



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Influencia de la geomalla triaxial en el módulo de resiliencia
de la subrasante para pavimentos flexibles - Puno 2020”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

AGUILAR HUILLCA, Perceo (ORCID: 0000-0002-9103-4390)

ASESOR:

Dr. CANCHO ZUÑIGA, Gerardo Enrique (ORCID; 0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con amor y cariño a mi madre Lorenza huillca, que con su ejemplo y empeño me educo en la vida, por creer en mí y ser siempre mi apoyo incondicional, te respeto y admiro por la gran persona que eres siempre dando todo por la familia. Gracias por creer en mí, en enseñarme los valores, por todo tu apoyo y tu inmenso amor. Te amo mucho madre querida.

A mi hermano y mis hermanas que los quiero mucho, que siempre me estuvieron apoyando hasta el último momento y no dejaron de creer en mí, que me enseñaron que la familia es solo uno, por estar conmigo en cada parte de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme en el camino correcto, por toda su bendición y siempre estar conmigo en cada etapa de mi vida, por darme fuerza para seguir adelante.

A mi amor de mi vida Cliritza, mi compañera de la vida, por siempre estar en mis momentos felices y tristes por enseñarme que lo bueno se gana con respeto y humildad, por siempre impulsándome a ser mejor cada día.

INDICE

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
INDICE DE FIGURA
INDICE DE TABLA
RESUMEN
ABSTRACT.....
I. INTRODUCCION.....	10
II. MARCO TEORICO	4
III. METODOLOGÍA.....	42
3.1. DISEÑO DE INVESTIGACION.....	43
IV. RESULTADOS	49
V. DISCUSIÓN.....	71
VI. CONCLUSIÓN.....	75
VII. RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFIA	79
ANEXOS	85

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Forma y textura de la Geomalla Triaxial	14
Figura N° 2. Mecanismo de refuerzo de Confinamiento Lateral.....	15
Figura N° 3. Distribución de la zona de confinamiento.....	15
Figura N° 4. Mecanismo de Mejoramiento de la Capacidad Portante.....	16
Figura N° 5. Efecto Membrana Tensionada	17
Figura N° 6. Distribución de esfuerzos.....	22
Figura N° 7. Carga repetitiva aplicada a material granular no ligado (o al suelo) en una máquina triaxial para estimar el valor de MR.	24
Figura N° 8. (a) Ciclo de carga – descarga de un material elástico no-lineal, (b) Deformación bajo “n” ciclos de carga constante	25
Figura N° 9. Ensayos para la obtención del Módulo elástico.	26
Figura N° 10. Esquema de la celda triaxial para el ensayo de módulo de resiliencia.	27
.....	27
Figura N° 11. Presentación del Deflectometro de Impacto (FWD).....	29
Figura N° 12. El deflectometro benkelman es mecánico y funciona como palanca, como resultado se tiene las deflexiones.	31
Figura N° 13. Esquematización del Proceso de Medición con la Viga Benkelman... ..	32
Figura N° 14. Relación DOXR50 versus E0	37
Figura N° 15. Influencia del esfuerzo desviador en el módulo de resiliencia.	39
Figura N° 16. MR en arcillas con contenido de humedad a) superior e b) inferior al óptimo	40
Figura N° 17. Efecto de la resistencia en dos métodos de compactación.....	41

Figura N° 18. Ubicación del Proyecto.	50
Figura N° 19. Plano en corte con refuerzo de la geomalla triaxial.	51
Figura N° 20. Plano en corte sin refuerzo de la geomalla (grupo de control).....	52
Figura N° 21. Esquema para la medición de deflexiones, mostrando las	54
Figura N° 22. Validación del Método Hogg Simplificado.	57

INDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1. Categorías de Subrasante	21
Tabla Nº 2. Distancia del punto de ensayo.....	33
Tabla Nº 3. Valor de Coeficientes y Variables de ajustes de curvas para el Modelo de Hogg	35
Tabla Nº 4. Operalización de Variables	46
Tabla Nº 5. Lecturas y deflexiones de campo (grupo experimental).....	54
Tabla Nº 6. Lecturas y deflexiones de campo (grupo de control).	55
Tabla Nº 7. Verificación de resultados de Modulo de resiliencia (grupo experimental).	63
Tabla Nº 8. Verificación de resultados de Modulo de resiliencia (grupo de control). 64	
Tabla Nº 9. Contenido de humedad.....	65
Tabla Nº 10. Análisis granulométrico por tamizado	65
Tabla Nº 11. Límites de Atterberg.....	68
Tabla Nº 12. Resistencia al desgaste - Abrasión de los Ángeles	69
Tabla Nº 13. Proctor Modificado	69
Tabla Nº 14. Densidad de campo – Cono de Arena	70
Tabla Nº 15. Resultados de Modulo de resiliencia y CBR	72
Tabla Nº 16. Resultado de Modulo de resiliencia y su porcentaje de incremento. ...	73
Tabla Nº 17. Resultados de laboratorio para las propiedades físico-mecánicas	73

RESUMEN

Una subrasante es la base de toda la estructura del pavimento, de este dependerán las demás capas a la hora de su diseño, en la ciudad de Juliaca – Puno los suelos en su mayoría están formados por suelos finos, que son una gran preocupación y debe ser enfrentada con mejoras en la subrasante, para mejorar estos suelos se realizó un experimento donde se tendrá dos grupos uno experimental que se le incluirá una geomalla triaxial en la parte de la base del suelo natural y encima un relleno de mejora de 0.30mts de espesor, y el otro grupo es de control que será el mismo procedimiento con la diferencia que no tendrá la geomalla, el propósito de este experimento es conocer en cuanto influye la geomalla triaxial para su mejora de suelos blandos, se realizó a una escala real donde cada grupo tiene una medida de 10mts de largo x 4mts. De ancho, y sobre este se usó el deflectométrico con la viga benkelman para obtener las deflexiones, con estos datos se calculó con dos métodos, el método de hogg simplificado y el método de hogg mediante la correlación propuesta por Del águila, esto con el objetivo de tener resultados más exactos y de esta manera dar el diseño para las demás capas. Lo que se quiere con esta investigación es tener resultados lo más exactos y reales que se puedan obtener usando un equipo deflectométrico que lo pueden encontrar en cualquier laboratorio del Perú y son más económico a diferencia de un DWF evaluando una subrasante, y de esta manera diseñar la estructura del pavimento flexible con mejor calidad y duración de vida útil, en el Perú hasta la actualidad se siguen diseñando pavimentos con los métodos de correlación elaborados por la guía AASHTO 93, estos métodos no son exactos con un margen de error y como resultado se tendrán diseños con menor calidad y duración de vida útil, sufriendo daño estructural como deformaciones, ahuellamientos, fisuras, entre otros. De los experimentos realizados se puede decir lo siguiente en el grupo experimental con una geomalla triaxial se obtuvo un módulo de resiliencia de 1095.41kg/cm² Y un CBR de 8.53% y con el grupo de control se obtuvo un módulo de resiliencia de 589.86 kg/cm² y un cbr 4.54%, con estos resultados se da concluido que la inclusión de la geomalla triaxial si mejora el módulo de resiliencia de una subrasante.

