilización de los neumáticos, que ayuden a reducir los niveles de contaminación por la cantidad de neumáticos en desuso en el mundo, según la Revista Vida Saludable (2014), las cifras a nivel mundial de producción de neumáticos desechados son de 30% de un total mayor de 628,000 toneladas, las cuales son derivados a la quema en hornos de plantas cementeras.

La situación en el país, no es ajena a ello, debido a que la mayoría de neumáticos en desuso son derivados a botaderos, según el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), la cifra de residuos sólidos destinados a distintos botaderos en el Lima, se incrementó considerablemente desde los años 2013 al 2017, como se muestra en la tabla 1, basada en los informes anuales de residuos sólidos municipales y no municipales de Lima, donde se menciona el aumento de caucho como residuo sólido que abarca cifras como 1.3% y 1.1% en los años 2013 y 2017 respectivamente.

Tabla 1. *Generación de residuos sólidos en Lima*

AÑO	2013	2014	2015	2016	2017
RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS (Tn)	2,291,622.00	2,732,960.56	2,838,795.50	3,323,107.53	3,125,605.51
CAUCHO EN DESUSO GENERADO	1.3% (29,791.08Tn)	1.20% (32,795.53Tn)	1.60% (45,420.73Tn)	0.51% (1,647.88Tn)	1.1% (34,381.67Tn)

Fuente: SINIA, 2019

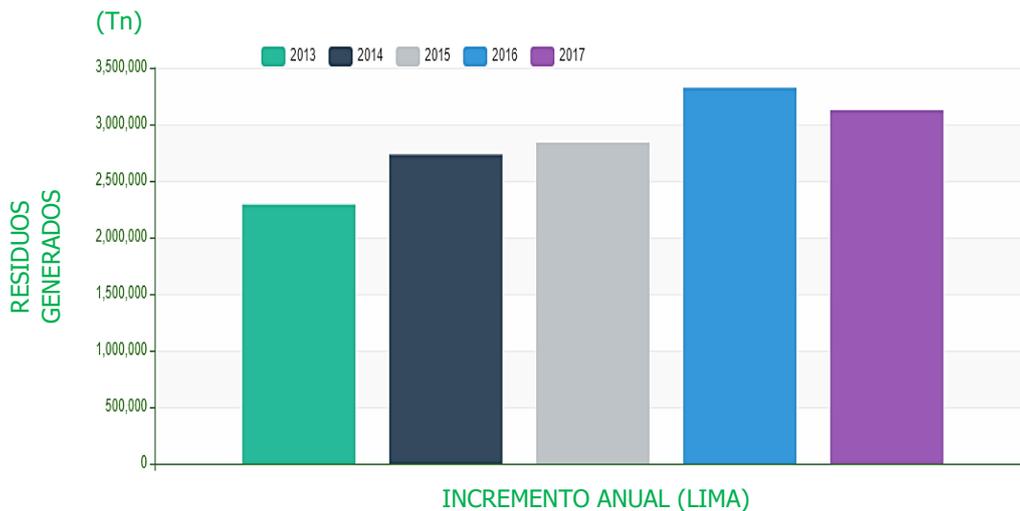


Figura 1. Residuos sólidos dispuestos en botaderos en Lima, medido en toneladas.

Tal como se observa en la figura 1, la generación de los neumáticos como residuo aumenta considerablemente en 32, 733.79 Tn respecto al 2016 por ende, la acumulación también. Igualmente, la producción de gases como el metano y el acopiamiento de los neumáticos en desuso genera riesgo de incendios espontáneos, los cuales pueden tener un periodo diario, semanal o mensual, lo que genera daño al ecosistema y afecta directamente a la salud pública. García y Reyes (2016, p.17) señalan lo siguiente: “el descarte inapropiado de neumáticos inservibles [...] no tienen un tratamiento adecuado y/o disposición final, siendo acumulados en el medio ambiente o, en el peor de los casos, quemados a cielo abierto”, por lo que el deshacerse de estos neumáticos no resulta beneficioso para el ambiente, tal como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Neumático de maquinaria pesada en desuso expuesto al entorno, Punta Hermosa.

Una solución idónea, es establecer políticas ambientales de prevención que permitan actuaciones coordinadas entre los fabricantes, distribuidores y las entidades encargadas de almacenamiento de residuos.

Un ejemplo en ese sentido, corresponde a la normativa legal española, señalada por San Martín (2010, p. 12): [se] “establece, la obligación de elaborar planes empresariales de prevención que identifiquen los mecanismos de fabricación que prolonguen la vida útil de los neumáticos y faciliten su reutilización y el reciclado”. Lo legal involucrado con la cooperación de los fabricantes de los neumáticos, conlleva a un descarte adecuado de los mismos.

De esta forma, en el Perú se promueve la ley que prohíbe el quemado de neumáticos en desuso, señaladas en el artículo 20° incisos 4) y 5) de la Ley Orgánica de Municipalidades N° 27972 en el cual manifiesta lo siguiente, “Se prohíbe la quema de muñecos, llantas, artículos pirotécnicos y otros que contaminen en la vía pública durante las fiestas navideñas y después del año nuevo” (Diario “El Peruano” 16 diciembre, 2016).

Si bien la ley mencionada anteriormente, solamente abarca la contaminación realizada sobre la vía pública, ello no abarca puntos más significantes, mencionado en el Decreto Supremo N° 019-2005-PRODUCE, que estipula el uso general de neumáticos nuevos y usados, estos últimos pasan por un proceso de tratamiento sometido a estándares de la Resolución Directoral N° 095-2011-MTC/16, la cual constituye el procedimiento que regula el mantenimiento y funcionamiento de las condiciones de seguridad y calidad de servicios relacionados al reciclaje de neumáticos, plásticos y demás.

Por lo expresado líneas arriba, la presente investigación busca implementar la utilización de los granos de caucho provenientes de neumáticos en desuso en la estructura de un terraplén vial. De ello, la normativa del MTC, no restringe el uso de los neumáticos en desuso como agregado para terraplenes. Por lo que, existe la necesidad de incorporar y generar investigaciones que permitan y justifique el empleo de neumáticos en desuso, en obras donde se genere grandes volúmenes de movimiento de tierras.

Además, la investigación estudia la deformación de un terraplén vial, cuando se sitúa en su estructura la mezcla de un agregado con porcentaje de caucho preestablecido y sobre ella un pavimento flexible tipo TP13 (clasificado según el catálogo de estructuras de pavimentos flexibles del MTC: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos). Las deformaciones serán obtenidas mediante la simulación axisimétrica del terraplén, empleando el modelo Hardening Soil del programa geotécnico Plaxis, y tomando como parámetro de

deformación admisible, la calculada a nivel de subrasante, mediante la ecuación matemática, brindada por “The Asphalt Institute”.

Cabe mencionar que se establece dentro de las características del contorno, que el terraplén está ubicado sobre un suelo de fundación rígido, es decir, dicho suelo no presenta deformaciones en contacto terraplén/fundación.

Los estudios científicos realizados en países como España, Colombia, EEUU y Ecuador, se han desarrollado, normativas y políticas de calidad con un enfoque medioambiental, que permite su utilización en el campo de la construcción. Tales como,

- Bosscher, Peter, Edil, Tuncer y Huroaka, Senro (1997), en su artículo titulado “Design of Highway Embankments using tire chips”, describe la influencia de la mezcla de arena con viruta de caucho en la deformación de un terraplén vial.

Para obtener los resultados se simuló el terraplén en el programa numérico predictivo DAMA, de los cuales obtuvo la deflexión medida de 9.65, 21.85, 26.67 y 4.83mm y deflexión predictiva de 11.94, 22.86, 25.91 y 9.65mm cuatro combinaciones A, B, C y D respectivamente, señala que cuanto se incrementa las virutas de caucho a la arena lavada, esta aumenta su valor de deformación respecto a la que se analizó bajo las mismas condiciones sin viruta alguna.

- Cuartas, Yonatan (2015), en su investigación tiene como finalidad determinar el comportamiento del neumático que provengan de vehículos de tráfico pesado, como material para terraplenes construidos con suelos de cenizas volcánicas, esto mediante la comparación del comportamiento a compactación y resistencia de mezclas de suelos derivados de cenizas volcánicas con un 5, 10 y 15% de neumáticos.

Este investigador ejecuta ensayos como CBR, Proctor Modificado y compresión inconfiada, concluye que, la mezcla del suelo con el neumático puede ser usada en la construcción de terraplenes porque, la mezcla que contiene 10% de neumáticos, satisface las características establecidas en el artículo 220-07 de Invias.

Así también llega a la siguiente conclusión de no utilizar porcentajes superiores al 10% de neumático triturado ya que afecta la compactación del suelo y su capacidad de soporte.

- Cusquisibán, Wilder (2014), en su investigación de mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento, tiene

por finalidad, mejorar la capacidad de soporte de los suelos blandos (OH, OL, OH) utilizando porcentajes de 20, 40 y 60% granos de caucho, con un enfoque de contribución a la protección de medio ambiente, y también que este material sea utilizable para la construcción de pavimentos. Se realizaron ensayos de CBR y Proctor modificado, con muestras obtenidas en 3 calicatas comprendidas entre los Km 0+00 – Km 01+500 y Km 02+500 de las Avenidas Porongo- Sebastián Díaz Marín- Zarate Mirando y Chachapoyas del distrito de Baños del Inca en Cajamarca.

Obteniendo valores del CBR que varían entre 7.00 - 6.00, en condiciones normales y a la compactación de un 95%, entre 8.00 - 7.60, con un 20% de caucho, siendo 26.30 – 30.40 con la adición de 40% de granos de caucho y 38.50 - 40.00 con 60% de adición. Verificándose que con un 60% de adición de caucho, el valor CBR incrementa notablemente.

- Kjartanson, Bruce, Lohnes, Robert y Yang, Shiping (2002), en su artículo titulado “Mechanical Properties of Shredded Tires”, tiene como objetivo evaluar las características mecánicas que poseen las virutas de neumáticos secos de diámetro 2 a 10mm mediante pruebas de compresión confinada, corte directo y triaxial. Los resultados obtenidos fueron comparados con estudios anteriores para generar relaciones empíricas de 0.01% de variación. La compresión confinada resulta en 23 y 40% de deformación volumétrica a tensiones de 120 y 480 kPa, respectivamente para 3.5 y 5mm, en tanto las pruebas de corte directo, muestran curvas de tensión-desplazamiento no lineales para 2.5 y 3.5mm. Así también, las pruebas triaxiales muestran un incremento de 15% en el módulo de deformación para 4.5mm de viruta, por todo ello señala que, el tamaño de partícula no afecta la resistencia al corte.
- San Martín, Ignacio (2009), caracteriza mecánicamente e hidráulicamente a los neumáticos fuera de uso troceados, para su uso en diferentes aplicaciones en ingeniería civil, tomando como muestra diferentes tamaños de trozos 7, 25, 50 y 100 mm de diámetro, en la investigación el autor llega a la conclusión que la compresibilidad de los neumáticos fuera de uso troceados es independiente de su granulometría y de su grado de saturación, así como también que su densidad aparente. También se concluyó que los módulos edométricos obtenidos para presiones comprendidas entre 50 y 400kPa resultaron en un orden de 200 a 670 kPa.

Estos trabajos demuestran la implementación de los granos de caucho, considerando en general a la norma ASTM D-6270 (17), en donde señala, las características a implementar en un terraplén construido con granos de caucho.

En el desarrollo de la presente investigación, dentro del marco teórico se considera planteamientos teóricos, conceptos y metodologías basados en el tema central de la investigación, considerando esenciales a los conceptos que se vinculen con las variables de estudio.

- Terraplén vial

Un terraplén vial, se define como una estructura, que se emplea cuándo se requiere rellenar un área de terreno.

Dentro de los criterios generales para la formación de terraplenes, se considera tres zonas, la primera de ellas, el cimiento o base, parte formada debajo de la superficie original del terreno, por otro lado, el núcleo o cuerpo, es la parte del relleno comprendido entre el cimiento y la coronación, esta última formada por la parte superior del cuerpo, siendo de un espesor no menor de 0.30m por debajo de la sub base del pavimento (Ventura, 1981, p. 35).

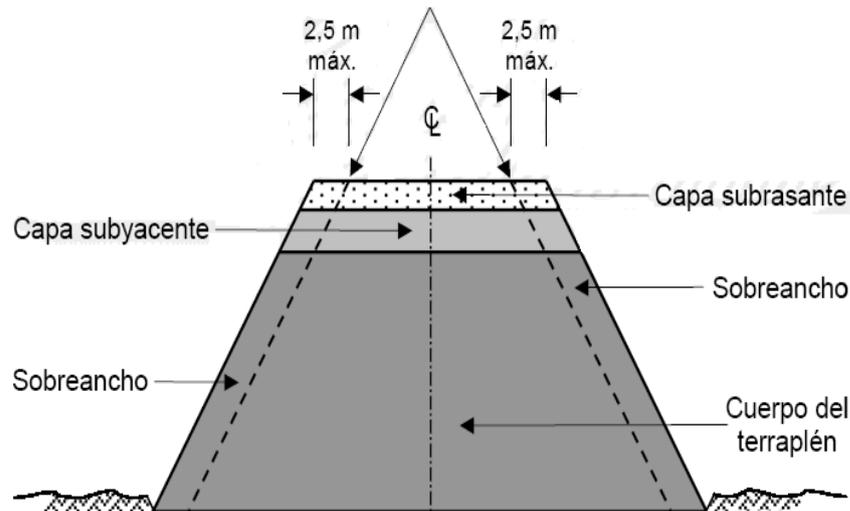


Figura 3. Sección transversal de la estructura de un terraplén vial

La normativa de MTC: EG-2013 menciona que, en un proyecto de terraplén, los materiales a utilizar deben cumplir con una clasificación AASHTO del tipo A1-a, A1-b, A2-4, A2-6 y A3, los cuales deben provenir de excavaciones de la explanación, prestamos laterales o fuentes aprobadas libres de sustancias deletéreas. Así también, se indican los requisitos en la tabla 2.

Tabla 2. Requisitos de los materiales para terraplenes viales

CONDICIÓN	PARTES DEL TERRAPLÉN		
	BASE	CUERPO	CORONA
Tamaño máximo (cm)	15	10	7.5
% Máximo de fragmentados de roca > 7.62 cm	30	20	-
Índice de plasticidad (%)	<11	<11	<10

Fuente: MTC-EG-2013, sección 205

-Deformación del terraplén vial

La deformación de un terraplén, se define como la variación en forma de una masa de suelo, que está sometida a esfuerzos internos o externos, como la carga de los vehículos sobre la carpeta asfáltica, tal como se muestra en la figura 4, en donde se observa las cargas transmitidas por un eje convencional sobre un pavimento tipo TP13 (clasificado según el catálogo de estructuras de pavimentos flexibles del MTC: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos), el cual produce la deformación vertical y horizontal del terraplén, así como también un cambio de su altura, área o volumen a lo largo de la aplicación de la fuerza.

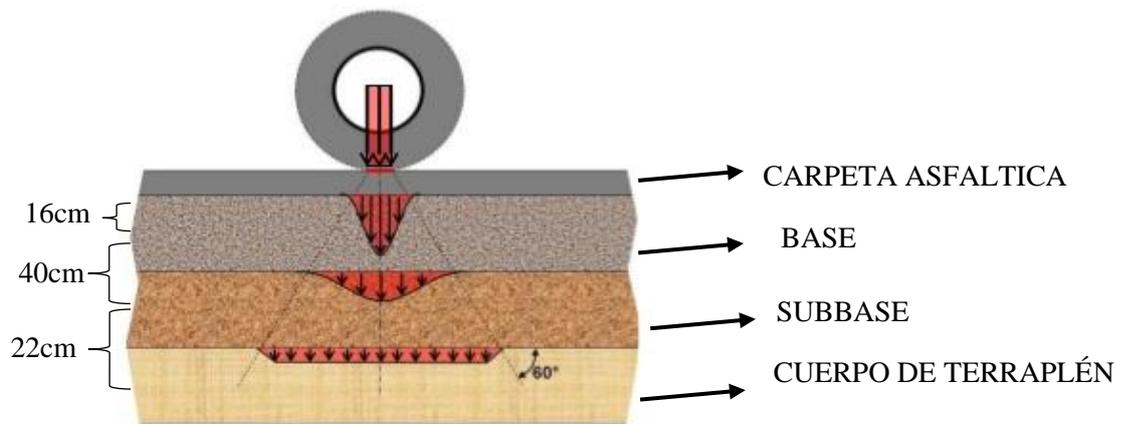


Figura 4. Carga transmitida por un eje sobre el pavimento flexible tipo TP13

Para determinar el módulo de deformación del terraplén se utilizará el ensayo edométrico, que consiste en la aplicación de una carga que va incrementando su valor, para obtener en el proceso, las lecturas de las deformaciones, en función al tiempo. Estos ensayos permiten determinar la rigidez tangente para la carga de un edómetro (E_{oed}^{ref}) y la recarga o descarga de rigidez (E_{ur}^{ref}).

El módulo edométrico se relaciona como el módulo elástico usando la formula (1.1), en donde: ν , es el coeficiente de Poisson:

$$E_m = \frac{(1-\nu)E}{(1-2\nu)(1+\nu)} \dots (1.1)$$

En cuanto al parámetro de deformación admisible, estará establecido en función del tráfico (repeticiones) ocurren en el pavimento flexible usando la siguiente expresión:

$$N_d = f_4(E_c)^{-f_5} \dots (1.2)$$

Según (1.2), N_d es el número permitido de repeticiones de carga para limitar la deformación permanente, E_c es la deformación, f_4 y f_5 son constantes, siendo estos últimos valores dados por diversas instituciones, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Valores para f_4 y f_5

FACTOR	Asphalt Institute (1982)	Shell (1977)	University of Nottingham (1977)
f_4	1.365 e-9	6.15e-7	1.13 e-6
f_5	4.477	4.0	3.571

Fuente: Pavement Analysis and Design, 2004

Dado ello, la deformación admisible es $2.4497e-4$ y $2.3306e-4$ para un tráfico de 20, 000,001 y 25, 000,000 respectivamente.

-Granos de caucho

Granos de caucho provenientes de neumáticos fuera de uso, son un subproducto procesado con características establecidas como se muestra en la tabla 4, en donde a base de un análisis químico presentado por Asroun, Bekhiti y Trouzine (2014, p.670) en su artículo de revista titulado “Properties of Waste Tire Rubber Powder”, establece porcentajes que se presentan dentro de un neumático fuera de uso.

Por otro lado, los granos de caucho para su aplicación en la estructura de un terraplén deben cumplir con parámetros indicados en el ASTM D 6270-17, “Standard practice for use of scrap tires in civil engineering applications”, en donde señala que, los granos de caucho deben tener 0% de fibras de acero y nylon, los granos deben estar limpios de contaminantes que generen algún riesgo a la estructura, los espesores de granos de caucho no se deben

construir con espesores mayores a 3m, también en el proceso constructivo se debe evitar o reducir la circulación de agua y aire en el interior del relleno.

Tabla 4. *Características de los granos de caucho, analizados químicamente*

ELEMENTO MATERIAL	PORCENTAJE MÁXIMO
Caucho	54%
Negro carbón	29%
Textil	2%
Óxido de Zinc	1%
Azufre	1%
Aditivo	13%

Fuente: Properties of Waste Tire Rubber Powder, 2014

El subproducto es obtenido mediante la trituración mecánica, criogénica u otra, donde el resultado final (granos de caucho) tienen una granulometría diversa para diferentes fines, ya sea de construcción, investigación u recreación, en el primer sentido, esencialmente como mezcla de agregados, para la construcción de un terraplén carretero (Cervera, 2016, p.31).

Por otro lado, la normativa ASTM D-6270 (17), menciona las características que el caucho granulado debe contemplar para su uso en un obra vial, esto se puede observar en la tabla 5, en donde nos menciona las propiedades y lo permitido según norma.

Según Leshchinsky, Dov, Horvath, Jhon y Stark, Timothy (2004, p. 37), los granos de caucho tienen una densidad que varía entre 5.9 a 8.8, lo cual se refuerza en la norma vigente del ASTM D 6270-17.

Tabla 5. *Propiedades de los granos de caucho*

PROPIEDAD	GRANOS DE CAUCHO
Densidad	0.83
Tamaño	0.08 – 2.6mm
Elongación (%)	420
Cantidad de fibra de acero	0%

Fuente: ASTM D-6270 (17)

Se pretende implementar, la adición de los granos de caucho a los agregados convencionales de un terraplén, los cuales son resultado de la trituración de neumáticos fuera de uso como

se muestra en la figura 5, clasificados en base a sus diámetros, desde polvo hasta trozos de caucho reciclado.

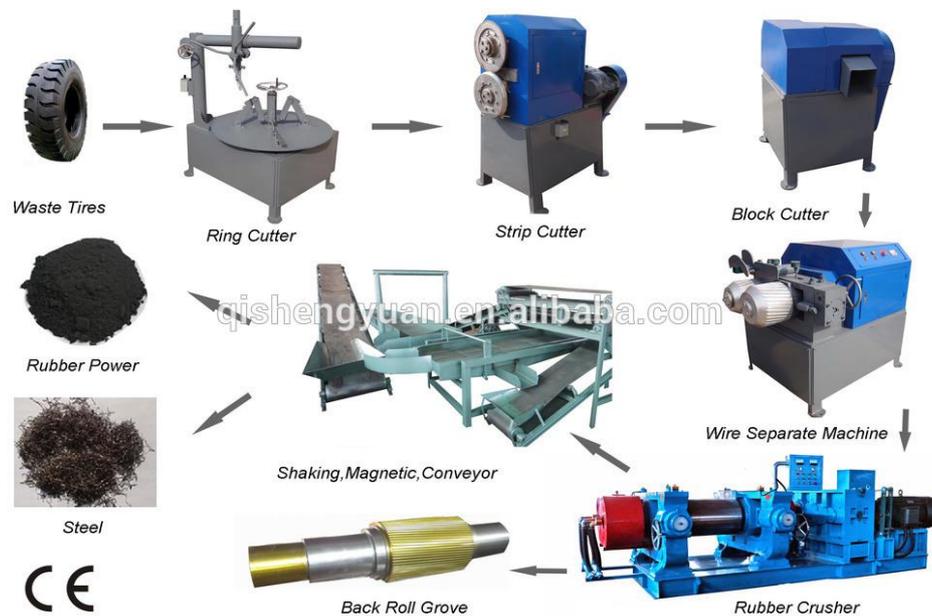


Figura 5. Trituración mecánica de los neumáticos fuera de uso

Estos diferentes diámetros se dan como resultado de un proceso de trituración, el cual consiste en disminuir el tamaño de un cuerpo, en trozos, grano o polvo, dependiendo de la utilidad que se les den a estos, es así que los copos de un tamaño > 1 cm. Dicho proceso se puede dar de manera mecánica o criogénica, la primera la más simple y económica en comparación a la segunda (Olivares, 2016, p.16).

-Metodología para el cálculo de las deformaciones

El análisis de las deformaciones de los terraplenes viales comprende establecer las propiedades necesarias, de ese modo, evitar el desplazamiento vertical y horizontal de la estructura.

Metodología de elementos finitos: El método de elementos finitos, según Mesa (2017, p. 43): “El MEF consiste en la descomposición de un medio físico continuo en un número discreto de partes o elementos que se hallan conectados entre sí por un número discreto de puntos denominados nodos”.

Es decir, es una técnica numérica para resolver problemas que se describen mediante ecuaciones diferenciales, mediante la división de un elemento en una malla de elementos geométricos interpolados, donde las fracciones están interconectadas por una secuencia

de puntos, las cuales toman el nombre de nodos. Aquí, se pasa de un sistema que contiene infinitos grados de libertad, a un sistema en donde se tiene finitos grados de libertad.

La aplicación del MEF (Método de Elementos Finitos), se da mediante la simulación de un cuerpo sometido a carga y bajo modelos especificados, en el caso de este documento, será mediante el programa Geotécnico PLAXIS y bajo un modelo elastoplastico: Hardening-Soil.

-Programa geotécnico: PLAXIS

PLAXIS es un software geotécnico de elementos finitos bidimensionales diseñados específicamente para la realización de análisis de deformación y estabilidad de problemas geotécnicos (PLAXIS: General Information, 2019, p.3). El programa tiene como objetivo desarrollar un código de elementos finitos de uso sencillo para analizar el comportamiento del suelo (terraplenes), esto modelado a través de modelos constitutivos como Hardening- Soil, Clam-Clay, Mohr- Coulomb entre otros.

La presente investigación usa el modelo elastoplastico: Hardening Soil, el cual es un modelo avanzado para simular el comportamiento de diferentes tipos de suelo: suelos blandos y rígidos (PLAXIS: Material model, 2019, p.69). Para la aplicación del modelo, el software solicita parámetros, mostrados en la tabla 6, los cuales fueron obtenidos de forma indirecta con ensayos de CBR (cohesión y fricción) y directa con el ensayo edométrico (módulos de deformación), aplicado a cada diseño propuesto.

Tabla 6. *Parámetros para modelo Hardening-Soil*

RESISTENCIA	c	Cohesión	kN/m ²
	ϕ	Angulo de fricción interna	°
	ψ	Angulo de dilatancia	°
RIGIDEZ	E_{50}^{ref}	Rigidez secante en ensayos triaxiales	kN/m ²
	E_{ped}^{ref}	Rigidez tangente en cargas edométricos	kN/m ²
	m	Potencia de la dependencia tensional de la rigidez	-
	E_{ur}^{ref}	Rigidez en descarga- recarga	kN/m ²

Fuente: Elaboración Propia

Por todo lo expuesto se plantea la siguiente interrogante general acerca del problema:

- ¿De qué manera la adición de granos de caucho, afecta en la deformación de un terraplén vial?

Para responder el enunciado, es necesario generar preguntas específicas:

- ¿Cuál es la variación de la deformación de la estructura del terraplén vial respecto de porcentajes distintos de grano de caucho?
- ¿Cómo la altura de un terraplén vial incorporando en su estructura granos de caucho, afecta la deformación del terraplén?

De tal modo, la presente investigación tiene como objetivo general:

- Estudiar la deformación de un terraplén vial incorporando en su estructura granos de caucho, mediante la simulación en el programa geotécnico PLAXIS.

De la misma manera, se tiene como objetivos específicos:

- Evaluar las deformaciones de la estructura de un terraplén vial según el porcentaje de adición de granos de caucho, en el programa geotécnico PLAXIS.
- Determinar la altura máxima de un terraplén vial incorporado en su estructura granos de caucho, en función a la deformación permitida del terraplén.

La importancia del presente estudio se basa en la necesidad de generar investigaciones para dar solución al problema del manejo inadecuado de los neumáticos como residuo sólido, enfocándose en el estudio de la viabilidad de uso de granos de caucho reciclable, mediante el análisis del comportamiento al agregar estos en la estructura de un terraplén vial.

Procedimiento que tiene como base, los ensayos estándares y especiales. De lo cual se demostrará la confiabilidad de aplicar este nuevo material en terraplenes, por medio de los datos obtenidos en laboratorio y comparados con las características propias de un terraplén convencional, generando un conocimiento nuevo en tecnología de materiales.

Con este tipo de investigación científica se estudia la deformación de un terraplén vial con adición de granos de caucho en su estructura con enfoque en la viabilidad de la mezcla para cada diseño propuesto, para así disminuir las cifras de caucho fuera de uso destinados a botaderos ilegales, minimizando la contaminación ambiental.

Para el resultado positivo de lo antes expuesto, se presenta como hipótesis general:

- La adición de granos de caucho a la estructura que conforma un terraplén vial no afecta su deformación.

Con la misma premisa, se genera las siguientes hipótesis específicas:

- La deformación del terraplén vial incrementa en relación a la adición de granos de caucho.
- Las variaciones de altura de un terraplén vial incorporando en su estructura granos de caucho, afecta la deformación de un terraplén vial.

II.Método

2.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Los tipos de investigación se pueden clasificar bajos dos autores representativos, el segundo de ellos Arnal (2004), clasifica la investigación en siete maneras, según su finalidad, alcance temporal y demás.

Dentro de las cuales, la investigación por su finalidad es de tipo aplicada debido a que pretende aportar en la solución del problema de la eliminación de neumáticos en desuso en nuestro país, mediante el estudio de la alternativa de usar granos de caucho reciclado en la estructura de un terraplén vial. Así mismo, los resultados de la investigación permitirán establecer un marco de conocimientos que permitan incorporar en la normativa vigente del MTC, la alternativa de emplear estos materiales en desuso.

Diseño de investigación

Según Baptista, Fernández y Hernández (2010, p. 122) señalan que: “Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. Pero, para establecer influencias, sujetas a variación”.

La presente investigación es de índole de experimental debido a que maneja dos variables (una independiente y otra dependiente) para la solución a un problema específico con la finalidad de describir la solución a este problema.

Por otro lado, el manejo de las variables será de tipo numérico, empleando para ello simulaciones en elementos finitos, donde, previamente se obtendrán los parámetros de deformación de las distintas mezclas de agregado y porcentajes de granos de caucho, mediante ensayos de laboratorio apropiados.

Con un nivel de investigación correlacional, definido como la relación de trascendencia entre ambas variables, dado que evalúa el efecto que trae la variable incorporación de granos de caucho (independiente) en la variable dependiente, el cual es la deformación, buscando la relación entre la variable independiente y la dependiente, así como estos influyen entre sí.

También la investigación contempla un enfoque cuantitativo, el cual se define como una secuencia probatoria, que tiene características marcadas como el orden y la delimitación;

dado ello, tomamos un problema propio de la realidad, el cual se basa en el impacto que trae el mal manejo de los neumáticos fuera de uso en el ambiente, de modo que se propone implementar la utilización de la mezcla con el agregado A1-b, en la estructura del terraplén, y también aplicar los ensayos para comprobar la factibilidad de la mezcla.

2.2. Operacionalización de variables

Operacionalización de variables según Cortez y Neill (2018, p.104): “es aquel proceso el cual una variable pasa de nivel abstracto a un contexto operativo, a fin de hacer medible a un variable, permitiendo la recolección de información relevante de forma eficaz y eficiente”. Es decir, la Operacionalización es la disgregación de las variables, en elementos que permitan evaluar y probar la hipótesis planteada.

Dentro de las Operacionalización de variables se considera la definición de la variable en relación a la hipótesis, de los cuales son ejes principales dos conceptos que definen las variables, ya sea conceptual u operacional, la primera es la definición descrita de cómo se evaluara la variable, no pretendiendo expresar el todo de la investigación a diferencia de la segunda. Mientras que la conceptual es la definición brindada por expertos en el tema y que propone desarrollar y explicar el contenido que se encuentre dentro de este concepto.

Así también, para establecer las dimensiones de las variables, son la disgregación específica de las mismas. Por otro lado, los indicadores son expresiones que hacen medible a la variable, esenciales para precisar, separar e identificar los datos. En cuanto a las escalas de medición estas se refieren a la posibilidad de cuantificación de una variable, siendo nominal, ordinal, intervalo, de razón. Por todo ello, se muestra la tabla 7, la Operacionalización de variables de la presente investigación,

Independiente (X): Incorporación de granos de caucho

Dependiente (Y): Deformación del terraplén vial

Tabla 7. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
DEFORMACIÓN DEL TERRAPLÉN VIAL	Es todo cambio de volumen y/o cambio de forma ocasiona por la acción de fuerzas externas al terraplén vial. En un terraplén se observa la deformación volumétrica y la cortante.	La variable dependiente es evaluada bajo fichas de ensayos, también contempla dos dimensiones y 4 indicadores.	CAMBIO DE VOLUMEN (DEFORMACIÓN VOLUMÉTRICA)	Desplazamiento vertical	RAZÓN
				Desplazamiento horizontal	
			CAMBIO DE FORMA (DEFORMACIÓN CORTANTE)	Desplazamiento vertical	RAZÓN
				Desplazamiento horizontal	
INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO	La incorporación de granos de caucho en el terraplén, se realiza mediante el trozado de los neumáticos en desuso en distintos tamaños, y posteriormente su adición en variado porcentaje en peso de agregado.	La variable independiente es evaluada bajo fichas de ensayos, también contempla dos dimensiones y un indicador.	CANTIDAD DE GRANOS DE CAUCHO	Porcentaje de adición (0,5,10 y 15% en peso del agregado)	RAZÓN

Fuente: Propia

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

La población comprende la totalidad de sujetos u objetos, su selección se da en función a ciertas características que contribuyen en la obtención de información para estudiar el problema (Cortez y Neill, 2018, p. 103).

La población consta 3 ensayos por cada diseño especificada en la tabla 9, es decir consta de un ensayo, CBR, Proctor modificado y edométrico por diseño, especificado en la tabla 8.

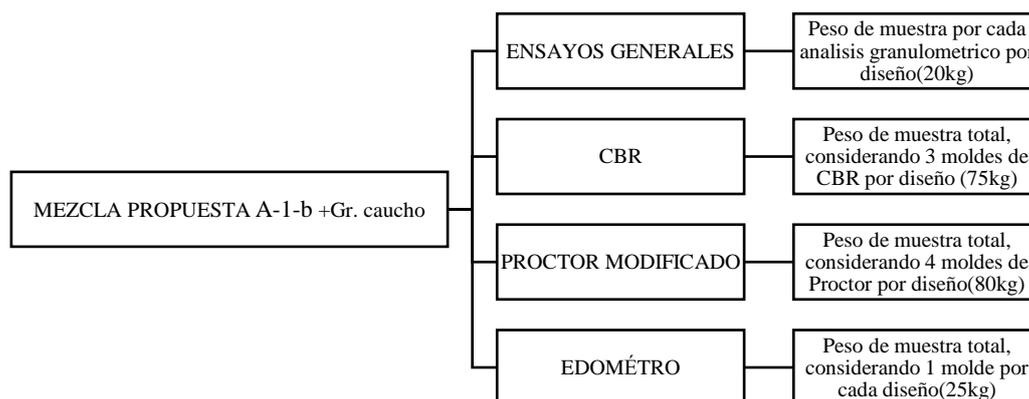
Tabla 8. Población de la investigación

ENSAYO	DISEÑO DE MEZCLA			
	A1-b+0% GC	A1-b+5% GC	A1-b+10% GC	A1-b+15% GC
CBR	1	1	1	1
PROCTOR M.	1	1	1	1
EDOMÉTRICO	1	1	1	1

Fuente: Propia

De los cuales, en peso está destinado 200kg de material afirmado de gradación D (A1-b), más el porcentaje de granos de caucho, tal como especifica la tabla 9, esta población total está distribuida según ensayos estándares y especiales, como se muestra en el siguiente esquema 1,

Esquema 1. Requerimiento de muestra



Fuente: Propia

Cada diseño de muestra, está en función a los porcentajes de adición en peso del agregado que se utiliza como se muestra en la tabla 9, así como también, estarán en función al diámetro de los granos de caucho, ambos serán mezclados con material granular de tipo A1-b (mediante clasificación de AASHTO).

2.3.2. Muestra y muestreo

Considerando que se trata de la mezcla de granos de caucho con agregado A1-b, los cuales están en función, a la muestra de tipo probabilística estratificada, según Baptista, Fernández y Hernández (2010, p. 180) mencionan que: “Muestreo probabilística estratificada es la segmentación y selección de una muestra por estratos, que tienen un conjunto en común”, en este caso en particular los porcentajes de caucho.

Los agregados del suelo se obtuvieron de la cantera “Gloria Grande”, las cuales cumplen con los parámetros que el Manual de Carreteras señala, ya sea el tamaño máximo, el porcentaje máximo de fragmentado de roca el cual es mayor a 7.62cm, así como el índice de plasticidad que no excede el 10%, en cuanto al tipo de material, el que se utilizara para la ejecución de los ensayos es de clasificación A1-b normado y clasificado bajo AASHTO.

Para la mejor interpretación de los resultados, la población será dividida según el porcentaje de adición de granos de caucho de neumáticos fuera de uso, estos se dividen en 0%, 5%, 10% y 15% en peso del agregado y con un diámetro mayor de 2.5mm de los granos de caucho y $\frac{3}{4}$ ” del material A1-b, como se muestra en la tabla 8, muestra estratificada.

Tabla 9. *Muestra estratificada de ensayos*

GRANOS DE DIÁMETRO DE 2.5mm (A1-b+ % Gr.caucho)		
DISEÑO A:	Material de terraplén A-1-b	0% de granos de caucho
DISEÑO B:	Material de terraplén A-1-b	5% de granos de caucho
DISEÑO C:	Material de terraplén A-1-b	10% de granos de caucho
DISEÑO D:	Material de terraplén A-1-b	15% de granos de caucho

Fuente: Propia

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

La técnica propuesta para que se lleve a cabo, la simulación en el programa geotécnico PLAXIS, es la de realizar ensayos de tipo estándar y especiales, los cuales para el material de un terraplén, son la de análisis granulométrico por Tamizado (ASTM D-422, MTC E107), humedad natural (MTC E108), limite líquido de los suelos (ASTM

D-4318, MTC E110), límite plástico e índice de plasticidad (ASTM D-4318, MTC E111), determinación del límite de contracción (MTC E112), gravedad específica de los suelos (MTC E113) y materia orgánica de suelos (MTC E118).

De manera tal que, los ensayos especiales son los de California Bearing Ratio (CBR) (ASTM D-1883, MTC E132) y relación de humedad-densidad compactada a la energía de Proctor Modificado (ASTM D-1557, MTC E115) y el último, de mayor significancia es el ensayo de edómetro. Todo ello reforzado en el Manual de ensayos regidos por el MTC. A continuación, se describe todos los ensayos a realizar,

Ensayos estándar:

a) Análisis granulométrico

El ensayo, análisis granulométrico de suelos por tamizado MTC E 107-2016, busca la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, esta clasificación se da mediante SUCS y AASHTO, para el presente trabajo, la clasificación se dará mediante AASHTO, utilizando un suelo de tipo A-2-4 y A-1-b, con gradación D, observado en la tabla 10, requerimientos granulométricos para el agregado A1-b.

Tabla 10. *Requerimientos para A1-b, con gradación D*

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50mm (2")	100	100	-	-
25mm (1")	-	75-95	100	100
9.5mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75mm (N° 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0mm (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425µm (N° 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75µm (N° 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: ASTM D 124, considerando (1) es para zonas de altitud igual o superior a 3000msnm

Para la ejecución del ensayo se necesitarán, balanzas, tamices estandarizados como se muestra en la figura 6, así como también estufa, cepillo y brochas.



Figura 6. Tamices empleados en el ensayo MTC E 107-2016

b) Límites de consistencia

Los límites de consistencia, son ensayos que son extensamente usados para correlacionarlos con otras propiedades de suelo, tal como compresibilidad, permeabilidad, compactación, contracción- expansión y resistencia al corte.

Por otro lado, el límite plástico determina, el contenido de humedad del suelo, es así como el índice de plasticidad se determina a función de la diferencia y/o variación entre el límite líquido y plástico que posee un suelo.

Para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos, se utiliza la normativa, ASTM D-4318, MTC E110 y MTC E111, para cada ensayo respectivamente.

Ensayos especiales

a) CBR

El CBR (California Bearing Ratio), ensayo empleado en laboratorio, que nos brinda las características de resistencia y deformación de un suelo, donde se realiza una relación entre la carga necesaria a una muestra de suelo para hacerlo asentar 0.1" y 0.2" y aquella de un material estándar y/o (normalizado).

En este caso, en un terraplén vial, este consiste básicamente en analizar el comportamiento que sufre un molde normalizado ASTM 1883, que contiene material de terreno compactado, que es sumergido en agua por un determinado tiempo, y que posteriormente se le aplica una secuencia de cargas, las cuales aumentan hasta generar una penetración de 0.1" y 0.2" en su superficie.

Por lo tanto, en el caso de terraplenes se exige valores de C.B.R. > 5 en suelos adecuados y seleccionados.

En cuanto al equipo de penetración, mostrado en la figura 7, el cual tiene la denominación de anillo de carga de 50kN de prensa CBR, siendo diseñada para hacer evaluaciones en laboratorio de valor de CBR, mediante la carga del pistón de penetración aplicado sobre la muestra del suelo a tasa constante para medir la carga aplicada y penetración del pistón en intervalos predeterminados

Así mismo, la maquina consta de un anillo de carga de 50Kn, así como para las lecturas de presiones con un manómetro digital con una parte de conexión de 25x0.01mm y un pistón de penetración, en las características generales, contempla dimensiones de 480x650x1150mm, un peso 110kg y una potencia de 370W.



Figura 7. Prensa de anillo de carga para CBR

El ensayo de CBR se obtiene la relación de la carga unitaria necesaria para la penetración del pistón dentro de la muestra compactada, para lo cual el procedimiento a grandes rasgos, es de obtener dos o más muestras de ensayo representativas de 6 kg.

Para los resultados, este ensayo resulta en la curva de tensión –penetración, así como en la razón de soporte, la cual para un suelo A1-b, la razón de soporte se calcula para 5mm de penetración. Se considera una clasificación de CBR que radica desde 0 a 100, estableciéndose desde una subrasante muy mala a una subrasante muy buena respectivamente.

b) Proctor Modificado

Es la modificación de la prueba de Proctor estándar, aumentando la energía de compactación (2 700 kN-m/m³), el número de golpes por capa se elevó a 56 y el número de capas a 5, aumentando el peso del martillo (pisón metálico) a 4.54 kg y la altura de caída del mismo a 18” (45.57 cm), siendo la energía específica de

compactación de 27,2 kg.cm/cm³, resultando la densidad seca máxima obtenida, mayor que la obtenida en el Proctor estándar y menor contenido óptimo de humedad.

El ensayo Proctor Modificado, está a base de la relación humedad y densidad, a lo que el MTC: EM-2016, refiere que este ensayo tiene por finalidad determinar la densidad seca máxima y la humedad óptima que puede alcanzar un suelo cuando se compacta con una energía por unidad de volumen determinada.

Esto se refiere a que la densidad que puede soportar un suelo sometido a una carga, dependerá del tipo de proctor, en este caso es de 4.5kg y 460mm de caída del pistón. Así también la norma refiere que, se debe tener cuidado con la preparación del suelo, en casos específicos de los finos, debido a la plasticidad que estos poseen, ya que será difícil homogenizar el suelo.

c) Ensayo edométrico

El ensayo edométrico, se clasifica como un ensayo de consolidación, el cual cuantifica con precisión la comprensibilidad total o la deformación en el tiempo de un suelo, para lo cual la norma AASHTO T 216, describe la forma de realizar este ensayo. En este ensayo es conveniente hacer uso de probetas de mayor diámetro posible, el que, no podrá ser inferior a 50mm. En cuanto al ensayo a realizar, este contempla el equipo edométrico y la célula edométrica de 15cm de diámetro interior, como se muestra en el ANEXO N°3, esta última adaptada al tamaño máximo del agregado A1-b, en cuanto al equipo diseñado, se muestra en la figura 8.



Figura 8. Molde de celda edométrica de 15cm

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

El instrumento principal es la observación del comportamiento, basado en fichas técnicas (mostradas en el anexo N°1), para los ensayos estándares, y especiales, que nos brindarán en base a sus resultados, los parámetros requeridos por el programa geotécnico PLAXIS y así posteriormente mediante la simulación para cada tipo diseño

de muestra propuesto, obtener la deformación tanto vertical como horizontal, en el terraplén.

2.4.3. Validez y confiabilidad

2.4.3.1. Validez

Para la validación de los instrumentos de recolección de datos se utilizó la herramienta de “Juicio de Expertos”, para determinar sea veracidad y su relación con la investigación tal como se muestra en la tabla 11, mostrando e la opinión de validez de la investigación. Para lo que se recurrió a ingenieros especialistas, avalando el presente documento tal como se muestra en el ANEXO N° 5.

Tabla 11. *Resumen de Juicio de Expertos*

N° CIP	DATOS DEL EXPERTO	OPINIÓN DE VALIDEZ
16019	YION ALVARADO MANUEL	95% (Valida)
159805	PADILLA PEDRO MIGUEL	97% (Valida)
333083	TULIO LAREDO REYES	94% (Valida)

Fuente: Propia

2.4.3.2. Confiabilidad

La confiabilidad de los instrumentos se establece mediante los certificados de calibración de los equipos para obtener resultados precisos y sin margen de error, estos entregados por el laboratorio GEOPAVIMIENTOS y SLC INGENIEROS S.A.C CONSULTORES EN INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS. Y Por lo cual, se adjuntan en el ANEXO N°2 para su observación.

2.5. Procedimiento

En cuanto al procedimiento, también está bajo el régimen de dos tipos de ensayos, los generales y específicos, siendo su procedimiento el siguiente,

- a. Ensayos especiales
- CBR

El ensayo CBR, tiene por objetivo obtener la carga aplicada a una muestra de suelo, para que este penetre hasta una profundidad de 0.1 y 0.2” de su superficie, en base a ello se establece el índice CBR, la cual es la relación entre la carga determinada y la

carga correspondiente a una muestra patrón, todo ello bajo condiciones de contenido de humedad y densidad seca controladas.

La primera de etapa del proceso, la compactación se inicia con el secado de la muestra al aire libre, luego tamizado por la malla $\frac{1}{4}$ " y separados en 15 a 20kg, para luego dividir el material en partes a cada cual se aplicara el ensayo, tomamos una porción del material y se le agrega agua a la mezcla, luego homogenizarla, lo cual asemeja al trabajo de la motoniveladora en campo, para luego ejecutar el relleno en tres capas de las muestras, que varía en función del porcentaje de agua a agregar, ya sea 4, 8, 12 y 16% de agua del total del peso de la muestra, removiéndolo para uniformizar, para así proceder a la compactación del primer punto.

Seguido de ello se agrega al molde cilíndrico una pequeña capa del suelo, compactado con 25 golpes con el martillo en forma circular, y reproduciendo el proceso con 5 capas, para luego de ello sobre la mesa de trabajo colocar una bolsa de yute, y proceder a sacar la corona del molde. Con ayuda de una espátula y una cuchilla se procede a enrasar y realizar el pesaje de la muestra.

Seguido de ello, se procede a retirar el anillo de cada uno de los 3 moldes y con un cuchillo se recorta la muestra al ras, una vez pesado, se retira como muestra una pequeña cantidad en gramos de la capa más alta y se deposita en una capsula para hallar el contenido de humedad, con el cual, se determina la densidad seca a partir de la densidad humedad. Segunda de ellas, la expansión del material, en el cual se toma una muestra en seco que pase por la malla N° 4, se le agrega el contenido de agua necesaria para lograr uniformidad, luego de ello se coloca una pesa en la base y luego un papel filtro, el cual para luego poner el suelo en 5 capas y compactar con los golpes que le tocan por anillo (56, 25, 12) con el proctor modificado.



Figura 9. Montaje de moldes 1, 2 y 3 para CBR de 5% de caucho

Luego de ello, se escaba y se retira el anillo superior, y se enrasa hasta dejar una superficie lisa, se coloca un papel filtro sobre la superficie enrasada y se coloca la base metálica perforada y se voltea la muestra, y sobre la superficie libre se coloca otro papel filtro y se montará el platillo con el vástago fijo como se muestra en la figura 9, para luego sobre el platillo se colocará las pesas de plomo, con sobrecarga mínima de 10lb.

Para luego, retirar el trípode, este con el cuadrante medidor de deformaciones se coloca sobre el canto del molde y se ajusta el vástago de la placa perforada, para luego registrar la lectura de la esfera y luego de ello se retira el trípode, seguido de ello se sumergen los moldes en un tanque de agua, como se muestra en la figura 10, se coloca el trípode con el extensómetro montado y se deja en saturación por 4 días, anotándose las lecturas para controlar el hinchamiento cada 24 horas.



Figura 10. Moldes 1er día de saturación para CBR de 10% de caucho

Después de ello, se drena la muestra, secándola y volteándola y sujetando el platillo y las pesas durante 15 min, luego se remueve el disco, las pesas y el papel filtro y se pesan las muestras.

La última etapa es la de resistencia a la penetración, la cual se colocan pesas metálicas anulares de plomo, el molde con la muestra y la sobrecarga se coloca debajo del pistón de la prensa de carga aplicando una carga de asiento de 10lb. Luego se coloca el molde sobre el soporte de carga y se ajusta de manera que el pistón este centrado con la muestra, se tiene dos extensómetros, uno nos muestra carga (superior) y el otro los valores de deformación (inferior), la penetración es a velocidad constante, siendo una penetración máxima de $\frac{1}{2}$ ", siendo la lectura de deformación de $\frac{1}{4}$ " /min.