Palabras claves: Geomalla triaxial, módulo de resiliencia, subrasante.

ABSTRACT

A subgrade is the base of the entire pavement structure, on this the other layers will depend at the time of its design, in the city of Juliaca - Puno the soils are mostly made up of fine soils, To improve these soils, an experiment was carried out where there will be two groups, one experimental, which will include a triaxial geogrid in the part of the base of the natural soil and on top of it an improvement fill of 0.30mts thick, and the other group is a control group that will be the same procedure with the difference that the geogrid will not have, the purpose of this experiment is to know how much the triaxial geogrid influences its improvement of soft soils, it was carried out on a real scale where each group It has a measure of 10mts long x 4mts. Wide, and on this the deflectometric was used with the benkelman beam to obtain the deflections, With these data, it was calculated with two methods, the simplified hogg method and the hogg method by means of the correlation proposed by Del águila, this in order to have more exact results and in this way give the design for the other layers. What is wanted with this research is to have the most exact and real results that can be obtained using a deflectometric equipment that can be found in any laboratory in Peru and are cheaper than a DWF evaluating a subgrade, and from this way to design the flexible pavement structure with better quality and duration of useful life, In Peru to date, pavements continue to be designed with the correlation methods developed by the AASHTO 93 guide, these methods are not exact with a margin of error and as a result there will be designs with lower quality and duration of useful life, suffering structural damage. such as deformations, rutting, cracks, among others. From the experiments carried out, the following can be said in the experimental group with a triaxial geogrid, a resilience modulus of 1095.41kg / cm² was obtained and a CBR of 8.53% and with the control group a resilience modulus of 589.86 kg / cm² was obtained. and a cbr 4.54%, with these results it is concluded that the inclusion of the triaxial geogrid does improve the modulus of resilience of a subgrade.

Keywords: Triaxial geogrid, modulus of resilience, subgrade.

I. INTRODUCCION

Nuestras vías afirmadas tanto local como departamental tienen un porcentaje importante en la red vial Departamental de Puno, tenemos muchos proyectos que en la actualidad están sufriendo daños estructurales, deterioros a corto plazo, ahuellamiento, fisuras desprendimientos. Todo esto debido al inadecuado comportamiento de las capas que conforman un pavimento, producto de la utilización de materiales inapropiados (GONZALES 2018, p. 14).

El constante problema que se presenta en la ciudad de Juliaca es el deterioro de vías, por diversas razones entre ellos podemos nombrar a los altos índices de tráfico, los cambios críticos del clima, las precipitaciones pluviales, nivel freático superficial, subrasantes de suelos inadecuados, mala o nula utilización de los geosintéticos en pavimentos sin el previo diseño. Existe una gran cantidad de pavimentos sin asfaltar en mal estado esto es debido por la falta de control y una adecuada estabilización de suelos blandos con geosintéticos, para esto se requiere mejorar las técnicas de pavimentación y diseño de las vías para alargar la vida útil del pavimento.

El problema del deterioro de vías y vida útil de pavimentos a muy corto plazo también de los pavimentos sin asfaltar, da la necesidad de buscar una alternativa más de mejoramiento de las características de la subrasante para pavimentos flexibles, reforzarlos con capa de mejoramiento y geomalla triaxial tomando en cuenta lo establecido en las normas nacionales vigentes tales como la EG-2013-MTC, MC-2014-MTC, EM-2016-MTC.

Por consiguiente, este proyecto de investigación se le denomina como “Influencia de la geomalla triaxial en el módulo de resiliencia de la subrasante para pavimentos flexibles - Puno 2020” de esta manera se plantea el siguiente problema general ¿Cómo influye la geomalla triaxial en el Módulo de Resiliencia de la subrasante para pavimentos flexibles – Puno 2020?, se determinó los siguientes problemas específicos: ¿Como influye la inclusión de la geomalla triaxial en una subrasante con el módulo de resiliencia para pavimentos flexibles?, ¿son adecuadas las características físico-mecánicas del suelo de mejoramiento de la subrasante para pavimentos flexibles? En este caso la **justificación técnica** se realiza para aportar

soluciones prácticas fáciles y económicas haciendo el uso de la viga benkelman en la estabilización de la subrasante de suelos blandos. La utilización de geomalla triaxial en la subrasante como estabilizador, aporta propiedades que mejora a los suelos blandos obteniendo mejores resultados. Por ello la **justificación económica** nos indica que la utilización de geomallas triaxiales según estudios ha comprobado ser más económico que cualquier otro tipo de soluciones alternas para mejorar, reforzar los suelos blandos eliminando costos de excavaciones y explotaciones de canteras con un ahorro de tiempo por su fácil, rápida instalación en campo sin necesidad de usar maquinaria pesada y alargando la vida útil de los pavimentos. Y por esto la **justificación social** indica que la investigación es para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos por ser uno de los principales usuarios de las vías, un mejor diseño de las vías dará un resultado más óptimo, para que no ocurra el deterioro de vías a corto plazo. Y de la **justificación ambiental** nos da a conocer que la aplicación de las geomallas no tiene un impacto negativo respecto al medio ambiente y el material de geosintéticos no es contaminante. Por tanto el objetivo general, “Comprobar la influencia de la geomalla triaxial en la subrasante de un pavimento flexible para evaluar el incremento del módulo de resiliencia”, y como objetivos específicos se tiene: “Determinar que la inclusión de la geomalla triaxial mejora el módulo de resiliencia de la subrasante para pavimentos flexibles”, “Evidenciar las características físico-mecánicas del suelo de mejoramiento de la subrasante para pavimentos flexibles”. Según el problema general y los problemas específicos que fueron planteados se determina la siguiente hipótesis general, “La geomalla triaxial mejora el módulo de resiliencia de la subrasante para pavimentos flexibles – Puno 2020”, y como hipótesis específicos serían: “La inclusión de la geomalla triaxial en la subrasante mejora más de un 70% en el módulo de resiliencia de la subrasante para pavimentos flexibles”, “las características físico-mecánicas del suelo de mejoramiento son adecuadas para pavimentos flexibles”.

Para mejorar estas subrasantes inadecuadas según el Manual de Carreteras Suelos y Pavimentos 2014 se puede estabilizar con diferentes tipos de estabilizadores, como también con los geosintéticos. Una de las alternativas de solución más económica y de corto tiempo con mayor vida útil proporcionando una

mejora de las propiedades de la subrasante son con los geosintéticos (geomalla triaxial) las cuales presentan resistencia a esfuerzos de tensión en tres direcciones, es de fácil instalación, puede ir en cualquier capa del pavimento, brinda aporte que estabiliza los suelos blandos, presenta una alta respuesta elástica al esfuerzo, controla las deformaciones producidas por las cargas; la geomalla triaxial reduce las excavaciones profundas disminuyendo así el espesor de la capa, sin tener que alcanzar el nivel freático ni a las redes de instalación subterránea.

II. MARCO TEORICO

Después de investigar de manera virtual tesis, libros, artículos científicos, trabajos de investigación, nacionales como internacionales seleccionamos las investigaciones con mayor relación con las variables de mi proyecto de investigación.

En el ámbito nacional;(ORREGO 2014), en su **tesis** titulada “**Análisis técnico - económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles de la**, su **objetivo** es analizar las geomallas como refuerzo en las bases granulares en una estructura de un pavimento flexible; tiene la alternativa de buscar la reducción económica sin tener que disminuir su capacidad estructural; para esto realizo 3 alternativas una de sección convencional o no reforzada, otra fue reforzada con geomallas biaxiales y otra reforzada con geomalla multiaxiales, utilizo para las especificaciones generales el MTC, AASHTO, AASHTO-R50, GMA WHITE PAPER II, realizo un diseño para los 3 casos para medir el aporte o mejora de las geomallas en la estructura del pavimento, para el diseño se consideró una variabilidad de S_o igual a 0.45, confiabilidad 0.95, módulo de resiliencia 15 698 PSI, CBR igual 17.06%, realizo 9 secciones a lo largo del tramo, la carpeta asfáltica MR igual a 400 000 lb/pulg², para obtener los valores de TBR uso el Software Spectra PAVE 4 PRO desarrollado por TENSAR quien brindo los espesores de la carpeta asfáltica, base granular y sub base granular tanto de las secciones reforzadas como las no reforzadas. **Los resultados**, los espesores de las secciones no reforzadas son mayores en todos los casos, entre la geomalla biaxial y triaxial el de menor espesor es la triaxial, si hablamos de porcentajes las secciones reforzadas disminuyen en promedio de un 35% al casi 45%. En el caso del costo disminuye en un mínimo el costo a diferencia del pavimento no reforzado. **Recomendaciones**, utilizar las geomallas triaxiales mejora la calidad del pavimento, disminuye el espesor, el costo de la elaboración del pavimento.

(AHUMADA 2018) en tu **tesis** titulada "**Análisis - económico del pavimento flexible con y sin geomallas en la estructura de la subrasante, vía auxiliar izquierda pk 2+000- 2+300 del Proyecto Línea Amarilla** " de la Universidad Cèsar Vallejo, su **objetivo** de la investigación es dar a conocer una comparación

económica en la estructura de la subrasante con geomalla y sin geomalla; analiza el costo de una subrasante mediante el uso de una geomalla y por el otro lado el método convencional estos son los dos casos, la primera propuesta lo realiza mejorando el terreno de fundación, la segunda propuesta es incluir las geomallas en diferentes espesores y el número de capa es menor es de 1.50mts de altura, con relación al método tradicional que lo mejora mediante capas de un total de 4mts de altura, ambas técnicas son válidas, ambos solucionan el problema y mejoran el terreno, la diferencia de estos dos es que uno tiene geomallas es más económica debido a sus propiedades de esta haciendo reducir el espesor de capas también reduce el tiempo de ejecución y el otro genera más gasto, más material, más mano de obra, y más horas maquinas; **resultado** se ha utilizado el mismo paquete estructural en los dos casos, donde se obtuvo como resultado en el primer caso se mejoró la capa de fundación con una profundidad de 4.625m y misma longitud que en el segundo caso; en el segundo caso se mejoró con las geomallas la capa de fundación obteniendo una profundidad de 2.165m con esto se demuestra que se tiene un mayor ahorro en el caso dos, se puede ver que es más económico porque tiene un ahorro equivalente al 47.7%. **conclusión**, concluye que el método tradicional siempre tendrá resultados de mayores capas con esto se tiene más gasto económico, comparado con la geomalla se demostró ser más económico y se tiene una mejor subrasante, debido a que estas tienen un mayor resistencia de redistribución de cargas, y no solo eso también las geomallas reducen el volumen de las capas, **recomienda** Antes de tener una exploración se debe tener en cuenta el plan de contingencia y métodos de mantenimiento esto para conservar la vida útil del pavimento.