Es así que las lecturas que se dan cada penetración son 0.64mm, 1.27mm, 1.91mm, 2.54mm, 3.18mm, 3.81mm, 4.45mm, 5.08mm, 7.62mm, 10.16mm y 12.70mm, si la lectura correspondiente a cada penetración va progresando, la lectura de la carga se repite, lo cual significa que la muestra ya fallo, el pistón simplemente penetra sin que encuentre resistencia, el proceso se repite para las dos muestras restantes. Para luego graficar los datos de carga-penetración como se muestran en el capítulo de resultados.

- Proctor modificado

La prueba de laboratorio se basa en la obtención de la curva de la variación densidad seca, que se obtiene al modificar la humedad, para ello se procede con pasar el suelo por el tamiz $\frac{3}{4}$ ", para obtener las muestras (usualmente unas 4 muestras de aproximadamente 6 a 8 Kg para así obtener unos 4 puntos para la curva.), seguido se pesa el molde, limpiado previamente, para luego colocar la base, en la cual previamente se coloca un papel para así evitar que la muestra se adhiera a la base y de ese modo facilitar el desarrollo del ensayo; y a su vez se coloca la extensión del molde (collarín) y ambos se aseguran con los tornillos de tal manera que queden fijos.

Colocando una de las muestras en una bandeja metálica, a la cual se la añade un cierto porcentaje de agua (el cual va variar de muestra en muestra generalmente en 2% más); y luego se procede a mezclar con ayuda de un badilejo, de tal manera que se tenga una mezcla homogeneizada, para después dividirla en 5 porciones iguales, distribuyendo uniformemente de una por una las 5 porciones de la muestra dentro del molde (previamente ya armado), y a cada capa o porción de muestra se le aplica el proceso de compactación con ayuda del martillo (56 golpes por capa).

Una vez acabada la compactación, se procede a retirar el collarín y se enrasa cuidadosamente el suelo compactado del molde, rellenando cualquier concavidad formada eventualmente con suelo que pase por la malla N° 4.

Con ayuda de una brocha se limpia el molde de posible suelo suelto que se pudiese adherir en el exterior, para después pesar el molde con la muestra compactada, para luego extraer una fracción de muestra del suelo compactado y se lo coloca en un recipiente para luego pesarlo, secarlo y volverlo a pesar para de ese modo determinar su contenido de humedad. Se repite el proceso para cada muestra del suelo, variando por cada muestra de suelo, teniendo en cuenta siempre que la cantidad de agua que se

añada a cada una debe ir variando generalmente en un 2%. Concluyendo con la obtención de los datos.

- Edómetro

El procedimiento del ensayo consta de la siguiente manera, se tiene una densidad seca así como el óptimo contenido de humedad como resultado de laboratorio por cada tipo de diseño de muestra, se tiene el volumen del anillo del edómetro: 176.71 cm², se obtiene en base a ello el peso de muestra, así como el peso del agua, para tener una mezcla bajo condiciones de densidad y óptimo contenido de humedad controladas, que posteriormente sometido a la compactación de 12 golpes cada 5 capas de suelo colocada en el anillo, con el pistón de CBR, obtendrá un grado de compactación $\geq 90\%$ MDS según la normativa. Y proceder a montarlo sobre el equipo, como se muestra en la figura 11, el molde es de 22cm de diámetro, por lo que se adecuó la altura entre viga y el brazo respectivamente, para su funcionamiento.



Figura 11. Montaje de la celda edométrica en el ensayo de consolidación

Seguido de ello se coloca en la parte superior la placa de soporte de carga, para así fijar posteriormente el dial, quien nos mostrará las lecturas de asentamiento, en base al tiempo, así como a la presión vertical ejercida en la muestra.

La parte inicial de la ejecución con la intervención de la carga, comprende lo siguiente, se coloca en cero la lectura de dial inicial, lo siguiente es colocar una carga y se toma medidas de asentamiento vertical que tiene la muestra durante 30 minutos por cada carga y descarga que se realice, contemplando un total de 4.45 horas en la lectura de los asentamientos.

La lectura se realiza con un dial, y con fichas técnicas, que estipulan las cargas que van desde 1, 2, 4, 8, 16 y 32 Kg, y de lecturas en 30 minutos con intervalos de 0 s, 30s, 1, 2 4, 8, 15 y 30min.

Para luego a base de las lecturas, se grafiquen las curvas de asentamiento en función al tiempo, mostradas en el capítulo de resultados.

De tal modo, también se muestra el siguiente diagrama de flujo del procedimiento general desde los inicios hasta la entrega final del trabajo de investigación, observado en la figura 13.

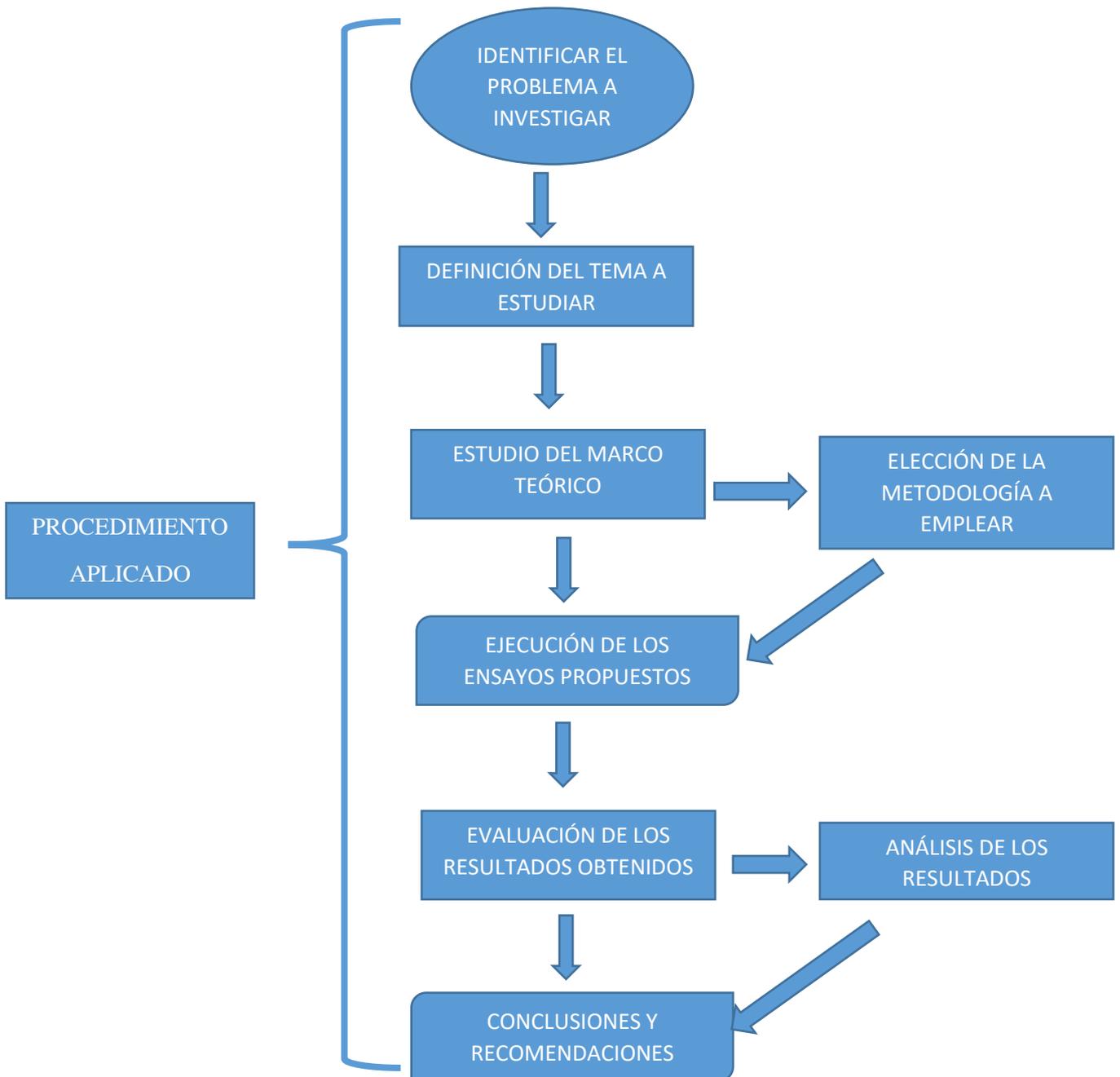


Figura 12. Procedimiento aplicado en el desarrollo de la tesis

2.6. Método de análisis de datos

Análisis experimental

En la presente investigación realizará un análisis experimental comparado mediante gráficos y tablas, a fin de verificar las diferencias entre el grupo de control con respecto al grupo experimental. Un análisis de los resultados dado por los ensayos, para cada tipo de diseño de muestra propuesta, para luego proceder a su interpretación, y comparación. El análisis se dará de manera consecutiva, ya que se basa al enfoque cuantitativo.

Para lo cual se realizó una serie de pasos, detallados a continuación,

- a. Obtención de las muestras, A1-b y grano de caucho (GR).
- b. Realizar los ensayos al agregado, ensayos tales como análisis granulométrico, límites de consistencia, contenido de humedad natural, contemplando solo granulometría para el grano de caucho.
- c. Preparación y mezcla de los materiales para cada diseño según corresponda en la tabla 8, para cada ensayo.
- d. Ejecución de cada uno de los ensayos, CBR, Proctor modificado y edómetro.
- e. Presentación de resultados, representados en tablas y gráficas, que serán verificados y comparados con la muestra patrón, la cual es de 0% de GC en peso de los agregados.
- f. Elaboración de la discusión y conclusiones de la investigación, con base a los resultados obtenidos.

2.7. Aspectos éticos

Los aspectos éticos se considera la declaración jurada de autenticidad de la investigación, así como respetando la propiedad intelectual de cada autor citado según el estilo ISO 690 en el presente documento; evitando así el plagio, y respetando las normas establecidas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo.

Dado ello, la concertación física de los aspectos éticos, se ven verificados en el porcentaje de similitud, el cual resulta en 18% resultando favorable, ya que el reglamento estipula un rango de 25% como porcentaje máximo de similitud. También se da en, la veracidad de los resultados obtenidos.

III. Resultados

3.1 RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

Resultados para la muestra de CANTERA-GLORIA

Mediante el Análisis Granulométrico por tamizado ASTM D-422- MTC E 107 se visualiza las siguientes características del material de la cantera: GLORIA –GRANDE en la tabla 12, presentado a continuación.

Tabla 12. Resultados de Análisis granulométrico por tamizado

MATERIAL	PASA MALLA N°200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	SUCS	AASHTO
AFIRMADO < 3/4"	12.8	21.76	NP	NP	GM	A-1-a
ARCILLA	51.1	25.41	18.15	7.26	CL	A-4
MEZCLA AFIRMADO 75% + ARCILLA 25%	22.4	22.14	17.94	4.2	SC-SM	A-1-b

Fuente: Propia

Mediante el análisis granulométrico se determina la porción de los diferentes elementos la cual constituye la muestra, en función a su tamaño, por lo cual el tamaño máximo nominal es de 3/4". Así también, los porcentajes de suelos retenido en el ensayo, y su clasificación según el tamaño de las partículas. Siendo 33.80% de Grava, 43.80 % de arena y 22.40% de arcilla.

Dentro de ello, se contempla también los límites de consistencia, mostrados en la tabla 13, observada a continuación,

Tabla 13. Resultados de límites de consistencia

MATERIAL	LL (%)	LP (%)	IP (%)
AFIRMADO < 3/4"	21.76	NP	NP
ARCILLA	25.41	18.15	7.26
MEZCLA AFIRMADO 75% + ARCILLA 25%	22.14	17.94	4.2

Fuente: Propia

Para lo cual, el material obtenido en la cantera “GLORIA GRANDE”, tiene los siguientes datos:

- Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E110: 22.14 %
- Límite Plástico ASTM D-4318, MTC E111: 17.94 %
- Índice de Plasticidad: 4.2%

De los cuales, según la normativa MTC: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en el capítulo IV: Suelos menciona la clasificación de los suelos según Índice de Plasticidad, los cuales se muestran en la siguiente tabla

Tabla 14. *Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad*

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

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos (2014)

De ello se deduce que, el Índice de Plasticidad (muestra de cantera) es de 4.2%, con lo que se establece que es un suelo de baja plasticidad. Un suelo donde presenta material arcilloso, representa un peligro dado que, al estar en contacto con el agua, esta causa cambios volumétricos, debido a la succión lo que produce hinchamiento, así como también al estar sobre ella sometido a cargas, produce el encogimiento. Por consiguiente, afecta en la capacidad de carga del suelo.

Resultados para la muestra de grano de caucho

La presente investigación, utiliza un cierto grano de caucho, el obtenido mediante la trituración mecánica de los NFU (neumáticos fuera de uso):

Tabla 15. *Resultado de granulometría del grano de caucho*

MATERIAL	PORCENTAJE QUE PASA MALLA N°200 (%)	TAMAÑO MÁXIMO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	CUMPLE**
CAUCHO	2.00	0.42	0.25	SI

Fuente: Propia

Del análisis granulométrico se tiene, la utilización de un grano de caucho de: 2.5mm de diámetro, por lo que según ASTM D 6270-17, el diámetro se encuentra dentro de los márgenes ideales, tal como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. *Diámetros establecidos para su utilización en obra civil*

PRODUCTO	TAMAÑO	FUENTE
Neumático entero (W)		Neumáticos enteros coche-camión
Trozos (X)	>300 mm	Todas
Tiras (sherd) (S)	50-300mm	Todas
Astillas (chips) (C)	10-50mm	Todas
Granulado (G)	1-10mm	Todas
Polvo (p)	< 1mm	Todas
Polvo fino (F)	< 500 µm	Todas

Fuente: ASTM D 6270-17

Del cual se patenta que se está trabajando con granos de caucho al tener un tamaño de 2.5 mm.

3.2. RESULTADOS DE LA PRUEBA CBR

Los resultados de laboratorio del ensayo CBR ASTM D-1883 se muestran en la tabla 17, mostrados a continuación,

Tabla 17. *Resultados CBR*

% DE CUACHO	VALOR DE CBR AL 90% DE LA M.D.S.		NORMA AASHTO**	CUMPLE
	RELACIÓN DE SOPORTE		PARA TERRAPLENES MENORES DE 15m	
	2"	1"		
0%	18.10%	14.60%	BUENO	SI
5%	13.80%	10.30%	BUENO	SI
10%	12.40%	11.10%	BUENO	SI
15%	9.90%	8.80%	BUENO	NO

Fuente: Propia

Se establece en base a los resultados obtenidos, que a medida que incrementa el agregado en porcentaje de agregado de grano de caucho, el CBR disminuye en función a los resultados del ensayo de la muestra convencional como se observa en la figura 14, lo siguiente: De ello se puede denotar que, la presión aplicada a cada tipo de diseño de

muestra para hacerla asentar y/o deformar 2.5 mm o 0.1” y 5m o 0.2”, va disminuyendo conforme el agregado en porcentaje de grano de caucho.

Para la variación del CBR de los diseños de muestras con agregados de grano de caucho en comparación con el diseño convencional. Se establece 4 tipos de diseños mostrados,

Diseño A (Material terraplén A1- b + 0% Grano de caucho)

Diseño B (Material terraplén A1- b + 5% Grano de caucho)

Diseño C (Material terraplén A1- b + 10% Grano de caucho)

Diseño D (Material terraplén A1- b + 15% Grano de caucho)

En base a cada diseño de muestra, se establece la variación del CBR, en comparación con el Diseño A, el cual no contiene grano de caucho, tal como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18. Variación del valor de CBR, entre la muestra convencional y las muestras con agregado de grano de caucho

Diseños de muestra sometidos a CBR (%)				Variación del valor de CBR respecto al diseño A (%)		
A	B	C	D	A-B	A-C	A-D
14.6	10.3	11.1	8.8	4.3	3.5	5.8

Fuente: Propia

Se observa en la figura 13, que las rectas de CBR a 0.1” y 0.2” de penetración tienden a acercarse a medida que se le agrega el porcentaje de grano de caucho, lo que se infiere de que a medida que se incrementa el porcentaje de grano de caucho, el suelo tiende a asentarse de manera inmediata a 0.1 y 0.2” ante la aplicación de una fuerza semejante.

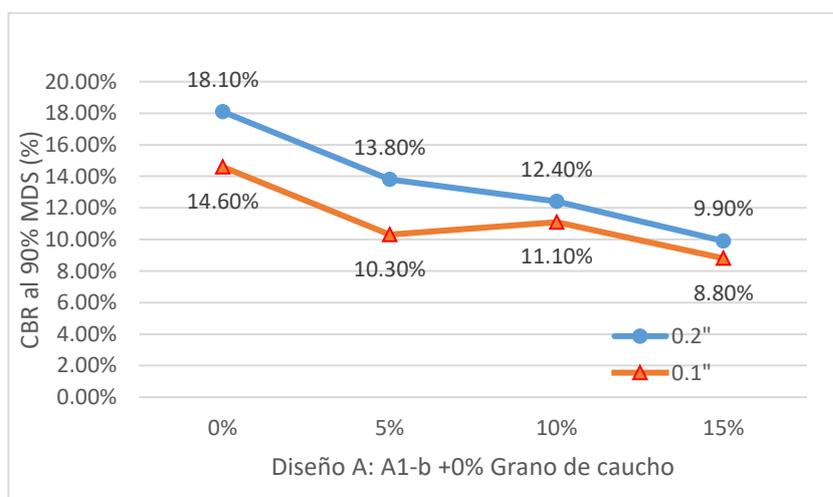


Figura 13. CBR para cada muestra de diseño estratificada a 0.1” y 0.2 “de penetración

Según la Normativa del MTC, sección suelos y pavimentos, como se observa en la tabla 19, las categorías atribuidas al suelo a nivel de subrasante en base al CBR correspondiente mostradas a continuación.

Tabla 19. *Categorías de la subrasante en función al CBR*

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE		VALOR DE CBR
S0	Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1	Subrasante pobre	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S2	Subrasante regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S3	Subrasante buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S4	Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S5	Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de carreteras, sección: suelos y pavimentos (2014)

De ello, se infiere la categoría de la subrasante como S3 (Buena), en base a los resultados del valor de CBR (tabla 17) para cada diseño de muestra, ensayado en laboratorio, como se muestra a continuación:

Tabla 20. *Categoría de subrasante de las muestras estratificadas de la investigación*

MUESTRA + % GRANO DE CAUCHO (A1-b + % GC)	CBR AL 90% MDS	CATEGORÍA DE SUBRASANTE
	1"	
0%	14.60%	S3
5%	10.30%	S3
10%	11.10%	S3
15%	8.80%	S2

Fuente: Propia

Donde se establece que, para un diseño A (A1-b + 0% GC), diseño B (A1-b + 5% GC) y diseño C (A1-b + 10% GC), se encuentra como material muy bueno.

3.3. RESULTADOS DE PROCTOR MODIFICADO

Los resultados del ensayo, Proctor modificado (ASTM D-1557, MTC E115), respecto a la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad se visualizan en la siguiente tabla 21, mostrada a continuación.

Tabla 21. Resultado de ensayo Proctor modificado

A-1-b + %Gr. Caucho	DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cc)	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	CUMPLE*
0%	1.85	14.20	SI
5%	1.83	13.80	SI
10%	1.76	13.30	SI
15%	1.70	13.00	SI

Fuente: Propia

De ello se puede interpretar que la densidad seca de cada diseño, va disminuyendo, esto se visualiza dado que la densidad seca, depende de la densidad húmeda y el contenido de humedad que tenga el material, así como también esto se da debido a que el grano de caucho tiene baja densidad como se observa en la figura 14.

Variación de la máxima densidad seca de los diseños con agregado de caucho en comparación con el diseño convencional, observado en la siguiente tabla 22.

Tabla 22. Variación de MDS, entre la muestra convencional, y las muestras con agregado de grano de caucho

Máxima densidad seca: Diseños de muestra (gg/cc)				Variación (gr/cc)		
A	B	C	D	A-B	A-C	A-D
1.85	1.83	1.76	1.7	0.02	0.09	0.15

Fuente: Propia

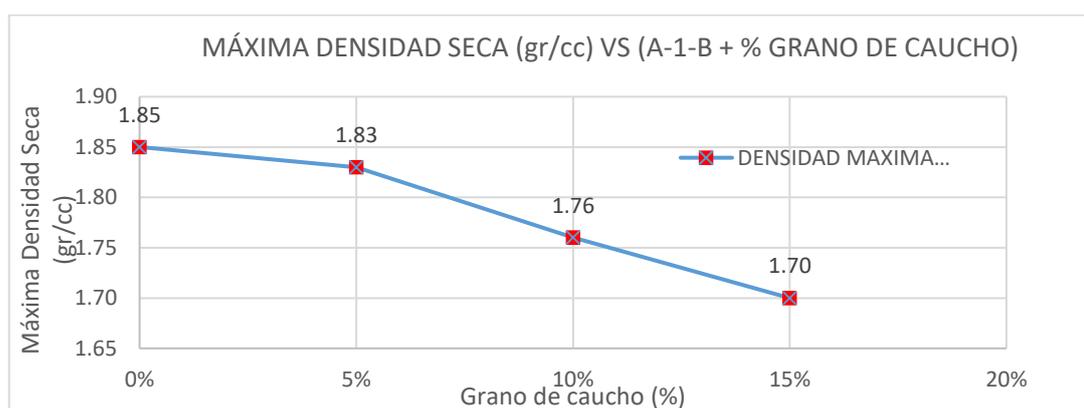


Figura 14. Máxima densidad seca para cada diseño

Variación del óptimo contenido de humedad de los diseños con agregado de caucho en comparación con el convencional, se muestra en la tabla 23. De lo cual, se puede establecer que el óptimo contenido de humedad para cada tipo de diseño, disminuye conforme el agregado en porcentaje de grano de caucho como se observa en la figura 15.

Esto se da debido a que es el afirmado, es quien absorbe el agua incorporada, pero no el caucho, de modo que al estar en menor proporción este necesita menos contenido de agua, que el convencional para llegar a su grado de compactación. Puesto que, si se le agrega más agua, llega a acolchonarse el material, es decir, ya no puede compactarse a pesar de que se le aplique más presión, sino este tiende a soltarse.

Tabla 23. Variación de Óptimo Contenido de Humedad, entre la muestra convencional, y las muestras con agregado de grano de caucho

Óptimo contenido de humedad: Diseños de muestra (%)				Variación (%)		
A	B	C	D	A-B	A-C	A-D
14.2	13.8	13.3	13	0.4	0.9	1.2

Fuente: Propia

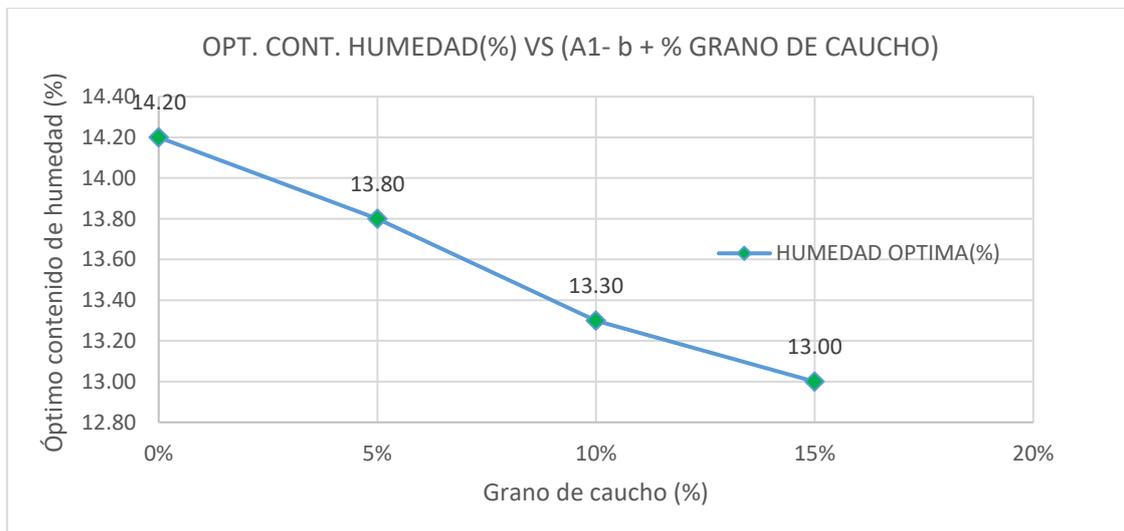


Figura 15. Óptimo contenido de humedad para cada diseño

3.4. RESULTADOS DEL ENSAYO DE EDÓMETRO

En base al ensayo edómetro utilizando el equipo diseñado por la presente, se obtuvo las deformaciones y/o asentamientos de los diseños de muestras sometidos a las distintas cargas de 10 kg, 20 kg, 40kg, 80kg, 160kg, 320 kg respectivamente, mostrado en la tabla 23 de los resultados del ensayo para el diseño A (Material terraplén A1- b + 0% Grano de caucho). Y especificado en la figura 17, ambas mostradas a continuación:

Diseño A (Material terraplén A1- b + 0% Grano de caucho)

Tabla 24. Resultados de ensayo edométrico para diseño A

PROCESO	Carga (kg)	Presión vertical (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm)	Deformación unitaria (ε)
CARGA	10	0.057	30	0.098	0.082%
	20	0.113	30	0.223	0.186%
	40	0.226	30	0.448	0.373%
	80	0.453	30	0.805	0.671%
	160	0.905	30	1.318	1.098%
	320	1.811	30	2.064	1.720%
DESCARGA	160	0.905	30	2.061	1.718%
	80	0.453	30	2.019	1.683%
	40	0.226	15	1.987	1.656%
	20	0.113	15	1.945	1.621%
	10	0.057	15	1.917	1.598%

Fuente: Propia

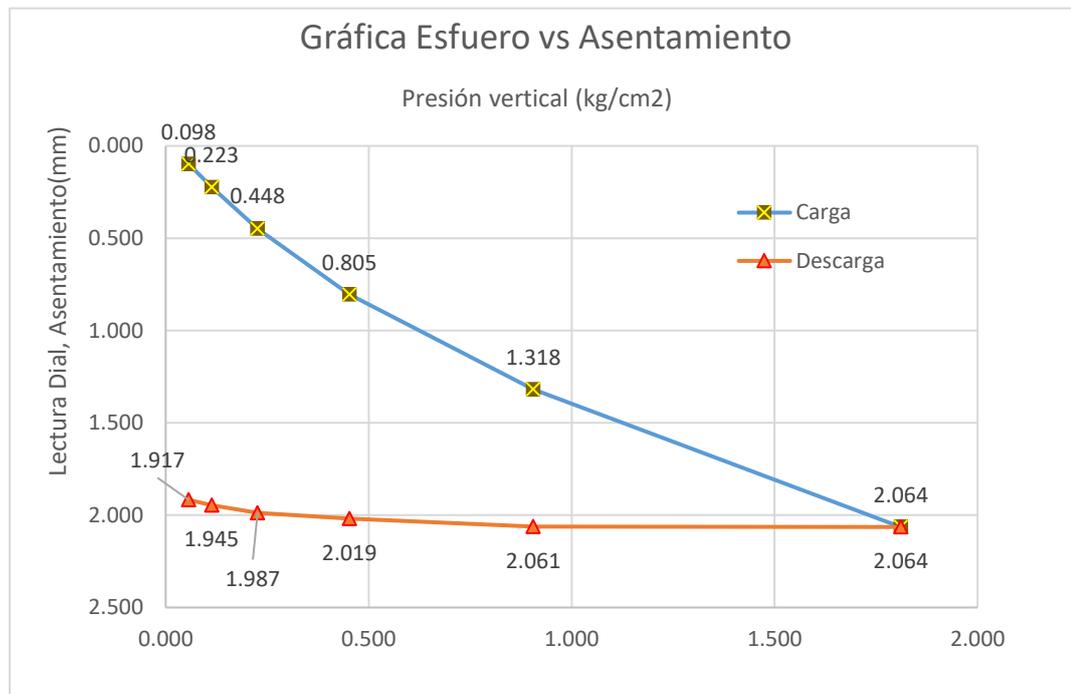


Figura 16. Esfuerzo vs. Asentamiento en el diseño A

Se obtiene en base al ensayo un asentamiento máximo de 2.064 mm al haber aplicado una carga de 320 Kg, tal como se observa en la figura 16. Por otro lado, se puede establecer que la variación del asentamiento máximo en carga, y el asentamiento en descarga tiene una variación de: $2.064 - 1.917 = 0.147$ mm de lo que se infiere, que la altura de asentamiento pos la descarga se redujo en 0.147 mm.

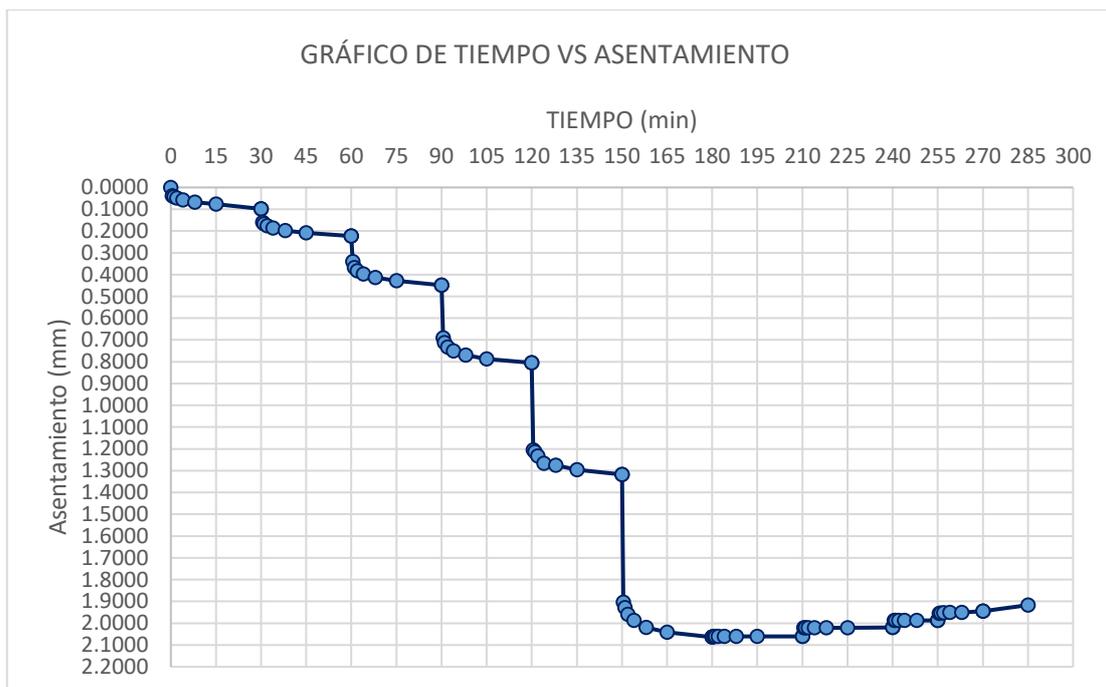


Figura 17. Comportamiento del asentamiento en función al tiempo total del ensayo (4.45 hrs.) del diseño A

En base de la figura 17, de tiempo vs asentamiento, se puede observar el comportamiento que presenta la muestra en la carga y descarga, conforme al tiempo.

Para el Diseño B (Material terraplén A1- b + 5% Grano de caucho), se observa la tabla 25 y la figura 19, mostrando los resultados obtenidos.

Tabla 25. Resultados de ensayo edométrico para el diseño B

PROCESO	Carga (kg)	Presión vertical (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm)	Deformación unitaria (ξ)
CARGA	10	0.057	30	0.1440	0.120%
	20	0.113	30	0.3490	0.291%
	40	0.226	30	0.7100	0.592%
	80	0.453	30	1.2210	1.018%
	160	0.905	30	1.9560	1.630%
	320	1.811	30	2.9090	2.424%
DESCARGA	160	0.905	30	2.9000	2.417%
	80	0.453	30	2.8070	2.339%
	40	0.226	15	2.6550	2.213%
	20	0.113	15	2.4570	2.048%
	10	0.057	15	2.2510	1.876%

Fuente: Propia

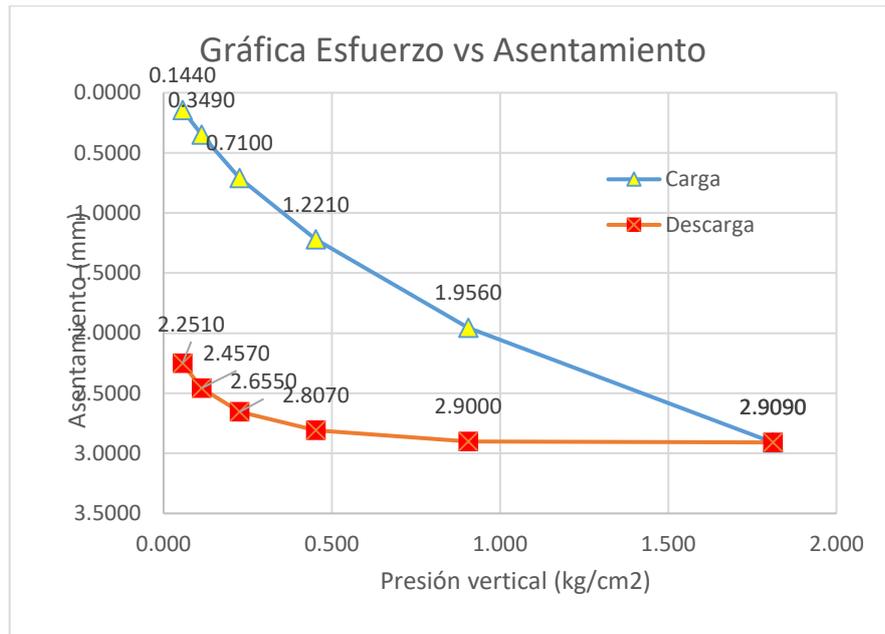


Figura 18. Esfuerzo vs. Asentamiento del diseño B

Se obtiene en base a los resultados un asentamiento máximo de 2.909 mm al haber aplicado una carga de 320kg, tal como se observa en la figura 18. Por otro lado, se puede establecer que la variación del asentamiento máximo en carga, y el asentamiento en descarga tiene una variación de: $2.909 - 2.2510 = 0.658\text{mm}$ de lo que se infiere, que la altura de asentamiento pos la descarga se redujo en 0.658mm.

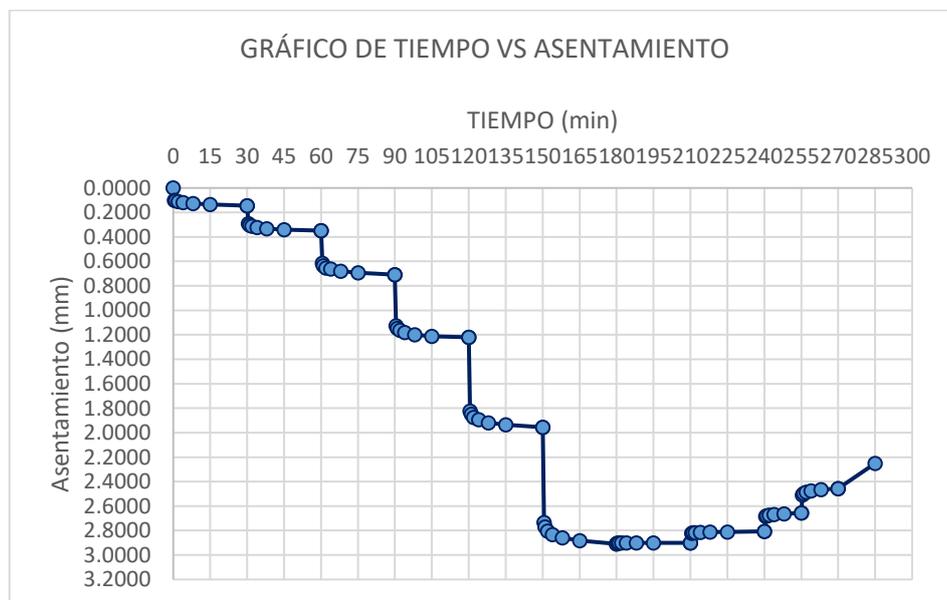


Figura 19. Comportamiento del asentamiento en función al tiempo total de ensayo (4.45hrs) del diseño B.

En base la figura 19, de tiempo vs asentamiento, se puede observar el comportamiento que presenta la muestra en la carga y descarga, conforme al tiempo.

Diseño C (Material terraplén A1- b + 10% Grano de caucho), se muestra la tabla 26 y la figura 21, para la visualización de los resultados,

Tabla 26. Resultados de ensayo edométrico del diseño C

PROCESO	Carga (kg)	Presión vertical (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm)	Deformación unitaria vertical (ξ)
CARGA	10	0.057	30	0.4360	0.3633%
	20	0.113	30	0.8680	0.7233%
	40	0.226	30	1.4590	1.2158%
	80	0.453	30	2.4720	2.0600%
	160	0.905	30	3.6300	3.0250%
	320	1.811	30	5.0460	4.2050%
DESCARGA	160	0.905	30	4.9880	4.1567%
	80	0.453	30	4.7610	3.9675%
	40	0.226	15	4.4200	3.6833%
	20	0.113	15	4.0210	3.3508%
	10	0.057	15	3.6520	3.0433%

Fuente: Propia

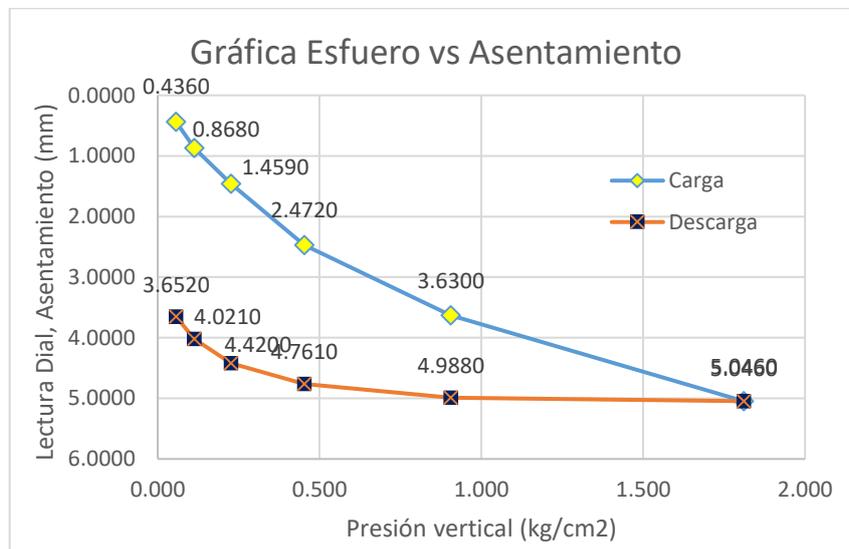


Figura 20. Esfuerzo vs. Asentamiento del diseño C

Se obtiene en base a los resultados un asentamiento máximo de 5.046 mm al haber aplicado una carga de 320kg, tal como se observa en la figura 20. Por otro lado, se puede establecer que la variación del asentamiento máximo en carga, y el asentamiento en

descarga tiene una variación de: $5.046 - 3.6520 = 1.394$ mm de lo que se infiere, que la altura de asentamiento pos la descarga se redujo en 1.394 mm.

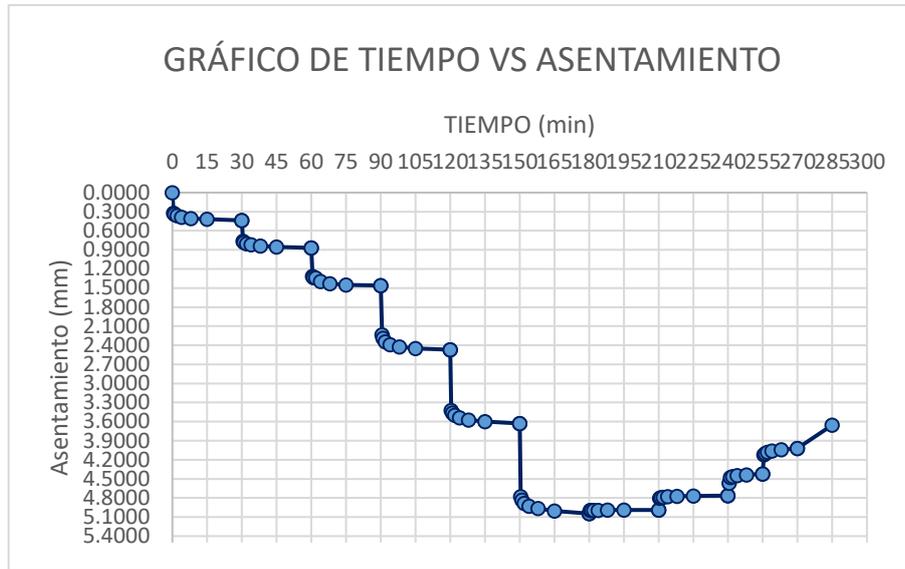


Figura 21. Comportamiento del asentamiento en función al tiempo total de ensayo (4.45hrs) del diseño C

En base a la figura 21 de tiempo vs asentamiento, se puede observar el comportamiento que presenta la muestra en la carga y descarga, conforme al tiempo.

Diseño D (Material terraplén A1- b + 15% Grano de caucho), mostrando los resultados en tabla 24 y en la figura 27.

Tabla 27. Resultados de ensayo edométrico del diseño D

PROCESO	Carga (kg)	Presión vertical (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm)	Deformación unitaria vertical (ε) (%)
CARGA	10	0.057	30	0.0170	0.014%
	20	0.113	30	0.2400	0.200%
	40	0.226	30	0.9710	0.809%
	80	0.453	30	2.0920	1.743%
	160	0.905	30	3.5190	2.933%
	320	1.811	30	5.2220	4.352%
DESCARGA	160	0.905	30	5.1110	4.259%
	80	0.453	30	4.7300	3.942%
	40	0.226	15	3.6440	3.037%
	20	0.113	15	3.1510	2.626%
	10	0.057	15	3.1170	2.598%

Fuente: Propia

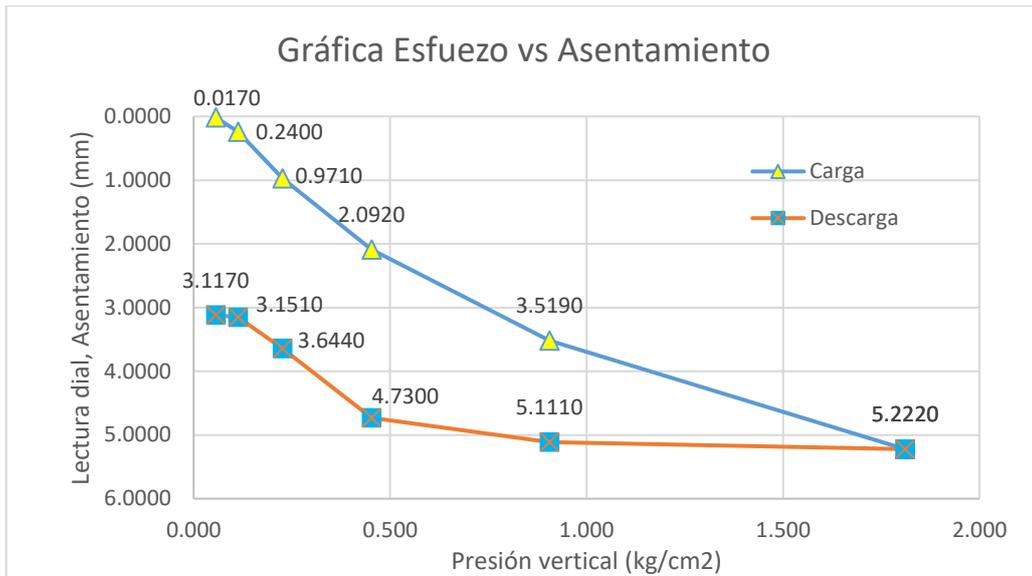


Figura 22. Esfuerzo vs Asentamiento del diseño D

Se obtiene en base a los resultados un asentamiento máximo de 5.222 mm al haber aplicado una carga de 320kg, tal como se observa en la figura 22. Por otro lado, se puede establecer que la variación del asentamiento máximo en carga, y el asentamiento en descarga tiene una variación de: $5.222 - 3.117 = 2.105$ mm de lo que se infiere, que la altura de asentamiento pos la descarga se redujo en 2.105 mm.

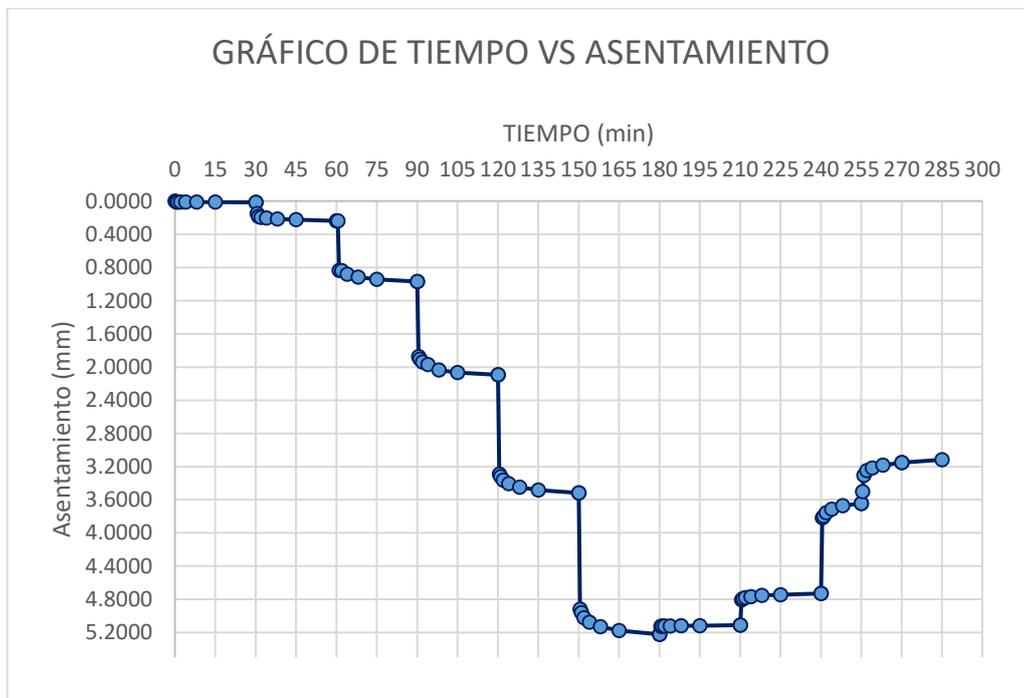


Figura 23. Comportamiento del asentamiento en función al tiempo total de ensayo (4.45hrs) del diseño D

En base a la figura 23 de tiempo vs asentamiento, se puede observar el comportamiento que presenta la muestra en la carga y descarga, conforme al tiempo.

Se realiza la superposición de las curvas de esfuerzo vs asentamiento, de los diseños de cada muestra estratificada, tal como se observa en la figura 25, tomando como base los datos obtenidos mediante el ensayo edométrico que se visualizan en tabla 28, lo siguiente:

Tabla 28. Resultados edométricos de las muestras A 1 – b +(0%,5%, 10 y 15%)

PROCESO	Carga (kg)	Presión vertical (kg/cm ²)	Tiempo (min)	A-1-B +0% GC	A-1-B +5% GC	A-1-B +10% GC	A-1-B +15% GC
				Lectura Dial (mm)	Lectura Dial (mm)	Lectura Dial (mm)	Lectura Dial (mm)
CARGA	10	0.057	30	0.098	0.1440	0.4360	0.0170
	20	0.113	30	0.223	0.3490	0.8680	0.2400
	40	0.226	30	0.448	0.7100	1.4590	0.9710
	80	0.453	30	0.805	1.2210	2.4720	2.0920
	160	0.905	30	1.318	1.9560	3.6300	3.5190
	320	1.811	30	2.064	2.9090	5.0460	5.2220
DESCARGA	160	0.905	30	2.061	2.9000	4.9880	5.1110
	80	0.453	30	2.019	2.8070	4.7610	4.7300
	40	0.226	15	1.987	2.6550	4.4200	3.6440
	20	0.113	15	1.945	2.4570	4.0210	3.1510
	10	0.057	15	1.917	2.2510	3.6520	3.1170

Fuente: Propia

Se obtuvo las lecturas de los diales los cuales son los asentamientos, producto de la presión generada en cada muestra, estas lecturas son obtenidas cada 30 minutos, para cada carga colocada.

Del mismo modo, se halla las deformaciones en función al tiempo como también en función a la presión vertical aplicada. La deformación, la cual se calcula como la variación de altura, sobre la altura inicial. Mediante el cual hallaremos el módulo edométrico.