(SILVA 2016) en su **tesis** titulada " **Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx140 y tx160, Aplicado a un tramo de la calle Alemania – la molina - Cajamarca 2016**", su **objetivo** es evaluar como la subrasante mejora con las geomallas, para este punto se utilizó dos tipos de geomalla el multiaxial tipo TX140 y TX160; quiere estabilizar el suelo ya que este es blando y de mala calidad aplicando el uso de geomallas multiaxiales, muestra el diseño de subrasante con y sin geomalla multiaxial, el suelo es limo arcilloso (CL), se obtuvo un CBR de 2.5%

y también en el lugar se tenía presencia de agua, **resultados**, se tuvo una gran mejora incrementando su capacidad de soporte de la subrasante y también se tuvo una reducción de los espesores de mejoramiento, también se obtuvo un ahorro de material uno de 54% y otro de 72% con inclusión de las geomallas multiaxiales tipo Tx 140 y Tx 160 respectivamente. **Conclusión**, estas geomallas si tuvieron un gran efecto en la subrasante logrando mejorar la subrasante esto en un promedio de 63%, y este dato está en el rango de mejoras de (46% a 92%) quien lo determina es el Dr. Steve Perkins, ahora el módulo de reacción de la subrasante sin refuerzo es de 2.30kg/cm³ y empleando estas geomallas multiaxiales tipo TX140 y TX160 es de 3.54kg/cm³ y 3.96kg/cm³ respectivamente, mediante el uso del prog. Spectra Pave 4.0, con el cual se calculó un espesor de 0.54m este para una subrasante convencional sin refuerzo y un espesor de 0.25m y 0.15m esto es aplicando las geomallas multiaxiales TX140 y TX160 respectivamente.

En el ambito Internacional; (DUARTE y SIERRA 2011) en su **tesis** titulada“**estudio del comportamiento de un material de subrasante típico de Bogotá estabilizado con un sistema de geoceldas ante la aplicación de ciclos de carga y descarga mediante pruebas de laboratorio**” de la Universidad Pontificia Javeriana, su **objetivo** de investigar es evaluar su comportamiento del suelo típico de Bogotá estabilizado con geoceldas; realizó los ensayos en laboratorio a gran escala con dimensiones 120cm x 90cm x 160cm la estabilizo la subrasante de dos formas tradicional y reforzado con geoceldas para analizar el suelo colocaron medidores de deformación en la caja de ensayo también medidores de presión todo a diferentes alturas utilizaron una platina circular para la compactación del material granular, como **resultado** obtuvo que la utilización de geoceldas reduce los esfuerzos verticales en un 57%, reduciendo los esfuerzos de la subrasante en un 84.8%, la deformación se reduce en un 80.4% todo con respecto al suelo sin reforzar, **conclusión** es mejor usar un sistema de estabilización con geoceldas a una convencional, para un suelo con CBR menor a 2.5.

(CUARTAS 2015) en su **tesis** titulada “**Optimización y refuerzo de estructuras de pavimento flexible mediante geoceldas**”, su **objetivo**, principal de la

investigación es conocer la optimización de las estructuras del pavimento mediante las geoceldas, el método de diseño que utilizo es del tipo mecanista en función a los refuerzos y deformaciones para saber el beneficio de la geocelda considero los módulos de elasticidad, en la subrasante revisa la deformación vertical (ahuellamiento) utilizo material granular para las capas, utilizo el manual de diseño con geosintéticos de PAVCO, realizo un diseño de pavimento con un periodo de 10 años realizo un estudio de tráfico obtuvo un valor de $N = 2\,933\,278$ de ejes equivalentes para determinar la equivalencia utilizo AASHO ROAD, el CBR de diseño igual a 2.0 %; para el diseño con geoceldas utilizo material tipo granular para un periodo de 10 años, la altura de la geocelda fue de 125mm el módulo de la capa superior e inferior es de 115 MPa; la altura de la capa reforzada es de H igual a 18cm, obteniendo como **resultado** de la subbase con geocelda su módulo resiliente fue igual a 374 MPa utilizando el manual de diseño PAVCO. Los resultados, los espesores de un diseño tradicional y un diseño con geomalla en la base granular se diferencian en el espesor de las capas con geocelda disminuyen en 33cm menos (28% de reducción de la capa), esto conlleva a un menor tiempo de ejecución (volúmenes de excavación y compactación), en cuanto a los costos un pavimento con geoceldas reduce en un 6.33% al de un pavimento tradicional. **Recomendaciones** las geoceldas tienen un comportamiento satisfactorio solo si se utiliza material granular para su llenado aun cuando sus características sean menores a las exigidas normalmente.

(CRUZ 2013) en su **tesis** titulada “**Influencia de geomallas en los parámetros mecánicos de materiales para vías terrestres**”, su **objetivo**, es presentar un experimento con el uso de geomallas sobre el comportamiento mecánico de los suelos; para analizar el suelo utilizo la norma emitida por el Instituto Mexicano, ASTM; utilizo dos tipos de geomalla, geomalla biaxial tensor BX 1500 y geomalla triaxial TX 140; esto para realizar las pruebas en suelos con geomallas de refuerzo se calculó el CBR y expansión según M-MMP-1-11/07 de IMT, para la colocación de la geomalla utilizo la norma ASTM D-1883, en el molde de CBR puso 3 capas y la geomalla biaxial tensor BX 1500 lo ubico entre la segunda y la tercera capa desde abajo, cada capa era de 38.8mm de espesor, en el siguiente espécimen de

CBR puso 2 capas y la geomalla triaxial tensor TX 140 en la parte central de ambos, la humedad para todos los casos fue del 29%. **Resultados**, en el suelo en el que se mejoró con la geomalla biaxial tuvo un incremento de valor de 8.3% y para la geomalla triaxial el CBR aumento en un 58%. **Recomendaciones**, en suelos con CBR de 3% a 5% son susceptibles de que la capa de base se pueda beneficiar con la incrustación de geomallas para CBR mayores iguales a 5% el suelo es bueno por lo cual no sería recomendable reforzarla con geomalla para suelos con CBR menores iguales a 1 el refuerzo con geomalla no es una solución.

2.1 LOS GEOSINTETICOS EN LA INGENIERIA

2.1.1 GEOSINTETICOS

Según TAMAYO y VILA (2011) nos indican que los geosintéticos son fabricados con respecto a una transformación industrial de sustancias químicas denominados “polímeros” que fueron derivados de petróleo, del tipo denominado “plásticos”, estos pasan un proceso de transformación para final tener lo que son las mallas, láminas, fibras, tejidos, entre muchos otros, que serán utilizadas en la Ingeniería (p. 8).

También nos indica (ROCA, PEREZ y HERRADOR 2011) que, el empleo de estos geosintéticos en los últimos treinta años se han venido expandiendo en numerosos campos de la construcción de una forma exponencial. El uso de estos geosintéticos ha brindado una amplia forma de construir más simple y económica en la ingeniería, cuidando más los recursos del medio ambiente y dando de utilidad los materiales naturales de una manera óptima (p. 1).

2.1.2 CLASIFICACION DE LOS GEOSINTETICOS

2.1.2.1 Geotextiles

“Koerner no da a conocer que un geotextil es plano, permeable (sintético o natural) este polímero, puede ser tejido o no tejido y que se utiliza en contacto con el mismo suelo (tierra, piedras etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas” (KOERNER 1994, p. 1)

a) Funciones de los Geotextiles

Sus funciones principales de los Geotextiles según (ROCA, PEREZ y HERRADOR 2011, p. 2) son:

- ✓ Es impedir la contaminación de entre capas esto dado por el efecto de las cargas dinámicas o también el arrastre del agua.
- ✓ También tiene la función de resistir los esfuerzos de tensión de un material logrando la disminución de espesores del diseño y el volumen de movimiento de tierras.
- ✓ Evitar que se tenga un taponamiento esto por colmatación en la estructura de un drenaje.
- ✓ También evitar que se tenga grietas en la capa de rodadura esto por reflexión, ya que actúa como una interfase de separación entre las capas de rodadura, entre una nueva y una antigua.

2.1.2.2 Geomallas

Las geomallas son geosintéticos principalmente de refuerzo. Se llegó a aplicar en carreteras teniendo impactos positivos en la parte económica, también reduciendo volúmenes de movimiento de tierras; en la parte técnica se tiene un incremento de vida útil del pavimento y en lo ambiental, reduce el impacto de emisión del carbono en las actividades de construcción realizadas con esta tecnología (VIALIDAD 2015, p. 35).

a) Funciones de las Geomallas

Sus funciones principales de las geomallas según (ROCA, PEREZ y HERRADOR 2011, p. 2) son:

- ✓ Reducir el espesor de las capas estructurales del firme o mejorar las especificaciones de las mismas.

- ✓ Su función es reducir la formación de roderas esto es debido por el esfuerzo cortante y también los asentamientos de las capas de pavimentación, y las deformaciones ocurridas por el tránsito.
- ✓ Obtener mucho mayor durabilidad a la estructura.
- ✓ También aporta a la mejora de la capacidad portante, la resistencia a movimientos y deformaciones laterales de esta estructura ocasionados por el tránsito vehicular.
- ✓ Evita la aparición de las grietas, ya que absorbe los esfuerzos cortantes como también las tensiones, estos causados por las cargas actuantes sobre el área de influencia ocasionadas por las fisuras del pavimento anterior.

2.1.2.3 Geomembranas

Se les define como un recubrimiento de baja permeabilidad o también como barrera, son usados en todo tipo de material y se usa en la ingeniería de geotecnia esto para controlar la migración de los fluidos. Son fabricadas de polímero de hojas delgadas como el HDPE y el PVC estos permiten las uniones entre laminas mediante la fusión térmica o también química, sin tener que alterar las propiedades de dicho material (PAVCO 2009, p. 31).

a) Funciones de las Geomembranas

Su función es relacionada con obras para la protección en este caso del medio ambiente, también tiene como función de aplicarse en rellenos sanitarios, piscinas o tratamiento de lodos, lagunas de oxidación, también para el recubrimiento de canales, la minería, la acuicultura y también para el recubrimiento de tanques, siempre aplicándose en el campo de la ingeniería geotecnia y la hidráulica (PAVCO 2009, p. 32).

2.1.2.4 Geoceldas

Estas tienen una estructura tridimensional con una altura y en forma de romboide, es utilizado para el control de rellenos de taludes, su objetivo es evitar el deslizamiento y la erosión. Se utiliza también para el confinamiento del material dentro de sus celdas y así se podrá construir plataformas reforzadas, con un mayor

control de distribución de la carga. A lo largo del tiempo se han llegado a fabricar con diversos peraltes y también tamaños de la abertura de su celda, es un polietileno de alta densidad resiste mejor las bajas temperaturas y el polipropileno hace que sea más elástico y se estira fácilmente (CRUZ 2013, p. 26).

a) Funciones de las Geoceldas

Sus funciones principales de las geoceldas según (CIDELSA 2015, p. 3) son:

- ✓ Control de erosión entre estas tenemos la protección de taludes, la protección de los canales y las defensas ribereñas.
- ✓ Soporta las cargas en vías controlando la estabilización de subrasantes y refuerzo de una estructura de un pavimento.
- ✓ Contención de suelos, este material forma la estructura de los muros de gravedad, dependiendo del material que se va a confinar, y de esta manera logra así una perfecta integración estética al medio ambiente.

2.1.2.5 Geocompuestos

Es la combinación de dos materiales a más tiene como función el drenaje para caminos. Para un drenaje se tiene que combinar un geotextil y un geored, de esta manera se resuelve de forma correcta la captación y conducción de un fluido. el geored es un geosintético diseñado principalmente para la conducción de fluidos, este es fabricado de una manera resistente a los factores térmicos. Biológicos y químicos que se presentan en el suelo que podrían dañar el desempeño de la estructura (PAVCO 2009, p. 18).

a) Funciones de los Geocompuestos

Sus funciones principales de los Geotextiles según (PAVCO 2009, p. 20) son:

- ✓ Su función principal es drenar presas y canales.
- ✓ También funciona como subdrenaje para la parte baja de una edificación en contacto con el agua.
- ✓ Se usa como drenaje en carreteras y pista de aterrizaje.
- ✓ Funciona también para drenar debajo de terraplenes.

2.1.3 CLASIFICACION DE GEOMALLAS

Se clasifican de diferentes maneras en este caso de acuerdo a sus criterios.

GEOMALLAS UNIAXIALES

“Las geomallas uniaxiales son alineadas en una dirección, tiene juntas transversales, este tipo de geomalla se aplica cuando se conoce la dirección de la aplicación de carga” (VARGAS *et al.* 2017, p. 9).