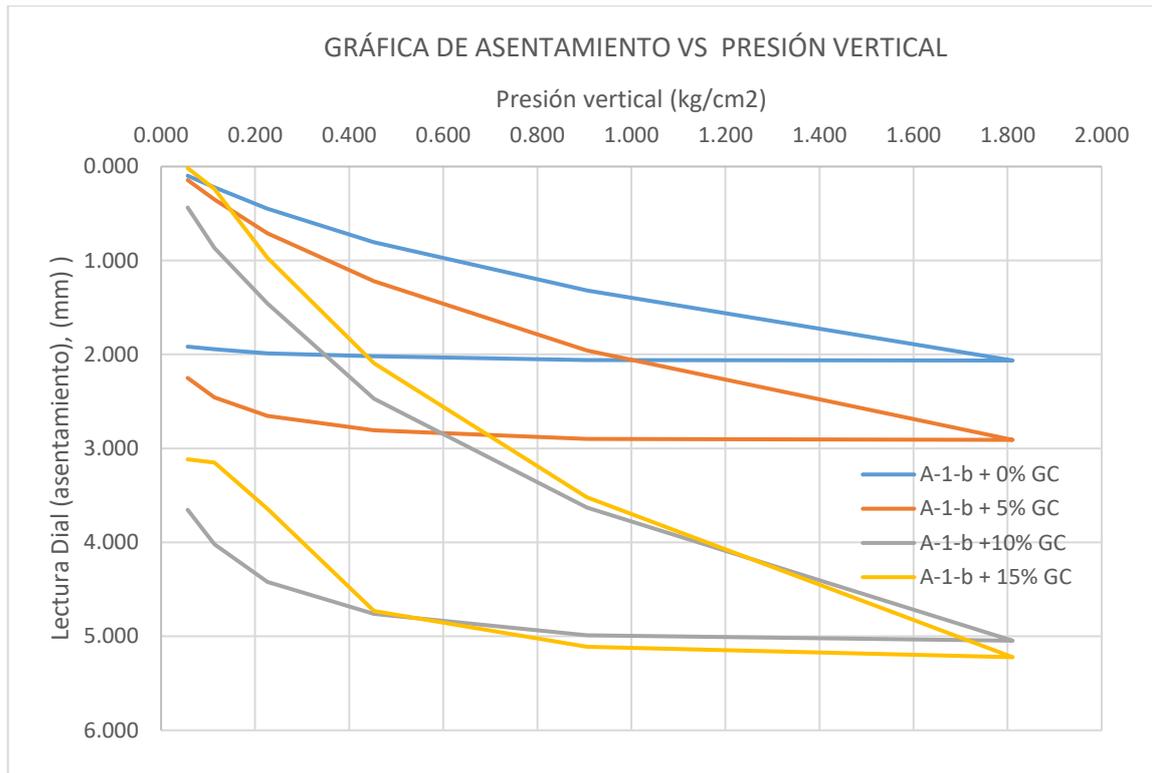


Figura 24. Esfuerzo vs asentamiento de las muestras A, B, C y D

Variación de los asentamientos de los diseños con agregado de grano de caucho en comparación con el diseño convencional al final del proceso de carga (320kg).

Por lo cual para la variación de asentamiento entre la muestra sin caucho y las otras se presenta la tabla 29,

Tabla 29. Variación del asentamiento, entre la muestra convencional, y las muestras con agregado de grano de caucho

Asentamientos: Diseños de muestra (mm)				Variación (mm)		
A	B	C	D	A-B	A-C	A-D
2.064	2.909	5.046	5.222	-0.845	-2.982	-3.158

Fuente: Propia

En base a la tabla 29, se visualiza que las mayores variaciones se encuentran en, el Diseño de muestro C y D, del mismo modo de la figura 24, se observa que las curvas de con 10 y 15% están casi superpuestas, no obstante, con una diferencia, que, en la parte de descarga final, ocurre un mayor salto de la muestra con 15%, en comparación con las otras muestras de diseño estratificada de 0, 5 y 10 %.

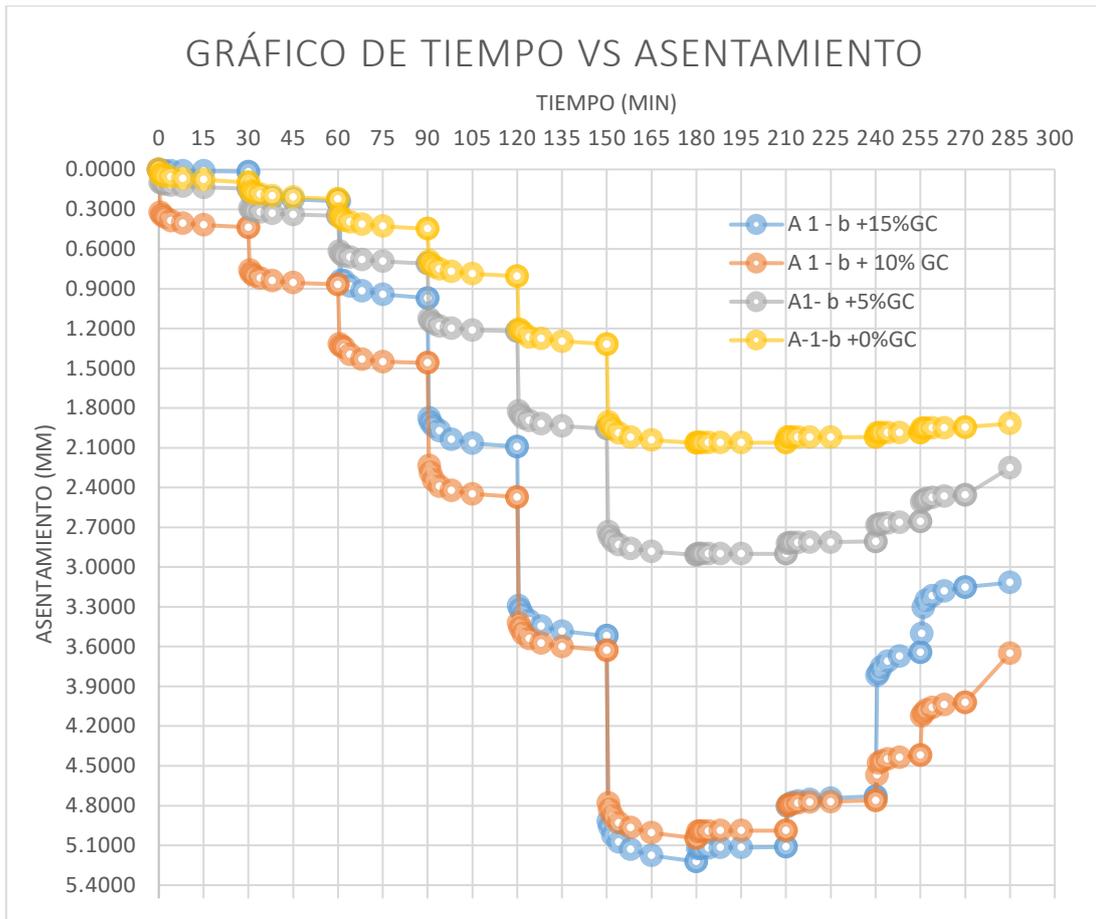


Figura 25. Comportamiento del asentamiento en función al tiempo total de ensayo (4.45hrs) de las muestras de diseño A, B, C y D

Mediante el gráfico de asentamiento vs tiempo de los resultados de las 4 muestras superpuestas, se puede observar el comportamiento que tiene cada uno, frente al diseño de muestra convencional. De modo que se observa en la parte de descarga el salto que ocurre cada vez que se quita una carga, reduciendo así la altura de asentamiento. Obteniéndose un mayor salto en la muestra con 15% de agregado de grano de caucho.

3.5 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN AXISIMÉTRICA DE CBR

Una vez obtenido el resultado de laboratorio de CBR de los diseños de muestra estratificada de A 1- b +(0, 5, 10, y 15) grano de caucho, se procede a realizar el modelamiento axisimétrico en Plaxis, con el objetivo de obtener los parámetros de (Cohesión y ángulo de fricción interna), mediante la superposición de curvas de carga vs penetración.

Diseño A (Material terraplén A1- b + 0% Grano de caucho)

Tabla 30. Resultado proceso de ensayo de penetración (laboratorio)

DISEÑO A	
CARGA (KN/RAD)	PENETRACIÓN (m)
0	0.00000
0.119086993	0.00064
0.150146379	0.00127
0.204461286	0.00191
0.274383924	0.00254
0.410327267	0.00381
0.561722265	0.00508
0.720921129	0.00635
0.876374137	0.00762
1.159810545	0.01016

Fuente: Propia

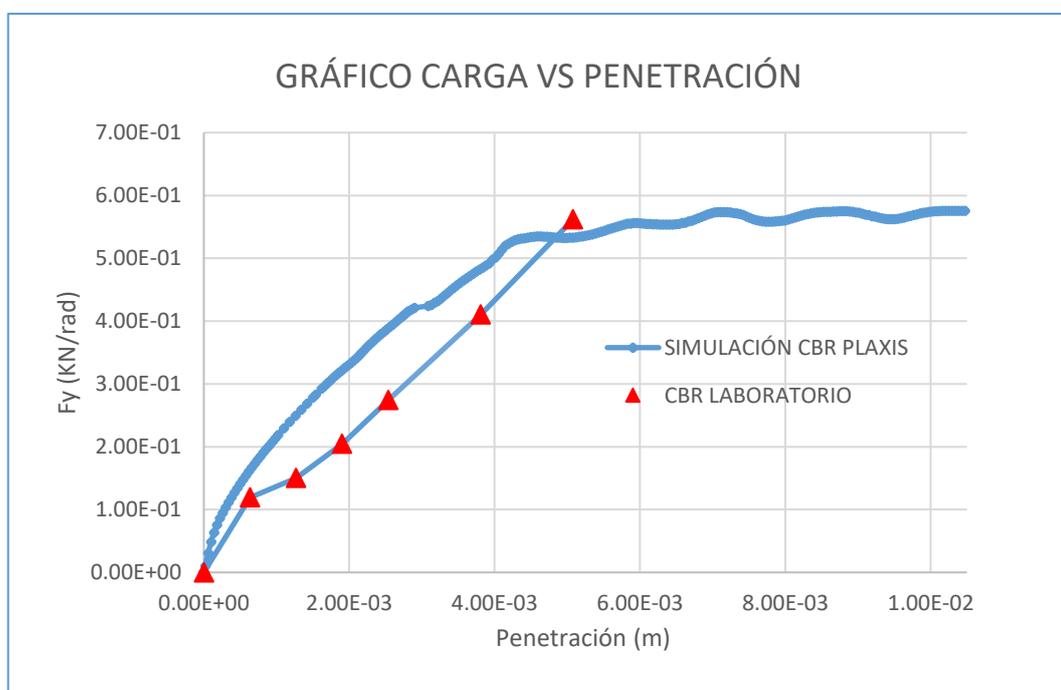


Figura 26. Superposición de curvas CBR laboratorio, y simulación axisimétrica, Plaxis (Diseño A)

En base a la superposición, se establece, la factibilidad, de usar los parámetros de cohesión y ángulo fricción interna arrojados por la simulación, teniendo como resultado del programa de 30 y 32 respectivamente.

Diseño B (Material terraplén A1- b + 5% Grano de caucho)

Tabla 31. Resultado proceso de ensayo de penetración (laboratorio)

DISEÑO B	
Carga (KN/rad)	Penetración (m)
0.00000	0.00000
0.11128	0.00064
0.13454	0.00127
0.15779	0.00191
0.16560	0.00254
0.25113	0.00381
0.32870	0.00508
0.39862	0.00635
0.44529	0.00762
0.57343	0.01016

Fuente: Propia

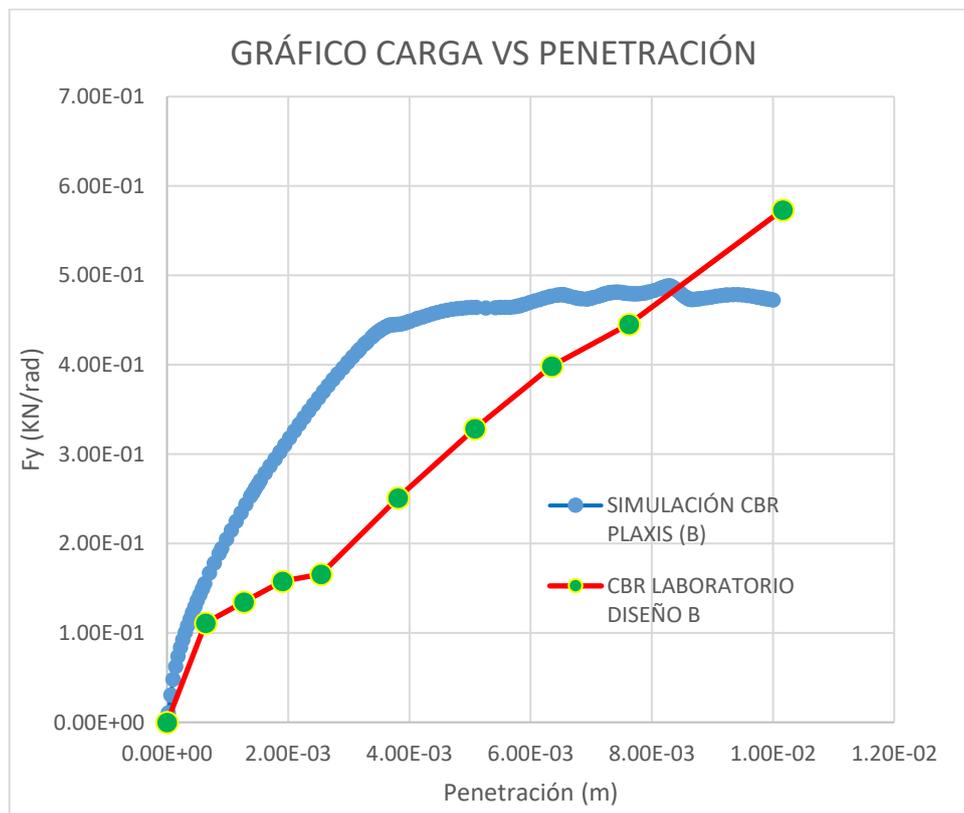


Figura 27. Superposición de curvas CBR laboratorio, y simulación axisimétrica, Plaxis (Diseño B)

En base a la superposición, se establece, la factibilidad, de usar los parámetros de cohesión y ángulo fricción interna arrojados por la simulación, teniendo como resultado del programa de 30 y 30 respectivamente.

Diseño C (Material terraplén A1- b + 10% Grano de caucho)

Tabla 32. Resultado proceso de ensayo de penetración (laboratorio)

DISEÑO C	
Carga (KN/rad)	Penetración (m)
0.00000	0.00000
0.10738	0.00064
0.12299	0.00127
0.13844	0.00191
0.15015	0.00254
0.19276	0.00381
0.26268	0.00508
0.28609	0.00635
0.34040	0.00762
0.39082	0.01016

Fuente: Propia

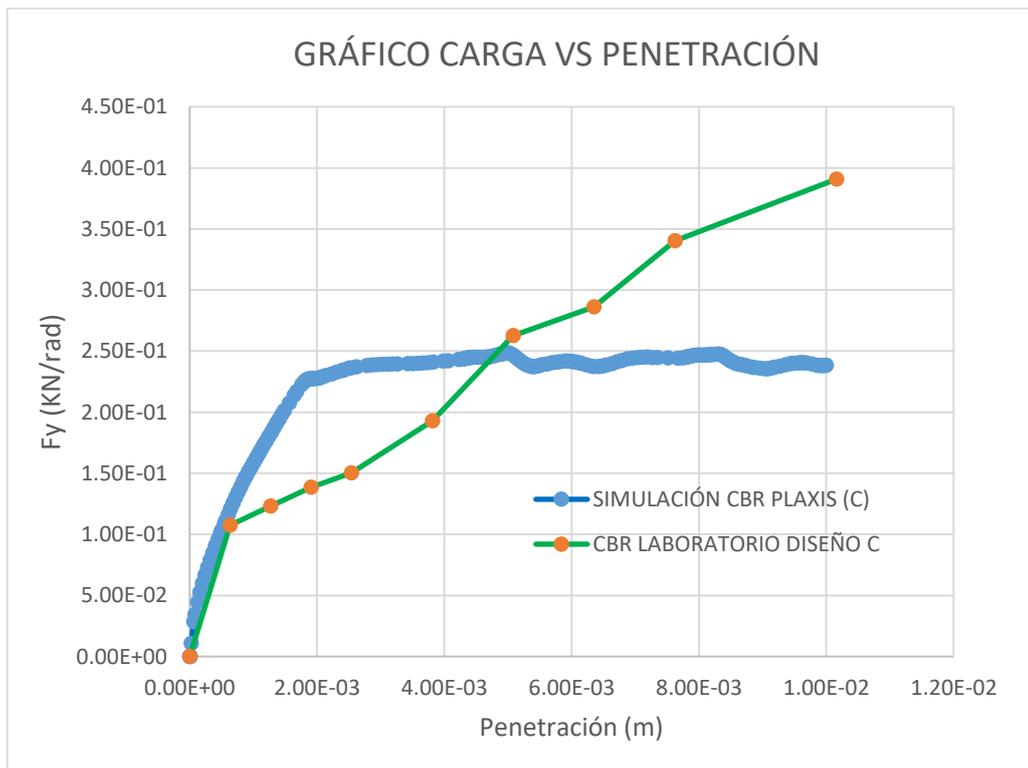


Figura 28. Superposición de curvas CBR laboratorio, y simulación axisimétrica, Plaxis (Diseño C)

En base a la superposición, se establece, la factibilidad, de usar los parámetros de cohesión y ángulo fricción. interna arrojados por la simulación, teniendo como resultado del programa de 15 y 30 respectivamente.

Diseño D (Material terraplén A1- b + 15% Grano de caucho)

Tabla 33. Resultado proceso de ensayo de penetración (laboratorio)

DISEÑO D	
Carga (KN/rad)	Penetración (m)
0.00000	0.00000
0.09958	0.00064
0.11519	0.00127
0.12673	0.00191
0.14234	0.00254
0.19666	0.00381
0.23942	0.00508
0.26658	0.00635
0.28984	0.00762
0.33650	0.01016

Fuente: Propia

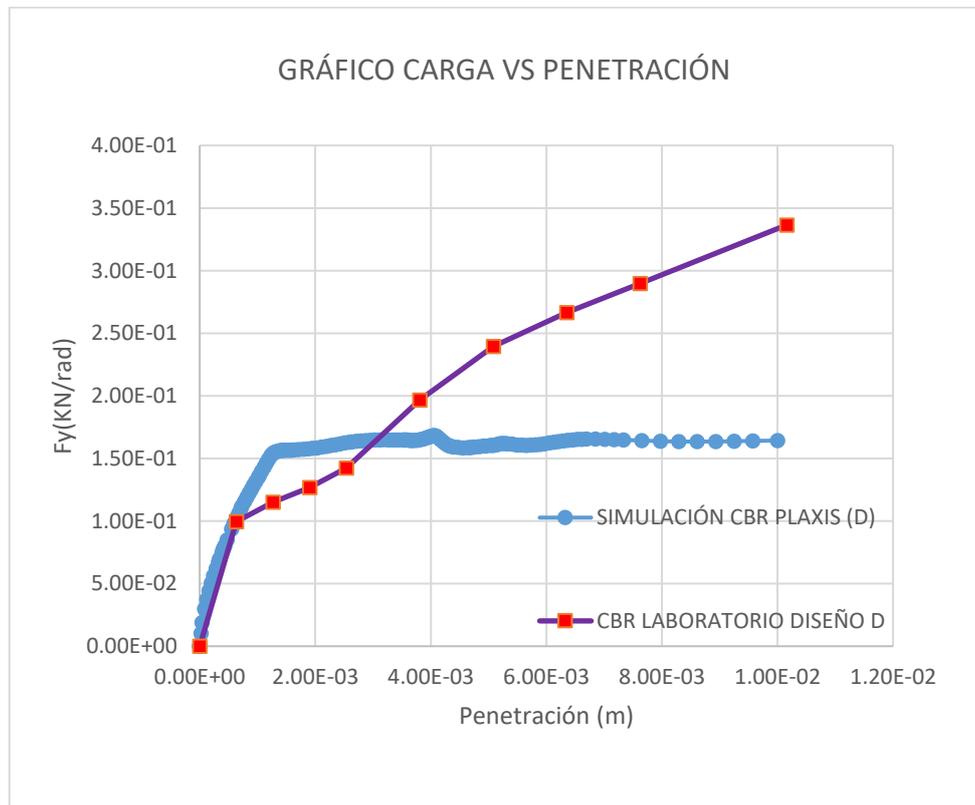


Figura 29. Superposición de curvas CBR laboratorio, y simulación axisimétrica, Plaxis (Diseño D)

En base a la superposición, se establece, la factibilidad, de usar los parámetros de cohesión y ángulo fricción interna arrojados por la simulación, teniendo como resultado del programa de 10 y 30 respectivamente.

3.6 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN MEDIANTE EL MODELO HARDENING SOIL (AXISIMÉTRICO) DEL TERRAPLÉN.

Terraplén: H:1.5m

Diseño A (Material terraplén A1- b + 0% Grano de caucho)

Se realiza la simulación del terraplén vial, donde, se establece que sobre este reposa una estructura de pavimento (Tp13) el cual está sometido a carga, tal como se observa en la Figura 4. Carga transmitida por un eje sobre el pavimento flexible TP13 (p.21). De modo que, se establece 3 puntos de corte, para la toma de datos de deformación en xx' y yy' , así como también una altura de H:1.5m del terraplén.

Tabla 34. Resultado de la deformación máxima en xx' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño A- Ht:1.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	6.75E-05
3	1.00E+00	1.35E-04

Fuente: Propia

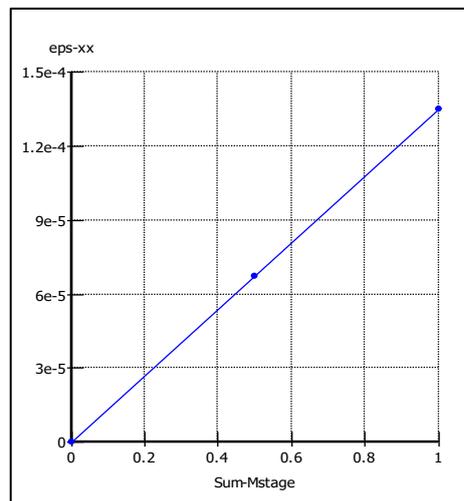


Figura 30. Deformación máxima en XX'' , ubicado en la zona más crítica, Diseño A

Se establece que a una altura de 1.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de $1.35E-4\%$, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 35. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño A- Ht:1.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-6.97E-05
3	1.00E+00	-1.39E-04

Fuente: Propia

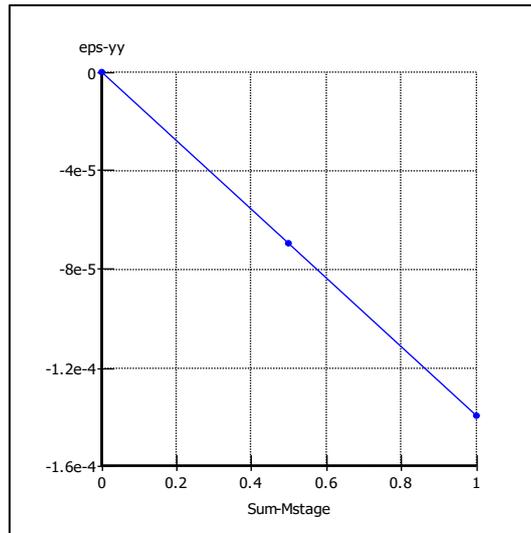


Figura 31. Deformación máxima en YY'' , ubicado en la zona más crítica, Diseño A

Se establece que a una altura de 1.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy' de $-1.39E-04\%$, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (0%) con una h: 1.5 m.

Diseño B (Material terraplén A1- b + 5% Grano de caucho)

Se establece 3 puntos de corte, para la toma de datos de deformación en xx' y yy' , así como también una altura de H:1.5m del terraplén.

Tabla 36. Resultado de la deformación máxima en xx' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño B- Ht:1.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	6.90E-05
3	1.000E+00	1.379E-04

Fuente: Propia

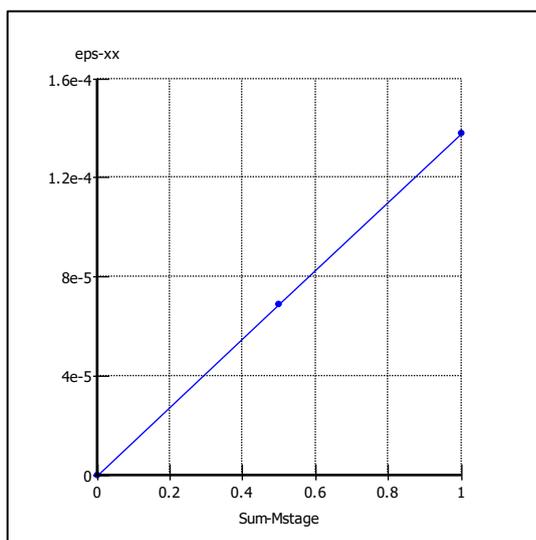


Chart 1

Point B

Figura 32. Deformación máxima en XX'', ubicado en la zona más crítica, Diseño B

Se establece que a una altura de 1.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de 1.379E-04%, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 37. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño B- Ht:1.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-6.92E-05
3	1.000E+00	-1.384E-04

Fuente: Propia

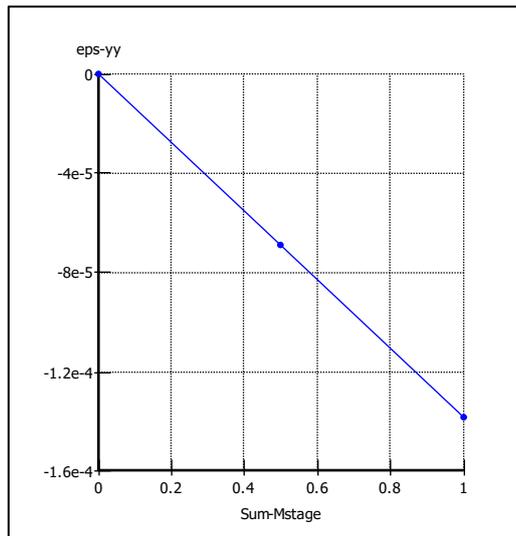


Figura 33. Deformación máxima en YY”, ubicado en la zona más crítica, Diseño B

Se establece que a una altura de 1.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy’ de -1.384E-04%, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible 2.4497e-4% y 2.3306e-4% según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (5%) con una h: 1.5 m.

Diseño C (Material terraplén A1- b + 10% Grano de caucho)

Se establece 3 puntos de corte, para la toma de datos de deformación en xx’ y yy’, así como también una altura de H:1.5m del terraplén.

Tabla 38. Resultado de la deformación máxima en xx’ mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño C- Ht:1.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	7.32E-05
3	1.000E+00	1.464E-04

Fuente: Propia

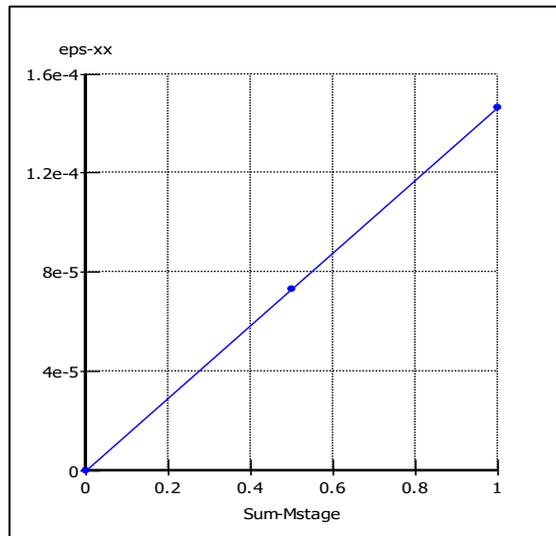


Figura 34. Deformación máxima en XX”, ubicado en la zona más crítica, Diseño C

Se establece que a una altura de 1.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx’ de 1.464E-04%, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 40. Resultado de la deformación máxima en yy’ mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño C- Ht:1.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-7.09E-05
3	1.00E+00	-1.418E-04

Fuente: Propia

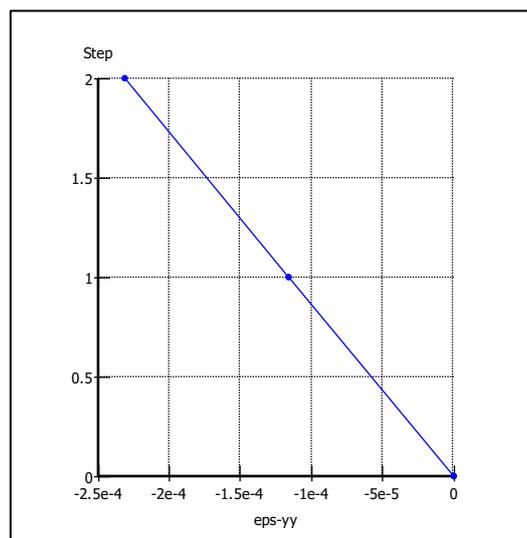


Figura 35. Deformación máxima en YY”, ubicado en la zona más crítica, Diseño C

Se establece que a una altura de 1.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy' de $-1.418E-04\%$, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (10%) con una h: 1.5 m.

Diseño D (Material terraplén A1- b + 15% Grano de caucho)

Se establece 3 puntos de corte, para la toma de datos de deformación en xx' y yy' , así como también una altura de H:1.5m del terraplén.

Tabla 41. Resultado de la deformación máxima en xx' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño D- Ht:1.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	7.49E-05
3	1.000E+00	1.497E-04

Fuente: Propia

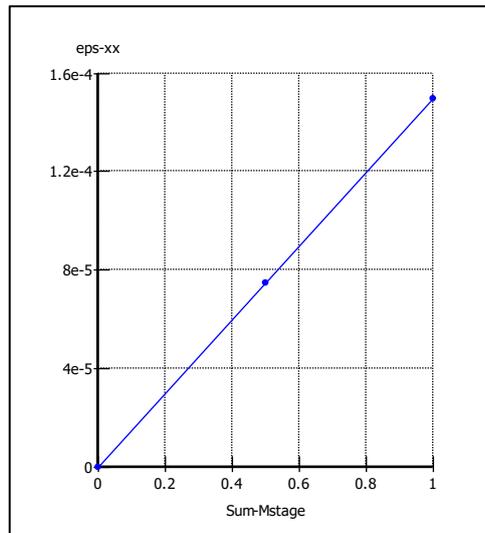


Figura 36. Deformación máxima en XX'' , ubicado en la zona más crítica, Diseño D

Se establece que a una altura de 1.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de $1.497E-04\%$, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 42. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño D- Ht:1.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-7.16E-05
3	1.00E+00	-1.432E-04

Fuente: Propia

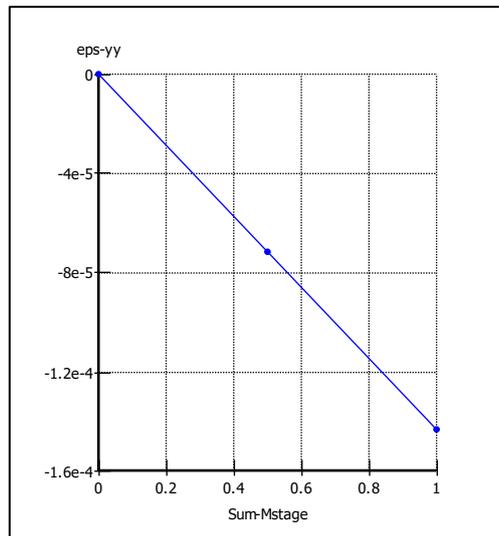


Figura 37. Deformación máxima en YY”, ubicado en la zona más crítica, Diseño D

Se establece que a una altura de 1.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy’ de -1.432E-04%, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible 2.4497e-4% y 2.3306e-4% según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (15%) con una h: 1.5 m.

Terraplén: H:2.5m

Diseño A (Material terraplén A1- b + 0% Grano de caucho)

Tabla 43. Resultado de la deformación máxima en xx’ mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño A- Ht:2.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	7.41E-05
3	1.00E+00	1.48E-04

Fuente: Propia

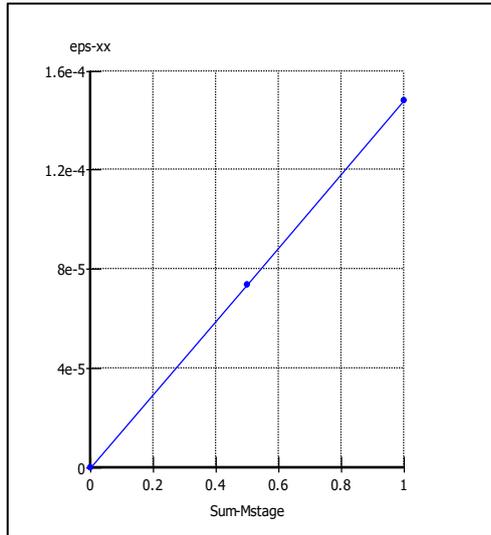


Figura 38. Deformación máxima en XX'', ubicado en la zona más crítica, Diseño A

Se establece que a una altura de 2.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de 1.48E-04%, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 44. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño A- Ht:2.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-7.79E-05
3	1.00E+00	-1.56E-04

Fuente: Propia

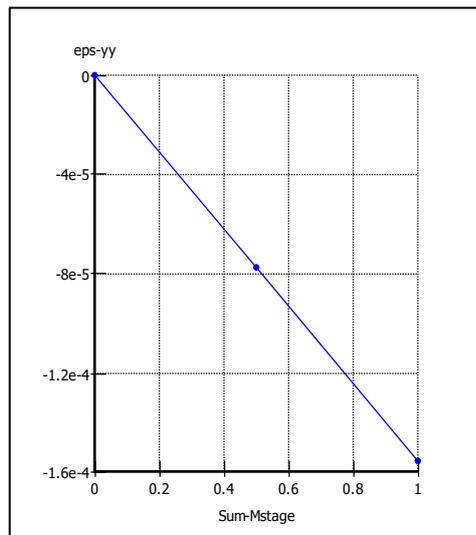


Figura 39. Deformación máxima en YY'', ubicado en la zona más crítica, Diseño A

Se establece que a una altura de 2.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy' de $-1.56E-04\%$, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (0%) con una h: 2.5 m.

Diseño B (Material terraplén A1- b + 5% Grano de caucho)

Tabla 45. Resultado de la deformación máxima en xx' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño B- Ht:2.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	7.75E-05
3	1.000E+00	1.549E-04

Fuente: Propia

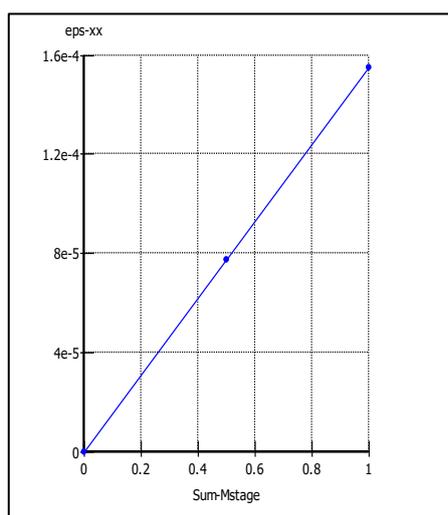


Figura 40. Deformación máxima en XX'', ubicado en la zona más crítica, Diseño B

Se establece que a una altura de 2.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de $1.549E-04\%$, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 45. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño B- Ht:2.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-7.90E-05
3	1.000E+00	-1.580E-04

Fuente: Propia

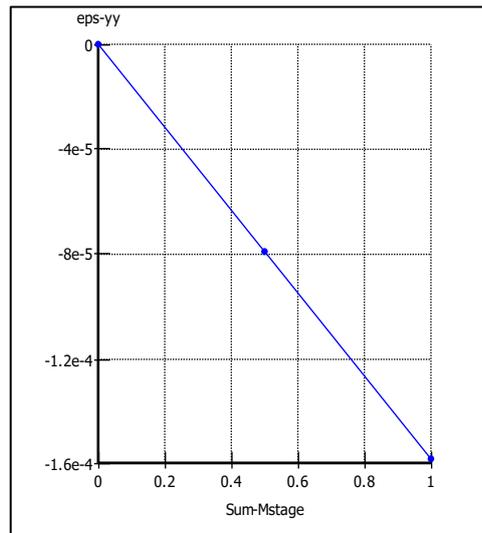


Figura 41. Deformación máxima en YY”, ubicado en la zona más crítica, Diseño B

Se establece que a una altura de 2.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy' de $-1.58E-04\%$, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (5%) con una h: 2.5 m.

Diseño C (Material terraplén A1- b + 10% Grano de caucho)

Tabla 46. Resultado de la deformación máxima en xx' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño C- Ht:2.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	8.19E-05
3	1.000E+00	1.638E-04

Fuente: Propia

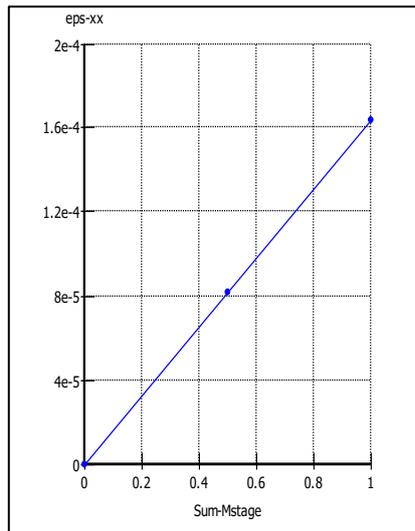


Figura 42. Deformación máxima en XX'', ubicado en la zona más crítica, Diseño C

Se establece que a una altura de 2.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de 1.638E-04, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 47. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño C- Ht:2.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-8.06E-05
3	1.000E+00	-1.611E-04

Fuente: Propia

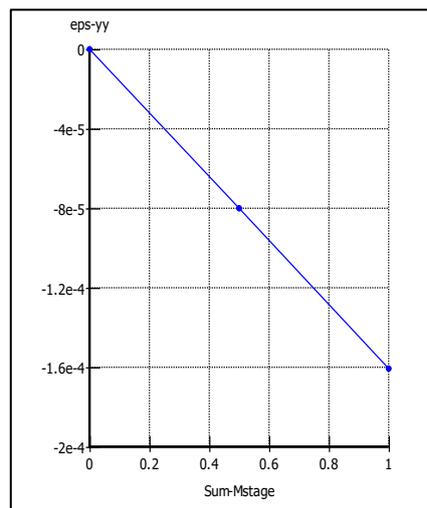


Figura 43. Deformación vs altura de terraplén en YY' Diseño C

Se establece que a una altura de 2.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy' de -1.611E-04%, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro

de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (10%) con una h: 2.5 m.

Diseño D (Material terraplén A1- b + 15% Grano de caucho)

Tabla 48. Resultado de la deformación máxima en xx' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño D- Ht:2.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	8.36E-05
3	1.000E+00	1.672E-04

Fuente: Propia

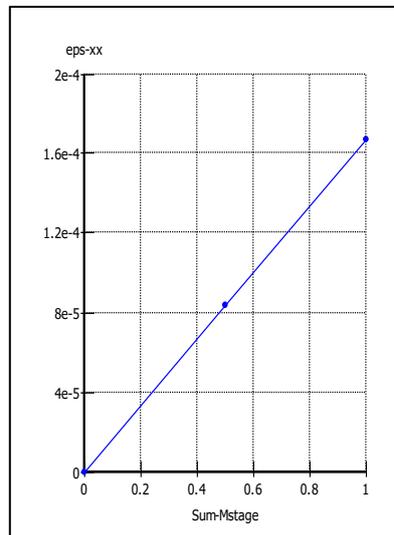


Figura 44. Deformación máxima en XX'', ubicado en la zona más crítica, Diseño D

Se establece que a una altura de 2.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de $1.672E-04\%$, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 49. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño D- Ht:2.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-8.12E-05
3	1.000E+00	-1.623E-04

Fuente: Propia

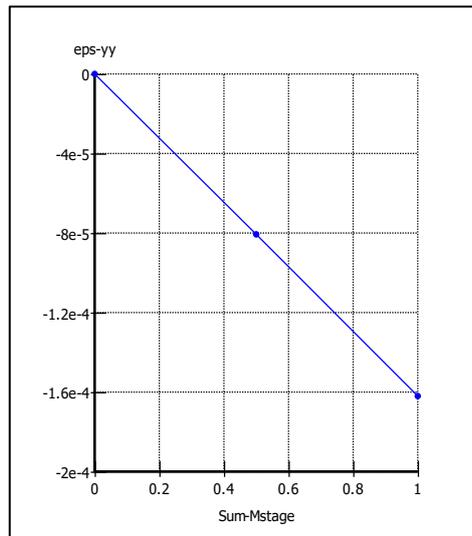


Figura 45. Deformación máxima en YY”, ubicado en la zona más crítica, Diseño D

Se establece que a una altura de 2.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy’ de -1.623E-04%, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible 2.4497e-4% y 2.3306e-4% según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (15%) con una h: 2.5 m.

Terraplén: H:3.5 m

Diseño A (Material terraplén A1- b + 0% Grano de caucho)

Tabla 50. Resultado de la deformación máxima en xx’ mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño A- Ht:3.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	6.43E-05
3	1.00E+00	1.29E-04

Fuente: Propia

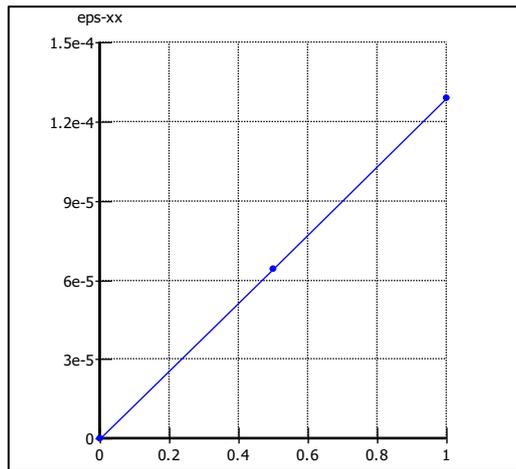


Figura 46. Deformación máxima en XX'', ubicado en la zona más crítica, Diseño A

Se establece que a una altura de 3.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de 1.29E-04%, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 51. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño A- Ht:3.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-7.46E-05
3	1.00E+00	-1.49E-04

Fuente: Propia

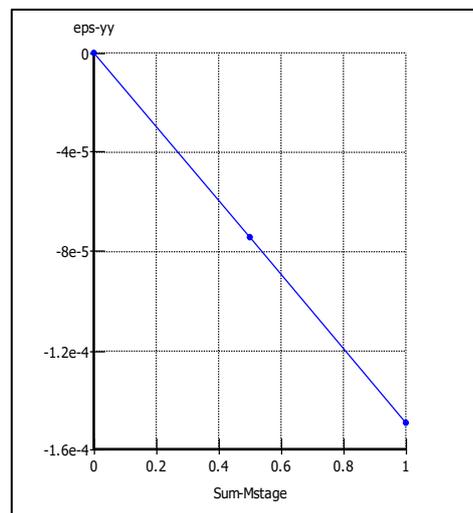


Figura 47. Deformación máxima en YY'', ubicado en la zona más crítica, Diseño A

Se establece que a una altura de 3.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy' de -1.49E-04%, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible 2.4497e-4% y 2.3306e-4% según lo calculado, por ende,

cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (0%) con una h: 3.5 m.

Diseño B (Material terraplén A1- b + 5% Grano de caucho)

Tabla 52. Resultado de la deformación máxima en xx' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño B- Ht:3.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	7.05E-05
3	1.000E+00	1.411E-04

Fuente: Propia

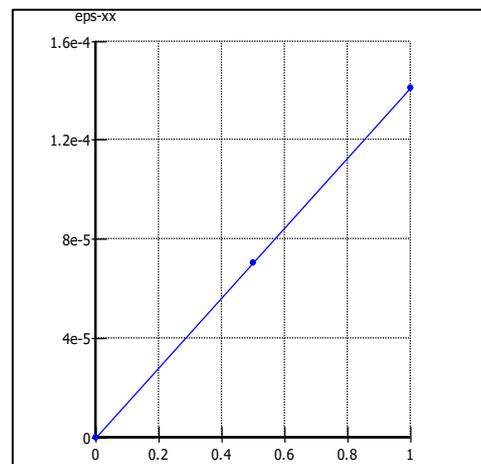


Figura 48. Deformación máxima en XX'', ubicado en la zona más crítica, Diseño B

Se establece que a una altura de 3.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de 1.411E-04%, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 53. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño B- Ht:3.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-7.89E-05
3	1.000E+00	-1.578E-04

Fuente: Propia

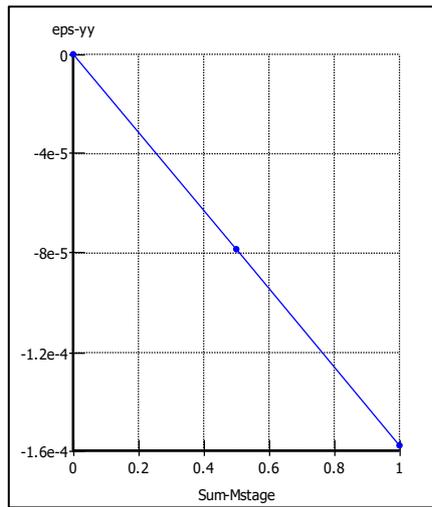


Figura 49. Deformación máxima en YY”, ubicado en la zona más crítica, Diseño B

Se establece que a una altura de 3.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy’ de -1.578E-04%, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible 2.4497e-4% y 2.3306e-4% según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (5%) con una h: 3.5 m.

Diseño C (Material terraplén A1- b + 10% Grano de caucho)

Tabla 54. Resultado de la deformación máxima en xx’ mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño C- Ht:3.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	9.01E-05
3	1.000E+00	1.802E-04

Fuente: Propio

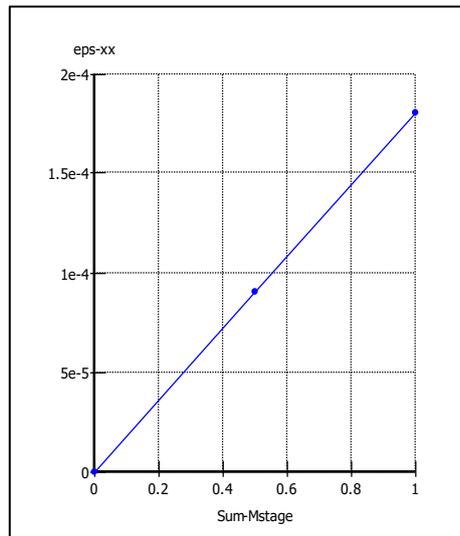


Figura 50. Deformación máxima en XX”, ubicado en la zona más crítica, Diseño C

Se establece que a una altura de 3.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx’ de 1.802E-04%, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 55. Resultado de la deformación máxima en yy’ mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño C- Ht:3.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-8.85E-05
3	1.000E+00	-1.771E-04

Fuente: Propia

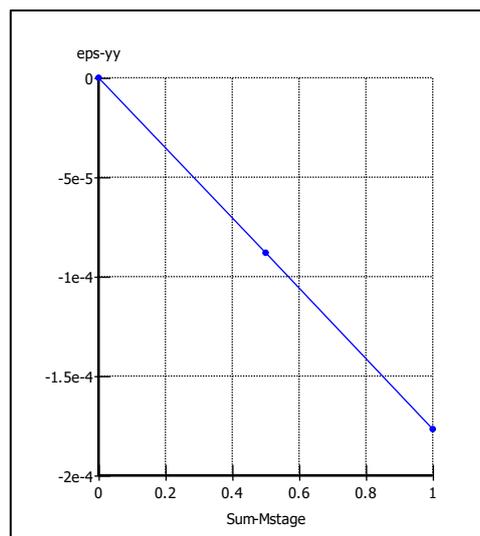


Figura 51. Deformación máxima en YY”, ubicado en la zona más crítica, Diseño C

Se establece que a una altura de 3.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy' de -1.771E-04%, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible 2.4497e-4% y 2.3306e-4% según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (10%) con una h: 3.5 m.

Diseño D (Material terraplén A1- b + 15% Grano de caucho)

Tabla 56. Resultado de la deformación máxima en xx' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño D- Ht:3.5m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	7.58E-05
3	1.000E+00	1.517E-04

Fuente: Propia

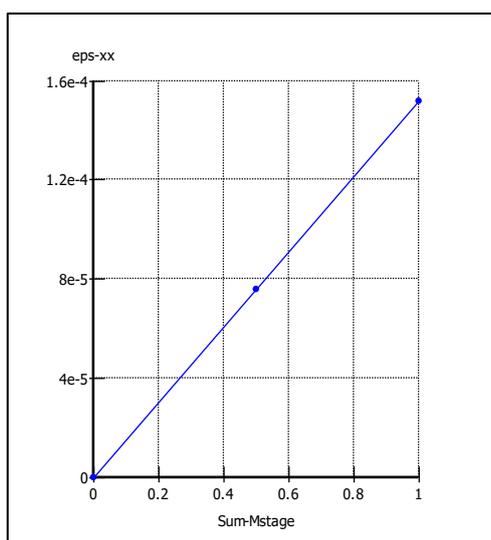


Figura 52. Deformación máxima en XX'', ubicado en la zona más crítica, Diseño D

Se establece que a una altura de 3.5 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de 1.517E-04%, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 57. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño D- Ht:3.5m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-7.98E-05
3	1.000E+00	-1.595E-04

Fuente: Propia

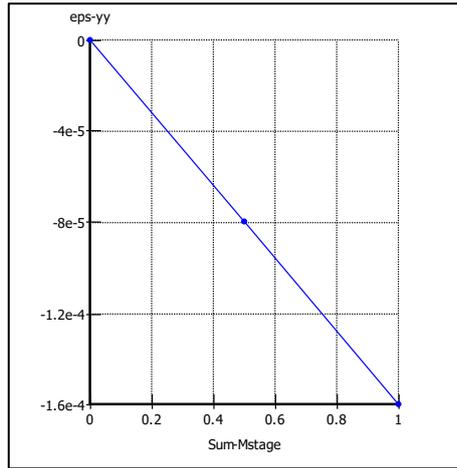


Figura 53. Deformación máxima en YY”, ubicado en la zona más crítica, Diseño D

Se establece que a una altura de 3.5 m del terraplén, este tiene una deformación en yy’ de $-1.595E-4\%$, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (15%) con una h: 3.5 m.

Terraplén: H:5.00 m

Diseño A (Material terraplén A1- b + 0% Grano de caucho)

Tabla 58. Resultado de la deformación máxima en xx’ mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño A- Ht:5.00m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	4.39E-05
3	1.00E+00	8.79E-05

Fuente: Propia

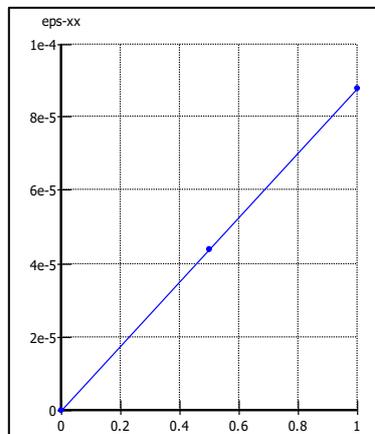


Figura 54. Deformación máxima en XX”, ubicado en la zona más crítica, Diseño A

Se establece que a una altura de 5.0 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de $8.79E-05\%$, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 59. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño A- Ht:5.00m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-4.83E-05
3	1.00E+00	-9.66E-05

Fuente: Propia

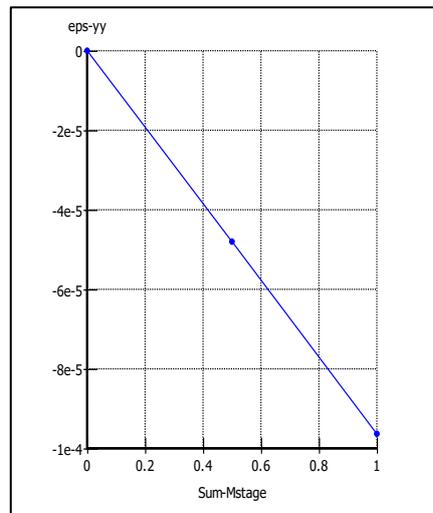


Figura 55. Deformación máxima en YY'' , ubicado en la zona más crítica, Diseño A

Se establece que a una altura de 5.0 m del terraplén, este tiene una deformación en yy' de $-9.66E-5\%$, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (0%) con una h: 5.0 m.

Diseño B (Material terraplén A1- b + 5% Grano de caucho)

Tabla 60. Resultado de la deformación máxima en xx' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño B- Ht:5.00m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	4.96E-05
3	1.00E+00	9.922E-05

Fuente: Propia

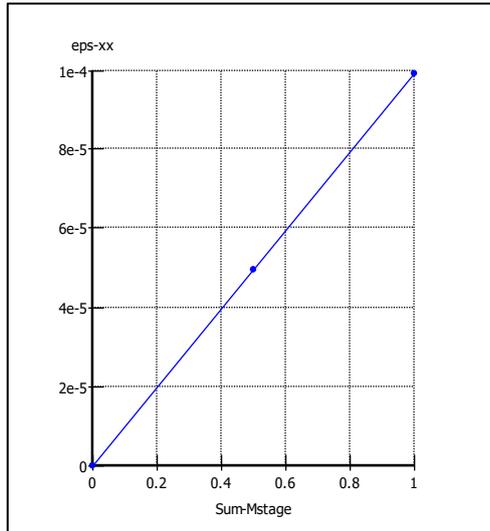


Figura 56. Deformación máxima en XX'', ubicado en la zona más crítica, Diseño B

Se establece que a una altura de 5.0 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de 9.920E-05%, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 61. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño B- Ht:5.00m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-5.09E-05
3	1.000E+00	-1.018E-04

Fuente: Propia

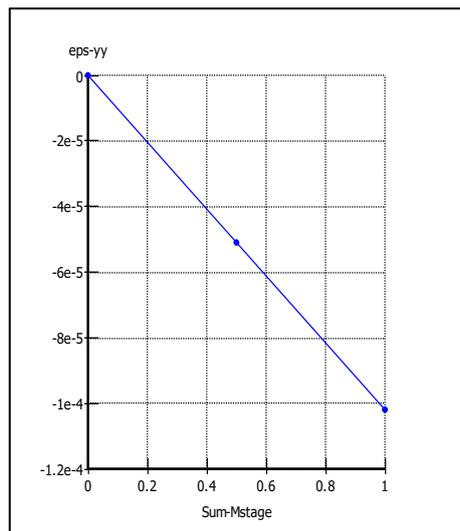


Figura 57. Deformación máxima en YY'', ubicado en la zona más crítica, Diseño B

Se establece que a una altura de 5.0 m del terraplén, este tiene una deformación en yy' de -1.018E-4%, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro

de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (5%) con una h: 5.0 m.

Diseño C (Material terraplén A1- b + 10% Grano de caucho)

Tabla 62. Resultado de la deformación máxima en xx' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño C- Ht:5.00m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	5.19E-05
3	1.000E+00	1.037E-04

Fuente: Propia

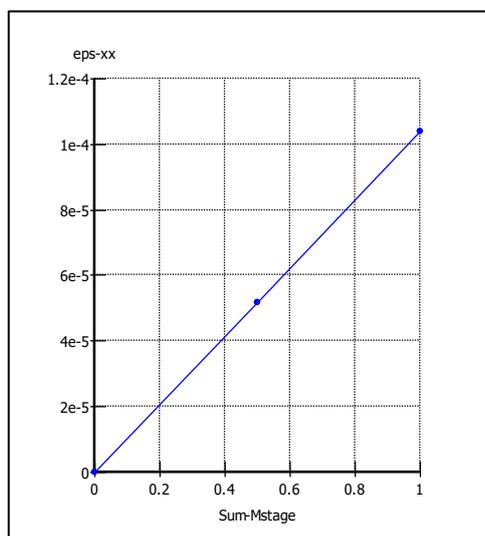


Figura 58. Deformación máxima en XX'', ubicado en la zona más crítica, Diseño C

Se establece que a una altura de 5.0 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de $1.037E-04\%$, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 63. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño C- Ht:5.00m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-5.15E-05
3	1.000E+00	-1.029E-04

Fuente: Propia

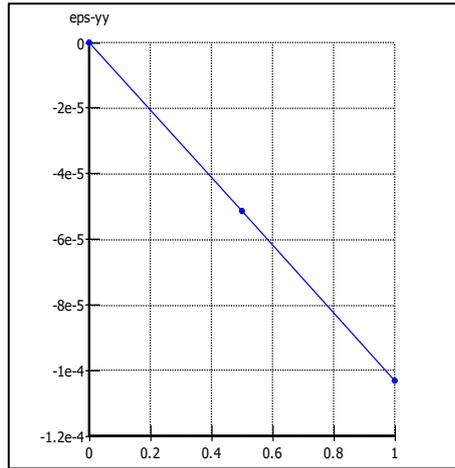


Figura 59. Deformación máxima en YY”, ubicado en la zona más crítica, Diseño C

Se establece que a una altura de 5.0 m del terraplén, este tiene una deformación en yy’ de $-1.029E-4\%$, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (10%) con una h: 5.0 m.

Diseño D (Material terraplén A1- b + 15% Grano de caucho)

Tabla 64. Resultado de la deformación máxima en xx’ mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño D- Ht:5.00m

Point	Sum-Mstage	eps-xx
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	5.27E-05
3	1.000E+00	1.054E-04

Fuente: Propia

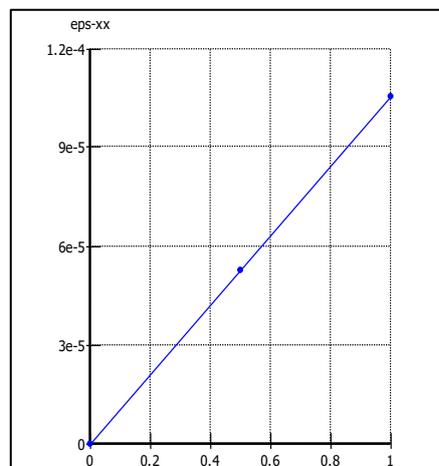


Figura 60. Deformación máxima en XX”, ubicado en la zona más crítica, Diseño D

Se establece que a una altura de 5.0 m del terraplén, este tiene una deformación en xx' de $1.054E-04\%$, ubicado en la zona más crítica.

Tabla 65. Resultado de la deformación en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis. Diseño D- Ht:5.00m

Point	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-5.17E-05
3	1.000E+00	-1.033E-04

Fuente: Propia

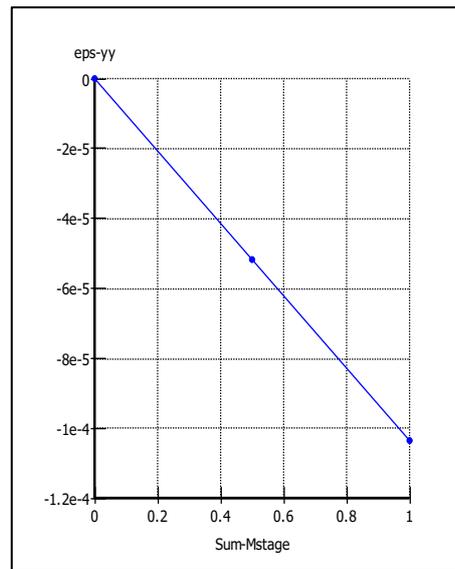


Figura 61. Deformación máxima en YY'' , ubicado en la zona más crítica, Diseño D

Se establece que a una altura de 5.0 m del terraplén, este tiene una deformación en yy' de $-1.033E-4\%$, ubicado en la zona más crítica. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (15%) con una h: 5.0 m.

En base a los resultados obtenidos de la simulación para cada diseño de muestra, en función a una cierta altura. Se realiza la superposición de curvas como se muestra en la fig. 63.

H terraplén: 1.5 m (Ver Tabla 6.)

Tabla 66. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis, para cada muestra de diseño estratificada a una ht:1.5m

Point	DISEÑO A-H:1.5		DISEÑO B -H:1.5		DISEÑO C -H:1.5		DISEÑO D -H:1.5	
	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-6.97E-05	5.00E-01	-6.92E-05	5.00E-01	-7.09E-05	5.00E-01	-7.16E-05
3	1.00E+00	-1.39E-04	1.00E+00	-1.38E-04	1.00E+00	-1.41E-04	1.00E+00	-1.43E-04

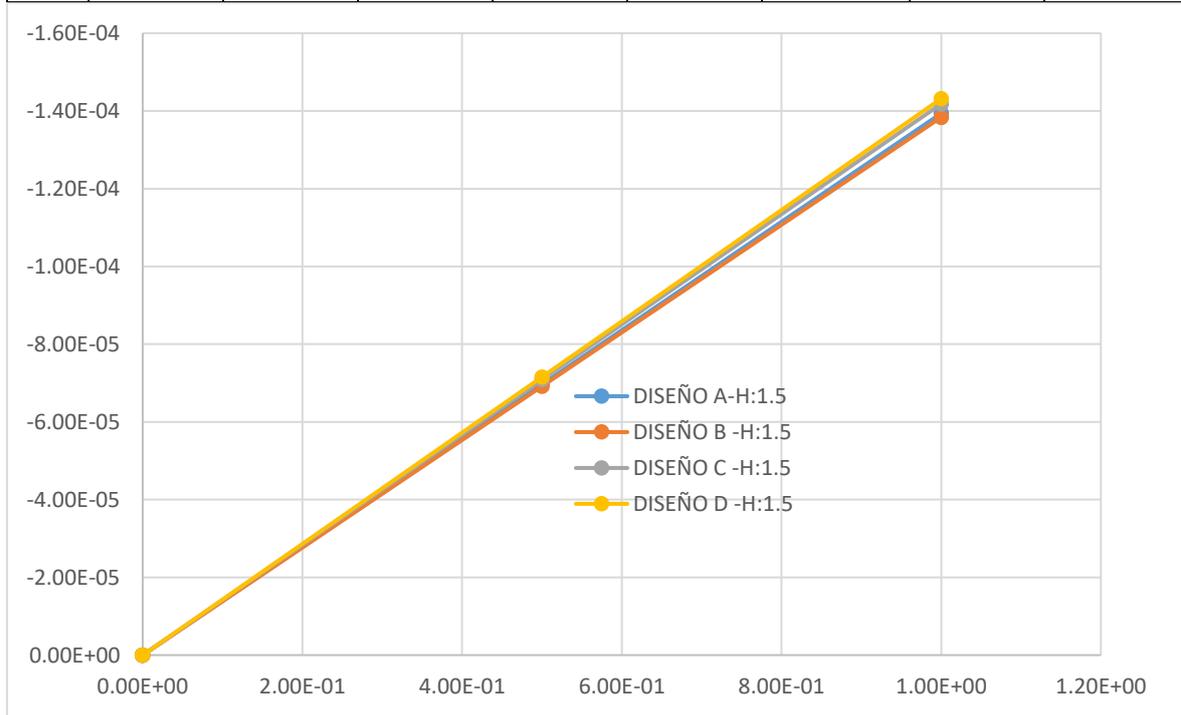


Figura 62. Deformación máxima en YY' para cada diseño de muestra estratificada.

Se puede visualizar que para un terraplén de h: 1.5 m se genera la mayor deformación en el diseño D, donde se obtiene una deformación de $-1.43E-04\%$. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306E-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (0, 5, 10 y 15%) con una h: 1.5 m

H terraplén: 2.5 m (Ver Tabla 67.)

Tabla 67. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis, para cada muestra de diseño estratificada a una ht:2.5m

Point	DISEÑO A-H:2.5		DISEÑO B -H:2.5		DISEÑO C -H:2.5		DISEÑO D -H:2.5	
	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-7.79E-05	5.00E-01	-7.90E-05	5.00E-01	-8.06E-05	5.00E-01	-8.12E-05
3	1.00E+00	-1.56E-04	1.00E+00	-1.58E-04	1.00E+00	-1.61E-04	1.00E+00	-1.62E-04

Fuente: Propia

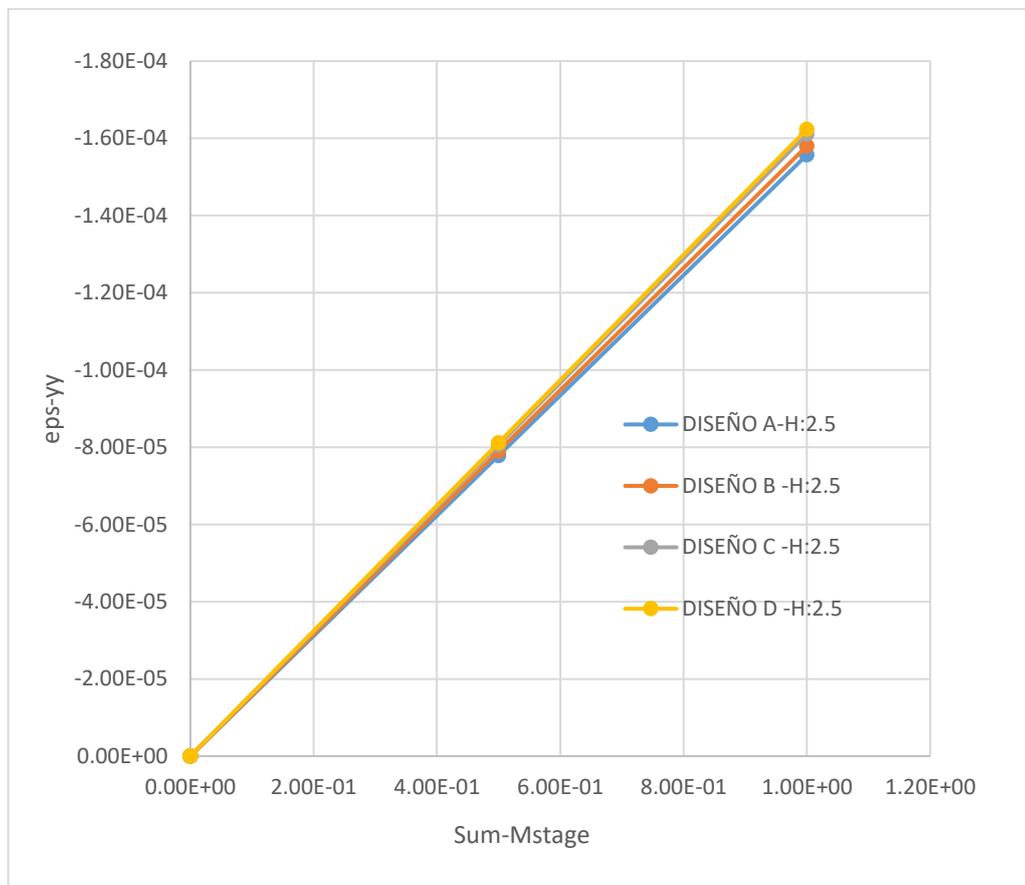


Figura 63. Deformación máxima en YY' para cada diseño de muestra estratificada.

Se puede visualizar que para un terraplén de h: 2.5 m se genera la mayor deformación en el diseño D, donde se obtiene una deformación de $-1.62E-04\%$. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (0, 5, 10 y 15%) con una h: 2.5 m.

H terraplén: 3.5 m (Ver Tabla 68.)

Tabla 68. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis, para cada muestra de diseño estratificada a una $ht:3.5m$

Point	DISEÑO A-H:3.5		DISEÑO B -H:3.5		DISEÑO C -H:3.5		DISEÑO D -H:3.5	
	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-7.46E-05	5.00E-01	-7.89E-05	5.00E-01	-8.85E-05	5.00E-01	-7.98E-05
3	1.00E+00	-1.49E-04	1.00E+00	-1.57E-04	1.00E+00	-1.77E-04	1.00E+00	-1.59E-04

Fuente: Propia

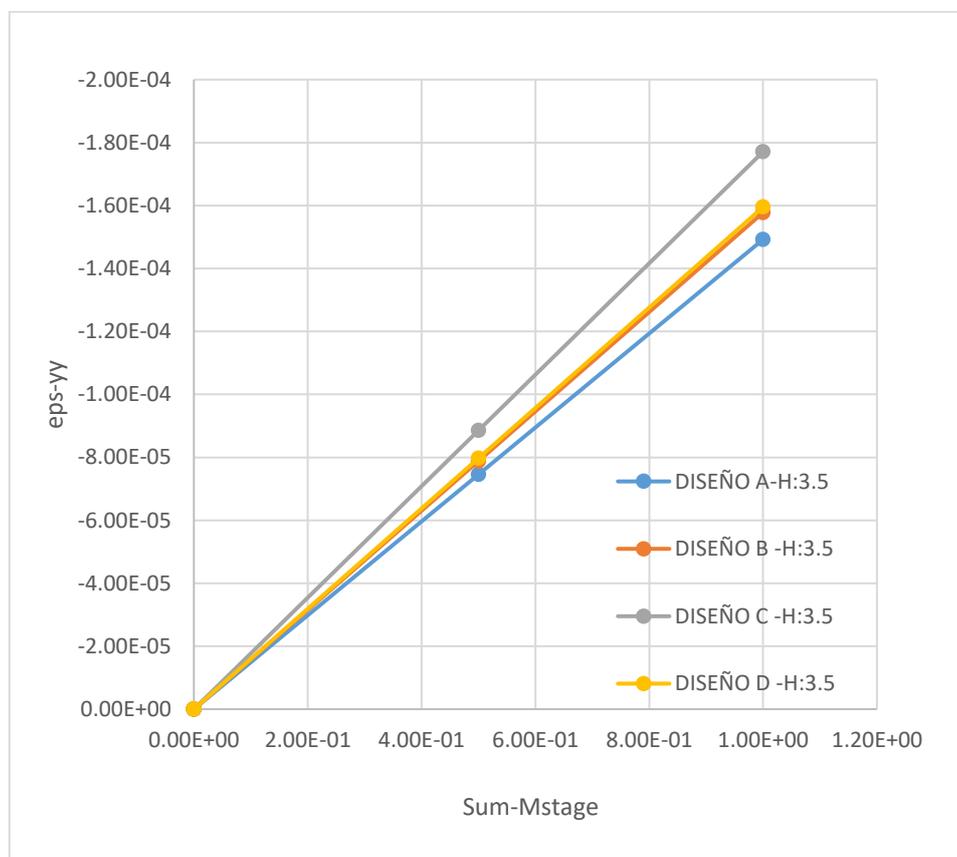


Figura 64. Deformación máxima en YY' para cada diseño de muestra estratificada.

Se puede visualizar que para un terraplén de $h: 3.5 m$ se genera la mayor deformación en el diseño C, donde se obtiene una deformación de $-1.77E-04\%$. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (0, 5, 10 y 15%) con una $h: 3.5 m$

H terraplén: 5.0 m

Tabla 69. Resultado de la deformación máxima en yy' mediante la simulación en el programa G. Plaxis, para cada muestra de diseño estratificada a una $ht:5.0m$

Point	DISEÑO A-H:5.00		DISEÑO B -H:5.00		DISEÑO C -H:5.00		DISEÑO D -H:5.00	
	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy	Sum-Mstage	eps-yy
0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	5.00E-01	-4.83E-05	5.00E-01	-5.09E-05	5.00E-01	-5.15E-05	5.00E-01	-5.17E-05
3	1.00E+00	-9.66E-05	1.00E+00	-1.01E-04	1.00E+00	-1.02E-04	1.00E+00	-1.03E-04

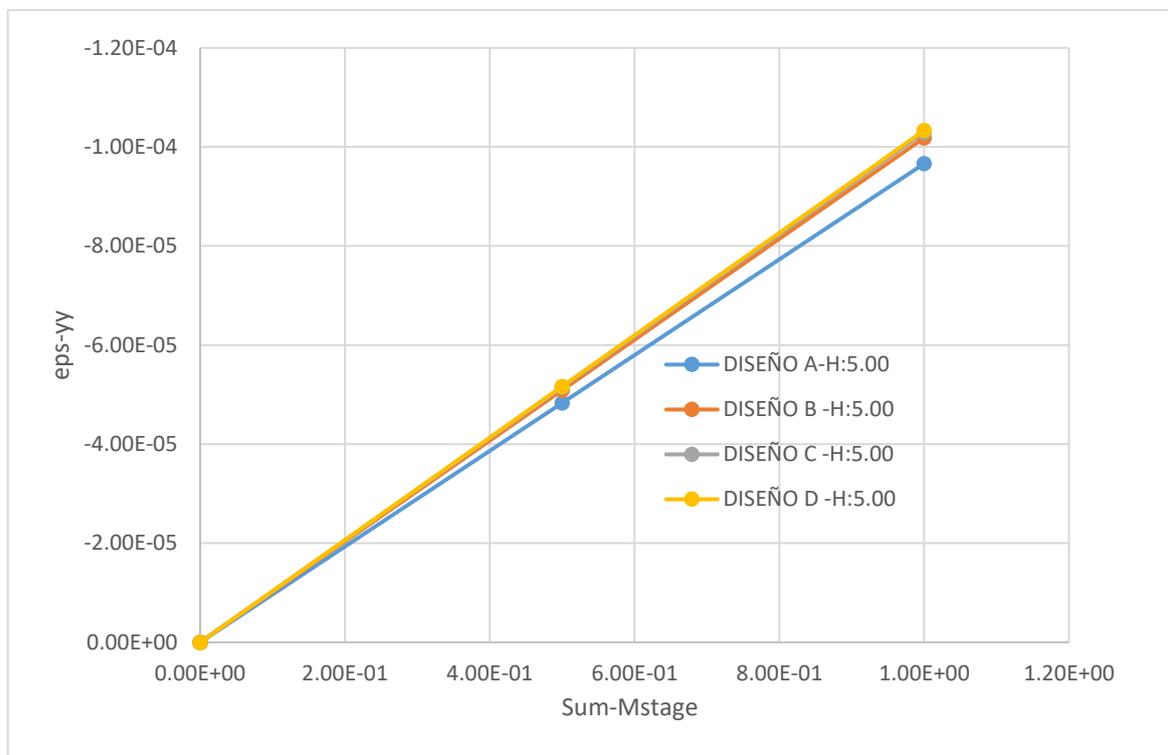


Figura 65. Deformación máxima en YY' para cada diseño de muestra estratificada.

Se puede visualizar que para un terraplén de $h: 5.0m$ se genera la mayor deformación en el diseño D, donde se obtiene una deformación de $-1.03E-04\%$. No obstante, se tiene como parámetro de deformación admisible $2.4497e-4\%$ y $2.3306e-4\%$ según lo calculado, por ende, cumple la incorporación de agregados de grano de caucho en porcentaje de (0, 5, 10 y 15%) con una $h: 5.0m$

IV. Discusión

De los resultados obtenidos, se deduce lo siguiente:

Primero: En comparación con los resultados brindados por Cuartas, Yonatan (2015) respecto a la utilización en porcentaje de los granos de caucho. Hay concordancia respecto a que en cantidades de GC >10% altera el CBR, lo cual significa que reduce la capacidad de soporte del suelo, al no llegar a la compactación esperada. Se observa en los resultados de CBR con 15% GC de la presente investigación: CBR= 8.8% al 90% MDS 0.1” el cual no cumple con los requisitos de la norma AASHTO respecto a la validez del CBR del suelo en terraplenes.

Se observa resultados de CBR con 15% GC de investigación de Cuartas: CBR= 2.13% al 90% MDS 0.1” el cual no cumple con los requisitos de la norma INVIAS con respecto a la validez del CBR del suelo en terraplenes. Del mismo modo, hay concordancia con respecto a que la utilización de grano de caucho, altera la capacidad de carga del suelo, debido a que trabaja independientemente, es decir no tiene adherencia al suelo, debido a su propiedad elástica.

Segundo: En comparación con los resultados brindados por San Martín, Ignacio (2009) se establece que el asentamiento de los diseños de muestra que tienen % de agregado de grano de caucho, se dan de manera instantánea ante el incremento de cargas, como en el ensayo de edómetro, donde ante el incremento de duplicación de cargas este se incrementa en deformación de 1mm por cada 30s.

Tercera: En comparación con los resultados obtenidos por Cusquisibán (2014) donde establece que a medida que se incrementa el % de agregado de granos de caucho estos mejoran el CBR a 38.8% con respecto al su convencional que es CBR 22%, del mismo modo establece que a medida que incrementa el % GC disminuye su Contenido de Humedad, por consiguiente, es la Densidad Seca la que debe de disminuir, lo que no es visualizado en sus resultados, dado que caso contrario incrementa su densidad seca. En contraste de los resultados obtenidos por la presente investigación, la cual indica que a medida que se le agrega % de GC la capacidad de soporte disminuye, así como también reduce el Cont. H. del mismo modo la densidad.

V. Conclusiones

De los resultados se obtuvo, las siguientes discusiones mencionadas:

Primero: Se estudió la deformación del terraplén vial, donde se demuestra que conforme aumenta la adición en (0, 5, 10, 15%) de grano de caucho, al agregado A 1-b, así como también se incrementa la altura del terraplén, se genera un aumento en la deformación abalado en base a los resultados, de la simulación en el programa geotécnico Plaxis, utilizando el modelamiento Hardening-Soil (Axisimétrico), para cada altura (1.5, 2.5, 3.5 y 5 m), así como para cada diseño de muestra estratificada (A, B,C Y D) respectivamente.

Segundo: Se evaluó las deformaciones máximas que presenta el terraplén, sobre el cual se coloca un pavimento tipo TP13, que esta sometido a una carga de 80kN/m^2 . Se realizó la simulación y se halló la deformación máxima para cada diseño de muestra estratificada a cierta altura propuesta del terraplén, mediante el programa geotécnico Plaxis, donde la muestra de diseño D, tiene una deformación máxima de $-1.43\text{E-}04\%$ en una altura de H:1.5, la muestra de diseño D tiene una deformación máxima de $-1.623\text{E-}04\%$ en una altura H: 2.5, la muestra de diseño C tiene una deformación máxima de $-1.771\text{E-}04\%$ para una altura H:3.5, y la muestra de diseño D tiene una deformación de $-1.033\text{E-}04\%$ para una altura de H:5.0m, probando así que la deformación incrementa en relación a la adición de granos de caucho, los cuales no sobrepasan el parámetro de deformación admisible $2.4497\text{e-}4\%$ y $2.3306\text{e-}4\%$ según lo calculado.

Tercera: Se determinó una altura límite del terraplén, propuesto por la investigación menor o igual a 5m, de modo que, en base a los resultados, se establece que la deformación incrementa a medida que se aumenta la adición de % granos de caucho, no obstante, dicho resultado el de deformación, siendo el mayor para el diseño D $-1.033\text{E-}04\%$, está dentro del parámetro de deformación admisible, de modo que es aceptable y justificable la altura límite establecida en la investigación.

VI. Recomendaciones

Para el presente proyecto, se recomienda lo siguiente:

Primero: En base a los resultados de laboratorio, donde se observó la disminución del CBR, así como también del Proctor (Máxima densidad seca, y Optimo contenido de humedad), se recomienda el utilizar aditivos a fin de incrementar la densidad del caucho, así aumentar el grado de compactación de la muestra de diseño estratificada.

Segundo: Se recomienda realizar un análisis comparativo de costos de un terraplén con agregado convencional, y un terraplén con una mezcla de agregado convencional más un % de adición de grano de caucho, a fin de establecer la rentabilidad de utilización en obras viales.

Tercero: A fin de mejorar las cualidades de capacidad de carga de la muestra, se puede agregar un aditivo, como combinar la muestra con % de cemento, al ser este un material de adhesión en contacto con el agua, y envolver las paredes del caucho, y hacer que este trabaje de forma conjunta con el material de cantera.

Cuarto: Con el objetivo de adherir el grano de caucho, con la muestra de material de cantera, se sugiere utilizar un material aditivo, dado que, el caucho trabaja independientemente, al ser un material granular, se puede insertar porcentajes de arcilla, al ser este un material ligante.

Quinto: Implementar el uso del grano de caucho, para su utilización en obras de arte, como veredas y ciclovía, y su uso en mayores porcentajes, dado que en dichas estructuras a diferencia que, en carreteras, la carga de servicio es menor.

Sexto: Se puede generar la simulación de un terraplén con mayor % en agregado de grano de caucho para el material A1-b, a fin de generar un porcentaje de agregado límite de utilización. Del mismo modo, generar la simulación para una altura mayor de 5m, y observar la deformación límite hasta donde puede agregarse el grano de caucho, en función de la deformación y su altura respectiva.

Referencias

- Álvarez Lima, René. Comportamiento y simulación de terraplén carretero construido con arcillas expansivas. Tesis (Doctor en Ciencia de Materiales). Chihuahua, México: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, 2012. 50 pp. Disponible en <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/772>
- Arnal, Agustín, DEL RINCÓN, Delio y LATORRE, Antonio. Bases metodológicas de la investigación educativa. España: Experiencia, 2004. 315 pp. Disponible en https://books.google.com.pe/books/about/Bases_metodol%C3%B3gicas_de_la_investigaci%C3%B3n.html?id=pIPoAAAACAAJ&redir_esc=y ISBN: 978-849-32-8838.
- Asroun, Aissa, BEKHITI, Melik y TROUZINE, Habib. Properties of Waste Tire Rubber Powder. *Engineering, Technology & Applied Science Research* [en línea], 4 (4). Agosto de 2014. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/302422576_Properties_of_Waste_Tire_Rubber_Powder ISSN: 669-672
- American Society of Testing Materials (Estados Unidos). D 6270-17: Standard Practice for Use of Scrap Tires in Civil Engineering Applications. Estados Unidos. ASTM, 2017. 35 pp.
- Baptista, María del Pilar, FERNÁNDEZ, Carlos y HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. 5a edición. México D.F.: Mc Graw Hill, 2010. 613 pp. ISBN: 978-607-15-0291-9
- Bosscher, Peter, EDIL, Tuncer y HURAOKA, Senro. Design of Highway Embankments using tire chips. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental* [en línea], 123 (4). 1 de abril de 1997. [Fecha de consulta: 31 de mayo de 2019]. Disponible en [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(1997\)123:4\(295\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(1997)123:4(295)) ISSN: 1090-0241
- Carrillo, Arnaldo. Comportamiento del Suelo Tropical Peruano. *Perfiles de Ingeniería* [en línea], 12 (12). Mayo de 2016. [Fecha de consulta: 27 de mayo del 2019]. Disponible en https://doi.org/10.31381/perfiles_ingenieria.v12i12.809 ISSN: 1996-6660

- Cortez, Liliana y NEILL, David. Procesos y fundamentos de la investigación científica. Ecuador: Editorial UTMACH, 2018. 127 pp. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiacionCientifica.pdf> ISBN: 978-9942-24-093-4
- Cervera Borja, César Augusto. Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca, 2016. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2016. 156 pp Disponible en <http://hdl.handle.net/11537/11236>
- Cuartas Vélez, Yonatan Stiben. Determinación del comportamiento del neumático usado de tráfico pesado, como material para terraplenes construidos con suelos derivados de cenizas volcánicas. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Pereira, Colombia: Universidad Libre Seccional, 2015. 78 pp. Disponible en <http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/handle/123456789/992>
- Cuarto Informe Nacional de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales, gestión 2010-2011. (Noviembre, 2013). Ministerio del Ambiente. Disponible en <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20140129092851.pdf>
- Cusquisibán Ocas, Wilder. Mejoramiento de suelos arcillosos utilizandp caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014. 136 pp. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/685>
- Decreto Supremo N° 019-2005-PRODUCE. Diario oficial El Peruano. Lima. 05 de mayo del 2005. Disponible en [http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/NORMREGLAMENTOS/ds019-2005-produce\(1\).pdf](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/NORMREGLAMENTOS/ds019-2005-produce(1).pdf)
- Garcia Quiroz, José y REYES Luna Victoria, Alexandra. Propuesta de un sistema de logística inversa de llantas inservibles para reducir el impacto ambiental y gasto

- por consumo de combustible en el servicio de gestión ambiental de Trujillo. Tesis (Grado de Ingeniero Industrial). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2016. 169 pp. Disponible en <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11106>
- Hafez, Mohamed, HAZEM, Mahmood y ROHANI, Intan. Finite Element Modelling of Flexible Pavement. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)* [en línea], 2 (1). Enero del 2015. [Fecha de consulta: 29 de junio del 2019] Disponible en <http://www.jmest.org/wp-content/uploads/JMESTN42350341.pdf> ISSN: 3159-0040.
- Huang, Yang. Pavement Analysis and Design. 2a.ed. Estados Unidos: Pearson Prentice Hall, 2004. 785 pp.ISBN: 0-13-142473-4
- Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales en el Perú, gestión 2012. Ministerio del Ambiente. Disponible en <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20140423145035.pdf>
- Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales en el Perú, gestión 2014. Ministerio del Ambiente. Disponible en <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20140423145035.pdf>
- Informe Especial: Carreteras y vías por Catalina Corrales Mendoza [et. al.]. *CONSTRUDATA*, 168 (3). Agosto de 2013. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2019]. Disponible en https://www.construdata.com/BancoMedios/Archivos/construdata_news_carreteras_y_vias_feb_2014/construdata_news_carreteras_feb_2014.html ISSN: 0121-5663
- Kjartanson, Bruce, LOHNES, Robert y YANG, Shiping. Mechanical Properties of Shredded Tires. *Geotechnical Testing Journal* [en línea], 25 (1). Marzo de 2002. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1520/GTJ11078J> ISSN: 0149-6115
- La Torre, Antonio. Bases metodológicas de la investigación educativa. España: Experiencia, 2004. 315 pp ISBN: 978-849-32-8838-9

Leshchinsky, Dov, HORVATH, Jhon y STARK, Timothy. Geofam Applications in the Design and Construction of Highway Embankments [en línea]. Washington, DC: The National Academies Press, 2004. [Fecha de consulta: 01 de julio del 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.17226/21944> ISBN: 978-0-309-43117-0

Ley n.º 27972. Ley Orgánica de Municipalidades. Sistema Peruano de Información Jurídica. Perú. 16 de diciembre del 2016. Disponible en https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/capacita/programacion_formulacion_presupuestal2012/Anexos/ley27972.pdf

Mesa Lavista, Milena. Empleo de la modelación para el diseño de terraplenes altos de carretera. Tesis (Doctor en Ciencias Técnicas) .Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” De Las Villas, 2017. 138 pp. Disponible en <http://beduniv.reduniv.edu.cu/fetch.php?data=1659&type=pdf&id=1664&db=1>

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013. Lima: MTC, 2013. 1285 pp.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico: DG-2016. Lima: MTC, 2014. 526 pp.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima: MTC, 2012. 124 pp.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (Perú). Manual de Ensayo de Materiales EM-2016. Lima: MTC, 2016. 1269 pp.

Nuñez Gómez, Fernando Sebastián. Control de asentamientos en terraplenes construidos sobre suelo fino por medio de métodos de mejoramiento de suelos basados en vibro-sustitución. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Santiago de Chile: Universidad Andrés Bello, 2017. 90 pp. Disponible en <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/5023>

- Olivares Carmona, Daniel. Planta de reciclaje de neumáticos de caucho para la comercialización de miga de caucho. Tesis (Magister en Administración). Antofagasta, Chile: Universidad de Chile, 2016. 56 pp. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/140906>
- Pallares, Myriam y RODRÍGUEZ, Wilson. Three-dimensional modeling of pavement with dual load using finite element. *Programa de Ingeniería Civil: Universidad de la Salle* [en línea], 82 (189). Febrero de 2015. [Fecha de consulta: 29 de junio del 2019]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v82n189.41872> ISSN: 0012-7353
- Physical and Chemical Properties of Recycled Tire Shreds for Use in Construction por Gajanan Sabnis [et. al.]. *Journal of Environmental Engineering* [en línea], 129 (10). 01 de octubre de 2003. [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2019]. Disponible en [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2003\)129:10\(921\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2003)129:10(921)) ISSN: 0733-9372
- Plaxis 2D General Information [en línea]. Holanda: PLAXIS, 2019 [fecha de consulta: 5 de junio del 2019]. Disponible en <https://www.plaxis.com/support/manuals/plaxis-2d-manuals/>
- Plaxis 2D Material Models Manual [en línea]. Holanda: PLAXIS, 2019 [fecha de consulta: 20 de junio del 2019]. Disponible en <https://www.plaxis.com/support/manuals/plaxis-2d-manuals/>
- Plaxis 2D Scientific Manual [en línea]. Holanda: PLAXIS, 2019 [fecha de consulta: 5 de junio del 2019]. Disponible en <https://www.plaxis.com/support/manuals/plaxis-2d-manuals/>
- Plaxis 2D Reference Manual [en línea]. Holanda: PLAXIS, 2019 [fecha de consulta: 10 de junio del 2019]. Disponible en <https://www.plaxis.com/support/manuals/plaxis-2d-manuals/>
- Plaxis 2D Tutorial Manual [en línea]. Holanda: PLAXIS, 2019 [fecha de consulta: 30 de junio del 2019]. Disponible en <https://www.plaxis.com/support/manuals/plaxis-2d-manuals/>
- Resolución Directoral N° 095-2011-MTC/16. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Lima. 01 de julio de 2016 Disponible en http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/directivas/1_0_1734_.pdf

San Martín Valdor, Ignacio. Caracterización de neumáticos fuera de uso troceados para su reciclado en obra civil. Tesis (Grado de Ingeniero Geotécnico). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2009. 141 pp.

Disponible en <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/7524>

Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013. (diciembre, 2014). Ministerio del Ambiente. Disponible en <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>

Ventura, Escario. Terraplenes y pedraplenes: Estado Actual de la técnica. [en línea]. España: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Servicio de Publicaciones, 1981. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2018]. Disponible en https://books.google.com.pe/books/about/Terraplenes_y_pedraplenes.html?id=9GhPPQAACAAJ&redir_esc=y ISBN: 9788474331486

Vignart, Juan Martín. Problemática del neumático fuera de uso: Reciclado y posterior aplicación industrial y comercial. Tesis (Grado de Ingeniero Industrial). Argentina: Instituto Tecnológico de Buenos Aires, 2010. 115 pp. Disponible en <https://ri.itba.edu.ar/handle/123456789/519>

Zamora Beyk, Juan Pablo. Optimización de tratamientos de suelos blandos bajo terraplenes. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014. 93 pp. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5596>

Anexos

Anexo N° 1: FICHAS TÉCNICAS DE LOS ENSAYOS

Anexo N° 1-1: Ficha técnica del análisis granulométrico de A1-b

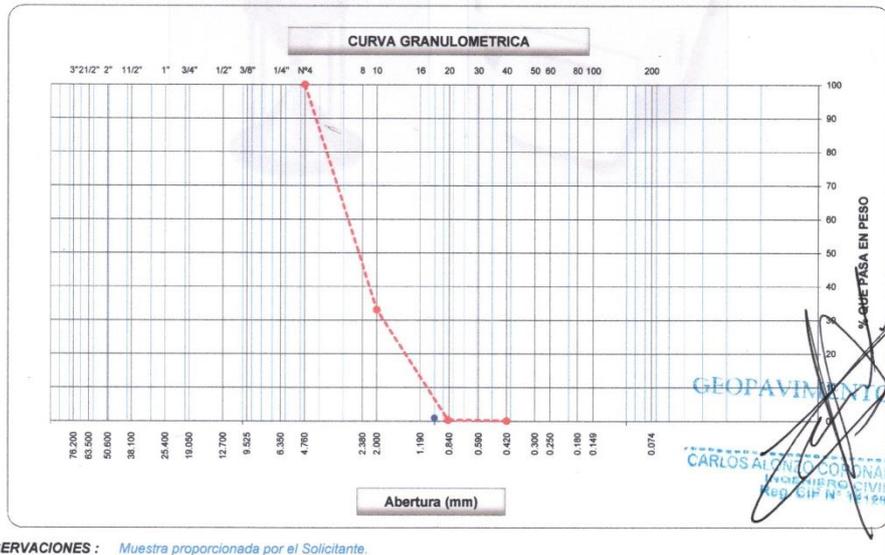
<p align="center">ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88) CERTIFICADO N° 929.GEO-2019</p>							
<p>Obra : Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados</p>							
<p>Ubicación : Lima</p>							
<p>Solicitante : Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez</p>							
<p>Muestra : (M-1) y (M-2)</p>		<p align="center">Mezcla de Afirmado (M-1) 75% + Arcilla (M-2) 25%</p>				<p>Ing. Responsable : J. Baltazar F.</p>	
<p>Material : Mezcla de Materiales</p>		<p>Profundidad : -</p>		<p>Fecha : 10/06/2019</p>		<p>Ing. Control Calidad : R. Pantigoso A.</p>	
<p>Canteras : "La Gloria" y "Huachipa"</p>		<p>Pto. de Muestreo : -</p>		<p>Lado : -</p>		<p>Jefe Laboratorio : A. Garay A.</p>	
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 2,780.0
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 536.0
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						2. Características
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo 3/4"
1"	25.400						Tamaño Maximo Nominal 1/2"
3/4"	19.000				100.0		Grava (%) 33.9
1/2"	12.700	292.5	10.5	10.5	89.5		Arena (%) 43.7
3/8"	9.520	205.9	7.4	17.9	82.1		Finos (%) 22.4
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	443.1	15.9	33.9	66.1		
N° 8	2.360						3. Clasificacion
N° 10	2.000	86.5	10.7	44.5	55.5		Limite Liquido (%) 22.14
N° 16	1.190						Limite Plastico (%) 17.94
N° 20	0.850	53.6	6.6	51.2	48.9		Indice de Plasticidad (%) 4.20
N° 30	0.600						Clasificacion SUCS SC-SM
N° 40	0.420	61.3	7.6	58.7	41.3		Clasificacion AASHTO A-1-b (0)
N° 50	0.300						
N° 60	0.250	38.0	4.7	63.4	36.6		
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	46.5	5.7	69.1	30.9		5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.074	68.5	8.5	77.6	22.4		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas
Pasante		181.6	22.4	100.0			Generales para Construccion" (EG-2000)

Análisis granulométrico A1-b

Anexo N° 1-2: Ficha técnica del análisis granulométrico del grano de caucho

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
CERTIFICADO N° 748.GEO-2019							
Obra : Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados							
Ubicación : Lima							
Solicitante : Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez							
Muestra : (M-3)		Caucho (M-3)			Ing. Responsable : J. Baltazar F.		
Material : Caucho		Profundidad : -		Fecha : 20/05/2019		Ing. Control Calidad : R. Pantigoso A.	
Cantera :		Pto. de Muestreo : -		Lado : -		Jefe Laboratorio : A. Garay A.	

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 228.9
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) 228.9
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						2. Características
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo N° 4
1"	25.400						Tamaño Máximo Nominal N° 10
3/4"	19.000						Grava (%)
1/2"	12.700						Arena (%) 100.0
3/8"	9.520						Finos (%)
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750				100.0		
N° 8	2.360						3. Clasificación
N° 10	2.000	153.1	66.9	66.9	33.1		Límite Líquido (%)
N° 16	1.190						Límite Plástico (%)
N° 20	0.850	75.0	32.8	99.7	0.3		Índice de Plasticidad (%)
N° 30	0.600						Clasificación SUCS
N° 40	0.420	0.5	0.2	99.9	0.1		Clasificación AASHTO
N° 50	0.300						
N° 60	0.250	0.3	0.1	100.0			
N° 80	0.180						
N° 100	0.150						5. Observaciones (Fuente de Normalización)
N° 200	0.074						Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2000)
Pasante							



OBSERVACIONES : Muestra proporcionada por el Solicitante.

Análisis granulométrico de caucho

Anexo N° 1-3: Límites de consistencia de A1-b

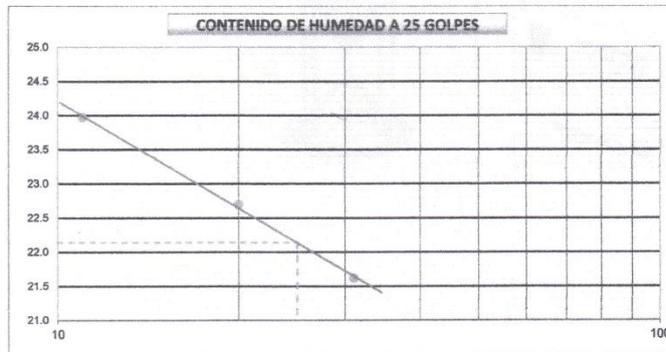
LIMITES DE CONSISTENCIA				
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)				
CERTIFICADO N° 930.GEO-2019				
Obra : Estudio Experimental de la Deformación de Terrapienes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agres				
Ubicación : Lima				
Solicitante : Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez				
Muestra : (M-1) y (M-2)	Mezcla de Afirmado (M-1) 75% + Arcilla (M-2) 25%			Ing. Responsable : J. Baltazar F.
Material : Mezcla de Materiales	Profundidad : -	Fecha : 10/06/2019	Ing. Control Calidad : R. Pentigoso A.	
Canteras : "La Gloria" y "Huachipa"	Pto. de Muestreo : -	Lado : -	Jefe Laboratorio : A. Garay A.	