GEOMALLAS BIAXIALES

Las geomallas biaxiales son muy distintas a una uniaxial ya que tiene una estructura reforzada en ambas direcciones esto le permite ser más eficiente en la redistribución de esfuerzos de un suelo. Es más usado cuando se presentan altas cargas, en muy cortos plazos o también en cargas moderadas con periodos de tiempo prolongados, la geomalla biaxial no importa en la dirección que se instale debido a que funciona en ambos casos. Su fabricación es de polipropileno, son resistentes a procesos degenerativos de suelos, también son química y biológicamente inertes (VARGAS *et al.* 2017, p. 9).

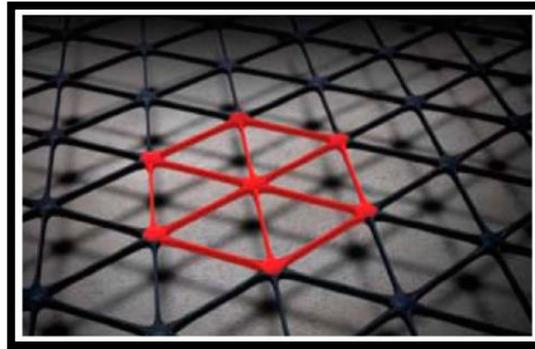
2.1.4 GEOMALLAS TRIAXIALES O MULTIAXIALES

Generalidades

Después de muchos años de investigación a partir del año 2008, se empezó a usar la geomallas triaxiales cuenta con una abertura triangular, lo que le hace más rígida y permite obtener estructuras estables, todo esto gracias a su superior confinamiento que ofrece y cuenta con un peralte mayor (VIALIDAD 2015, p. 37).

Según SANTILLÁN (2010, p. 7) nos indica que “estas geomallas triaxiales han sido utilizadas internacionalmente con diferentes tipo de suelo y climas muy distintos, la nueva tecnología resolvió problemas a nivel de proyectos de”.

Figura N° 1. Forma y textura de la Geomalla Triaxial



Fuente: TENSAR (2020)

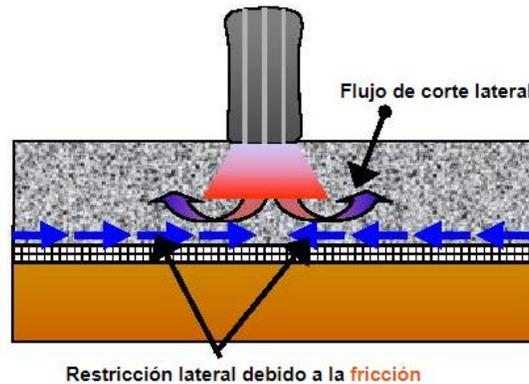
2.1.5 MECANISMO DE REFUERZO DE LA GEOMALLA

“se tienen tres tipos de mecanismos de refuerzo de la geomalla a la hora del refuerzo uno es el mejoramiento de la capacidad portante, el segundo es el confinamiento lateral y el tercero el efecto membrana tensionada” (USACE 2003, p. 5).

Confinamiento lateral

Se obtiene con el trabazón de un material pétreo y la geomalla como se indica en la (figura 2). Al momento de confinar las partículas la geomalla aumenta el modulo de esta capa reforzada con esta, ósea al confinar las partículas impide su movimiento natural de la capa ante aplicaciones de carga vehiculares. El trabazón aumenta la rigidez del suelo, como resultado de esto reduce las deformaciones verticales ocasionados en la parte inferior y también reduce los ahuellamientos en la superficie de rodadura(USACE 2003, p. 5).

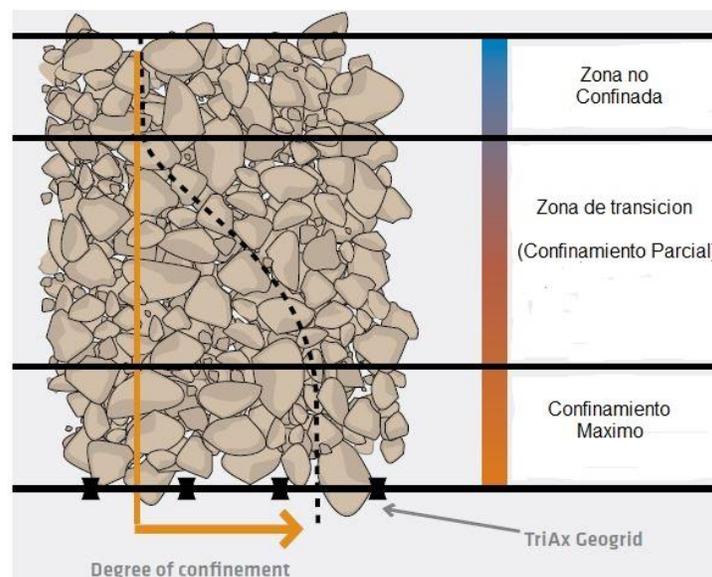
Figura N° 2. Mecanismo de refuerzo de Confinamiento Lateral



Fuente: (USACE 2003)

Según TENSAR (2016) indica que se obtiene una capa de material más rígida debido al confinamiento generado, y se tendrá diferentes resultados de acuerdo al tipo de geomalla, cuando más se aleja del confinamiento poco a poco ira disminuyendo el efecto como se muestra en la (figura 3). Si se tiene una capa de gran tamaño es necesario poner más de una sola geomalla para no perder el confinamiento de esta manera aseguramos el buen comportamiento de estos materiales sin tener que afectar el esfuerzo sobre el pavimento.

Figura N° 3. Distribución de la zona de confinamiento

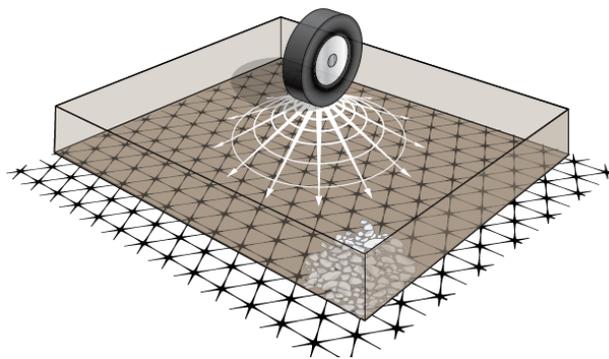


Fuente: (TENSAR 2016)

Un mejor Mejoramiento De La Capacidad Portante

Esta geomalla ofrece una rigidez que permite distribuir las cargas que son aplicadas en un área, obteniendo la disminución de esfuerzos cortantes y verticales como se ve en la (figura 4). La capa de un pavimento de un material blando con falla estructural es reemplazada por este sistema obteniendo mejor comportamiento estructural (USACE 2003).