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		12	13	14	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	52.98	45.88	48.21	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	46.92	39.48	42.04	
Peso de Tarro	gr.	16.47	11.28	13.50	
Peso de Agua	gr.	7.06	6.40	6.17	
Peso del Suelo Seco	gr.	29.45	28.20	28.54	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	23.97	22.70	21.62	22.14
Numero de Golpes		11	20	31	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		9	10	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	23.47	22.89	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	21.60	20.82	
Peso de Tarro	gr.	11.15	10.42	
Peso de Agua	gr.	1.87	1.87	
Peso de Suelo seco	gr.	10.45	10.40	Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	17.89	17.98	17.94



Constantes Físicas de la Muestra	
Límite Líquido	22.14
Límite Plástico	17.94
Índice de Plasticidad	4.20
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

CARLOS ALBERTO ROSARIO GÓMEZ
INGENIERO EN GEOTECNIA
REGISTRO N° 121299

Límites de consistencia A1-b

Anexo N° 1-4: Humedad natural de A1-b

CONTENIDO DE HUMEDAD			
(MTC E-108 / ASTM D-2216)			
CERTIFICADO N° 931.GEO-2019			
Obra : Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agre			
Ubicación : Lima			
Solicitante : Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez			
Muestra : (M-1) y (M-2)	Mezcla de Afirmado (M-1) 75% + Arcilla (M-2) 25%		Ing. Responsable : J. Baltazar F.
Material : Mezcla de Materiales	Profundidad : -	Fecha : 10/08/2019	Ing. Control Calidad : R. Pantigoso A.
Canteras : "La Gloria" y "Huschipa"	Pto. de Muestreo : -	Lado : -	Jefe Laboratorio : A. Garay A.

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)	128.5	
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	502.6	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	488.2	
Peso del agua contenida (gr)	14.4	
Peso de la muestra seca (gr)	359.7	
Contenido de Humedad (%)	4.0	
Contenido de Humedad Promedio (%)	4.00	

2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)		
Peso de la tara + muestra seca (gr)		
Peso del agua contenida (gr)		
Peso de la muestra seca (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
Contenido de Humedad Promedio (%)		

OBSERVACIONES : Muestra proporcionada por el Solicitante

GIOPAVIMENTOS S.R.L.

CARLOS ANTONIO GRANADO TOVERA
INGENIERO CIVIL
RUC CIP N° 121208

Contenido de humedad A1-b

Anexo N° 1-5: CBR para diseño A

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO															
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)															
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
CERTIFICADO N° 939.GEO-2019															
Obra :		Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados													
Ubicación :		Lima													
Solicitante :		Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez													
Muestra :		(M-1) y (M-2) Afirrado (M-1) 75.00% + Arcilla (M-2) 25.00%								Ing. Responsable : J. Baltazar F.					
Material :		Mezcla de Materiales		Profundidad : -		Fecha : 10/06/2019		Ing. Control Calidad : R. Pantigoso A.							
CBR :		Sin Caucho		Pto. de Muestreo : -		Lado : -		Jefe Laboratorio : A. Garay A.							
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	1			2			4								
Capas N°	5			5			5								
Golpes por capa N°	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	10379.0			9729.0			9222.0								
Peso de molde (g)	5267.0			4616.0			4518.0								
Peso del suelo húmedo (g)	5112.0			4913.0			4704.0								
Volumen del molde (cm ³)	2118.0			2130.0			2155.0								
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.414			2.307			2.183								
Tara (N°)	50			51			52								
Peso suelo húmedo + tara (g)	359.5			381.2			372.5								
Peso suelo seco + tara (g)	336.6			356.5			348.7								
Peso de tara (g)	39.2			39.7			40.2								
Peso de agua (g)	22.9			24.7			23.8								
Peso de suelo seco (g)	297.4			316.8			308.5								
Contenido de humedad (%)	7.7			7.8			7.7								
Densidad seca (g/cm ³)	2.241			2.140			2.026								
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
10/06/2019			0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
11/06/2019			0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
12/06/2019			0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		1		MOLDE N°		2		MOLDE N°		4	
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION					
mm	puig.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		13	88.7			10	81.2			8	76.3			
1.270	0.060		50	180.8			38	150.9			16	96.2			
1.905	0.075		94	290.2			69	228.0			30	131.0			
2.540	0.100	70.455	138	399.7	435	31.9	99	302.7	306	22.4	48	175.8	184.1	13.5	
3.810	0.150		223	611.2			160	454.5			83	262.9			
5.080	0.200	105.68	313	835.2	867	42.4	222	608.7	612	29.9	122	359.9	369.0	18.0	
6.350	0.250		395	1039.2			277	745.6			163	461.9			
7.620	0.300		470	1225.8			325	865.0			203	561.5			
10.160	0.400		577	1492.0			415	1089.0			276	743.1			
12.700	0.500														

OBSERVACIONES :

CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR

ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO
CIP N° 81215
Ing. de Suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

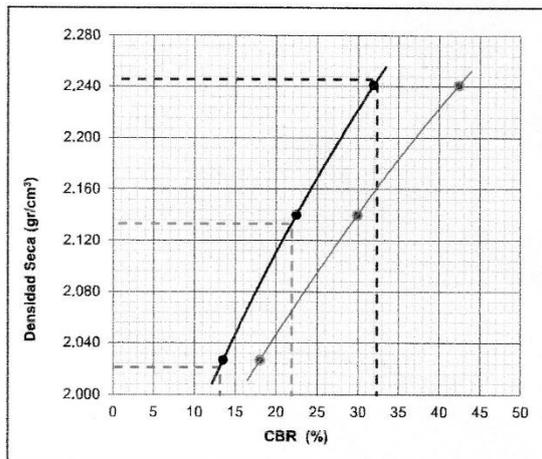
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

ANEXO AL CERTIFICADO N° 939.GEO-2019

Obra : Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados			
Ubicación : Lima			
Solicitante : Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez			
Muestra : (M-1) y (M-2)	Afirmado (M-1) 75.00% + Arcilla (M-2) 25.00%		Ing. Responsable : J. Baltazar F.
Material : Mezcla de Materiales	Profundidad : -	Fecha : 10/06/2019	Ing. Control Calidad : R. Pantigoso A.
CBR Sin Caucho	Pto. de Muestreo : -	Lado : -	Jefe Laboratorio : A. Garay A.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



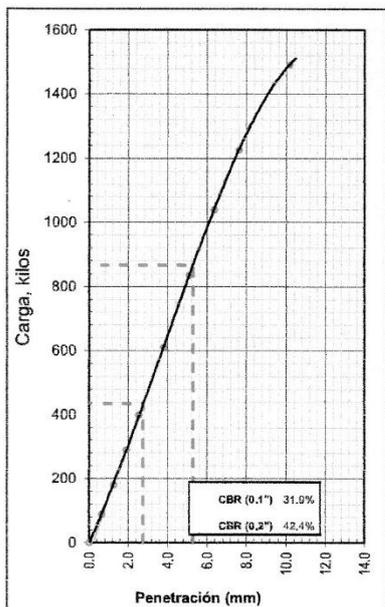
METODO DE COMPACTACION	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.246
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.1
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.133
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.021

RESULTADOS:

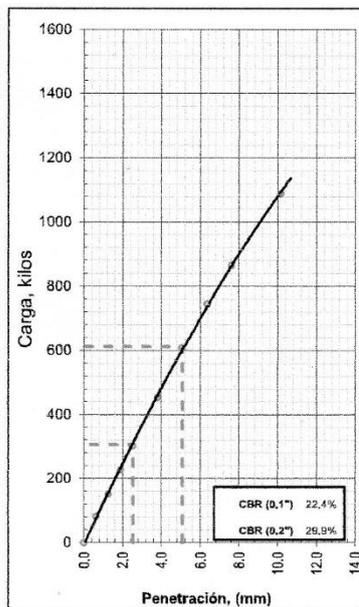
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2" = 43.0%	1" = 32.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2" = 29.2%	1" = 21.9 %
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 2" = 17.5%	1" = 13.1 %

OBSERVACIONES:

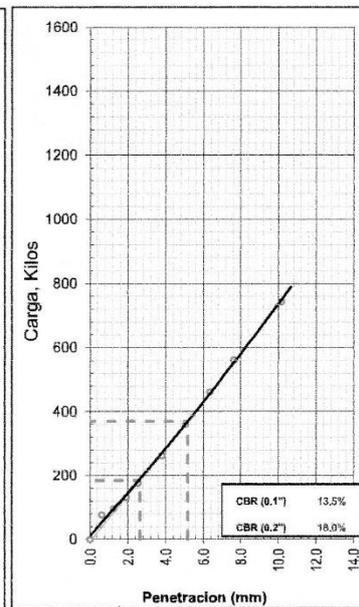
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR

ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO
CIP N° 81215
Ing. de Suelos y Pavimentos

Anexo N° 1-6: Proctor modificado para diseño A

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO									
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)									
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)									
CERTIFICADO N° 938.GEO-2019									
Obra :		Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados							
Ubicación :		Lima							
Solicitante :		Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez							
Muestra :		Afirmado (M-1) 75.00% + Arcilla (M-2) 25.00%				Ing. Responsable : J. Baltazar F.			
Material :		Profundidad :		Fecha :		Ing. Control Calidad : R. Pantigoso A.			
CBR		Pto. de Muestreo :		Lado :		Jefe Laboratorio : A. Garay A.			
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"	Volumen Molde		2140	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde		3051	gr.	N° de golpes
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde		gr.		7,668	7,868	8,212	8,144		
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.		4,617	4,817	5,161	5,093		
Peso Volumetrico Humedo		gr.		2,157	2,251	2,412	2,380		
Recipiente Numero				4	5	6	7		
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.		379.5	410.9	408.7	435.2		
Peso Suelo Seco + Tara		gr.		368.6	392.1	384.2	402.8		
Peso de la Tara		gr.		66.0	62.4	65.8	61.4		
Peso del agua		gr.		10.9	18.8	24.5	32.4		
Peso del suelo seco		gr.		302.6	329.7	318.4	341.4		
Contenido de agua		%		3.6	5.7	7.7	9.5		
Densidad Seca		gr/cc		2.082	2.130	2.239	2.174		
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca		2.25		(gr/cm3)		Humedad óptima		8.1 %	
Densidad Máxima Seca Corregida				(gr/cm3)		Humedad óptima		%	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA									
OBSERVACIONES :		Muestra proporcionada por el Solicitante. Peso Especifico Aparente de la Grava = 2.75 gr/cc							
CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO CIP N° 81215 Ing. de Suelos y Pavimentos									

Anexo N° 1-7: CBR para diseño B

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO															
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)															
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
CERTIFICADO N° 937.GEO-2019															
Obra :		Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados													
Ubicación :		Lima													
Solicitante :		Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez													
Muestra :		Afirmado (M-1) 63.75% + Arcilla (M-2) 21.25% + Caucho 15.00%								Ing. Responsable : J. Baltazar F.					
Material :		Mezcla de Materiales		Profundidad :		-		Fecha :		10/06/2019		Ing. Control Calidad : R. Pantigoso A.			
CBR N° 1		Con 15.0% de Caucho		Pto. de Muestreo :		-		Lado :		-		Jefe Laboratorio : A. Garay A.			
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	27			30			33								
Capas N°	5			5			5								
Golpes por capa N°	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8245.0				8330.0				9050.0						
Peso de molde (g)	4017.0				4294.0				5233.0						
Peso del suelo húmedo (g)	4228.0				4036.0				3817.0						
Volumen del molde (cm ³)	2100.0				2107.0				2120.0						
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.013				1.916				1.800						
Tara (N°)	20				21				22						
Peso suelo húmedo + tara (g)	521.6				526.2				621.3						
Peso suelo seco + tara (g)	492.0				496.0				585.0						
Peso de tara (g)	69.3				68.1				65.4						
Peso de agua (g)	29.6				30.2				36.3						
Peso de suelo seco (g)	422.7				427.9				519.6						
Contenido de humedad (%)	7.0				7.1				7.0						
Densidad seca (g/cm ³)	1.882				1.789				1.683						
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
10/06/2019			0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
11/06/2019			8	0.203	0.177	14	0.356	0.309	18	0.457	0.398				
12/06/2019			11	0.279	0.243	19	0.483	0.420	23	0.584	0.508				
13/06/2019			18	0.457	0.398	23	0.584	0.508	28	0.711	0.618				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N° 27				MOLDE N° 30				MOLDE N° 33			
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION			
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		5	68.8			4	66.3			3	63.8			
1.270	0.050		10	81.2			10	81.2			7	73.8			
1.905	0.075		17	98.7			17	98.7			10	81.2			
2.540	0.100	70.455	30	131.0	-	9.6	21	108.6	-	8.0	14	91.2	-	6.7	
3.810	0.150		47	173.3			43	163.3			28	126.0			
5.080	0.200	105.68	66	220.6	-	10.8	52	185.7	-	9.1	39	153.4	-	7.5	
6.350	0.250		79	252.9			71	233.0			46	170.8			
7.620	0.300		97	297.7			85	267.9			52	185.7			
10.160	0.400		127	372.4			116	345.0			64	215.6			
12.700	0.500														

OBSERVACIONES :

CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR

ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO
CIP N° 81216
Ing. de Suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

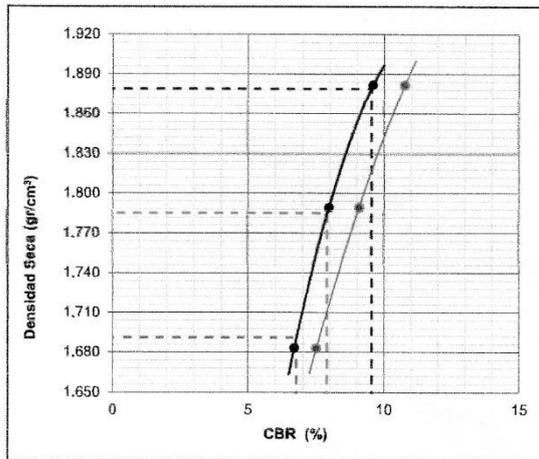
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

ANEXO AL CERTIFICADO N° 937.GEO-2019

Obra :	Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados		
Ubicación :	Lima		
Solicitante :	Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez		
Muestra :	(M-1) y (M-2)	Afirmado (M-1) 63.75% + Arcilla (M-2) 21.25% + Caucho 15.00%	Ing. Responsable : J. Baltazar F.
Materia:	Mezcla de Materiales	Profundidad : -	Fecha : 10/06/2019
CBR N° 1	Con 15.0% de Caucho	Pto. de Muestreo : -	Lado : -
			Ing. Control Calidad : R. Pantigosa A.
			Jefe Laboratorio : A. Garay A.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



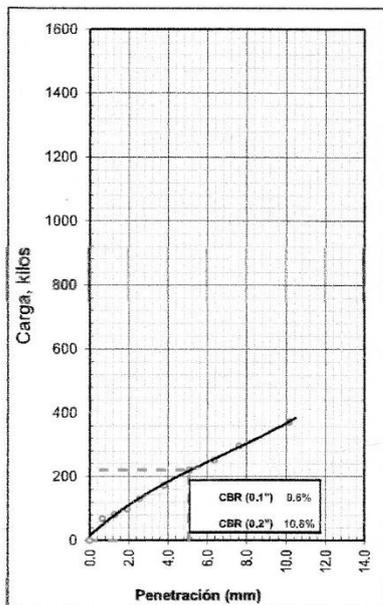
METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.879
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 7.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.785
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.691

RESULTADOS:

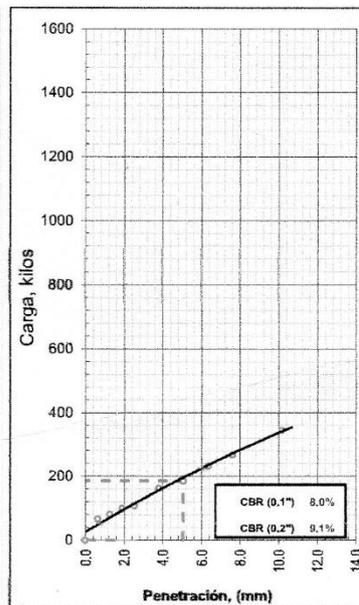
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2" =	10.7%	1" =	9.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2" =	9.0%	1" =	7.9 %
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 2" =	7.6%	1" =	6.8 %

OBSERVACIONES:

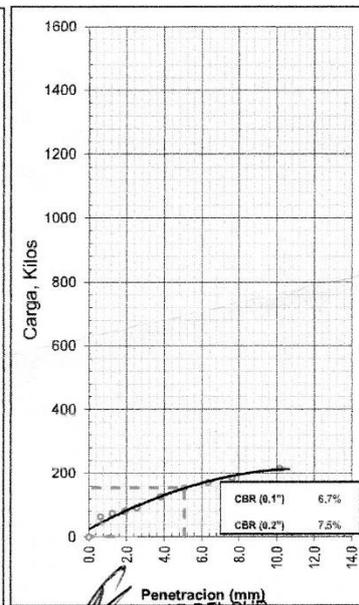
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR

ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO
CIP N° 81215
Ing. de Suelos y Pavimentos

Anexo N° 1-8: Proctor modificado para diseño B

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO										
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)										
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)										
CERTIFICADO N° 936.GEO-2019										
Obra :		Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados								
Ubicación :		Lima								
Solicitante :		Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez								
Muestra :		(M-1) y (M-2)				Afirmado (M-1) 63.75% + Arcilla (M-2) 21.25% + Caucho 15.00%		Ing. Responsable :		J. Baltazar F.
Material :		Mezcla de Materiales				Profundidad : -		Ing. Control Calidad :		R. Pantigoso A.
CBR N° 1		Con 15.0% de Caucho				Pto. de Muestreo : -		Fecha :		10/06/2019
						Lado : -		Jefe Laboratorio :		A. Garay A.
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	2140	m3.	N° de capas	5	
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3051	gr.	N° de golpes	56Glp.	
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde		gr.		6,944	7,176	7,353	7,305			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.		3,893	4,125	4,302	4,254			
Peso Volumetrico Humedo		gr.		1,819	1,928	2,010	1,988			
Recipiente Numero				35	36	37	38			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.		419.1	439.0	473.9	450.8			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.		408.8	421.7	447.3	416.1			
Peso de la Tara		gr.		65.9	68.1	67.1	38.7			
Peso del agua		gr.		10.3	17.3	26.6	34.7			
Peso del suelo seco		gr.		342.9	353.6	380.2	377.4			
Contenido de agua		%		3.0	4.9	7.0	9.2			
Densidad Seca		gr/cc		1.766	1.838	1.879	1.820			
RESULTADOS										
Densidad Máxima Seca		1.88		(gr/cm3)	Humedad óptima		7.0	%		
Densidad Máxima Seca Corregida				(gr/cm3)	Humedad óptima			%		
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA										
OBSERVACIONES :		Muestra proporcionada por el Solicitante.								
CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO CIP N° 61215 Ing. de Suelos y Pavimentos										

Anexo N° 1-9: CBR para diseño C

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO															
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)															
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASHTO T-193)															
CERTIFICADO N° 935.GEO-2019															
Obra :		Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados													
Ubicación :		Lima													
Solicitante :		Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez													
Muestra :		(M-1) y (M-2)										Ing. Responsable :		J. Baltazar F.	
Material :		Mezcla de Materiales										Ing. Control Calidad :		R. Pantigoso A.	
CBR N° 1		Con 10.0% de Caucho										Pto. de Muestreo :		-	
		Afirmado (M-1) 67.50% + Arcilla (M-2) 22.50% + Caucho 10.00%										Fecha :		10/06/2019	
												Lado :		-	
												Jefe Laboratorio :		A. Garay A.	
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	23				24				25						
Capas N°	5				5				5						
Golpes por capa N°	56				25				12						
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9575.0				9620.0				8400.0						
Peso de molde (g)	5003.0				5270.0				4326.0						
Peso del suelo húmedo (g)	4572.0				4350.0				4074.0						
Volumen del molde (cm³)	2117.0				2119.0				2104.0						
Densidad húmeda (g/cm³)	2.160				2.053				1.936						
Tara (N°)	50				51				52						
Peso suelo húmedo + tara (g)	486.5				621.3				496.3						
Peso suelo seco + tara (g)	455.9				581.5				464.9						
Peso de tara (g)	39.2				39.7				40.2						
Peso de agua (g)	30.6				39.8				31.4						
Peso de suelo seco (g)	416.7				541.8				424.7						
Contenido de humedad (%)	7.3				7.3				7.4						
Densidad seca (g/cm³)	2.012				1.912				1.803						
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
10/06/2019			0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
11/06/2019			6	0.152	0.133	8	0.203	0.177	10	0.254	0.221				
12/06/2019			10	0.254	0.221	13	0.330	0.287	15	0.381	0.331				
13/06/2019			14	0.356	0.309	18	0.457	0.398	20	0.508	0.442				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N° 23				MOLDE N° 24				MOLDE N° 25			
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION			
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		8	76.3			6	71.3			5	68.8			
1.270	0.050		16	96.2			12	86.2			9	78.8			
1.905	0.075		26	121.0			18	101.1			13	88.7			
2.540	0.100	70.455	37	148.4	-	10.9	24	116.1	-	8.5	16	96.2	-	7.0	
3.810	0.150		62	210.6			37	148.4			27	123.5			
5.080	0.200	105.68	91	282.8	-	13.8	60	205.6	-	10.0	45	168.3	-	8.2	
6.350	0.250		120	354.9			65	218.1			51	183.3			
7.620	0.300		154	439.5			79	252.9			65	218.1			
10.160	0.400		205	566.4			112	335.0			78	250.4			
12.700	0.500														

OBSERVACIONES :

CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR


ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO
 CIP N° 81215
 Ing. de Suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

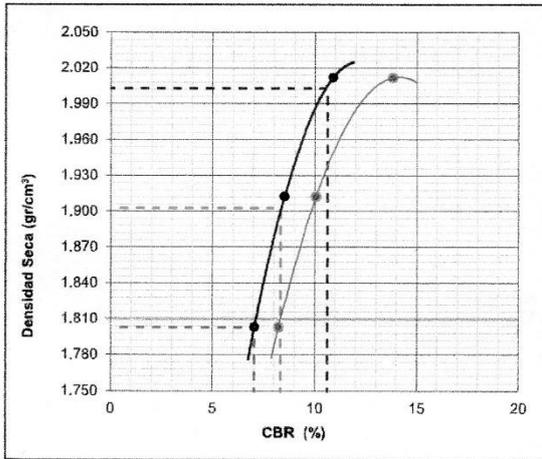
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

ANEXO AL CERTIFICADO N° 935.GEO-2019

Obra :	Estudio Experimental de la Deformación de Terrapienes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados		
Ubicación :	Lima		
Solicitante :	Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez		
Muestra :	(M-1) y (M-2)		Ing. Responsable : J. Baltazar F.
Material :	Mezcla de Materiales		Ing. Control Calidad : R. Pantigoso A.
CBR N° 1	Con 10.0% de Caucho	Pto. de Muestreo : -	Jefe Laboratorio : A. Garay A.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

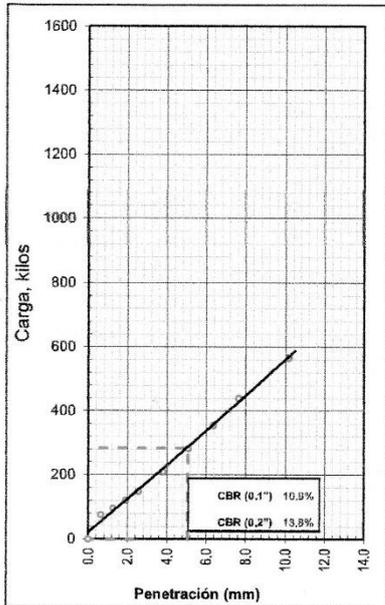


METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.003
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 7.3
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.903
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.803

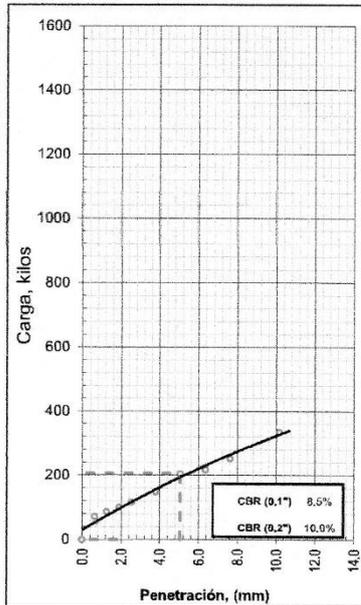
RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2" = 13.4%	1" = 10.6 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2" = 9.8%	1" = 8.3 %
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 2" = 8.2%	1" = 7.0 %

OBSERVACIONES:

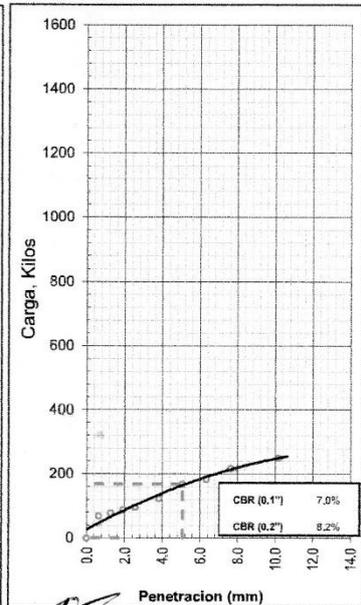
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR

ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO
CIP N° 81215
Ing. de Suelos y Pavimentos

Anexo N° 1-10: Proctor modificado para diseño C

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO												
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)												
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)												
CERTIFICADO N° 934.GEO-2019												
Obra :		Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados										
Ubicación :		Lima										
Solicitante :		Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez										
Muestra :		(M-1) y (M-2)				Afirmado (M-1) 67.50% + Arcilla (M-2) 22.50% + Caucho 10.00%		Ing. Responsable :		J. Baltazar F.		
Material :		Mezcla de Materiales				Profundidad : -		Ing. Control Calidad :		R. Pantigoso A.		
CBR N° 1		Con 10.0% de Caucho				Pto. de Muestreo : -		Jefe Laboratorio :		A. Garay A.		
Molde N° 1		Diametro Molde		4"	6"	Volumen Molde		2140	m3.	N° de capas	5	
		Metodo		A	B	C	Peso Molde		3051	gr.	N° de golpes	56Glp.
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3	4					
Peso Suelo + Molde		gr.		7,166	7,448	7,650	7,616					
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.		4,115	4,397	4,599	4,565					
Peso Volumetrico Humedo		gr.		1,923	2,055	2,149	2,133					
Recipiente Numero				2	3	4	5					
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.		456.9	446.1	451.4	478.8					
Peso Suelo Seco + Tara		gr.		446.2	427.6	425.2	443.0					
Peso de la Tara		gr.		63.7	57.2	66.0	62.4					
Peso del agua		gr.		10.7	18.5	26.2	35.8					
Peso del suelo seco		gr.		382.5	370.4	359.2	380.6					
Contenido de agua		%		2.8	5.0	7.3	9.4					
Densidad Seca		gr/cc		1.871	1.957	2.003	1.950					
RESULTADOS												
Densidad Máxima Seca				2.00		(gr/cm3)		Humedad óptima		7.3		%
Densidad Máxima Seca Corregida						(gr/cm3)		Humedad óptima				%
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA												
OBSERVACIONES :		Muestra proporcionada por el Solicitante.										
CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO CIP N° 81215 Ing. de Suelos y Pavimentos												

Anexo N° 1-11: CBR para diseño D

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO														
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)														
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASHTO T-193)														
CERTIFICADO N° 933.GEO-2019														
Obra :		Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados												
Ubicación :		Lima												
Solicitante :		Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez												
Muestra :		Afirmado (M-1) 71.25% + Arcilla (M-2) 23.75% + Caucho 5.00%								Ing. Responsable : J. Baltazar F.				
Material :		Mezcla de Materiales		Profundidad : -		Fecha : 10/06/2019		Ing. Control Calidad : R. Pantigoso A.						
CBR N° 1		Con 5.0% de Caucho		Pto. de Muestreo : -		Lado : -		Jefe Laboratorio : A. Garay A.						
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	3			28			29							
Capas N°	5			5			5							
Golpes por capa N°	56			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9085.0				8915.0				7480.0					
Peso de molde (g)	4203.0				4305.0				3458.0					
Peso del suelo húmedo (g)	4882.0				4610.0				4032.0					
Volumen del molde (cm ³)	2111.0				2100.0				1942.0					
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.313				2.195				2.076					
Tara (N°)	58				59				60					
Peso suelo húmedo + tara (g)	496.5				575.6				532.2					
Peso suelo seco + tara (g)	466.4				537.8				499.2					
Peso de tara (g)	66.7				40.3				64.1					
Peso de agua (g)	30.1				37.8				33.0					
Peso de suelo seco (g)	399.7				497.5				435.1					
Contenido de humedad (%)	7.5				7.6				7.6					
Densidad seca (g/cm ³)	2.151				2.040				1.930					
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
10/06/2019			0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
11/06/2019			5	0.127	0.110	7	0.178	0.155	9	0.229	0.199			
12/06/2019			7	0.178	0.155	10	0.254	0.221	13	0.330	0.287			
13/06/2019			10	0.254	0.221	14	0.356	0.309	15	0.381	0.331			
PENETRACION														
PENETRACION		CARGA	MOLDE N°		3		MOLDE N°		28		MOLDE N°		29	
			STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION			
mm	puig.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		8	76.3			7	73.8			6	71.3		
1.270	0.050		18	101.1			14	91.2			12	86.2		
1.905	0.075		30	131.0			19	103.6			18	101.1		
2.540	0.100	70.455	40	155.9	184	13.5	27	123.5	127	9.3	20	106.1	-	7.8
3.810	0.150		72	235.5			50	180.8			42	160.9		
5.080	0.200	105.68	114	340.0	363	17.7	78	250.4	253	12.4	62	210.6	-	10.3
6.350	0.250		140	404.7			92	285.3			80	255.4		
7.620	0.300		175	491.8			118	350.0			92	285.3		
10.160	0.400		250	678.4			162	459.4			125	367.4		
12.700	0.500													

OBSERVACIONES :

CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR

ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO
CIP N° 81215
Ing. de Suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

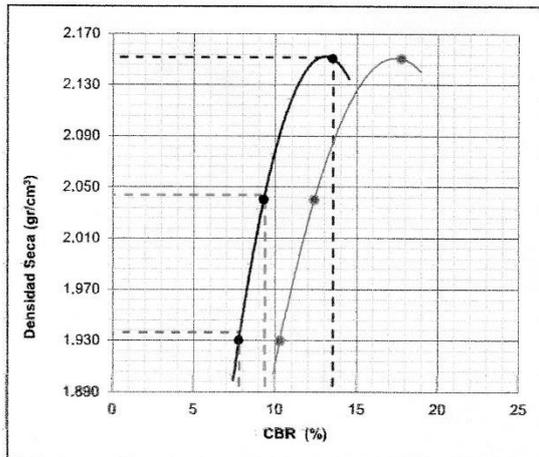
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

ANEXO AL CERTIFICADO N° 933.GEO-2019

Obra :	Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados		
Ubicación :	Lima		
Solicitante :	Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez		
Muestra :	(M-1) y (M-2)	Afirmado (M-1) 71.25% + Arcilla (M-2) 23.75% + Caucho 5.00%	Ing. Responsable : J. Baltazar F.
Material :	Mezcla de Materiales	Profundidad : -	Fecha : 10/06/2019
CBR N° 1	Con 5.0% de Caucho	Pto. de Muestreo : -	Lado : -
			Ing. Control Calidad : R. Pantigoso A.
			Jefe Laboratorio : A. Garay A.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



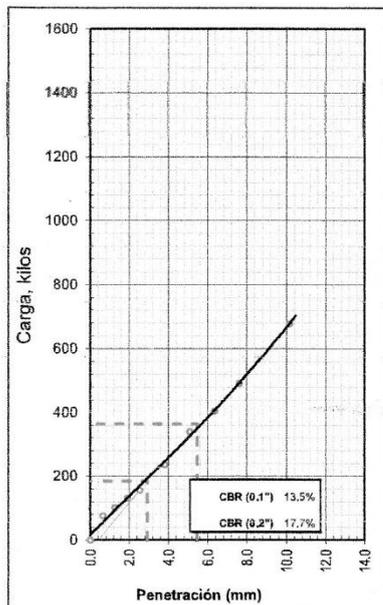
METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.152
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 7.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.044
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.937

RESULTADOS:

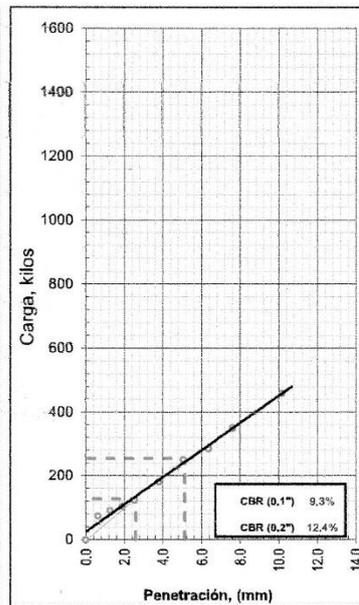
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2" =	17.8%	1" =	13.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2" =	12.5%	1" =	9.4 %
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 2" =	10.3%	1" =	7.8 %

OBSERVACIONES:

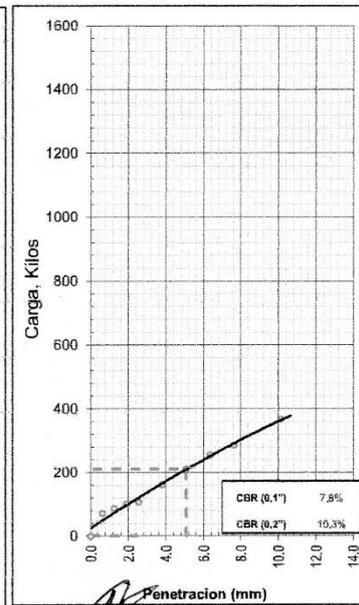
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR

ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO
 CIP N° 81215
 Ing. de Suelos y Pavimentos

Anexo N° 1-12: Proctor modificado para diseño D

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO											
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)											
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)											
CERTIFICADO N° 932.GEO-2019											
Obra :		Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho a los Agregados									
Ubicación :		Lima									
Solicitante :		Sara Alejandra Parra Arzapalo Antony Ypenza Nuñez									
Muestra :		(M-1) y (M-2)				Afirmado (M-1) 71.25% + Arcilla (M-2) 23.75% + Caucho 5.00%		Ing. Responsable :		J. Baltazar F.	
Material :		Mezcla de Materiales		Profundidad : -		Fecha : 10/06/2019		Ing. Control Calidad :		R. Pantigoso A.	
CBR N° 1		Con 5.0% de Caucho		Pto. de Muestreo : -		Lado : -		Jefe Laboratorio :		A. Garay A.	
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	2140	m3.	N° de capas	5		
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3051	gr.	N° de golpes	56Glp.		
NUMERO DE ENSAYOS				1		2		3		4	
Peso Suelo + Molde		gr.		7,605		7,810		8,001		7,938	
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.		4,554		4,759		4,950		4,887	
Peso Volumetrico Humedo		gr.		2,128		2,224		2,313		2,284	
Recipiente Numero				12		13		14		15	
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.		442.7		438.2		429.6		447.6	
Peso Suelo Seco + Tara		gr.		430.7		418.9		404.1		414.9	
Peso de la Tara		gr.		68.1		60.9		64.4		63.1	
Peso del agua		gr.		12.0		19.3		25.5		32.7	
Peso del suelo seco		gr.		362.6		358.0		339.7		351.8	
Contenido de agua		%		3.3		5.4		7.5		9.3	
Densidad Seca		gr/cc		2.060		2.110		2.152		2.089	
RESULTADOS											
Densidad Máxima Seca			2.15		(gr/cm3)		Humedad óptima		7.5		%
Densidad Máxima Seca Corregida					(gr/cm3)		Humedad óptima				%
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA											
OBSERVACIONES :		Muestra proporcionada por el Solicitante. Arena Fina (M-1) 50% + Arena Limosa Tierra de Chacra (M-2) 50%									
						CONSORCIO SUPERVISOR DEL SUR ING. WILDER ALBERTO FERNANDEZ CASTILLO CIP N° 81215 Ing. de Suelos y Pavimentos					

Anexo N° 1-13: Ensayo edométrico para diseño A

		ENSAYO EDMÉTRICO				Pag. 1 de 1	
FECHA DE ENSAYO		13/06/2019					
Proyecto:		Estudio experimental de la deformación de terraplenes viales sobre suelo rígido, incorporando granos de caucho al agregado A1-b, 2019				MUESTRA :	
CARACTERISTICAS EQUIPO				A-1-b +0%GRANO DE CAUCHO			
Diametro anillo (cm) :		15					
Área sección anillo(cm2) :		176.71					
H0 del anillo (cm) :		12					
Vol. Intr. anillo (cm3) :		2198.33					
DATOS DE LA MUESTRA							
Densidad Seca Lab. (gr/cm2) :		2.25		Peso muestra s. (gr):		4506.58	
Óptimo Contenido de Hum. (%) :		8.10		Peso húmedo (gr):		4871.61	
Densidad seca de la muestra (gr/cm2) :		2.05		Peso de agua (gr):		365.03	
Grado de Compactación (%) :		91.11%		Peso agua agregar a la muestra (gr) :		220.82	
Humedad Natural (%) :		3.2					
DATOS DEL ENSAYO							
Presión vertical (kg/cm2)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm) Asentamiento	Deformación unitaria vertical (ε) (%)	Presión vertical (kg/cm2)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm) Asentamiento	Deformación unitaria vertical (ε) (%)
0.057	0	0.0000	0.0000%	1.811	0	1.3180	1.0983%
	0.5	0.0390	0.0325%		0.5	1.9040	1.5867%
	1	0.0430	0.0358%		1	1.9280	1.6067%
	2	0.0490	0.0408%		2	1.9590	1.6325%
	4	0.0570	0.0475%		4	1.9880	1.6567%
	8	0.0680	0.0567%		8	2.0190	1.6825%
	15	0.0770	0.0642%		15	2.0420	1.7017%
0.113	0	0.0980	0.0817%	0.905	0	2.0640	1.7200%
	0.5	0.1600	0.1333%		0.5	2.0610	1.7175%
	1	0.1670	0.1392%		1	2.0610	1.7175%
	2	0.1760	0.1467%		2	2.0610	1.7175%
	4	0.1860	0.1550%		4	2.0610	1.7175%
	8	0.1980	0.1650%		8	2.0610	1.7175%
	15	0.2090	0.1742%		15	2.0610	1.7175%
0.226	0	0.2230	0.1858%	0.453	0	2.0610	1.7175%
	0.5	0.3400	0.2833%		0.5	2.0210	1.6842%
	1	0.3680	0.3067%		1	2.0210	1.6842%
	2	0.3830	0.3192%		2	2.0210	1.6842%
	4	0.3970	0.3308%		4	2.0210	1.6842%
	8	0.4130	0.3442%		8	2.0210	1.6842%
	15	0.4280	0.3567%		15	2.0210	1.6842%
0.453	0	0.4480	0.3733%	0.226	0	2.0190	1.6825%
	0.5	0.6900	0.5750%		0.5	1.9880	1.6567%
	1	0.7130	0.5942%		1	1.9880	1.6567%
	2	0.7330	0.6108%		2	1.9870	1.6558%
	4	0.7510	0.6258%		4	1.9870	1.6558%
	8	0.7700	0.6417%		8	1.9870	1.6558%
	15	0.7870	0.6558%		15	1.9870	1.6558%
0.905	0	0.8050	0.6708%	0.113	0	1.9870	1.6558%
	0.5	1.2050	1.0042%		0.5	1.9550	1.6292%
	1	1.2140	1.0117%		1	1.9530	1.6275%
	2	1.2330	1.0275%		2	1.9520	1.6267%
	4	1.2660	1.0550%		4	1.9510	1.6258%
	8	1.2750	1.0625%		8	1.9500	1.6250%
	15	1.2960	1.0800%		15	1.9450	1.6208%
0.057	0	1.3180	1.0983%	0.057	0	1.9450	1.6208%
	30	1.3180	1.0983%		15	1.9170	1.5975%

Anexo N° 1-14: Ensayo edométrico para diseño B

FECHA DE ENSAYO		13/06/2019		MUESTRA :		A-1-b +5%GRANO DE CAUCHO	
Proyecto:		Estudio experimental de la deformación de terraplenes viales sobre suelo rígido, incorporando granos de caucho al agregado A1-b, 2019					
CARACTERISTICAS EQUIPO		Diametro anillo (cm) :		15		MUESTRA :	
Área sección anillo(cm2) :		176.71					
H0 del anillo (cm) :		12					
Vol. Intr, anillo (cm3) :		2198.33					
Densidad Seca Lab. (gr/cm2) :		2.15					
Optimo Contenido de Hum, (%) :		7.50					
Densidad seca de la muestra (gr/cm2) :		1.96				Peso muestra s. (gr): 4308.73	
Grado de Compactación (%) :		91.16%				Peso humedo (gr): 4631.88	
Humedad Natural (%) :		3.2				Peso de agua (gr): 323.15	
						Peso agua agregar a la muestra (gr) : 185.28	
DATOS DE LA MUESTRA							
DATOS DEL ENSAYO							
Presión vertical (kg/cm2)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm) Asentamiento	Deformación unitaria vertical (ε) (%)	Presión vertical (kg/cm2)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm) Asentamiento	Deformación unitaria vertical (ε) (%)
0.057	0	0.0000	0.0000%	1.811	0	1.9560	1.6300%
	0.5	0.1000	0.0833%		0.5	2.7340	2.2783%
	1	0.1040	0.0867%		1	2.7690	2.3075%
	2	0.1120	0.0933%		2	2.8030	2.3358%
	4	0.1200	0.1000%		4	2.8320	2.3600%
	8	0.1270	0.1058%		8	2.8600	2.3833%
	15	0.1350	0.1125%		15	2.8830	2.4025%
0.113	30	0.1440	0.1200%	30	2.9090	2.4242%	
	0	0.1440	0.1200%	0	2.9090	2.4242%	
	0.5	0.2920	0.2433%	0.5	2.9000	2.4167%	
	1	0.3050	0.2542%	1	2.9000	2.4167%	
	2	0.3130	0.2608%	2	2.9000	2.4167%	
	4	0.3220	0.2683%	4	2.9000	2.4167%	
	8	0.3320	0.2767%	8	2.9000	2.4167%	
0.226	15	0.3400	0.2833%	15	2.9000	2.4167%	
	30	0.3490	0.2908%	30	2.9000	2.4167%	
	0	0.3490	0.2908%	0	2.9000	2.4167%	
	0.5	0.6160	0.5133%	0.5	2.8210	2.3508%	
	1	0.6360	0.5300%	1	2.8180	2.3483%	
	2	0.6530	0.5442%	2	2.8160	2.3467%	
	4	0.6610	0.5508%	4	2.8140	2.3450%	
0.453	8	0.6810	0.5675%	8	2.8130	2.3442%	
	15	0.6930	0.5775%	15	2.8120	2.3433%	
	30	0.7100	0.5917%	30	2.8070	2.3392%	
	0	0.7100	0.5917%	0	2.8070	2.3392%	
	0.5	1.1260	0.9383%	0.5	2.6850	2.2375%	
	1	1.1460	0.9550%	1	2.6790	2.2325%	
	2	1.1640	0.9700%	2	2.6730	2.2275%	
0.905	4	1.1820	0.9850%	4	2.6670	2.2225%	
	8	1.1980	0.9983%	8	2.6620	2.2183%	
	15	1.2120	1.0100%	15	2.6550	2.2125%	
	30	1.2210	1.0175%	0	2.6550	2.2125%	
	0	1.2210	1.0175%	0	2.6550	2.2125%	
	0.5	1.8220	1.5183%	0.5	2.5090	2.0908%	
	1	1.8480	1.5400%	1	2.4970	2.0808%	
0.057	2	1.8750	1.5625%	2	2.4860	2.0717%	
	4	1.8940	1.5783%	4	2.4760	2.0633%	
	8	1.9190	1.5992%	8	2.4660	2.0550%	
	15	1.9360	1.6133%	15	2.4570	2.0475%	
	30	1.9560	1.6300%	0	2.4570	2.0475%	
				15	2.2510	1.8758%	

Anexo N° 1-15: Ensayo edométrico para diseño C

		ENSAYO EDMÉTRICO				Pag. 1 de 1	
FECHA DE ENSAYO : 13/06/2019 Proyecto: Estudio experimental de la deformación de terraplenes viales sobre suelo rígido, incorporando granos de caucho al agregado A1-b, 2019 CARACTERISTICAS EQUIPO : MUESTRA : A-1-b +10%GRANO DE CAUCHO Diametro anillo (cm) : 15 Área sección anillo(cm2) : 176.71 H0 del anillo (cm) : 12 Vol. Intr. anillo (cm3) : 2198.33		DATOS DE LA MUESTRA				Peso muestra s. (gr): 4022.94 Peso humedo (gr): 4316.62 Peso de agua (gr): 293.67	
Densidad Seca Lab. (gr/cm2) : 2 Optimo Contenido de Hum. (%) : 7.30 Densidad seca dela muestra (gr/cm2) : 1.83 Grado de Compactación (%) : 91.50% Humedad Natural (%) : 3.2		DATOS DEL ENSAYO				Peso agua agregar a la muestra (gr) : 164.94	
Presión vertical (kg/cm2)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm) Asentamiento	Deformación unitaria vertical (Z) (%)	Presión vertical (kg/cm2)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm) Asentamiento	Deformación unitaria vertical (Z) (%)
0.057	0	0.0000	0.0000%	1.811	0	3.6300	3.0250%
	0.5	0.3240	0.2700%		0.5	4.7800	3.9833%
	1	0.3440	0.2867%		1	4.8310	4.0258%
	2	0.3610	0.3008%		2	4.8820	4.0683%
	4	0.3870	0.3225%		4	4.9300	4.1083%
	8	0.4070	0.3392%		8	4.9660	4.1383%
	15	0.4190	0.3492%		15	5.0050	4.1708%
0.113	0	0.4360	0.3633%	0.905	0	5.0460	4.2050%
	0.5	0.4360	0.3633%		0.5	5.0460	4.2050%
	1	0.7610	0.6342%		1	4.9940	4.1617%
	2	0.8030	0.6692%		2	4.9920	4.1600%
	4	0.8200	0.6833%		4	4.9920	4.1600%
	8	0.8400	0.7000%		8	4.9880	4.1567%
	15	0.8540	0.7117%		15	4.9880	4.1567%
0.226	0	0.8680	0.7233%	0.453	0	4.9880	4.1567%
	0.5	1.3170	1.0975%		0.5	4.8010	4.0008%
	1	1.3340	1.1117%		1	4.7940	3.9950%
	2	1.3420	1.1183%		2	4.7870	3.9892%
	4	1.3960	1.1633%		4	4.7800	3.9833%
	8	1.4320	1.1933%		8	4.7730	3.9775%
	15	1.4510	1.2092%		15	4.7700	3.9750%
0.453	0	1.4590	1.2158%	0.226	0	4.7610	3.9675%
	0.5	1.4590	1.2158%		0.5	4.7610	3.9675%
	1	2.2340	1.8617%		1	4.5690	3.8075%
	2	2.2880	1.9067%		2	4.4790	3.7325%
	4	2.3460	1.9550%		4	4.4640	3.7200%
	8	2.3900	1.9917%		8	4.4490	3.7075%
	15	2.4230	2.0192%		15	4.4350	3.6958%
0.905	0	2.4480	2.0400%	0.113	0	4.4200	3.6833%
	0.5	2.4720	2.0600%		0.5	4.4200	3.6833%
	1	2.4720	2.0600%		1	4.1230	3.4358%
	2	3.4220	2.8517%		2	4.1030	3.4192%
	4	3.4610	2.8842%		4	4.0800	3.4000%
	8	3.5010	2.9175%		8	0.0610	0.0508%
	15	3.5410	2.9508%		15	4.0390	3.3658%
0.057	0	3.5730	2.9775%	0.057	0	4.0210	3.3508%
	0.5	3.6000	3.0000%		0.5	4.0210	3.3508%
	1	3.6000	3.0000%		1	3.6520	3.0433%

Anexo N° 1-16: Ensayo edométrico para diseño D

FECHA DE ENSAYO		13/06/2019		Proyecto:		Estudio experimental de la deformación de terraplenes viales sobre suelo rígido, incorporando granos de caucho al agregado A1-b, 2019	
CARACTERISTICAS EQUIPO				MUESTRA :		A-1-b +15%GRANO DE CAUCHO	
Diametro anillo (cm) :		15					
Área sección anillo(cm2) :		176.71					
H0 del anillo (cm) :		12					
Vol. Intr. anillo (cm3) :		2198.33					
Densidad Seca Lab. (gr/cm2) :		1.88		DATOS DE LA MUESTRA			
Optimo Contenido de Hum. (%) :		7.00				Peso muestra s. (gr): 3847.08	
						Peso humedo (gr): 4116.37	
Densidad seca dela muestra (gr/cm2) :		1.75				Peso de agua (gr): 269.30	
Grado de Compactación (%) :		93.09%				Peso agua agregar a la muestra (gr) : 146.19	
Humedad Natural (%) :		3.2					
DATOS DEL ENSAYO							
Presión vertical (kg/cm2)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm) Asentamiento	Deformación unitaria vertical (ε) (%)	Presión vertical (kg/cm2)	Tiempo (min)	Lectura Dial (mm) Asentamiento	Deformación unitaria vertical (ε) (%)
0.057	0	0.0000	0.0000%	1.811	0	3.5190	2.9325%
	0.5	0.0110	0.0092%		0.5	4.9180	4.0983%
	1	0.0110	0.0092%		1	4.9600	4.1333%
	2	0.0110	0.0092%		2	5.0230	4.1858%
	4	0.0110	0.0092%		4	5.0750	4.2292%
	8	0.0110	0.0092%		8	5.1300	4.2750%
	15	0.0110	0.0092%		15	5.1760	4.3133%
0.113	30	0.0170	0.0142%	0.905	30	5.2220	4.3517%
	0	0.0170	0.0142%		0	5.2220	4.3517%
	0.5	0.1520	0.1267%		0.5	5.1260	4.2717%
	1	0.1850	0.1542%		1	5.1230	4.2692%
	2	0.1970	0.1642%		2	5.1210	4.2675%
	4	0.2040	0.1700%		4	5.1200	4.2667%
	8	0.2150	0.1792%		8	5.1160	4.2633%
0.226	15	0.2240	0.1867%	0.453	15	5.1160	4.2633%
	30	0.2400	0.2000%		30	5.1110	4.2592%
	0	0.2400	0.2000%		0	5.1110	4.2592%
	0.5	0.2400	0.2000%		0.5	4.8060	4.0050%
	1	0.8370	0.6975%		1	4.7920	3.9933%
	2	0.8400	0.7000%		2	4.7780	3.9817%
	4	0.8810	0.7342%		4	4.7660	3.9717%
0.453	8	0.9160	0.7633%	0.226	8	4.7530	3.9608%
	15	0.9420	0.7850%		15	4.7440	3.9533%
	30	0.9710	0.8092%		30	4.7300	3.9417%
	0	0.9710	0.8092%		0	4.7300	3.9417%
	0.5	1.8760	1.5633%		0.5	3.8180	3.1817%
	1	1.9070	1.5892%		1	3.8000	3.1667%
	2	1.9390	1.6158%		2	3.7550	3.1292%
0.905	4	1.9710	1.6425%	0.113	4	3.7120	3.0933%
	8	2.0360	1.6967%		8	3.6730	3.0608%
	15	2.0660	1.7217%		15	3.6440	3.0367%
	30	2.0920	1.7433%		30	3.6440	3.0367%
	0	2.0920	1.7433%		0	3.6440	3.0367%
	0.5	3.2920	2.7433%		0.5	3.5020	2.9183%
	1	3.3210	2.7675%		1	3.3040	2.7533%
0.057	2	3.3620	2.8017%	0.057	2	3.2500	2.7083%
	4	3.4050	2.8375%		4	3.2160	2.6800%
	8	3.4470	2.8725%		8	3.1810	2.6508%
	15	3.4840	2.9033%		15	3.1510	2.6258%
	30	3.5190	2.9325%		30	3.1510	2.6258%
	0				0	3.1510	2.6258%
					15	3.1170	2.5975%

Anexo N° 2: CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS

Anexo N°2-1: Tamices utilizados en el análisis granulométrico



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Página : 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 092 - 2018

Expediente : T 065-2018
Fecha de Emisión : 2018-02-06

1. Solicitante : GEOPAVIMENTOS S.R.L.

Dirección : MZA. I3 LOTE. 19 COO. UNIVERSAL 2DA ET AGUSTINO - SANTA ANITA - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 40

Diametro de Tamiz : 8 pulg.

Marca : RETSCH

Serie : NO INDICA

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE GEOPAVIMENTOS S.R.L.
05 - FEBRERO - 2018

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
RETICULA DE MEDICION	INSIZE	LLA - 017 - 2017	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,3	26,4
Humedad %	60	60

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



LABORATORIO DE METROLOGÍA
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

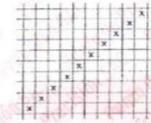
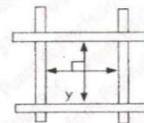
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 092 - 2018

Página : 2 de 2

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										(*)				
μm										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTÁNDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
μm										μm	μm	μm	μm	μm
426,532	425,325	426,520	426,520	426,325	426,512	425,325	424,525	426,325	425,125	425,306	425,000	0,306	25,08	1,32
425,325	424,325	423,521	423,620	427,625	424,526	428,625	424,325	426,325	424,633					
425,326	425,360	424,325	422,530	423,523	425,325	423,625	425,326	426,325	426,325					
426,125	426,325	423,125	425,321	424,513	426,325	424,521	426,325	425,325	425,325					
421,420	424,512	423,255	423,136	425,325	426,523	425,325	424,512	424,325	426,325					
424,523	423,512	425,132	425,325	423,255	425,155	426,523	426,325	426,325	424,513					
425,326	425,234	424,523	423,125	426,325	425,325	425,327	426,325	424,526	423,325					
426,523	425,410	425,325	423,625	423,125	426,325	426,315	428,625	425,625	426,325					
425,234	423,325	423,253	425,325	424,652	426,523	424,525	427,625	426,325	426,352					
425,423	425,325	424,225	426,325	425,625	427,526	426,325	423,625	424,512	424,513					
426,325	426,325	423,523	427,526	426,325	426,325	426,512	424,512	423,550	425,325					
425,432	426,355	424,524	426,515	428,523	423,322	425,325	426,325	426,325	426,326					



FIN DEL DOCUMENTO




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loyza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Anexo N° 2-2: Anillo de carga de prensa CBR



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 337 - 2018

Página : 1 de 6

Expediente : T 424-2018
Fecha de Emisión : 2018-10-12

1. Solicitante : GEOPAVIMENTOS S.R.L.

Dirección : MZA. I3 LOTE. 19 COO. UNIVERSAL 2DA ET AGUSTINO

2. Descripción del Equipo : ANILLO DE CARGA DE PRENSA CBR

Marca de Prensa : HUMBOLT

Modelo de Prensa : NO INDICA

Marca de Anillo : IMPACT

Modelo de Anillo : IMPACT 08834

Capacidad del Anillo : 6000 lbs

Marca del Dial : HIWEIGH

Modelo del Dial : 315-X8

Serie del Dial : 1002551

Procedencia : USA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE GEOPAVIMENTOS S.R.L.
11 - OCTUBRE - 2018

4. Método de Calibración
La calibración se realizó por el método de comparación del dial del anillo y la lectura de celda patrón.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,9	21,9
Humedad %	74	74


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

7. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 337 - 2018

Página : 2 de 6

TABLA N° 1

SISTEMA ANALÓGICO "A" DIVISIONES	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)			PROMEDIO "B" kgf
	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	
100	254,70	255,20	254,65	254,85
200	504,90	505,15	506,40	505,48
300	745,60	752,95	754,20	750,92
400	1 003,45	1 004,90	1 004,90	1 004,42
500	1 256,35	1 258,10	1 257,90	1 257,45
600	1 502,15	1 502,25	1 503,45	1 502,62
700	1 747,85	1 748,85	1 748,50	1 748,40

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

Coefficiente Correlación: $R^2 = 1,0000$

Ecuación de ajuste para valores en kgf : $y = 2,4882x + 7,5071$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (kgf)

Ecuación de ajuste para valores en lbf : $y = 5,4855x + 16,5504$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (lbf)



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CARTA DE CALIBRACIÓN EN kgf

Página 3 de 6

Marca de Prensa
Marca de Anillo
Capacidad del Anillo

HUMBOLT
IMPACT
6000 lbs

Marca del Dial
Modelo del Dial
Serie del Dial

HIWEIGH
315-X8
1002551

$$y = 2,4882x + 7,5071$$

Divisiones del Dial	Valores Ajustados en kgf									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	256,33	258,82	261,30	263,79	266,28	268,77	271,26	273,74	276,23	278,72
110	281,21	283,70	286,19	288,67	291,16	293,65	296,14	298,63	301,11	303,60
120	306,09	308,58	311,07	313,56	316,04	318,53	321,02	323,51	326,00	328,48
130	330,97	333,46	335,95	338,44	340,93	343,41	345,90	348,39	350,88	353,37
140	355,86	358,34	360,83	363,32	365,81	368,30	370,78	373,27	375,76	378,25
150	380,74	383,23	385,71	388,20	390,69	393,18	395,67	398,15	400,64	403,13
160	405,62	408,11	410,60	413,08	415,57	418,06	420,55	423,04	425,52	428,01
170	430,50	432,99	435,48	437,97	440,45	442,94	445,43	447,92	450,41	452,89
180	455,38	457,87	460,36	462,85	465,34	467,82	470,31	472,80	475,29	477,78
190	480,27	482,75	485,24	487,73	490,22	492,71	495,19	497,68	500,17	502,66
200	505,15	507,64	510,12	512,61	515,10	517,59	520,08	522,56	525,05	527,54
210	530,03	532,52	535,01	537,49	539,98	542,47	544,96	547,45	549,93	552,42
220	554,91	557,40	559,89	562,38	564,86	567,35	569,84	572,33	574,82	577,30
230	579,79	582,28	584,77	587,26	589,75	592,23	594,72	597,21	599,70	602,19
240	604,68	607,16	609,65	612,14	614,63	617,12	619,60	622,09	624,58	627,07
250	629,56	632,05	634,53	637,02	639,51	642,00	644,49	646,97	649,46	651,95
260	654,44	656,93	659,42	661,90	664,39	666,88	669,37	671,86	674,34	676,83
270	679,32	681,81	684,30	686,79	689,27	691,76	694,25	696,74	699,23	701,71
280	704,20	706,69	709,18	711,67	714,16	716,64	719,13	721,62	724,11	726,60
290	729,09	731,57	734,06	736,55	739,04	741,53	744,01	746,50	748,99	751,48
300	753,97	756,46	758,94	761,43	763,92	766,41	768,90	771,38	773,87	776,36
310	778,85	781,34	783,83	786,31	788,80	791,29	793,78	796,27	798,75	801,24
320	803,73	806,22	808,71	811,20	813,68	816,17	818,66	821,15	823,64	826,12
330	828,61	831,10	833,59	836,08	838,57	841,05	843,54	846,03	848,52	851,01
340	853,50	855,98	858,47	860,96	863,45	865,94	868,42	870,91	873,40	875,89
350	878,38	880,87	883,35	885,84	888,33	890,82	893,31	895,79	898,28	900,77
360	903,26	905,75	908,24	910,72	913,21	915,70	918,19	920,68	923,16	925,65
370	928,14	930,63	933,12	935,61	938,09	940,58	943,07	945,56	948,05	950,53
380	953,02	955,51	958,00	960,49	962,98	965,46	967,95	970,44	972,93	975,42
390	977,91	980,39	982,88	985,37	987,86	990,35	992,83	995,32	997,81	1 000,30
400	1 002,79	1 005,28	1 007,76	1 010,25	1 012,74	1 015,23	1 017,72	1 020,20	1 022,69	1 025,18
410	1 027,67	1 030,16	1 032,65	1 035,13	1 037,62	1 040,11	1 042,60	1 045,09	1 047,57	1 050,06
420	1 052,55	1 055,04	1 057,53	1 060,02	1 062,50	1 064,99	1 067,48	1 069,97	1 072,46	1 074,94
430	1 077,43	1 079,92	1 082,41	1 084,90	1 087,39	1 089,87	1 092,36	1 094,85	1 097,34	1 099,83
440	1 102,32	1 104,80	1 107,29	1 109,78	1 112,27	1 114,76	1 117,24	1 119,73	1 122,22	1 124,71
450	1 127,20	1 129,69	1 132,17	1 134,66	1 137,15	1 139,64	1 142,13	1 144,61	1 147,10	1 149,59
460	1 152,08	1 154,57	1 157,06	1 159,54	1 162,03	1 164,52	1 167,01	1 169,50	1 171,98	1 174,47
470	1 176,96	1 179,45	1 181,94	1 184,43	1 186,91	1 189,40	1 191,89	1 194,38	1 196,87	1 199,35
480	1 201,84	1 204,33	1 206,82	1 209,31	1 211,80	1 214,28	1 216,77	1 219,26	1 221,75	1 224,24
490	1 226,73	1 229,21	1 231,70	1 234,19	1 236,68	1 239,17	1 241,65	1 244,14	1 246,63	1 249,12
500	1 251,61	1 254,10	1 256,58	1 259,07	1 261,56	1 264,05	1 266,54	1 269,02	1 271,51	1 274,00
510	1 276,49	1 278,98	1 281,47	1 283,95	1 286,44	1 288,93	1 291,42	1 293,91	1 296,39	1 298,88



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Página 4 de 6

Punto de Precisión SAC

Divisiones del Dial	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
520	1 301,37	1 303,86	1 306,35	1 308,84	1 311,32	1 313,81	1 316,30	1 318,79	1 321,28	1 323,76
530	1 326,25	1 328,74	1 331,23	1 333,72	1 336,21	1 338,69	1 341,18	1 343,67	1 346,16	1 348,65
540	1 351,14	1 353,62	1 356,11	1 358,60	1 361,09	1 363,58	1 366,06	1 368,55	1 371,04	1 373,53
550	1 376,02	1 378,51	1 380,99	1 383,48	1 385,97	1 388,46	1 390,95	1 393,43	1 395,92	1 398,41
560	1 400,90	1 403,39	1 405,88	1 408,36	1 410,85	1 413,34	1 415,83	1 418,32	1 420,80	1 423,29
570	1 425,78	1 428,27	1 430,76	1 433,25	1 435,73	1 438,22	1 440,71	1 443,20	1 445,69	1 448,17
580	1 450,66	1 453,15	1 455,64	1 458,13	1 460,62	1 463,10	1 465,59	1 468,08	1 470,57	1 473,06
590	1 475,55	1 478,03	1 480,52	1 483,01	1 485,50	1 487,99	1 490,47	1 492,96	1 495,45	1 497,94
600	1 500,43	1 502,92	1 505,40	1 507,89	1 510,38	1 512,87	1 515,36	1 517,84	1 520,33	1 522,82
610	1 525,31	1 527,80	1 530,29	1 532,77	1 535,26	1 537,75	1 540,24	1 542,73	1 545,21	1 547,70
620	1 550,19	1 552,68	1 555,17	1 557,66	1 560,14	1 562,63	1 565,12	1 567,61	1 570,10	1 572,58
630	1 575,07	1 577,56	1 580,05	1 582,54	1 585,03	1 587,51	1 590,00	1 592,49	1 594,98	1 597,47
640	1 599,96	1 602,44	1 604,93	1 607,42	1 609,91	1 612,40	1 614,88	1 617,37	1 619,86	1 622,35
650	1 624,84	1 627,33	1 629,81	1 632,30	1 634,79	1 637,28	1 639,77	1 642,25	1 644,74	1 647,23
660	1 649,72	1 652,21	1 654,70	1 657,18	1 659,67	1 662,16	1 664,65	1 667,14	1 669,62	1 672,11
670	1 674,60	1 677,09	1 679,58	1 682,07	1 684,55	1 687,04	1 689,53	1 692,02	1 694,51	1 696,99
680	1 699,48	1 701,97	1 704,46	1 706,95	1 709,44	1 711,92	1 714,41	1 716,90	1 719,39	1 721,88
690	1 724,37	1 726,85	1 729,34	1 731,83	1 734,32	1 736,81	1 739,29	1 741,78	1 744,27	1 746,76
700	1 749,25	1 751,74	1 754,22	1 756,71	1 759,20	1 761,69	1 764,18	1 766,66	1 769,15	1 771,64
710	1 774,13	1 776,62	1 779,11	1 781,59	1 784,08	1 786,57	1 789,06	1 791,55	1 794,03	1 796,52
720	1 799,01	1 801,50	1 803,99	1 806,48	1 808,96	1 811,45	1 813,94	1 816,43	1 818,92	1 821,40
730	1 823,89	1 826,38	1 828,87	1 831,36	1 833,85	1 836,33	1 838,82	1 841,31	1 843,80	1 846,29
740	1 848,78	1 851,26	1 853,75	1 856,24	1 858,73	1 861,22	1 863,70	1 866,19	1 868,68	1 871,17
750	1 873,66	1 876,15	1 878,63	1 881,12	1 883,61	1 886,10	1 888,59	1 891,07	1 893,56	1 896,05
760	1 898,54	1 901,03	1 903,52	1 906,00	1 908,49	1 910,98	1 913,47	1 915,96	1 918,44	1 920,93
770	1 923,42	1 925,91	1 928,40	1 930,89	1 933,37	1 935,86	1 938,35	1 940,84	1 943,33	1 945,81
780	1 948,30	1 950,79	1 953,28	1 955,77	1 958,26	1 960,74	1 963,23	1 965,72	1 968,21	1 970,70
790	1 973,19	1 975,67	1 978,16	1 980,65	1 983,14	1 985,63	1 988,11	1 990,60	1 993,09	1 995,58
800	1 998,07	2 000,56	2 003,04	2 005,53	2 008,02	2 010,51	2 013,00	2 015,48	2 017,97	2 020,46
810	2 022,95	2 025,44	2 027,93	2 030,41	2 032,90	2 035,39	2 037,88	2 040,37	2 042,85	2 045,34
820	2 047,83	2 050,32	2 052,81	2 055,30	2 057,78	2 060,27	2 062,76	2 065,25	2 067,74	2 070,22
830	2 072,71	2 075,20	2 077,69	2 080,18	2 082,67	2 085,15	2 087,64	2 090,13	2 092,62	2 095,11
840	2 097,60	2 100,08	2 102,57	2 105,06	2 107,55	2 110,04	2 112,52	2 115,01	2 117,50	2 119,99
850	2 122,48	2 124,97	2 127,45	2 129,94	2 132,43	2 134,92	2 137,41	2 139,89	2 142,38	2 144,87
860	2 147,36	2 149,85	2 152,34	2 154,82	2 157,31	2 159,80	2 162,29	2 164,78	2 167,26	2 169,75
870	2 172,24	2 174,73	2 177,22	2 179,71	2 182,19	2 184,68	2 187,17	2 189,66	2 192,15	2 194,63
880	2 197,12	2 199,61	2 202,10	2 204,59	2 207,08	2 209,56	2 212,05	2 214,54	2 217,03	2 219,52
890	2 222,01	2 224,49	2 226,98	2 229,47	2 231,96	2 234,45	2 236,93	2 239,42	2 241,91	2 244,40
900	2 246,89	2 249,38	2 251,86	2 254,35	2 256,84	2 259,33	2 261,82	2 264,30	2 266,79	2 269,28
910	2 271,77	2 274,26	2 276,75	2 279,23	2 281,72	2 284,21	2 286,70	2 289,19	2 291,67	2 294,16
920	2 296,65	2 299,14	2 301,63	2 304,12	2 306,60	2 309,09	2 311,58	2 314,07	2 316,56	2 319,04
930	2 321,53	2 324,02	2 326,51	2 329,00	2 331,49	2 333,97	2 336,46	2 338,95	2 341,44	2 343,93
940	2 346,42	2 348,90	2 351,39	2 353,88	2 356,37	2 358,86	2 361,34	2 363,83	2 366,32	2 368,81
950	2 371,30	2 373,79	2 376,27	2 378,76	2 381,25	2 383,74	2 386,23	2 388,71	2 391,20	2 393,69
960	2 396,18	2 398,67	2 401,16	2 403,64	2 406,13	2 408,62	2 411,11	2 413,60	2 416,08	2 418,57
970	2 421,06	2 423,55	2 426,04	2 428,53	2 431,01	2 433,50	2 435,99	2 438,48	2 440,97	2 443,45
980	2 445,94	2 448,43	2 450,92	2 453,41	2 455,90	2 458,38	2 460,87	2 463,36	2 465,85	2 468,34
990	2 470,83	2 473,31	2 475,80	2 478,29	2 480,78	2 483,27	2 485,75	2 488,24	2 490,73	2 493,22
1000	2 495,71	2 498,20	2 500,68	2 503,17	2 505,66	2 508,15	2 510,64	2 513,12	2 515,61	2 518,10
1010	2 520,59	2 523,08	2 525,57	2 528,05	2 530,54	2 533,03	2 535,52	2 538,01	2 540,49	2 542,98
1020	2 545,47	2 547,96	2 550,45	2 552,94	2 555,42	2 557,91	2 560,40	2 562,89	2 565,38	2 567,86
1030	2 570,35	2 572,84	2 575,33	2 577,82	2 580,31	2 582,79	2 585,28	2 587,77	2 590,26	2 592,75
1040	2 595,24	2 597,72	2 600,21	2 602,70	2 605,19	2 607,68	2 610,16	2 612,65	2 615,14	2 617,63
1050	2 620,12	2 622,61	2 625,09	2 627,58	2 630,07	2 632,56	2 635,05	2 637,53	2 640,02	2 642,51
1060	2 645,00	2 647,49	2 649,98	2 652,46	2 654,95	2 657,44	2 659,93	2 662,42	2 664,90	2 667,39
1070	2 669,88	2 672,37	2 674,86	2 677,35	2 679,83	2 682,32	2 684,81	2 687,30	2 689,79	2 692,27
1080	2 694,76	2 697,25	2 699,74	2 702,23	2 704,72	2 707,20	2 709,69	2 712,18	2 714,67	2 717,16
1090	2 719,65									



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CARTA DE CALIBRACIÓN EN lbf

Página 5 de 6

Marca de Prensa	HUMBOLT	Marca del Dial	HIWEIGH
Marca de Anillo	IMPACT	Modelo del Dial	315-X8
Capacidad del Anillo	6000 lbs	Serie del Dial	1002551

$$y = 5,4855x + 16,5504$$

Divisiones del Dial	Valores Ajustados en lbf									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	565,10	570,59	576,07	581,56	587,04	592,53	598,01	603,50	608,98	614,47
110	619,96	625,44	630,93	636,41	641,90	647,38	652,87	658,35	663,84	669,32
120	674,81	680,30	685,78	691,27	696,75	702,24	707,72	713,21	718,69	724,18
130	729,67	735,15	740,64	746,12	751,61	757,09	762,58	768,06	773,55	779,03
140	784,52	790,01	795,49	800,98	806,46	811,95	817,43	822,92	828,40	833,89
150	839,38	844,86	850,35	855,83	861,32	866,80	872,29	877,77	883,26	888,74
160	894,23	899,72	905,20	910,69	916,17	921,66	927,14	932,63	938,11	943,60
170	949,09	954,57	960,06	965,54	971,03	976,51	982,00	987,48	992,97	998,45
180	1 003,94	1 009,43	1 014,91	1 020,40	1 025,88	1 031,37	1 036,85	1 042,34	1 047,82	1 053,31
190	1 058,80	1 064,28	1 069,77	1 075,25	1 080,74	1 086,22	1 091,71	1 097,19	1 102,68	1 108,16
200	1 113,65	1 119,14	1 124,62	1 130,11	1 135,59	1 141,08	1 146,56	1 152,05	1 157,53	1 163,02
210	1 168,51	1 173,99	1 179,48	1 184,96	1 190,45	1 195,93	1 201,42	1 206,90	1 212,39	1 217,87
220	1 223,36	1 228,85	1 234,33	1 239,82	1 245,30	1 250,79	1 256,27	1 261,76	1 267,24	1 272,73
230	1 278,22	1 283,70	1 289,19	1 294,67	1 300,16	1 305,64	1 311,13	1 316,61	1 322,10	1 327,58
240	1 333,07	1 338,56	1 344,04	1 349,53	1 355,01	1 360,50	1 365,98	1 371,47	1 376,95	1 382,44
250	1 387,93	1 393,41	1 398,90	1 404,38	1 409,87	1 415,35	1 420,84	1 426,32	1 431,81	1 437,29
260	1 442,78	1 448,27	1 453,75	1 459,24	1 464,72	1 470,21	1 475,69	1 481,18	1 486,66	1 492,15
270	1 497,64	1 503,12	1 508,61	1 514,09	1 519,58	1 525,06	1 530,55	1 536,03	1 541,52	1 547,00
280	1 552,49	1 557,98	1 563,46	1 568,95	1 574,43	1 579,92	1 585,40	1 590,89	1 596,37	1 601,86
290	1 607,35	1 612,83	1 618,32	1 623,80	1 629,29	1 634,77	1 640,26	1 645,74	1 651,23	1 656,71
300	1 662,20	1 667,69	1 673,17	1 678,66	1 684,14	1 689,63	1 695,11	1 700,60	1 706,08	1 711,57
310	1 717,06	1 722,54	1 728,03	1 733,51	1 739,00	1 744,48	1 749,97	1 755,45	1 760,94	1 766,42
320	1 771,91	1 777,40	1 782,88	1 788,37	1 793,85	1 799,34	1 804,82	1 810,31	1 815,79	1 821,28
330	1 826,77	1 832,25	1 837,74	1 843,22	1 848,71	1 854,19	1 859,68	1 865,16	1 870,65	1 876,13
340	1 881,62	1 887,11	1 892,59	1 898,08	1 903,56	1 909,05	1 914,53	1 920,02	1 925,50	1 930,99
350	1 936,48	1 941,96	1 947,45	1 952,93	1 958,42	1 963,90	1 969,39	1 974,87	1 980,36	1 985,84
360	1 991,33	1 996,82	2 002,30	2 007,79	2 013,27	2 018,76	2 024,24	2 029,73	2 035,21	2 040,70
370	2 046,19	2 051,67	2 057,16	2 062,64	2 068,13	2 073,61	2 079,10	2 084,58	2 090,07	2 095,55
380	2 101,04	2 106,53	2 112,01	2 117,50	2 122,98	2 128,47	2 133,95	2 139,44	2 144,92	2 150,41
390	2 155,90	2 161,38	2 166,87	2 172,35	2 177,84	2 183,32	2 188,81	2 194,29	2 199,78	2 205,26
400	2 210,75	2 216,24	2 221,72	2 227,21	2 232,69	2 238,18	2 243,66	2 249,15	2 254,63	2 260,12
410	2 265,61	2 271,09	2 276,58	2 282,06	2 287,55	2 293,03	2 298,52	2 304,00	2 309,49	2 314,97
420	2 320,46	2 325,95	2 331,43	2 336,92	2 342,40	2 347,89	2 353,37	2 358,86	2 364,34	2 369,83
430	2 375,32	2 380,80	2 386,29	2 391,77	2 397,26	2 402,74	2 408,23	2 413,71	2 419,20	2 424,68
440	2 430,17	2 435,66	2 441,14	2 446,63	2 452,11	2 457,60	2 463,08	2 468,57	2 474,05	2 479,54
450	2 485,03	2 490,51	2 496,00	2 501,48	2 506,97	2 512,45	2 517,94	2 523,42	2 528,91	2 534,39
460	2 539,88	2 545,37	2 550,85	2 556,34	2 561,82	2 567,31	2 572,79	2 578,28	2 583,76	2 589,25
470	2 594,74	2 600,22	2 605,71	2 611,19	2 616,68	2 622,16	2 627,65	2 633,13	2 638,62	2 644,10
480	2 649,59	2 655,08	2 660,56	2 666,05	2 671,53	2 677,02	2 682,50	2 687,99	2 693,47	2 698,96
490	2 704,45	2 709,93	2 715,42	2 720,90	2 726,39	2 731,87	2 737,36	2 742,84	2 748,33	2 753,81
500	2 759,30	2 764,79	2 770,27	2 775,76	2 781,24	2 786,73	2 792,21	2 797,70	2 803,18	2 808,67
510	2 814,16	2 819,64	2 825,13	2 830,61	2 836,10	2 841,58	2 847,07	2 852,55	2 858,04	2 863,52




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Página 6 de 6

Punto de Precisión SAC

Divisiones del Dial	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
520	2 869,01	2 874,50	2 879,98	2 885,47	2 890,95	2 896,44	2 901,92	2 907,41	2 912,89	2 918,38
530	2 923,87	2 929,35	2 934,84	2 940,32	2 945,81	2 951,29	2 956,78	2 962,26	2 967,75	2 973,23
540	2 978,72	2 984,21	2 989,69	2 995,18	3 000,66	3 006,15	3 011,63	3 017,12	3 022,60	3 028,09
550	3 033,58	3 039,06	3 044,55	3 050,03	3 055,52	3 061,00	3 066,49	3 071,97	3 077,46	3 082,94
560	3 088,43	3 093,92	3 099,40	3 104,89	3 110,37	3 115,86	3 121,34	3 126,83	3 132,31	3 137,80
570	3 143,29	3 148,77	3 154,26	3 159,74	3 165,23	3 170,71	3 176,20	3 181,68	3 187,17	3 192,65
580	3 198,14	3 203,63	3 209,11	3 214,60	3 220,08	3 225,57	3 231,05	3 236,54	3 242,02	3 247,51
590	3 253,00	3 258,48	3 263,97	3 269,45	3 274,94	3 280,42	3 285,91	3 291,39	3 296,88	3 302,36
600	3 307,85	3 313,34	3 318,82	3 324,31	3 329,79	3 335,28	3 340,76	3 346,25	3 351,73	3 357,22
610	3 362,71	3 368,19	3 373,68	3 379,16	3 384,65	3 390,13	3 395,62	3 401,10	3 406,59	3 412,07
620	3 417,56	3 423,05	3 428,53	3 434,02	3 439,50	3 444,99	3 450,47	3 455,96	3 461,44	3 466,93
630	3 472,42	3 477,90	3 483,39	3 488,87	3 494,36	3 499,84	3 505,33	3 510,81	3 516,30	3 521,78
640	3 527,27	3 532,76	3 538,24	3 543,73	3 549,21	3 554,70	3 560,18	3 565,67	3 571,15	3 576,64
650	3 582,13	3 587,61	3 593,10	3 598,58	3 604,07	3 609,55	3 615,04	3 620,52	3 626,01	3 631,49
660	3 636,98	3 642,47	3 647,95	3 653,44	3 658,92	3 664,41	3 669,89	3 675,38	3 680,86	3 686,35
670	3 691,84	3 697,32	3 702,81	3 708,29	3 713,78	3 719,26	3 724,75	3 730,23	3 735,72	3 741,20
680	3 746,69	3 752,18	3 757,66	3 763,15	3 768,63	3 774,12	3 779,60	3 785,09	3 790,57	3 796,06
690	3 801,55	3 807,03	3 812,52	3 818,00	3 823,49	3 828,97	3 834,46	3 839,94	3 845,43	3 850,91
700	3 856,40	3 861,89	3 867,37	3 872,86	3 878,34	3 883,83	3 889,31	3 894,80	3 900,28	3 905,77
710	3 911,26	3 916,74	3 922,23	3 927,71	3 933,20	3 938,68	3 944,17	3 949,65	3 955,14	3 960,62
720	3 966,11	3 971,60	3 977,08	3 982,57	3 988,05	3 993,54	3 999,02	4 004,51	4 009,99	4 015,48
730	4 020,97	4 026,45	4 031,94	4 037,42	4 042,91	4 048,39	4 053,88	4 059,36	4 064,85	4 070,33
740	4 075,82	4 081,31	4 086,79	4 092,28	4 097,76	4 103,25	4 108,73	4 114,22	4 119,70	4 125,19
750	4 130,68	4 136,16	4 141,65	4 147,13	4 152,62	4 158,10	4 163,59	4 169,07	4 174,56	4 180,04
760	4 185,53	4 191,02	4 196,50	4 201,99	4 207,47	4 212,96	4 218,44	4 223,93	4 229,41	4 234,90
770	4 240,39	4 245,87	4 251,36	4 256,84	4 262,33	4 267,81	4 273,30	4 278,78	4 284,27	4 289,75
780	4 295,24	4 300,73	4 306,21	4 311,70	4 317,18	4 322,67	4 328,15	4 333,64	4 339,12	4 344,61
790	4 350,10	4 355,58	4 361,07	4 366,55	4 372,04	4 377,52	4 383,01	4 388,49	4 393,98	4 399,46
800	4 404,95	4 410,44	4 415,92	4 421,41	4 426,89	4 432,38	4 437,86	4 443,35	4 448,83	4 454,32
810	4 459,81	4 465,29	4 470,78	4 476,26	4 481,75	4 487,23	4 492,72	4 498,20	4 503,69	4 509,17
820	4 514,66	4 520,15	4 525,63	4 531,12	4 536,60	4 542,09	4 547,57	4 553,06	4 558,54	4 564,03
830	4 569,52	4 575,00	4 580,49	4 585,97	4 591,46	4 596,94	4 602,43	4 607,91	4 613,40	4 618,88
840	4 624,37	4 629,86	4 635,34	4 640,83	4 646,31	4 651,80	4 657,28	4 662,77	4 668,25	4 673,74
850	4 679,23	4 684,71	4 690,20	4 695,68	4 701,17	4 706,65	4 712,14	4 717,62	4 723,11	4 728,59
860	4 734,08	4 739,57	4 745,05	4 750,54	4 756,02	4 761,51	4 766,99	4 772,48	4 777,96	4 783,45
870	4 788,94	4 794,42	4 799,91	4 805,39	4 810,88	4 816,36	4 821,85	4 827,33	4 832,82	4 838,30
880	4 843,79	4 849,28	4 854,76	4 860,25	4 865,73	4 871,22	4 876,70	4 882,19	4 887,67	4 893,16
890	4 898,65	4 904,13	4 909,62	4 915,10	4 920,59	4 926,07	4 931,56	4 937,04	4 942,53	4 948,01
900	4 953,50	4 958,99	4 964,47	4 969,96	4 975,44	4 980,93	4 986,41	4 991,90	4 997,38	5 002,87
910	5 008,36	5 013,84	5 019,33	5 024,81	5 030,30	5 035,78	5 041,27	5 046,75	5 052,24	5 057,72
920	5 063,21	5 068,70	5 074,18	5 079,67	5 085,15	5 090,64	5 096,12	5 101,61	5 107,09	5 112,58
930	5 118,07	5 123,55	5 129,04	5 134,52	5 140,01	5 145,49	5 150,98	5 156,46	5 161,95	5 167,43
940	5 172,92	5 178,41	5 183,89	5 189,38	5 194,86	5 200,35	5 205,83	5 211,32	5 216,80	5 222,29
950	5 227,78	5 233,26	5 238,75	5 244,23	5 249,72	5 255,20	5 260,69	5 266,17	5 271,66	5 277,14
960	5 282,63	5 288,12	5 293,60	5 299,09	5 304,57	5 310,06	5 315,54	5 321,03	5 326,51	5 332,00
970	5 337,49	5 342,97	5 348,46	5 353,94	5 359,43	5 364,91	5 370,40	5 375,88	5 381,37	5 386,85
980	5 392,34	5 397,83	5 403,31	5 408,80	5 414,28	5 419,77	5 425,25	5 430,74	5 436,22	5 441,71
990	5 447,20	5 452,68	5 458,17	5 463,65	5 469,14	5 474,62	5 480,11	5 485,59	5 491,08	5 496,56
1000	5 502,05	5 507,54	5 513,02	5 518,51	5 523,99	5 529,48	5 534,96	5 540,45	5 545,93	5 551,42
1010	5 556,91	5 562,39	5 567,88	5 573,36	5 578,85	5 584,33	5 589,82	5 595,30	5 600,79	5 606,27
1020	5 611,76	5 617,25	5 622,73	5 628,22	5 633,70	5 639,19	5 644,67	5 650,16	5 655,64	5 661,13
1030	5 666,62	5 672,10	5 677,59	5 683,07	5 688,56	5 694,04	5 699,53	5 705,01	5 710,50	5 715,98
1040	5 721,47	5 726,96	5 732,44	5 737,93	5 743,41	5 748,90	5 754,38	5 759,87	5 765,35	5 770,84
1050	5 776,33	5 781,81	5 787,30	5 792,78	5 798,27	5 803,75	5 809,24	5 814,72	5 820,21	5 825,69
1060	5 831,18	5 836,67	5 842,15	5 847,64	5 853,12	5 858,61	5 864,09	5 869,58	5 875,06	5 880,55
1070	5 886,04	5 891,52	5 897,01	5 902,49	5 907,98	5 913,46	5 918,95	5 924,43	5 929,92	5 935,40
1080	5 940,89	5 946,38	5 951,86	5 957,35	5 962,83	5 968,32	5 973,80	5 979,29	5 984,77	5 990,26
1090	5 995,75									

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 081 - 2018

Página : 1 de 2

Expediente : T 065-2018
Fecha de emisión : 2018-02-06

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

1. Solicitante : GEOPAVIMENTOS S.R.L.
Dirección : MZA. 13 LOTE. 19 COO. UNIVERSAL 2DA ET AGUSTINO - SANTA ANITA - LIMA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

2. Instrumento de Medición : MARTILLO PROCTOR

Capacidad : 10 lb
Marca : NO INDICA
Material : FIERRO
Color : PLATEADO

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE GEOPAVIMENTOS S.R.L.
05 - FEBRERO - 2018

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D-558 , ASTM D-698.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	L - 0756 - 2017	INACAL - DM
REGLA METÁLICA	MITUTOYO	LLA - 444 - 2016	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM-002-2018	PUNTO DE PRECISIÓN SAC

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	25,6	25,7
Humedad %	61	61

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.



[Handwritten Signature]
Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loyza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 081 - 2018

Página : 2 de 2

Resultados de Verificación

MEDICIONES	ALTURA DE CAIDA (mm)	PESO (g)	DIÁMETRO DE CARA DE IMPACTO (mm)
1	456	4535,6	50,76
2	458	4535,6	50,82
3	456	4535,6	50,83
4	457	4535,6	50,74
5	458	4535,6	50,75
6	456	4535,6	50,76
PROMEDIO	456,8	4535,6	50,78
ESTANDAR	457,2	4540	50,80
TOLERANCIA ±	1,6 mm	10 g	0,13 mm
ERROR	-0,4 mm	-4 g	-0,02 mm

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Anexo N° 2-4: Molde Proctor 6"



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 082 - 2018

Página : 1 de 2

Expediente : T 065-2018
Fecha de emisión : 2018-02-06

1. Solicitante : GEOPAVIMENTOS S.R.L.

Dirección : MZA. 13 LOTE. 19 COO. UNIVERSAL 2DA ET
 AGUSTINO - SANTA ANITA - LIMA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : MOLDE PROCTOR 6"

Marca : NO INDICA

Material : FIERRO

Color : CELESTE

Código de Identificación : 3

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

3. Lugar y fecha de Calibración
 LABORATORIO DE GEOPAVIMENTOS S.R.L.
 05 - FEBRERO - 2018

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

4. Método de Calibración
 Por Comparación, tomando como referencia la Norma MTC E 115 y ASTM D - 1557.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	L - 0756 - 2017	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	25,7	25,7
Humedad %	61	61

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.



Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

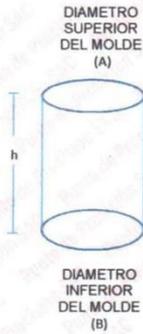


Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LL - 082 - 2018

Página : 2 de 2



DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES

N° DE MEDICIONES	DIAMETRO INTERIOR SUPERIOR	DIAMETRO INTERIOR INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,92	152,26	116,36
2	153,65	152,46	116,25
3	152,46	153,65	116,36
4	152,89	153,96	116,42
5	152,32	152,96	116,36
6	153,46	152,85	116,21
PROMEDIO (mm)	152,95	153,02	116,33
ESTANDAR (mm)	152,40	152,40	116,40
TOLERANCIAS mm (±)	0,66	0,66	0,46
ERROR (mm)	0,55	0,62	-0,07
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	2138 cm ³		

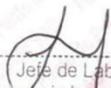
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR MÉTODO DEL AGUA

PESO DEL AGUA (g)	2140,0
TEMPERATURA DEL AGUA	24
DENSIDAD DEL AGUA kg/m ³	997,38
VOLUMEN DETERMINADO POR MÉTODO DEL AGUA	2146 cm ³

COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE MÉTODOS	-0,3 %
EXIGENCIA < 0,5 %	

FIN DEL DOCUMENTO




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo N° 2-5: Corte Directo

PINZUAR LTDA. SUCURSAL DEL PERÚ
 peru.laboratorio@pinzuar.com.co
 Telf. 5621263
 Certificado: F-147
 Fecha: 2019-06-13
 Firma:

PINZUAR LTDA
 LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración - Laboratorio de Metrología de Fuerza
Calibration Certificate - Force Metrology Laboratory

F - 147
Page / Pág 1 de 4

Equipo <small>Instrument</small>	EQUIPO AUTOMÁTICO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO - 2500 N	Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados corresponden al ítem realacionado en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.
Fabricante <small>Manufacturer</small>	PINZUAR LTDA	Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El usuario es responsable de la calibración de los intrumentos en apropiados intervalos <i>The results issued in this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. These results only relate to the item mentioned on page number one. The laboratory that issues it is not responsible for the damages that may result from the improper use of the instruments and/or the information provided by the costumer.</i>
Modelo <small>Model</small>	PS-107 -D	
Número de Serie <small>Serial Number</small>	172 -	This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). <i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i>
Identificación Interna <small>Internal Identification</small>	NO INDICA -	
Intervalo de Medición <small>Measurement Range</small>	Del 10 % al 100 %	
Solicitante <small>Customer</small>	SLC INGENIEROS S.A.C.	
Dirección <small>Address</small>	AV. VELASCO ASTETE NRO. 216 DPTO. 2 URB. MARISCAL CASTILLA (ALTURA PUERTA 2 DEL PENTAGONITO) LIMA - LIMA - SAN BORJA	
Ciudad <small>City</small>	LIMA	
Fecha de Recepción <small>Date of Receipt</small>	2019 - 06 - 13	
Fecha de Calibración <small>Date of calibration</small>	2019 - 06 - 13	
Fecha de Emisión <small>Date of issue</small>	2019 - 06 - 13	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <small>Number of pages of the certificate and documents attached</small>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas Autorizadas
Authorized signatures

Henry León Masgo
Metrología Laboratorio de Metrología

Jhon Quinte Huiza.
Técnico de Calibración

LM-PC-05-F-01 Rev. 9.0

Calle Ricardo Palma N° 998 Urbanización San Joaquín Bellavista - Callao.
 Teléfonos 51(1) 5621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co
 WWW.PINZUAR.COM.CO



DATOS TÉCNICOS

Tipo de equipo:	EQUIPO AUTOMÁTICO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO		
Capacidad:	2500 N	Dirección de carga:	COMPRESIÓN
Documento de Referencia:	NTC-ISO 7500-1 (2007-07-25)		
Ubicación:	NO INDICA		

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración del instrumento fue efectuada según las disposiciones de NTC-ISO 7500-1 (2007-07-25), bajo el método de Comparación Directa, Fuerza Real Utilizando Pesas. Y en cumplimiento con lo dispuesto en la Revisión 14 del Procedimiento Interno LM-PC-05.

PATRONES EMPLEADOS DURANTE LA CALIBRACIÓN

Equipo	CELDA DE CARGA 5 kN	---	---	TERMO - HIGRÓMETRO	BARÓMETRO
Fabricante	AEP	---	---		
Tipo / Modelo	TRANSDUCERS TSTM - MP6A	---	---		
Serie	basic	---	---		
Serie	801623 / 6075	---	---		
Código Interno	017402	---	---		
Intervalo de Medición	5,0000 kN	---	---		
Clase	1	---	---		
Certificado	2003	---	---	MET-LT-CC 22108 / MET-LH-CC 11489	CERT-17-EMP-1294-2987
Organismo Cert.	INM	---	---	METROLABOR	CDT de GAS
Fecha de Validez	2018-10-05	---	---	2019-11-02	2018-09-21
Incertidumbre	0,161	---	---		
CMC	0,53 % ***	---	---	No Aplica	No Aplica

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Posición del Patrón			0 °	120 °	120 °	240 °	0 °
INDICACIÓN			Serie 1	Serie 2	Serie 2'	Serie 3	Serie 4
Mq.	Pl.	x	Ascendente	Ascendente	Descendente	Ascendente	Acc. Ascendente
%	N	N	N	N	N	N	N
10	250	0 000,0	243,80	244,20	---	243,50	---
20	500	0 000,0	496,80	496,70	---	497,30	---
30	750	0 000,0	747,60	748,20	---	747,80	---
40	1000	0 000,0	996,20	997,50	---	996,70	---
50	1250	0 000,0	1 245,8	1 247,7	---	1 246,5	---
60	1500	0 000,0	1 494,6	1 496,2	---	1 495,8	---
70	1750	0 000,0	1 745,4	1 748,4	---	1 746,5	---
80	2000	0 000,0	1 994,8	1 996,7	---	1 995,3	---
90	2250	0 000,0	2 246,2	2 248,2	---	2 247,3	---
100	2500	0 000,0	2 497,5	2 496,9	---	2 497,4	---
Indicación después de la carga			0,000	0,000	---	0,000	---

Nota: *** Porcentaje de la lectura
LM - PC - 05 - F - 01 Rev. 9.0



TABLA DE ERRORES DE LA CALIBRACIÓN

Capacidad:		2 500,0		N		División de Escala								1		N	
Porcentaje de Carga	Promedio de las Lecturas	Equivalente	CÁLCULO DE ERRORES												Incertidumbre U		
			Exactitud (q)		Repetibilidad (b)		Resolución Relativa (a)		Reversibilidad (v)		Accesorios (Acc)						
%	N	N	N	%	N	%	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
10	243,833	0 000,0	-6,2	-2,53	0,7	0,28	---	-	-	-	-	-	-	1,3	0,53		
20	496,933	0 000,0	-3,1	-0,62	0,6	0,12	---	-	-	-	-	-	-	2,6	0,53		
30	747,867	0 000,0	-2,1	-0,29	0,6	0,08	---	-	-	-	-	-	-	4,0	0,53		
40	996,800	0 000,0	-3,2	-0,32	1,3	0,13	---	-	-	-	-	-	-	5,3	0,53		
50	1 246,67	0 000,0	-3,3	-0,27	1,9	0,15	---	-	-	-	-	-	-	6,6	0,53		
60	1 495,53	0 000,0	-4,5	-0,30	1,6	0,11	---	-	-	-	-	-	-	7,9	0,53		
70	1 746,77	0 000,0	-3,2	-0,19	3,0	0,17	---	-	-	-	-	-	-	9,3	0,53		
80	1 995,60	0 000,0	-4	-0,22	2	0,10	---	-	-	-	-	-	-	11	0,53		
90	2 247,23	0 000,0	-3	-0,12	2	0,09	---	-	-	-	-	-	-	12	0,53		
100	2 497,27	0 000,0	-3	-0,11	1	0,02	---	-	-	-	-	-	-	13	0,53		
ERROR RELATIVO DE CERO			0,000		0,000		---		0,000		---						

ERRORES RELATIVOS ABSOLUTOS MÁXIMOS OBTENIDOS DE LA CALIBRACIÓN						
EXACTITUD q (%)	REPETIBILIDAD b (%)	RESOLUCIÓN RELATIVA a (%)	ERROR DE CERO fe (%)	ACCESORIOS (%)	REVERSIBILIDAD v (%)	
2,53	0,28	---	0,000	---	---	---

RELACION DE LOS ERRORES OBTENIDOS DE LA CALIBRACIÓN



Figura 1. Relación de los errores de Exactitud (q) y de Repetibilidad (b) respecto a la carga aplicada en la calibración.

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN

Temperatura mínima:	20,1 °C	Temperatura máxima:	20,5 °C
Humedad relativa mínima:	64,2 % HR	Humedad relativa máxima:	65,1 % HR

LM - PC - 05 - F - 01 Rev. 9.0





INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición esta dada en la tabla resultado de la calibración pagina No 3. La incertidumbre de medición fue calculada utilizando un factor de cobertura $k=0$. Para un nivel de confianza aproximado del 95,45% para una distribución "t-student" y fue estimada con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma NTC-ISO 7500-1:2007.