Figura N° 4. Mecanismo de Mejoramiento de la Capacidad Portante



Fuente: (TENSAR 2016)

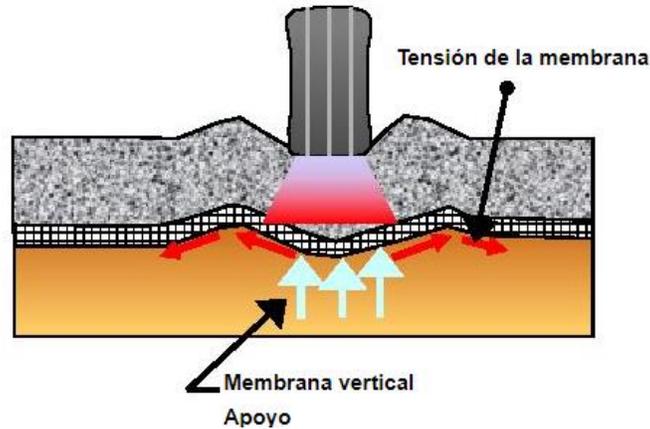
El efecto membrana tensionada

El efecto membrana tensionada se basa a los esfuerzos generados por los vehículos en el terreno natural, estos hacen que sean soportados por la resistencia a la tensión de una geomalla de refuerzo a esto se le llama efecto membrana tensionada. Se presenta cuando hay una deformación en el terreno natural emitidos por los vehículos como se observa en la (figura 4) y estos esfuerzos son recibidos por la geomalla. Este efecto se desarrolla en el refuerzo (geomalla) una resistencia vertical y también se tiene un confinamiento hacia abajo, como resultado se tiene el aumento de la resistencia al corte del terreno natural (MTC-MC 2014, p. 115).

Hace años atrás se mencionaba que este efecto era considerado el principal mecanismo de refuerzo, hasta que luego años después de investigación se pudo determinar que el mecanismo principal es el confinamiento lateral cuando se quiere

reforzar la capa granular, pero si se quiere mejorar el terreno natural, el mecanismo principal son la capacidad portante y el efecto (MTC-MC 2014, p. 115).

Figura N° 5. Efecto Membrana Tensionada



Fuente: (USACE 2003)

2.1.6 FUNCIONES DE LA GEOMALLA TRIAXIAL

Esta geomalla triaxial soluciona problemas de suelo estabilizándolos ya que los materiales granulares se quedan interbloqueadas (trabadas), de forma bien rígida. Cuando se compacta el suelo estas partículas granulares se penetran en su apertura triangular y se logra confinar mecánicamente por la geomalla triaxial para así obtener una capa muy rígida (SANTILLÁN 2010, p. 8).

Su fabricación de estas geomallas hace que tenga una estructura especial que consiste en uniones monolíticas, dándole una gran resistencia y también nervaduras rígidas. Las nervaduras de la geomalla tienen un buen agarre con dichas partículas del árido obteniendo un interbloqueo mecánico muy eficiente (SANTILLÁN 2010, p. 9).

Este interbloqueo de la geomalla impide los movimientos laterales y su dilatación de las partículas del arido, dándole una resistencia muy alto al esfuerzo cortante. A esto se le llama confinamiento ya que el interbloqueo inmoviliza las partículas y confina. La combinación de estas dos características nos asegura en las capas granulares estabilización. Según (SANTILLÁN 2010, p. 9), indica que las geomallas triaxiales:

- Cuando aplicamos una carga en este caso vertical en la geomalla se generan tensiones esto debido a partir de las deflexiones muy pequeñas.

- Cuando se le aplica una carga de trabajo en relación con la deformación de la geomalla triaxial es muy pequeña.
- Se generan tensiones en una geomalla a partir de las deflexiones pequeñas al aplicarle una carga vertical.
- Se tiene un material compuesto cuando están formadas por una geomalla triaxial y el material granular, a esto se le llama una capa de terreno estabilizado mecánicamente.

2.1.7 PROPIEDADES MULTIDIRECCIONALES DE LA GEOMALLA TRIAXIAL

En una geomalla biaxial tiene resistencia a tracción en dos direcciones, mientras que en las geomallas triaxiales este presenta rigidez en las tres direcciones, debido a su rígida geometría triangular. Estas características hace que sea distinta a otras geomallas, lo que le proporciona una rigidez de 360° uniformemente, es una geomalla multidireccional con propiedades isotropas (SANTILLÁN 2010, p. 13).

2.1.8 PROCEDIMIENTO DE INSTALACION DE LA GEOMALLA TRIAXIAL

Preparado del Terreno

Limpie, despeje y excave (si fuera necesario), retire toda la capa vegetal del suelo, también los materiales inapropiados que no sirvan del terreno. Si tenemos suelos muy blandos con (CBR < 0.5). para suelos moderadamente competentes (CBR > 2), es mejor realizar un aplanamiento de la subrasante para de esta forma detectar material inapropiado. De ser posible se tiene rastrillar hacia atrás esto es para suavizar el ahuellamiento. Profile, empareje y compacte si fuere necesario el suelo (TENSAR 2019, p. 4).

Colocación y Traslape de Geomalla Triaxial

Como primer paso desenrolle la geomalla en dirección del tráfico de manera que el eje del rollo este paralelo al tráfico. Es preferente desenrollar de forma transversal o también en forma perpendicular de acuerdo a la alineación del terreno esto en subrasantes muy blandas (CBR menor a 0.5), especialmente cuando exista

dispersión lateral y también si existiera separación del traslape de las capas (TENSAR 2019, p. 5).

Para el caso del traslape se debe colocar como las tejas de un tejado la geomalla, esto será en la dirección de donde se empieza a aplicar el relleno para así evitar que se pelen en los traslapes (TENSAR 2019, p. 5).