CLASE DE LA ESCALA DE LA MÁQUINA	EXACTITUD (q)	REPETIBILIDAD (b)	REVERSIBILIDAD (v)	CERO (fo)	RESOLUCIÓN RELATIVA (a)
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1,0	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2,0	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3,0	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



OBSERVACIONES

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento y apta para su calibración.
2. En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. (NTC-ISO 7 500-1)
3. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7500-1 de 2007, numeral 6.4.2, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C y 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición.
4. Con el presente certificado de calibración se adjunta la estampilla de calibración No. **F - 147**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 Rev. 9.0



Anexo N° 2-6: Comparador de caratula

COPIA

PINZUAR LTDA. SUCURSAL DEL PERÚ
 peru.labmetrologia@pinzuar.com.co
 Telf. 5621263
CALIBRADO
 Certificado: L-142
 Fecha: 2019-06-10
 Firma: [Firma]

Certificado de Calibración - Laboratorio de Metrología Dimensional

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

L - 142

Page / Pág 1 de 3

Equipo <i>Instrument</i>	COMPARADOR DE CARÁTULA	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the costumer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	MITUTOYO	
Modelo <i>Model</i>	ID-S112MX	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	12198511	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	NO INDICA	
Intervalo de Medición <i>Measurement Range</i>	0 mm a 12,7 mm	
Solicitante <i>Customer</i>	SLC INGENIEROS S.A.C.	
Dirección <i>Address</i>	AV. VELASCO ASTETE NRO. 216 DPTO. 2 URB. MARISCAL CASTILLA (ALTURA PUERTA 2 DEL PENTAGONITO) LIMA - LIMA - SAN BORJA	
Ciudad <i>City</i>	LIMA	
Fecha de Calibración <i>Date of Calibration</i>	2019 - 06 - 10	
Fecha de Emisión <i>Date of Issue</i>	2019 - 06 - 10	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>		03

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
 Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas Autorizadas
Authorized signatureS

HENRY JULIO LEÓN MASGO
 Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-28-F-01 Rev. 3.0

Calle Ricardo Palma N° 998 Urbanización San Joaquín Bellavista - Callao.
 Teléfonos 51(1) 5621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co

WWW.PINZUAR.COM.CO

DATOS TÉCNICOS

Tipo de Indicación	Digital
Método Empleado	Comparación Directa
Intervalo Calibrado	0 mm a 12,7 mm
Resolución	0,001 mm
Patrón de referencia	Banco Calibrador Comparadores de Carátula
Número de Certificado	2826 del Instituto Nacional de Metrología
Documento de Referencia	DI - 010 del Centro Español de Metrología, Edición Digital 1

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

El equipo se inspeccionó y se encontró en buen estado. A continuación se realizó el montaje ajustando el equipo en la indicación de cero y se procedió con la toma de datos. Los resultados de la calibración se encuentran en la siguiente tabla.

Valor Nominal mm	Lectura Ascendente mm	Lectura Descendente mm	Error Ascendente μm	Error Descendente μm	Incertidumbre Expandida $\pm \mu\text{m}$	k, con una probabilidad del 95,45 %
0,64	0,64 03	0,64 08	-0,3	0,8	1,7	2,00
1,27	1,27 02	1,27 07	-0,2	-0,7	1,7	2,00
2,54	2,54 06	2,54 06	-0,6	-0,6	1,7	2,00
3,81	3,81 03	3,81 13	-0,3	-1,3	1,7	2,00
5,08	5,08 11	5,08 16	-1,1	-1,6	1,7	2,00
6,35	6,35 19	6,35 19	-1,9	-1,9	1,7	2,00
7,62	7,62 19	7,62 19	-1,9	-1,9	1,7	2,00
8,89	8,89 18	8,89 18	-1,8	-1,8	1,7	2,00
10,16	10,16 18	10,16 18	-1,8	-1,8	1,7	2,00
11,43	11,43 18	11,43 18	-1,8	-1,8	1,7	2,00
12,70	12,70 19	12,70 19	-1,9	-1,9	1,7	2,00

Tabla 1. Resultados de la calibración

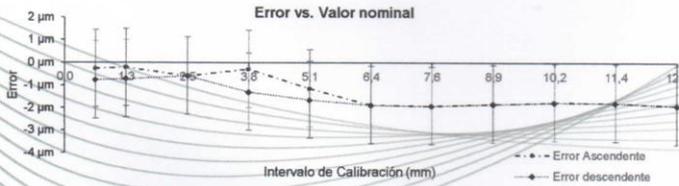


Figura 1. Gráfico de error vs. valor nominal.

A partir de los datos se pueden calcular los errores presentes en la tabla dos

Error Máximo Ascendente ⁽¹⁾	Error Máximo Descendente ⁽²⁾	Error de Histéresis ⁽³⁾
-0,0019 mm	-0,0019 mm	0,0010 mm

Tabla 2. Errores calculados

⁽¹⁾ Diferencia máxima entre la lectura del comparador y la lectura del patrón cuando se presiona el brazo móvil.

⁽²⁾ Diferencia máxima entre la lectura del comparador y la lectura del patrón cuando se libera el brazo móvil.

⁽³⁾ Error de histéresis máximo y absoluto encontrado en la calibración.





L - 142

Page / Pág. 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se llevó a cabo en en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda., las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	20,4 °C	Humedad Máxima:	62 %
Temperatura Mínima:	20,2 °C	Humedad Mínima:	62 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM-1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la estampilla de calibración No. **L - 142**

Fin de Certificado

LM-PC-26-F-01 Rev. 3.0



Calle Ricardo Palma Nº 998 Urbanización San Joaquín Bellavista - Callao.
Teléfonos 51(1) 5621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co

WWW.PINZUAR.COM.CO

Anexo N° 2-7: Juego de pesas de 1, 2, 4, 16 kg

COPIA

PINZUAR LTDA, SUCURSAL DEL PERÚ
peru.laboratorio@pinzuar.com.co
Telf. 5621263
CALIBRADO
Certificado : M-147
Fecha : 2019-06-10
Firma : [Firma]



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

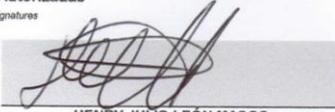
M - 147

Page / Pág 1 de 3

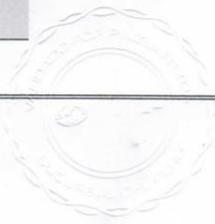
Equipo <i>Instrument</i>	PESA NO NORMALIZADA	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
Modelo <i>Model</i>	NO INDICA	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	NO INDICA	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	NO INDICA	
Intervalo Calibrado <i>Calibrated Range</i>	1 kg - 16 kg	
Solicitante <i>Customer</i>	SLC INGENIEROS S.A.C.	
Dirección <i>Address</i>	AV. VELASCO ASTETE NRO. 216 DPTO. 2 URB. MARISCAL CASTILLA (ALTURA PUERTA 2 DEL PENTAGONITO) LIMA - LIMA - SAN BORJA	
Ciudad <i>City</i>	LIMA	
Fecha de Recepción <i>Date of Receipt</i>	2019 - 06 - 06	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2019 - 06 - 10	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2019 - 06 - 10	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas Autorizadas
Authorized signatures



HENRY JULIO LEÓN MASGO
Metrologo Laboratorio de Metrología



LM-PC-06-F-01 Rev. 7.0

Calle Ricardo Palma N° 998 Urbanización San Joaquín Bellavista - Callao.
Teléfonos 51(1) 5621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co

WWW.PINZUAR.COM.CO

M - 147

Página / Pág. 2 de 3

DATOS TÉCNICOS

Lugar de Calibración	Laboratorio de Metrología PINZUAR Ltda. (Masa)
Método Empleado	Comparación directa, utilizando el esquema de pesaje ABBA.
Número de Serie	NO INDICA
Identificación Interna	NO INDICA
Clase de Exactitud	NO INDICA
Número de Pesas	8
Almacenamiento	NO INDICA
Instrumentos de Referencia	Pesas Cilíndricas F1
Certificado No.	M-1917 Unión Metroológica / M-5717 Pinzuar Ltda.
Documento de Referencia	NTC 1848:2007
Procedimiento Interno	

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

El valor de la masa convencional de cada pesa fue determinado por el método de comparación con pesas patrón, usando el esquema de doble sustitución de pesas, método ABBA. El error máximo permisible de la(s) pesa(s) calibrada(s) se establece de acuerdo a su clase de exactitud. La tabla 1 presenta la masa convencional encontrada.

1. TABLA DE RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Valor Nominal	Identificación / Marca	Masa Convencional	Material	Densidad	Error Máximo	Incertidumbre Expandida
1 kg	NO INDICA	1 kg + 0,56 g	Hierro Fundido (gris)	7 100 kg/m ³	500 mg	0,17 g
1 kg	NO INDICA	1 kg + 0,08 g	Hierro Fundido (gris)	7 100 kg/m ³	500 mg	0,17 g
1 kg	NO INDICA	1 kg + 0,39 g	Hierro Fundido (gris)	7 100 kg/m ³	500 mg	0,17 g
1 kg	NO INDICA	1 kg + 1,99 g	Hierro Fundido (gris)	7 100 kg/m ³	500 mg	0,17 g
4 kg	NO INDICA	4 kg + 1,61 g	Hierro Fundido (gris)	7 100 kg/m ³	2500 mg	0,83 g
4 kg	NO INDICA	4 kg + 0,60 g	Hierro Fundido (gris)	7 100 kg/m ³	2500 mg	0,83 g
4 kg	NO INDICA	4 kg + 0,60 g	Hierro Fundido (gris)	7 100 kg/m ³	2500 mg	0,83 g
16 kg	NO INDICA	16 kg - 2,1 g	Hierro Fundido (gris)	7 100 kg/m ³	10000 mg	3,33 g

LM-PC-06-F-01 Rev. 7.0



Calle Ricardo Palma Nº 998 Urbanización San Joaquín Bellavista - Callao.
Teléfonos 51(1) 5621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co

WWW.PINZUAR.COM.CO

Anexo N°3: DISEÑO DE EQUIPO EDOMÉTRICO

Anexo N° 3-1: Memoria de cálculo de la celda de equipo edométrico

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA PLACA DE SOPORTE DE CARGA

Considerando para la placa de soporte de carga las siguientes características:

Material: Cobre

Módulo de Young: 10.8×10^{10} N/m²

En la figura 1, se muestra la placa de soporte de carga, diseñada con un diámetro interior de 150mm y sometida a una carga puntual de 500Kgf.

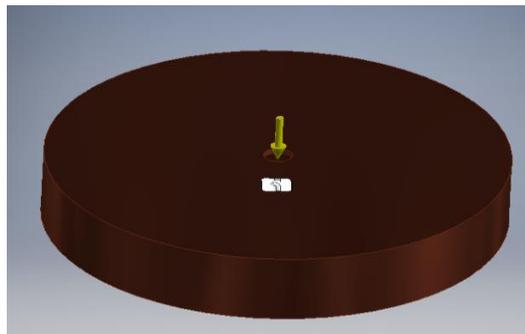


Figura 1. Placa de soporte de carga

Deformación

Para el diseño de la placa de soporte, se toma una carga y/o fuerza puntual de 500kgf, se elige este valor de diseño, puesto que, durante los ensayos de laboratorio edométrico, estará sometido a una carga gradual que irá incrementando por cada intervalo de tiempo. Siendo estos 10, 20, 40, 80, 160, 320, 500 kgf.

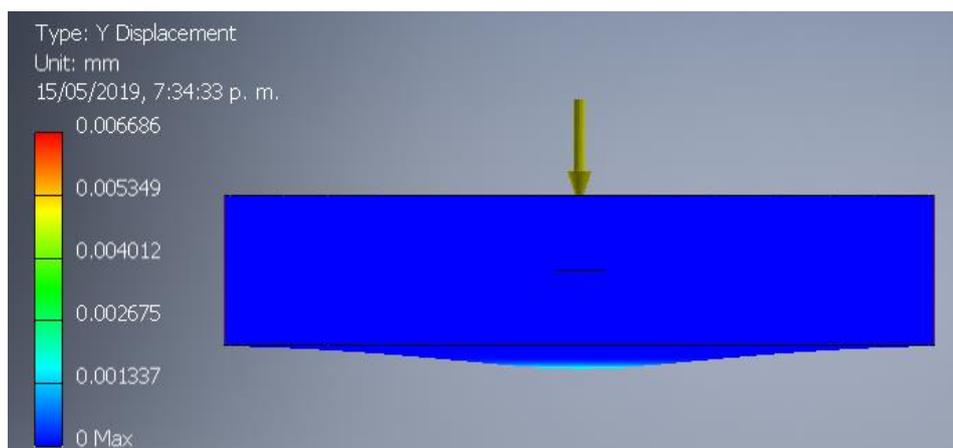


Figura 2. Gráfico de desplazamiento en Y

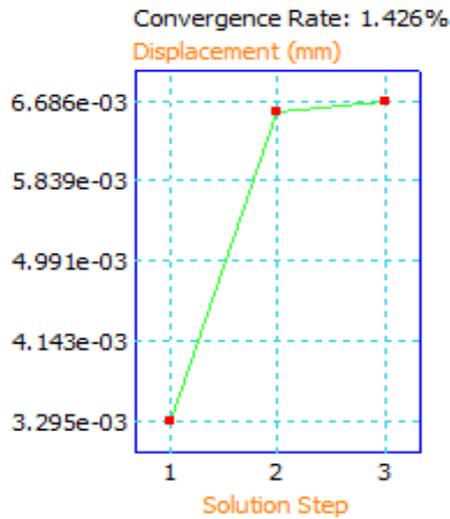


Figura 3. Tabla de desplazamiento en Y

Mediante la relación de convergencia (Figura 3), se observa que se tiene un asentamiento máximo de $63686e-3\text{mm}$ del mismo modo un asentamiento mínimo de $3.295 e-0$.

En cuanto a la deformación, lo que se requiere, es que sea mínima, para que durante el ensayo no se genere asentamientos críticos, de modo que se consiguió una deformación máxima de 0.006686mm , por la aplicación de la fuerza puntual de 500kg .

En base a los resultados obtenidos, se diseña el edómetro cuyo espesor es 30mm , espesor, que está dado en base al modelamiento realizado, así como también a las características del material encontrado en el mercado.



Figura 4. Placa de soporte de carga

RESULTADO DEL MODELAMIENTO DEL ANILLO EDMÉTICO

Para el anillo de consolidación, se considera una presión centrífuga de 8kg/cm^2 , la cual está distribuida en todas las paredes en su interior respectivamente.

Para el ensayo edométrico y/o consolidación, se realiza bajo condiciones como su nombre mismo lo dice, consolidado, es decir, que no exista deformaciones horizontales, y solo durante en el ensayo, se genere y registre en la muestra de diseño, un asentamiento en y'(vertical). De modo que, el diseño del anillo de consolidación se diseña teniendo en cuenta dicho parámetro, de que en las paredes se registre una deformación mínima.

Mostrados en la figura 5 y 6, los resultados de la deformación generados en la pared del anillo,

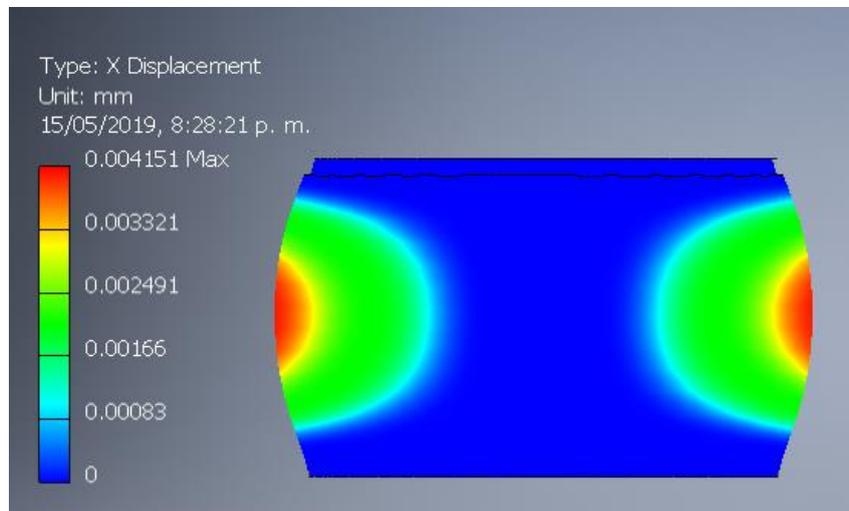


Figura 6. Desplazamiento en X del anillo edométrico

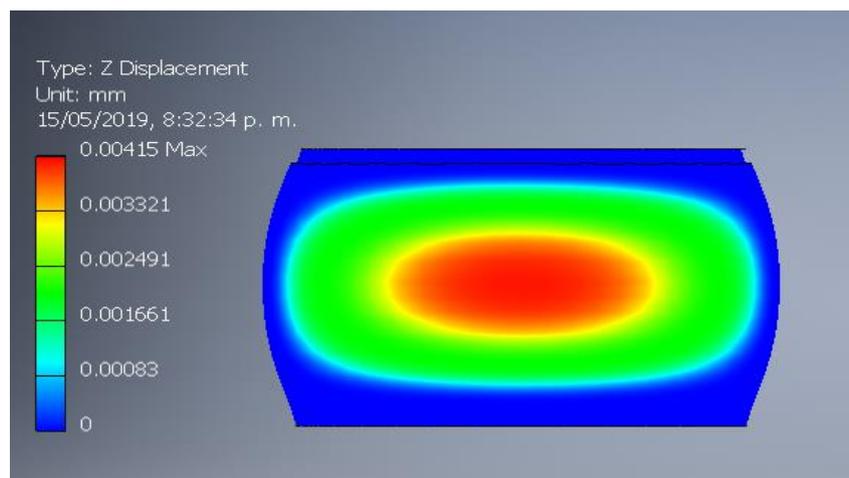


Figura 7. Desplazamiento en Z del anillo edométrico

En cuanto a la deformación, lo que se requiere, es que sea mínima, para que durante el ensayo no se genere deformaciones en las paredes del anillo, de modo que se consiguió un desplazamiento máximo de 0.0041mm en el eje X (figura 6) y 0.00415mm en el eje

Z (figura 7), ante una presión centrífuga de 8kg/cm² en las paredes respectivamente. En base a los resultados obtenidos, se diseña el anillo cuyo espesor es 10mm, espesor, que está dado en base al modelamiento realizado, así como también a las características del material encontrado en el mercado.



Figura 8. Anillo edométrico dentro del contenedor

Anexo N°3-2: Planos del equipo edométrico

Se presenta en base a los datos obtenidos en el diseño de modelación, los planos de detalle de las partes del equipo edométrico:

- Fig. 9 (Placa Soporte de carga)
- Fig. 10 y 10.1 (Plano de estructura de empotramiento al contenedor)
- Fig. 11 y 11.1 (Plano de anillo edométrico y/o consolidación)
- Fig. 12 y 12.1 (Plano de contenedor de anillo edométrico)

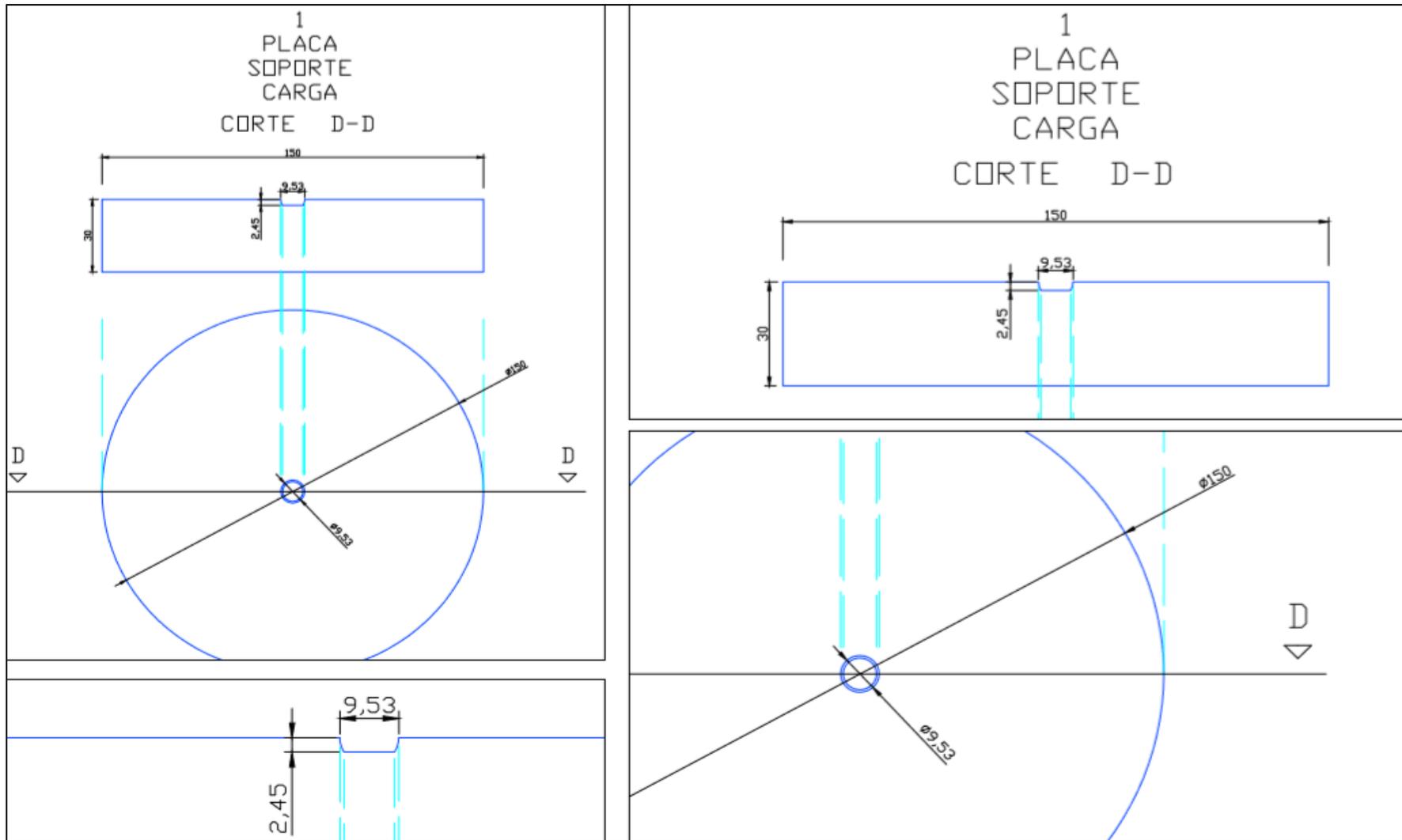


Figura 9. Plano de placa de soporte de carga

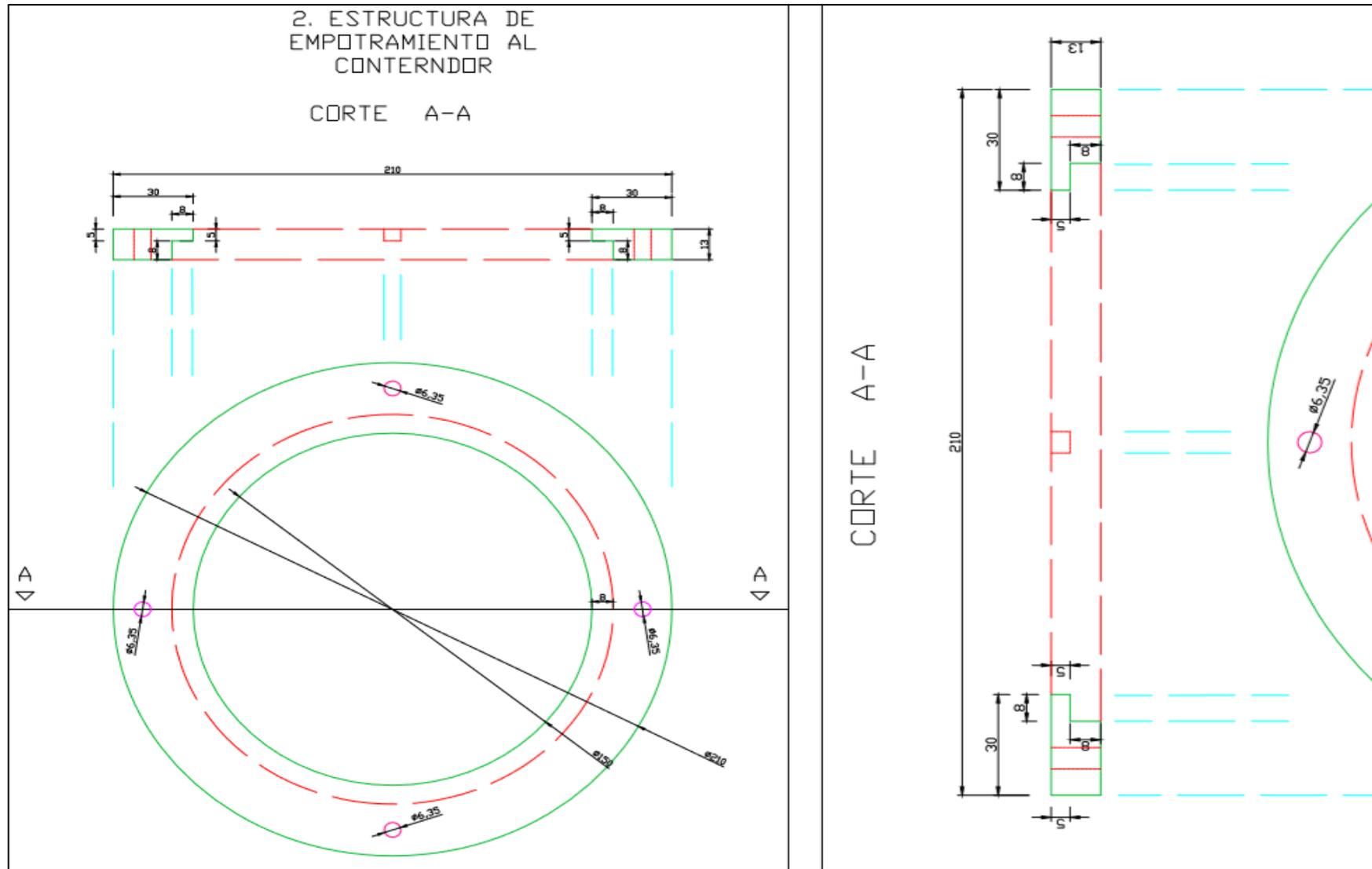


Figura 10. Plano de estructura de empotramiento al contenedor

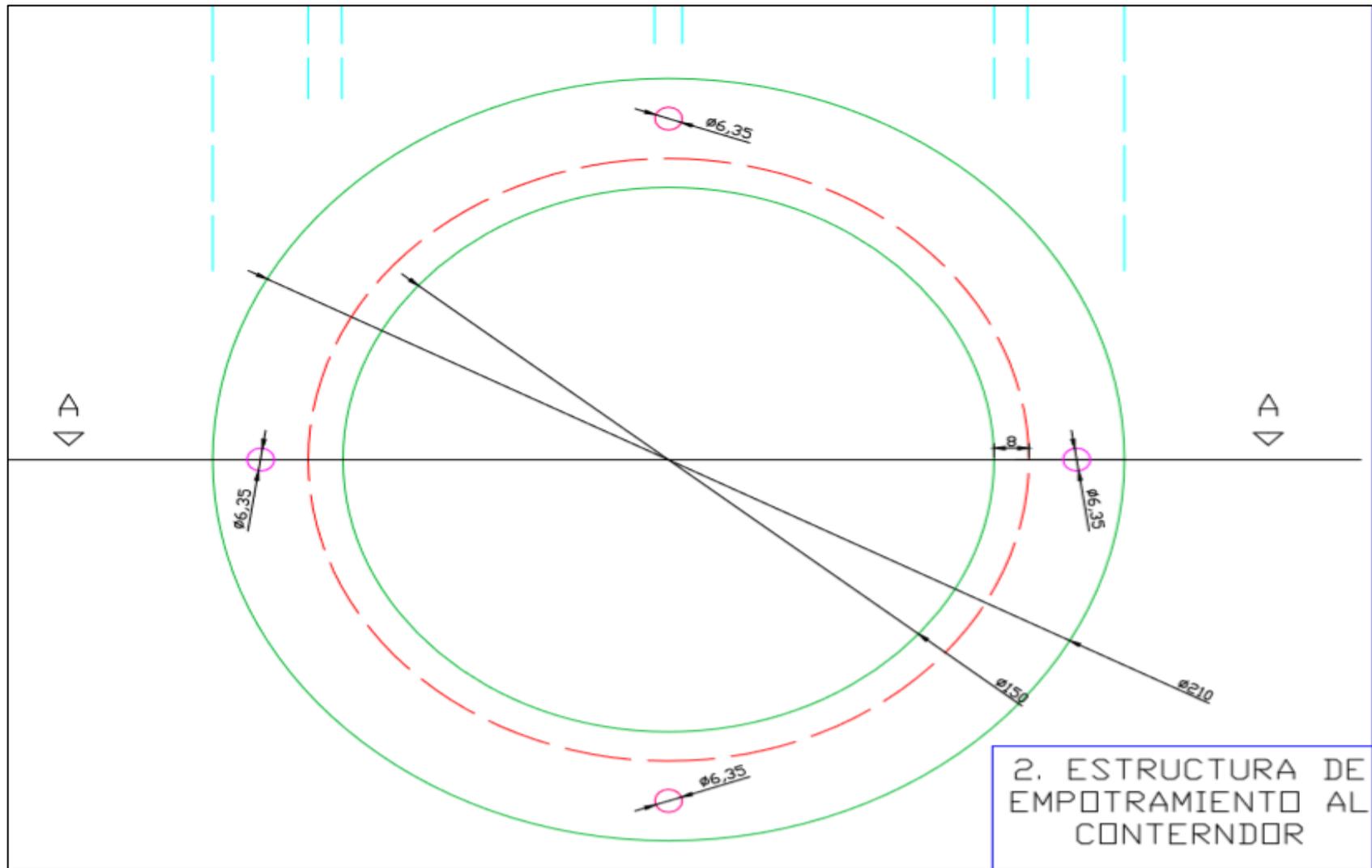


Fig.10-1. Plano de estructura empotramiento al contenedor

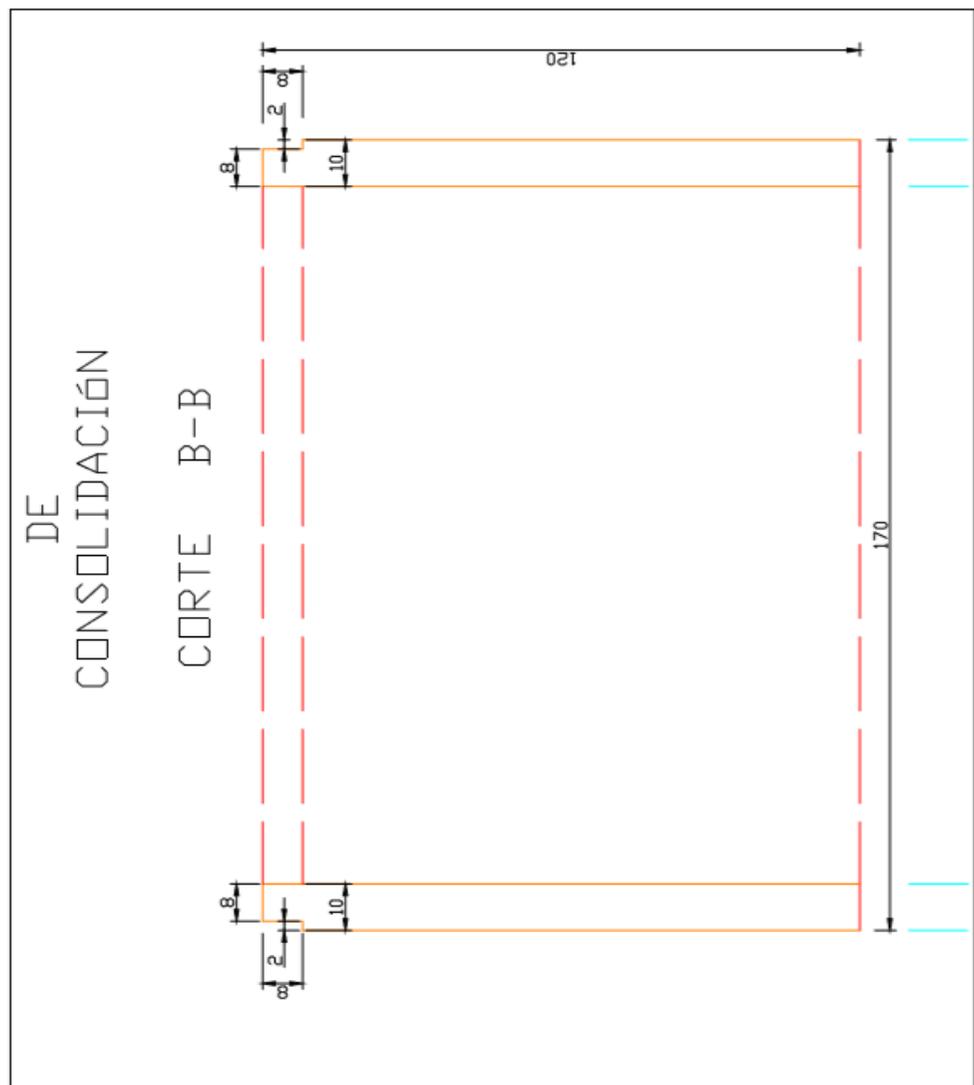
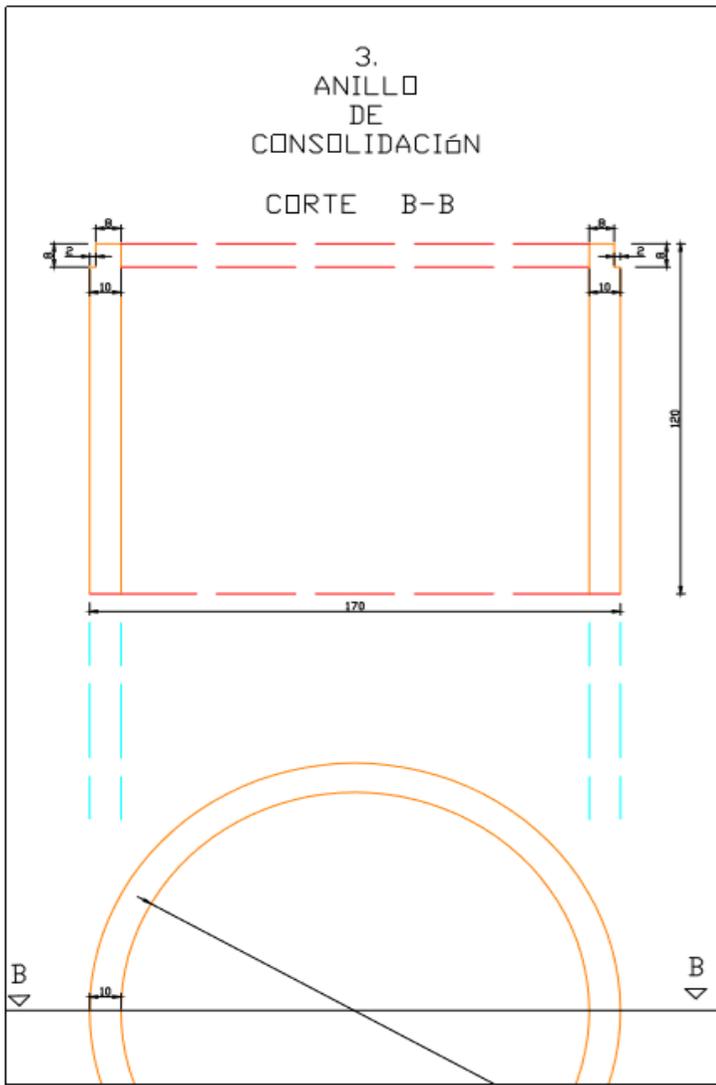


Figura 11. Plano de anillo edométrico

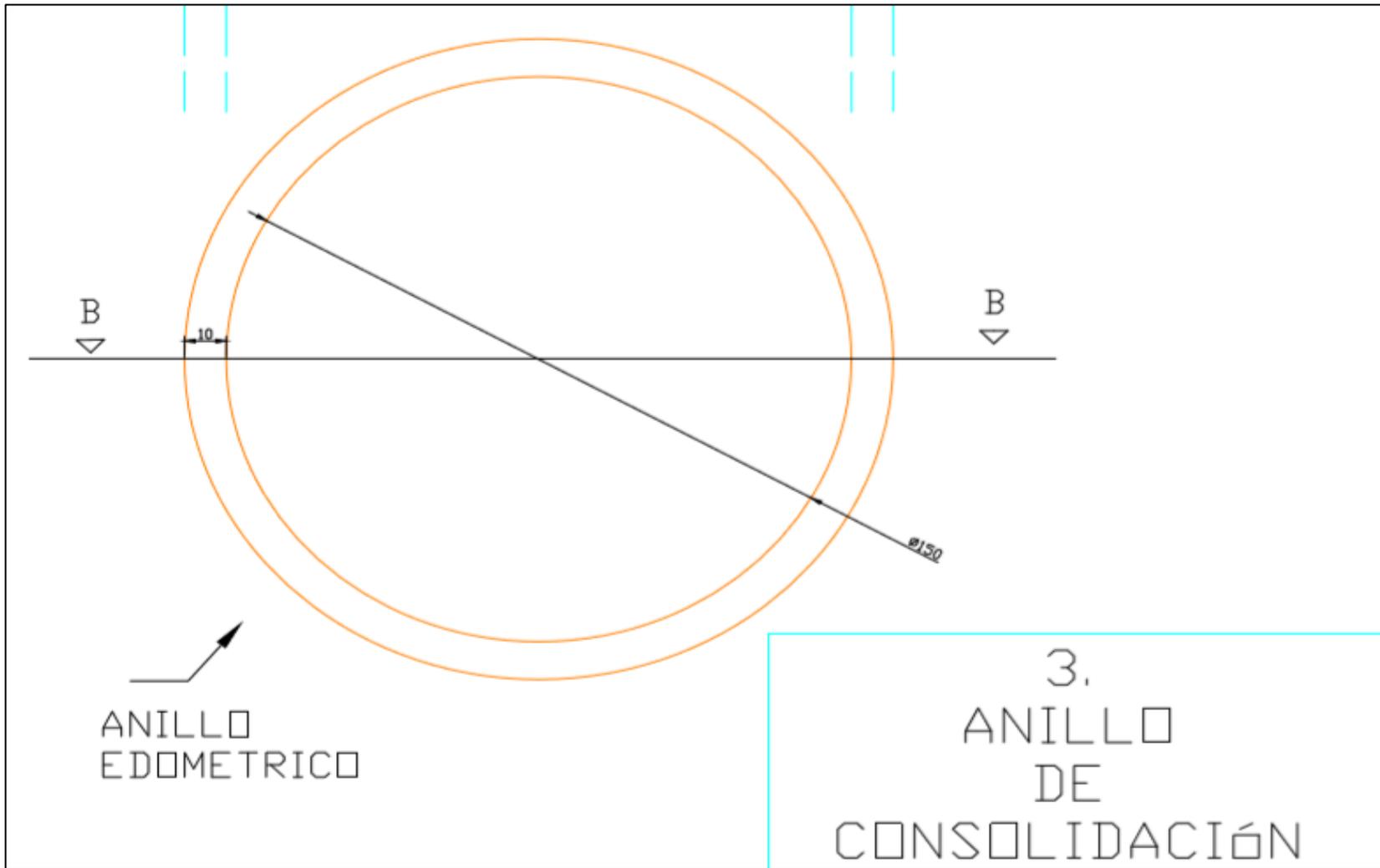


Figura 11.1 Plano de anillo edométrico

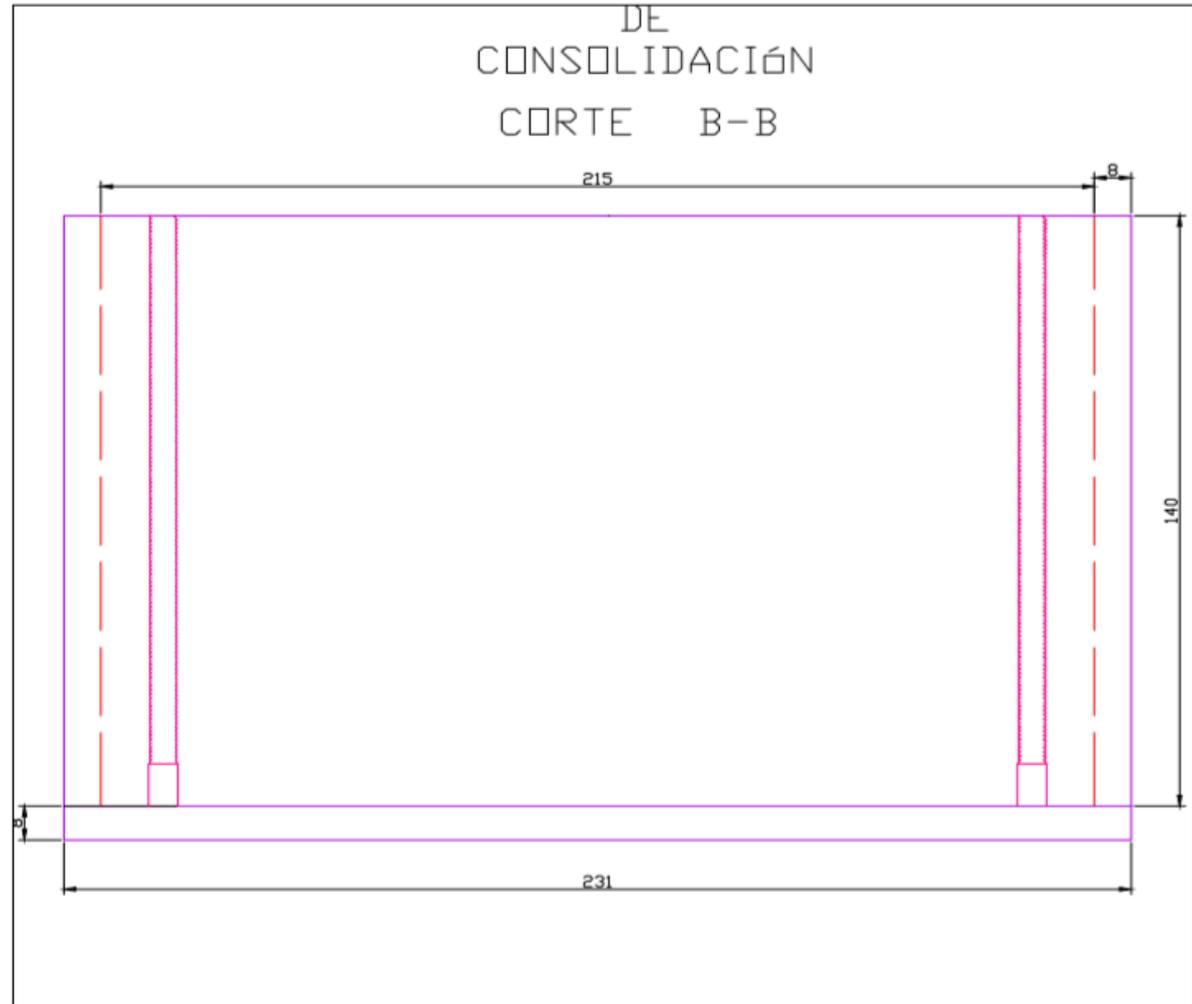
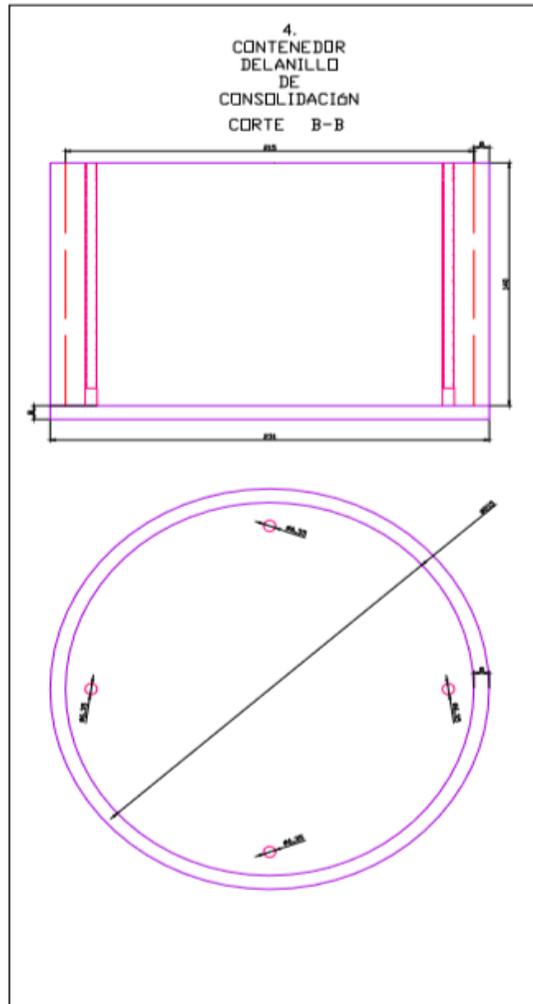


Figura 12. Plano contenedor del anillo edométrico

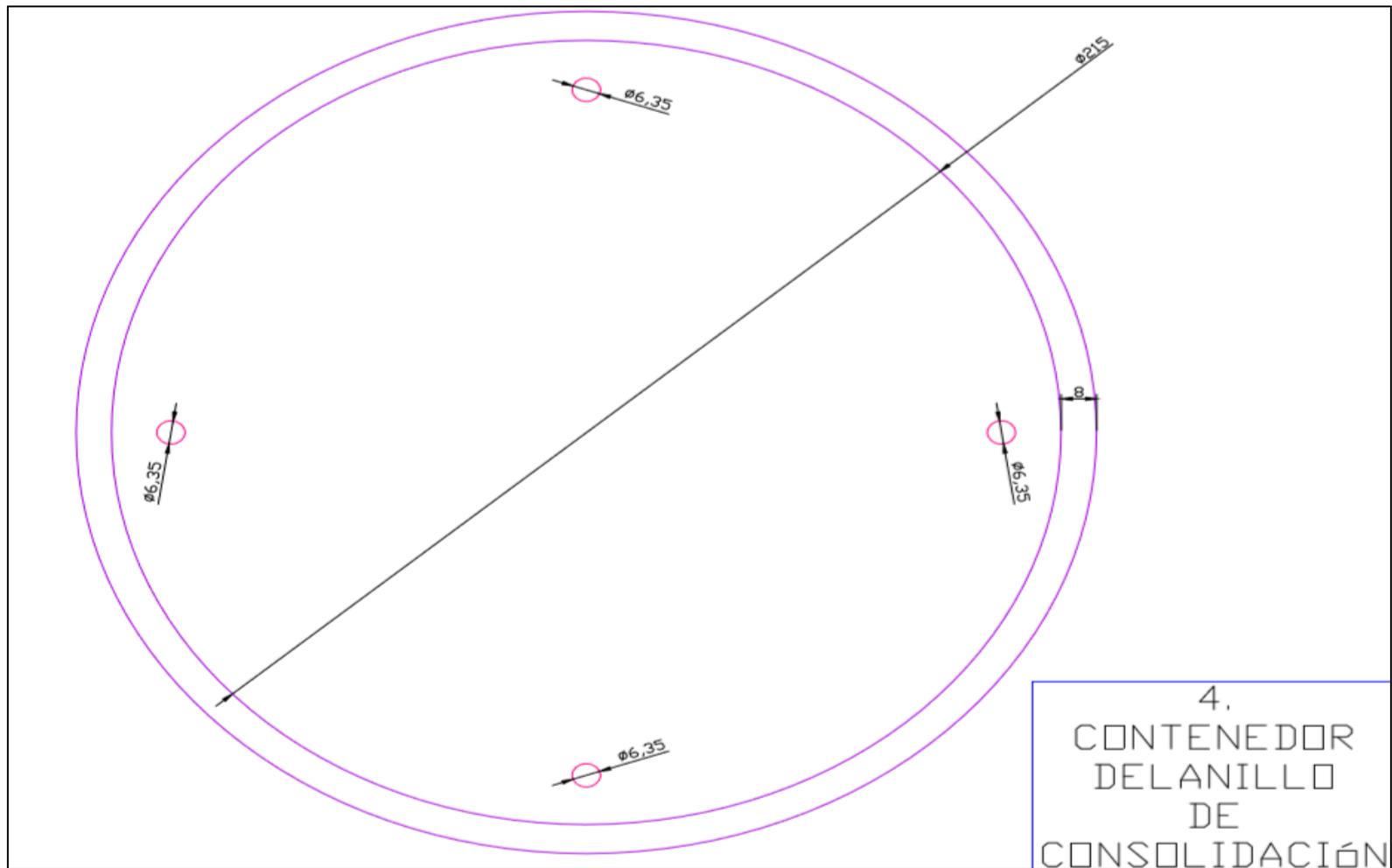


Figura 12.1 Plano contenedor de anillo edométrico

Anexo N° 4: MODELO DE ELEMENTOS FINITOS

Anexo N°4-1: Simulación de ensayo CBR

En la simulación de la prueba del CBR con un MEF Hardening Soil, se obtendrán parámetros de cohesión (c) y ángulo de fricción (φ), necesarios para la simulación del terraplén.

Tabla 1. Diseños de A1-b adicionando el porcentaje de granos de caucho

DISEÑO	Mezcla de diseño
A	A1-b + 0% de grano de caucho
B	A1-b + 5% de granos de caucho
C	A1-b + 10% de granos de caucho
D	A1-b + 15% de granos de caucho

Fuente: Propia

Por ello es necesario simular axisimétricamente al molde de 6" del CBR para cada diseño (tabla 1) con los datos obtenidos en laboratorio, establecidos en la tabla 2, con el objetivo comparar los resultados obtenidos en laboratorio y de simulación, para así establecer los parámetros idealmente.

Tabla 2. Datos de la prueba según diseño, obtenidos en laboratorio

DISEÑO	γ_{unsat}	γ_{sat}
	(gr/cc)	(gr/cc)
A	22.4	24.1
B	21.52	23.13
C	20.03	21.60
D	18.79	20.13

Fuente: Propia

En la tabla 12, γ_{unsat} es el peso unitario del suelo por encima del nivel freático y γ_{sat} es peso unitario del suelo por debajo del nivel freático. Dado ello, se necesita parámetros de E_{ref} , c y φ , para complementar los datos necesarios, de los cuales; la deformación elástica (E_{ref}), se consideró un máximo de 60 000Kpa, y datos iniciales de 10 y 30 de c y φ , según el Tutorial Manual de PLAXIS (2019, p. 62) en donde señala las propiedades del material para terraplenes viales.

El modelo diseñado es mostrado en la figura 1, en donde se consideró las dimensiones del molde encontrados en el anexo N° 2-4 siendo 0.15x 0.075m, en tanto a las cargas que se

somete el modelo, es de los anillos de carga que penetra de 0.1 kN/m^2 (A), el cual es la carga estándar de penetración de 1" y 10lb (B) de 2 pesas una abierta y otra cerrada.

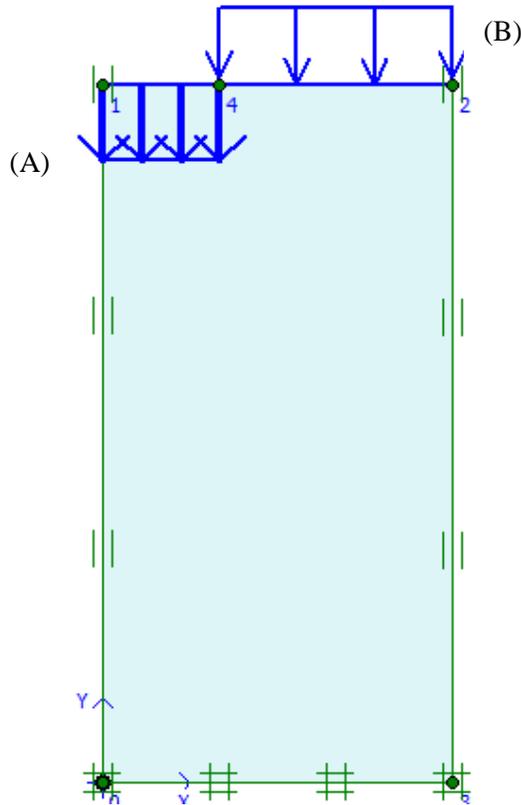


Figura 1. Modelo axisimétrico de la prueba CBR

Por ello, el diseño A (tabla 1), se contempló los siguientes datos de 30 y 32 de c y φ mostrados en la figura 2, necesarios para la simulación en el programa geotécnico PLAXIS,

Material set		General properties		Stiffness		Strength	
Identification:	S1	γ_{unsat}	22.400 kN/m^3	E_{ref}	6.000E+04 kN/m^2	c_{ref}	30.000 kN/m^2
Material model:	Mohr-Coulomb	γ_{sat}	24.100 kN/m^3	ν (nu)	0.000	φ (phi)	32.000 $^\circ$
Material type:	Drained					w (psi)	0.000 $^\circ$
				Alternatives		Velocities	
				G_{ref}	3.000E+04 kN/m^2	V_s	114.600 m/s
				E_{oad}	6.000E+04 kN/m^2	V_p	162.000 m/s

Figura 2. Parámetros establecidos para la simulación de la prueba CBR

Luego de ello, se calcula el modelo estableciendo dos fases, la primera es la carga B y la segunda A, estableciendo un nodo de desplazamiento y uno de deformación, mostrados en la figura 3,

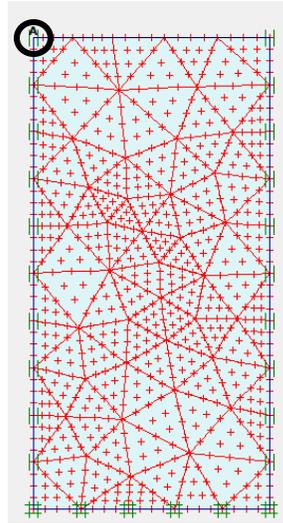


Figura 3. Nodo A de desplazamiento

Seguido de ello se obtuvo, el siguiente gráfico de deformación en XX, mostrado en la figura 4, así también la gráfica de carga vs. penetración, mostrada en la figura 5.

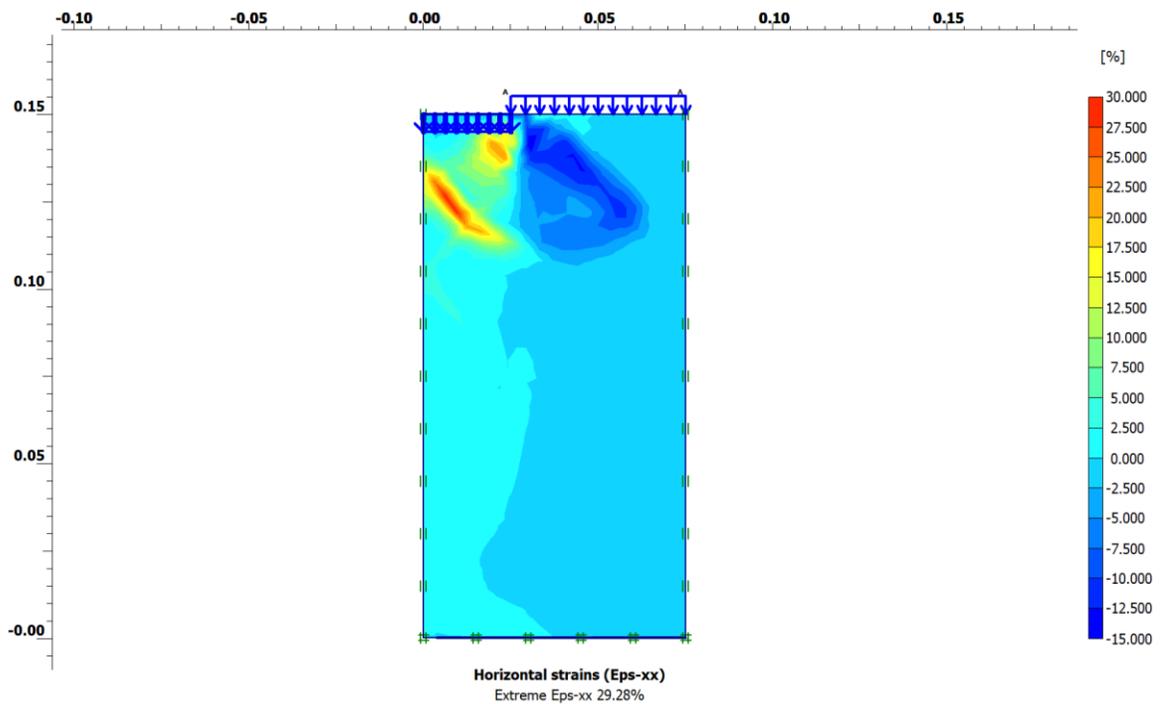


Figura 4. Deformación en XX de la simulación del diseño A

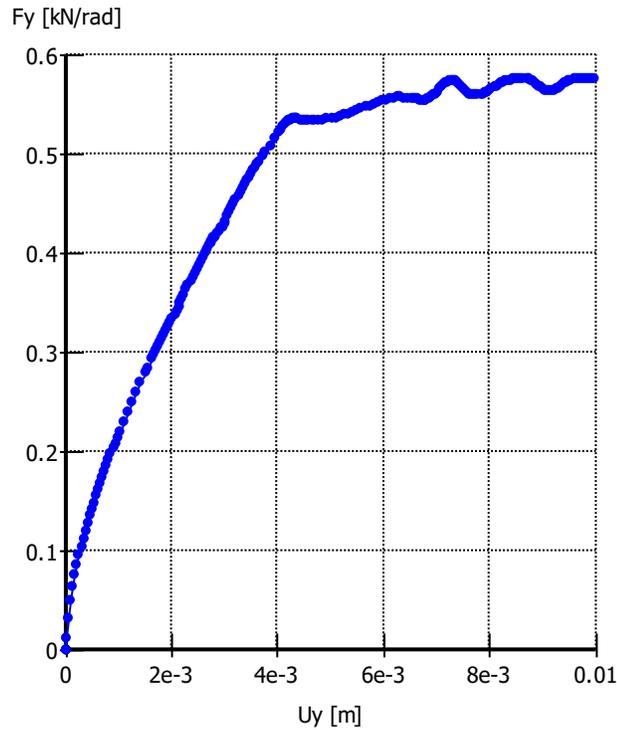


Figura 5. Gráfica de carga VS penetración del diseño A

Dado ello, los datos establecidos son 30 y 32 de cohesión (c) y ángulo de fricción φ , ello establecido con la superposición y comparación de los resultados obtenidos en laboratorio y en la simulación.

Para el diseño B (tabla 1), se contempló los siguientes datos de 30 Y 30 de c y φ mostrados en la figura 6, necesarios para la simulación en el programa geotécnico PLAXIS,

Material set Identification: 52 Material model: Mohr-Coulomb Material type: Drained		General properties γ_{unsat} : 21.520 kN/m ³ γ_{sat} : 23.130 kN/m ³	
Stiffness E_{ref} : 6.000E+04 kN/m ² ν (nu): 0.000		Strength c_{ref} : 30.000 kN/m ² φ (phi): 35.000 ° ψ (psi): 0.000 °	
Alternatives G_{ref} : 3.001E+04 kN/m ² E_{oed} : 6.000E+04 kN/m ²		Velocities V_s : 116.900 m/s V_p : 165.300 m/s	

Figura 6. Parámetros establecidos para la simulación de la prueba CBR

Luego de ello, se calcula el modelo estableciendo dos fases, la primera es la carga B y la segunda A, estableciendo un nodo de desplazamiento y uno de deformación.

Seguido de ello se obtuvo, el siguiente grafico de deformación en XX, mostrado en la figura 7, así también la gráfica de carga vs. penetración, mostrada en la figura 8.

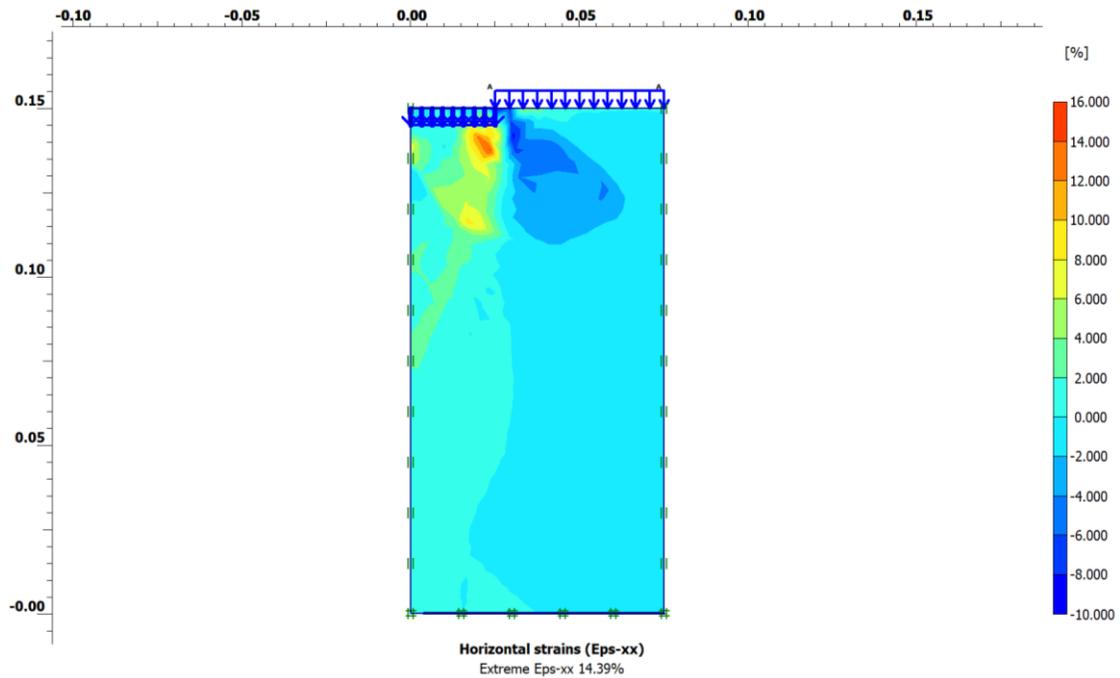


Figura 7. Deformación en XX de la simulación del diseño A

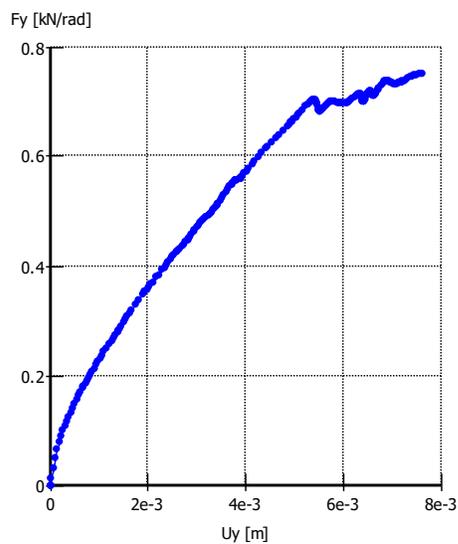


Figura 8. Gráfica de carga VS penetración del diseño B

Dado ello, los datos establecidos son 30 y 30 de cohesión (c) y ángulo de fricción φ , ello establecido con la superposición y comparación de los resultados obtenidos en laboratorio y en la simulación.

Para el diseño C, se obtuvo la siguiente grafica de carga vs penetración, mostrada en figura 9,

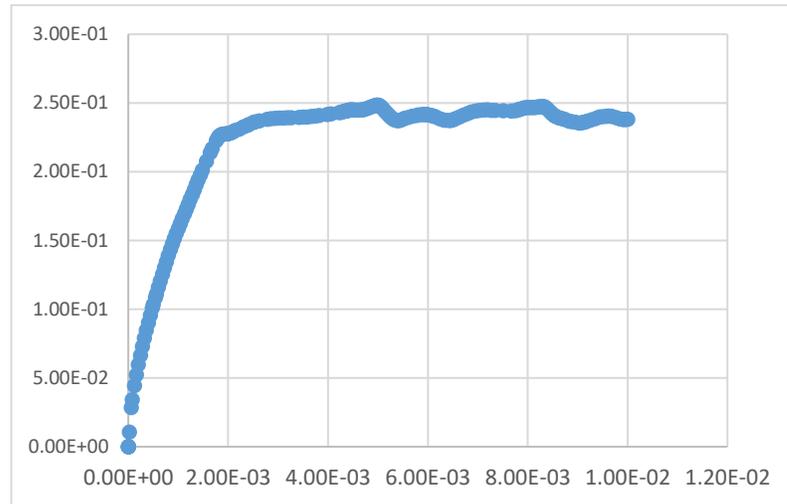


Figura 9. Gráfica de carga VS penetración del diseño C

Dado ello, los datos establecidos son 15 y 30 de cohesión (c) y ángulo de fricción φ .

Para el diseño D, se obtuvo la siguiente grafica de carga vs penetración, mostrada en figura 10,

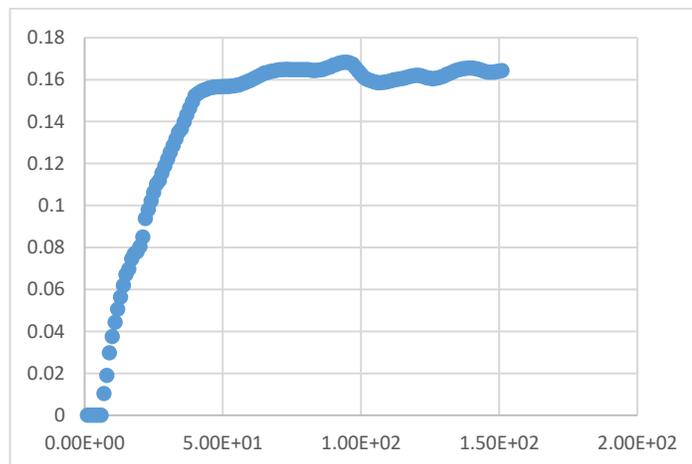


Figura 10. Gráfica de carga VS penetración del diseño C

Dado ello, los datos establecidos son 10 y 30 de cohesión (c) y ángulo de fricción φ , ello establecido con la superposición y comparación de los resultados obtenidos en laboratorio y en la simulación. Dado ello, se establece los siguientes valores mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la simulación de la prueba de CBR

DISEÑO	γ_{unsat}	γ_{sat}	c	φ
	(gr/cc)	(gr/cc)	kN/m ²	°
A	22.4	24.1	30	32
B	21.52	23.13	30	30
C	20.03	21.60	15	30
D	18.79	20.13	10	30

Fuente: Propia

Anexo N°4-2: Descripción del terraplén

El modelo axisimétrico del terraplén vial consta de un pavimento tipo TP13 (p. 20), en donde se especifica el espesor de cada elemento que conforma el pavimento, seguido a ello se coloca el cuerpo del terraplén, tal como se muestra en la figura 11.

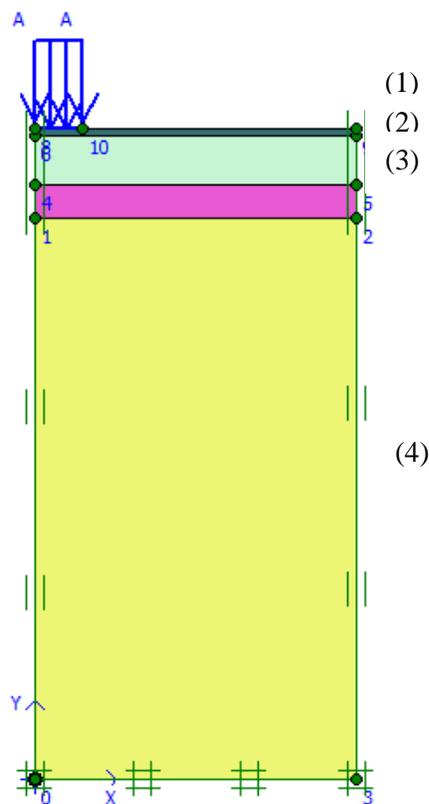


Figura 11. Modelo axisimétrico de terraplén vial de $h=3.5\text{m}$ del diseño A

En la figura 11, se observa la estructura que se emplea en la simulación del terraplén vial, para lo cual cada capa tiene un espesor mostrado en la tabla 4,

Tabla 4. *Altura considerada en la simulación del terraplén*

NOMENCLATURA	DENOMINACIÓN	ALTURA A EMPLEAR
(1)	Carpeta asfáltica	0.16 m
(2)	Base	0.40 m
(3)	Sub base	0.22 m
(4)	Terraplén	1.50, 2.50, 3.50, 5.0 m

Fuente: Propia

En cuanto a la altura del terraplén este varía entre intervalos de 1.50m a 5.0m, esto debido a que, el objetivo del estudio es evaluar las deformaciones, las cuales son determinantes en función a la variación de altura.

Dado ello, las condiciones son de confinamiento, debido a que se extrae solo un tramo de la estructura real del terraplén. También cabe señalar que, para la carga del terraplén axisimétrico se considera 80 kN/m², según Huang (2004, p. 500): “Las repeticiones de carga son expresadas en términos de una carga de un solo eje de 18 kip (80 kN), determinado a partir de las estimaciones de tráfico utilizando factores equivalentes de AASHTO”.

Del mismo modo se reafirma la información por Hafez, Hazem y Rohani (2015, p. 118) señala que: “El tráfico de carga está determinado por el número de repeticiones de la carga por eje estándar, generalmente de 18kip (80 kN) carga por eje aplicada sobre el pavimento [...] conocido generalmente como eje único equivalente o carga ESAL”, dado ambos antecedentes se considera 80kN para la carga distribuida sobre 0.25m (diámetro convencional de un neumático).

Las propiedades necesarias de cada elemento (1), (2) y (3) se determina a partir del peso unitario del suelo por encima y debajo del nivel freático, ello según Leshchinsky, Horvath y Stark (2004, p. 145): “Las capas de componentes de sistema de pavimento tienen un peso unitario total (húmedo) de 20 kN/m³ (130 lbf/ft³) para propósitos de diseño inicial”, por ello a las capas del pavimento se considerara el valor de 20 kN/m³, en cambio para el terraplén es el valor obtenido en laboratorio y mostrado en la tabla 2, datos de la prueba CBR según diseño, obtenidos en laboratorio, encontrada en la página 135.

Anexo N° 4-3: Parámetros del modelo

Los parámetros necesarios para la simulación dependen del MEF que se utiliza, para el caso de (1), (2) y (3), es el modelo de material elástico lineal, en el cual se utiliza el Módulo de elasticidad (E) y coeficiente de Poisson (ν) ambos obtenidos de la revista internacional: “Three-dimensional modeling of pavement with dual load using finite element” de Rodríguez Wilson y Pallares Myriam, en donde señalan los valores típicos de módulo elástico de las capas constitutivas de un pavimento flexible, mostrado en la tabla 5,

Tabla 5. *Valores típicos de módulo elástico de las capas de un pavimento flexible*

NOM.	E	ν
	(kPa)	
(1)	1 500 000	0.30
(2)	328 200	0.40
(3)	148 200	0.45

Fuente: Rodríguez y Pallares (2015)

De igual manera, los parámetros necesarios para (4) son mostrados en la tabla 6, de los cuales la cohesión y el ángulo de fricción interno, se obtuvieron de la simulación de CBRs (tabla 3)

Tabla 6. *Parámetros para MEF Hardening soil*

RESISTENCIA	c	Cohesión	kN/m ²
	\emptyset	Angulo de fricción interna	°
RIGIDEZ	E_{oed}^{ref}	Rigidez tangente en cargas edométricos	kN/m ²
	E_{ur}^{ref}	Rigidez en descarga- recarga	kN/m ²

Fuente: Propia

En condición de la tabla 6, la rigidez secante, se obtiene a base de los resultados obtenidos por el ensayo edómetro de la curva de esfuerzo vs. deformación, considerado a 1 kg/cm² de presión vertical, tomando una línea tangente, tal como se observa en la figura 11.



Figura 11. Pendiente de carga del diseño A

Considerando la figura 11, la pendiente de carga para el diseño A, será igual a la inversa de E_{oed} , del cual se obtiene también el E_{ur} , considerando un coeficiente de Poisson de 0.30, y aplicando la expresión (1.a), mostrada a continuación

$$E_{oed}^{ref} = \frac{(1-\nu)E_{ur}^{ref}}{(1-2\nu)(1+\nu)} \dots(1.a)$$

De la expresión (1.a), se obtuvo los valores de la rigidez secante y edométrica para cada diseño especificado en la tabla 7 y empleados en la simulación para cada diseño estratificado.

Tabla 7. Valores de E_{oed}^{ref} y E_{ur}^{ref} para cada diseño

DISEÑO	E_{oed}^{ref}	E_{ur}^{ref}
A	1.428 E+04	1.061 E+04
B	1.118E+04	8305.000
C	7525.000	5590.000
D	6257.000	4648.000

Fuente: Propia

Por todo ello, se presenta a continuación el cuadro resumen de los parámetros para la simulación del terraplén vial, mostrados en la tabla 8.

Tabla 8. *Parámetros para la simulación de terraplén vial*

MATERIAL MODEL			DISEÑOS			
PROPIEDADES GENERALES		Unidades	A	B	C	D
Generales	γ_{unsat}	kN/m ³	22.4	21.52	20.03	18.79
	γ_{sat}	kN/m ³	24.1	23.13	21.60	20.13
PARÁMETROS						
Rigidez	E_{ur}^{ref}	kN/m ²	1.061E+04	8305.000	5590.000	4648.000
	E_{oed}^{ref}	kN/m ²	1.428E+04	1.118E+04	7525.000	6257.000
	ν	-	0.30	0.30	0.30	0.30
Resistencia	c	kN/m ²	30	30	15	10
	φ	°	32	30	30	30

Fuente: Propia

De mismo modo, los parámetros establecidos para (1), (2) y (3) para un modelo elástico lineal, se observan en la tabla 9.

Tabla 9. *Parámetros para estructura del pavimento flexible TP13*

MATERIAL MODEL			ESTRUCTURA DE PAVIMENTO		
PROPIEDADES GENERALES		Unidades	MAC	BASE	SUB BASE
Generales	γ_{unsat}	kN/m ³	20.00	20.00	20.00
	γ_{sat}	kN/m ³	20.00	20.00	20.00
PARÁMETROS					
Rigidez	E	kN/m ²	1.500E+06	3.282E+05	1.42E+05
	ν	-	0.30	0.40	0.45

Fuente: Propia

Anexo N°4-4: Simulación de terraplén

Para la simulación del terraplén, se considera los parámetros observados en las tablas 8 y 9. También cabe mencionar que, la simulación del terraplén es por diseño y altura, con la finalidad de estimar deformaciones en función a la altura, para ello se utilizaran los mismos parámetros, la única variante será la altura en cada diseño.

Diseño A: A1-b + 0% de granos de caucho

Para el diseño A con una altura de 1.5m de terraplén, se observa la siguiente figura 12 de desplazamiento en la malla de elementos finitos de forma triangular,

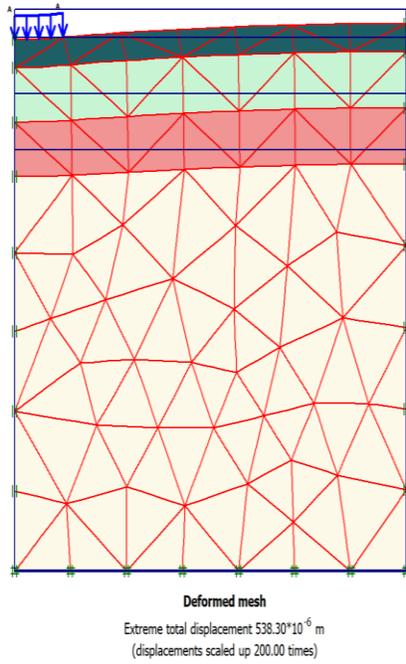


Figura 12. Desplazamiento del diseño A, h=1.5m

En la figura 12, se observa que el desplazamiento total es de 538.30 E-06 m , lo cual representa considerablemente, pero este disminuye en función al porcentaje de granos de caucho se le adicione. En cuanto a la deformación horizontal y vertical, estas son menores a la admisible brindada por el Asphalt Institute de 2.4497 E-04 , mostrada en la figura 13.

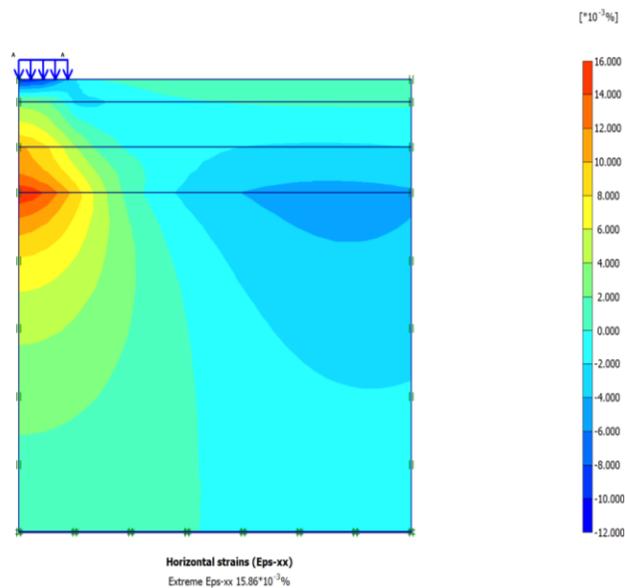


Figura 13. Deformación horizontal del diseño A, h=1.5m

Para cada diseño y altura se tiene especificado los valores de deformación horizontal y vertical, desplazamiento horizontal y vertical, todo ello mostrado en la tabla 10.

Tabla 9. Resumen datos obtenidos de la simulación de terraplén vial

DEFORMACIÓN (%)	ALTURAS			
	1.50m	2.50m	3.50m	5.00m
VERTICAL				
A	-1.39 E-04	-1.56 E-04	-1.49 E-04	-9.66 E-05
B	-1.384 E-04	-1.58 E-04	-1.578 E-04	-1.018 E-04
C	-1.418 E-04	-1.611 E-04	-1.711 E-04	-1.029 E-04
D	-1.432 E-04	-1.623 E-04	-1.595 E-04	-1.033 E-04
HORIZONTAL				
A	1.35 E-04	1.48 E-04	1.29 E-04	8.79 E-05
B	1.379 E-04	1.549 E-04	1.411 E-04	9.922 E-05
C	1.464 E-04	1.638 E-04	1.802 E-04	1.037 E-04
D	1.497 E-04	1.672 E-04	1.517 E-04	1.054 E-04

Fuente: Propia

De la tabla 9, se puede observar que todas son admisibles en deformación, pero a medida que se le adicione el porcentaje de caucho este varía favorablemente, tal como se observa en la figura 14 y 15, de comparación de la deformación para cada altura y diseño.

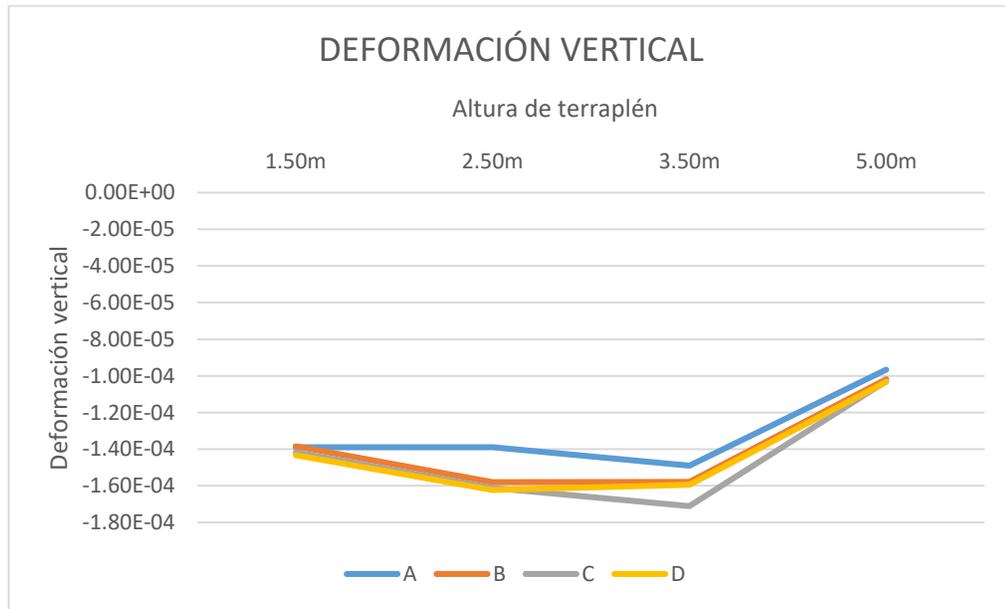


Figura 14. Deformaciones verticales en el terraplén vial

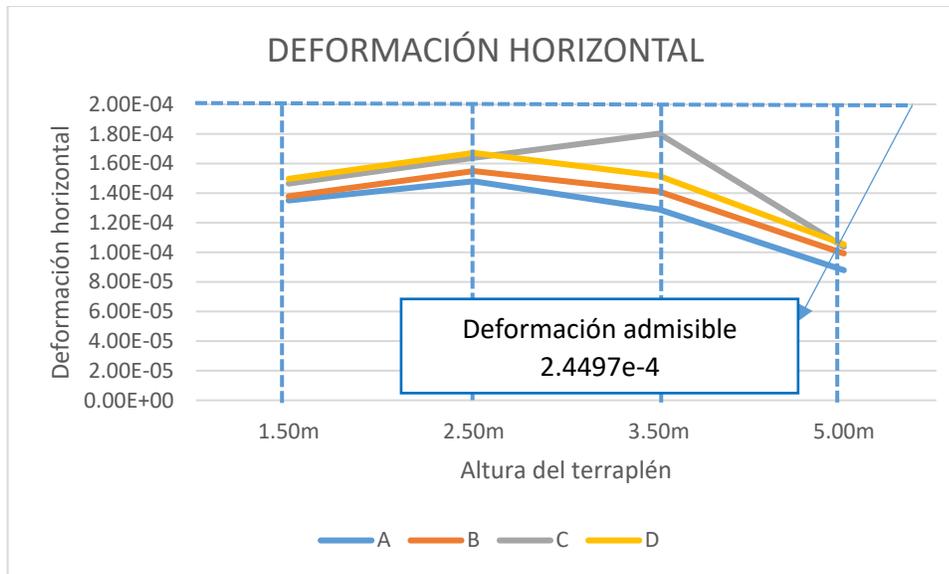


Figura 15. Deformaciones horizontales en el terraplén vial

De las figuras 14, 15 y tabla 10 se afirma que, cumple con lo admisible en deformación, por lo cual se recomienda el uso del material para terraplenes menores o iguales a 5m

Tabla 10. Resultados simulación de terraplén vial

DEFORMACIÓN (%)	ALTURAS				CUMPLE ADMISIBLE 2.4497 E-04%
	1.50m	2.50m	3.50m	5.00m	
VERTICAL					
A	-1.39 E-04	-1.56 E-04	-1.49 E-04	-9.66 E-05	SI
B	-1.384 E-04	-1.58 E-04	-1.578 E-04	-1.018 E-04	SI
C	-1.418 E-04	-1.611 E-04	-1.711 E-04	-1.029 E-04	SI
D	-1.432 E-04	-1.623 E-04	-1.595 E-04	-1.033 E-04	SI
HORIZONTAL					
A	1.35 E-04	1.48 E-04	1.29 E-04	8.79 E-05	SI
B	1.379 E-04	1.549 E-04	1.411 E-04	9.922 E-05	SI
C	1.464 E-04	1.638 E-04	1.802 E-04	1.037 E-04	SI
D	1.497 E-04	1.672 E-04	1.517 E-04	1.054 E-04	SI

Fuente: Propia

Anexo N° 5: JUICIO DE EXPERTOS

Anexo N° 5-1: Validación de experto N° 1

EVALUACIÓN DE EXPERTOS

TÍTULO DE TESIS

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA DEFORMACIÓN DE TERRAPLENES VIALES SOBRE SUELO RÍGIDO, INCORPORANDO GRANOS DE CAUCHO AL AGREGADO A1-b, LIMA, 2019

Doctor/Magister/Licenciada Experta:

ALBITES PADILLA PEDRO MIGUEL

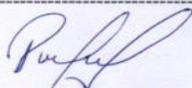
159805

Se presenta a usted el instrumento de recolección de datos de la tesis para su revisión y sugerencias

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos está orientado al problema de investigación?	
2. ¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de investigación?	
3. ¿Los instrumentos de recolección de datos facilitan el logro de los objetivos de la investigación?	
4. ¿Los instrumentos de recolección de datos se relacionan con la o las variables de estudio?	
5. ¿Los instrumentos de recolección de datos presentan la cantidad de ítems apropiados?	
6. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	
7. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilita el análisis y procesamiento de los datos?	
8. Del instrumento de recolección de datos ¿Usted eliminaría algún ítem?	
9. ¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún ítem?	
10. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población sujeto de estudio?	
11. ¿La recolección del instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	

SUGERENCIAS:

Atentamente


CIP: 159805

JUICIO DE EXPERTOS: "MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES"

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA DEFORMACIÓN DE TERRAPLENES VIALES SOBRE SUELO RÍGIDO, INCORPORANDO GRANOS DE CAUCHO AL AGREGADO A1-b, LIMA, 2019
APELLIDOS Y NOMBRES DE LOS INVESTIGADORES: PARRA ARZAPALO, SARA ALEJANDRA YPENZA NUÑEZ, ANTONY

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO: ALBERTO PEDRILLA PEDRO MIGUEL

VARIABLES	ASPECTO POR EVALUAR				OPINIÓN DEL EXPERTO		
	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIÓN/SUGERENCIA	
DEFORMACIÓN DE TERRAPLÉN VIAL	CAMBIO DE VOLUMEN (Deformación volumétrica)	Desplazamiento vertical	RAZÓN	OK			
		Desplazamiento horizontal					
	CAMBIO DE FORMA (Deformación cortante)	Desplazamiento vertical	RAZÓN	OK			
		Desplazamiento horizontal					
INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO	CANTIDAD DE GRANOS DE CAUCHO	Porcentaje de adición (0,5,10 y 15% en peso del agregado)	RAZÓN	OK			

FIRMA DEL EXPERTO



C.I.: 159805

FECHA 05-07-19

Anexo N° 5-2: Validación de experto N° 2

EVALUACIÓN DE EXPERTOS

TÍTULO DE TESIS

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA DEFORMACIÓN DE TERRAPLENES VIALES SOBRE SUELO RÍGIDO, INCORPORANDO GRANOS DE CAUCHO AL AGREGADO A1-b, LIMA, 2019

Doctor/Magister/Licenciada Experta:

YION ALVARADO MANUEL
CIP 16019

Se presenta a usted el instrumento de recolección de datos de la tesis para su revisión y sugerencias

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos está orientado al problema de investigación?	
2. ¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de investigación?	
3. ¿Los instrumentos de recolección de datos facilitan el logro de los objetivos de la investigación?	
4. ¿Los instrumentos de recolección de datos se relacionan con la o las variables de estudio?	
5. ¿Los instrumentos de recolección de datos presentan la cantidad de ítems apropiados?	
6. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	
7. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilita el análisis y procesamiento de los datos?	
8. Del instrumento de recolección de datos ¿Usted eliminaría algún ítem?	
9. ¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún ítem?	
10. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población sujeto de estudio?	
11. ¿La recolección del instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	

SUGERENCIAS:

Atentamente


CIP: 16019

JUIICIO DE EXPERTOS: "MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES"						
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA DEFORMACIÓN DE TERRAPLENES VIALES SOBRE SUELO RÍGIDO, INCORPORANDO GRANOS DE CAUCHO AL AGREGADO A1-b, LIMA, 2019						
APELLIDOS Y NOMBRES DE LOS INVESTIGADORES: PARRA ARZAPALO, SARA ALEJANDRA YPENZA NUÑEZ, ANTONY						
APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO: Yion ALVARADO MAQUEL						
ASPECTO POR EVALUAR			OPINIÓN DEL EXPERTO			
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIÓN/SUGERENCIA
DEFORMACIÓN DE TERRAPLÉN VIAL	CAMBIO DE VOLUMEN (Deformación volumétrica)	Desplazamiento vertical	RAZÓN	OK		
		Desplazamiento horizontal				
	CAMBIO DE FORMA (Deformación cortante)	Desplazamiento vertical	RAZÓN	OK		
		Desplazamiento horizontal				
INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO	CANTIDAD DE GRANOS DE CAUCHO	Porcentaje de adición (0,5,10 y 15% en peso del agregado)	RAZÓN	OK		
FIRMA DEL EXPERTO						FECHA 05-07-19


CIP: 16019

EVALUACIÓN DE EXPERTOS

TÍTULO DE TESIS

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA DEFORMACIÓN DE TERRAPLENES VIALES SOBRE SUELO RÍGIDO, INCORPORANDO GRANOS DE CAUCHO AL AGREGADO A1-b, LIMA, 2019

Doctor/Magister/Licenciada Experta:

TULO LINDO REYES
CIP. 33083

Se presenta a usted el instrumento de recolección de datos de la tesis para su revisión y sugerencias

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos está orientado al problema de investigación?	
2. ¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de investigación?	
3. ¿Los instrumentos de recolección de datos facilitan el logro de los objetivos de la investigación?	
4. ¿Los instrumento de recolección de datos se relacionan con la o las variables de estudio?	
5. ¿Los instrumento de recolección de datos presentan la cantidad de ítems apropiados?	
6. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	
7. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilita el análisis y procesamiento de los datos?	
8. Del instrumento de recolección de datos ¿Usted eliminaría algún ítem?	
9. ¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún ítem?	
10. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población sujeto de estudio?	
11. ¿La recolección del instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	

SUGERENCIAS:

Atentamente

TULO LINDO REYES
CIP: 33083

JUICIO DE EXPERTOS: "MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES"

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA DEFORMACIÓN DE TERRAPLENES VIALES SOBRE SUELO RÍGIDO, INCORPORANDO GRANOS DE CAUCHO AL AGREGADO A1-b, LIMA, 2019
APELLIDOS Y NOMBRES DE LOS INVESTIGADORES: PARRA ARZAPALO, SARA ALEJANDRA YPENZA NUÑEZ, ANTONY

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO: *Tulo Llanes Negre*

ASPECTO POR EVALUAR		OPINIÓN DEL EXPERTO				
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIÓN/SUGERENCIA
DEFORMACIÓN DE TERRAPLÉN VIAL	CAMBIO DE VOLUMEN (Deformación volumétrica)	Desplazamiento vertical	RAZÓN	OK		
		Desplazamiento horizontal				
	CAMBIO DE FORMA (Deformación cortante)	Desplazamiento vertical	RAZÓN	OK		
		Desplazamiento horizontal				
INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO	CANTIDAD DE GRANOS DE CAUCHO	Porcentaje de adición (0,5, 10 y 15% en peso del agregado)	RAZÓN	OK		

FIRMA DEL EXPERTO


CIP. 33023

FECHA 05-07-19

Anexo N°6: PANEL FOTOGRÁFICO DE LA EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS

Molde N°1 de CBR del diseño B



Moldes sumergidos para luego medir el hinchamiento, CBR de diseño B



Moldes bajo penetración con el anillo de carga, CBR de diseño B



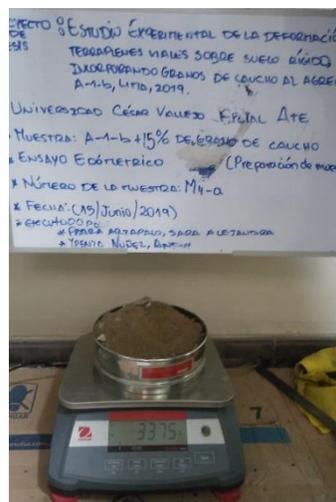
Ejecución de Proctor modificado de diseño C



Muestras de Proctor modificado del diseño C



Preparación de la muestra del diseño D, para la ejecución del ensayo Edométrico



Toma de datos del ensayo Edométrico del diseño B



Toma de datos del ensayo Edométrico del diseño C



Muestra de diseño B, montada en el ensayo



Ensayo edométrico del diseño D, sometido a la carga máxima



Anexo N° 7: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE E INDICADORES		METODOLOGÍA
<p>Problema general</p> <p>¿De qué manera la adición de granos de caucho, afecta en la deformación de un terraplén vial?</p> <p>Problemas específicas</p> <p>¿Cuál es la variación de la deformación de la estructura de un terraplén vial respecto de porcentajes distintos de grano de caucho?</p> <p>¿Cómo la altura de un terraplén vial incorporando en su estructura granos de caucho, afecta la deformación del terraplén?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Estudiar la deformación de un terraplén vial incorporando en su estructura granos de caucho, mediante la simulación en el programa geotécnico PLAXIS.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Evaluar las deformaciones de la estructura del terraplén vial según el porcentaje de adición de granos de caucho, en el programa geotécnico PLAXIS.</p> <p>Determinar la altura máxima de un terraplén vial incorporando en su estructura granos de caucho, en función a la deformación permitida del terraplén</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La adición de granos de caucho a la estructura que conforma un terraplén vial no afecta su deformación.</p> <p>Hipótesis Específicos</p> <p>La deformación del terraplén vial incrementa en relación a la adición de los granos de caucho.</p> <p>Las variaciones de altura de un terraplén vial incorporando en su estructura granos de caucho, afecta la deformación de un terraplén vial.</p>	<p>Variable Y: DEFORMACIÓN DE TERRAPLÉN VIAL</p>		<p>INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA</p> <p>-Tipo de Investigación Aplicada</p> <p>-Diseño de Investigación Experimental-Transversal</p> <p>-Nivel de Investigación Correlacional</p> <p>Población</p> <p>Dado que la presente investigación es del tipo experimental, la población será de 3 ensayos por cada diseño propuesto</p> <p>Muestreo Probabilístico-Estratificado</p> <p>Muestra</p> <p>El número de muestras es presentado en un estrato que conforma cada diseño dependiendo de la adición de granos de caucho.</p>
		Dimensiones	Indicadores		
		Cambio de volumen (Deformación volumétrica)	Desplazamiento vertical y horizontal		
		Cambio de forma (Deformación cortante)	Desplazamiento vertical y horizontal		
		Variable X: INCORPORACIÓN DE GRANOS DE CAUCHO			
		Dimensión	Indicadores		
		Cantidad de granos de caucho	Porcentaje de adición (0, 5,10 y 15% en peso del agregado)		

Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, Mg. Choque Flores Leopoldo, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sed Ate, revisor (a) de la tesis titulada:

"ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA DEFORMACIÓN DE TERRAPLENES VIALES SOBRE SUELO RÍGIDO, INCORPORANDO GRANOS DE CAUCHO AL AGREGADO A1-b, 2019", de los estudiantes Sara Alejandra Parra Arzapalo y Antony Ypenza Nuñez, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: Ate, 06 de Julio del 2019



[Signature]
Mg. CHOQUE FLORES LEOPOLDO

DNI: 42289035

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Pantallazo del Software Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome
ev.turnitin.com/app/carta/es/?student_user=1&u=1059256099&lang=es&ts=&o=1267902121

feedback studio Parra Arzapalo Sara Alejandra Estudio experimental de la deformación de terraplenes viales sobre suelo rígido, incorporando granos de caucho a...



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACÁDEMICO-PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio experimental de la deformación de terraplenes viales sobre suelo rígido,
incorporando granos de caucho al agregado A1-b, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTORES:
Parra Arzapalo, Sara Alejandra (0000-0002-7437-6210)
Ypenza Nuñez, Antony (0000-0002-1263-2035)



Resumen de coincidencias

18 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

18

Coincidencias

1	es.slideshare.net Fuente de Internet	4 %
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	www.scribd.com Fuente de Internet	1 %
5	link.springer.com Fuente de Internet	1 %

Página: 1 de 37 Número de palabras: 16677 Text-only Report High Resolution Activado

Autorización para la Publicación de la Tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo Sara Alejandra Parra Arzapalo y Antony Ypenza Nuñez, identificado con DNI N° 72484926 y 70063814 respectivamente, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Estudio experimental de la deformación de terraplenes viales sobre suelo rígido, incorporando granos de caucho al agregado A1-b, 2019"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



 FIRMA

DNI: 72484926

FECHA: Julio, 2019



 FIRMA

DNI: 70063814

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Autorización de la Versión Final del Trabajo de Investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE:

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Parra Arzapalo, Sara Alejandra

Ypenza Nuñez, Antony

TÍTULO DE LA TESIS:

“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA DEFORMACIÓN DE TERRAPLENES VIALES SOBRE SUELO RÍGIDO, INCORPORANDO GRANOS DE CAUCHO AL AGREGADO

A1-b, 2019”

PARA OBTENER EL TÍTULO:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: 06/Julio/2019

NOTA O MENCIÓN: 15 (Quince)



[Handwritten signature]

Mg. CHUQUE FLORES LEOPOLDO