Compactación de la Subrasante

Se puede usar métodos de compactación estándar, menos en los suelos blandos en este tipo de suelos es mejor recurrir a una compactación estática y no vibratoria, se puede decir como en suelos de grano fino o sin cohesión, como tal es el caso los limos. La compactación debe ser con un rodillo liviano; si se obtiene la humedad óptima del material de relleno se realiza con mayor eficacia la compactación (TENSAR 2019, p. 8).

Si se produce ahuellamiento o bombeo severo debido al tráfico de camiones o niveladoras, se pondrá inmediatamente relleno para fortalecer la zona. Las subrasantes limosas son bien propensas al bombeo. En algunos casos es prudente determinar las operaciones durante un tiempo para que la presión de sus poros se disipe y de esta manera se tendrá una subrasante estabilizada. De lo contrario se tendrá que implementar medidas como zanjas de drenaje con esto para poder reducir el nivel de humedad de dicha capa de una subrasante (TENSAR 2019, p. 8).

2.2. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

2.2.1. Definición de la Subrasante

Es una capa de una carretera de terreno natural, que tiene como función soportar toda la estructura de un pavimento, se puede expandir toda una profundidad para que no llegue a afectar la carga de diseño. Todo depende de su capacidad de soporte para poder diseñar las demás capas y sus espesores de tendrá la estructura. Se le considera la cimentación de un pavimento (CABALLEROS 2006, p. 29).

Para tener una construcción de pavimentos asfálticos durables y económicos debe tener un terreno de fundación compuesto por buenos materiales, según (YODER y WITCZAK 1975), indica que, Las propiedades deseables que un terreno de fundación debe tener, para optimizar el funcionamiento de un pavimento durante toda su existencia con espesores mínimos, incluyen los esfuerzos, capacidad de drenaje, una buena compactación y una permanencia de dichos esfuerzos en el suelo del terreno de fundación.

Toda la estructura de un pavimento se apoya sobre esta subrasante con un espesor. Esta subrasante está formada por un suelo natural compactado, o también por material mejorado transportado o suelos mejorados, entre otros. Esta capa es importante al momento de calcular las demás capas teniendo su valor de resistencia (MENENDEZ 2016, p. 38).

Las propiedades de las capas subrasante juegan un papel vital en la integridad estructural del pavimento. En pavimentos flexibles, las capas base y subbase son componentes estructurales que pueden ser sostenidos por la subrasante, además la capa base, subbase adecuadamente construida puede proporcionar drenaje interno, al tiempo que evita la entrada de agua en la subrasante, las subrasantes pueden ser estabilizadas de distintas maneras (PAPAGIANNAKIS y MASAD 2007).

2.2.2. Función Principal de la Subrasante

Su función principal de esta subrasante, es tener que transmitir, soportar y también distribuir el efecto de carga con uniformidad de los tránsitos, estas cargas provienen de las capas superiores del pavimento, de esta manera se quiere que el terreno natural sea capaz de soportar todas estas cargas (CABALLEROS 2006, p. 30).

2.2.3. Valor de diseño de la Subrasante

En el manual de carreteras del MTC (MTC-MC 2014, p. 35), nos indica que para obtener el cbr de una subrasante, se debe ver lo siguiente:

1. en los sectores que se tuvo más de 6 valores de CBR de un suelo o de una sección se va considerar el valor de cbr de la subrasante el promedio de todos los valores que fueron analizados.

2. y en los sectores que se tuvo menores a 6 valores de CBR de un suelo o por sección de características homogéneas, se tendrá que determinar su valor en función a los siguientes criterios:

- ✓ Si estos son parecidos o también similar, se tomará el valor promedio.
- ✓ Si de lo contrario no son parecidos ni similares, se tomara el más crítico (el más bajo) o también subdividir toda la sección con el fin de agrupar por subsectores y obtener valores parecidos o similar del cbr y tomar el valor promedio de ellos, en este caso la longitud no tiene que ser menor a 100m en los subsectores.

En la tabla 1 se encuentran los valores de CBR parecidos o también similares estos están en un rango de categoría de la subrasante.

3. una vez obtenido el valor de CBR del diseño, en cada sector que tienen las características todas homogéneas, se van a clasificar de acuerdo a su categoría de subrasante, según lo siguiente:

Tabla N° 1. Categorías de Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S_0 : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S_0 : Subrasante Insuficiente	De CBR \geq 3% A CBR < 6%
S_0 : Subrasante Regular	De CBR \geq 6% A CBR < 10%
S_0 : Subrasante Buena	De CBR \geq 10% A CBR < 20%
S_0 : Subrasante Muy Buena	De CBR \geq 20% A CBR < 30%
S_0 : Subrasante Excelente	CBR \geq 30%

Fuente: (MTC-MC 2014, p. 35)

2.2.4. Mejoramiento De Subrasante Utilizando Geomalla

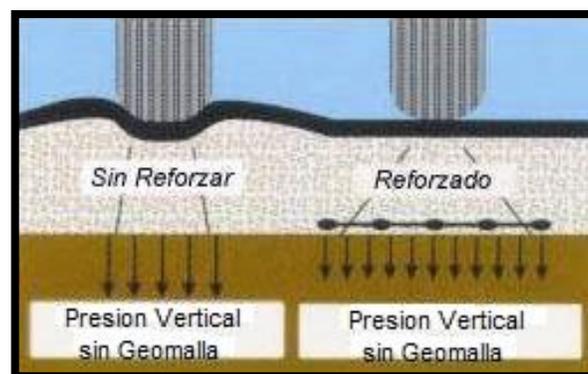
Según (TENSAR 1986), “las subrasantes débiles son un gran problema en la construcción de pavimentos, el fallo en estas conduce rápidamente al deterioro de la estructura del pavimento flexible”.

“a lo largo de los años, las subrasantes pobres, débiles o también contaminadas fueron removidas y mejoradas con relleno de material mejorado, o también fueron estabilizadas químicamente. Pero estas opciones son costosas y sobre todo conlleva a un proceso constructivo que más tiempo de ejecución” (TENSAR 1986).

(TENSAR 1986) indica que. Con la evolución de la tecnología las geomallas son una gran mejora aumentando el rendimiento de la subrasante, obteniendo de esta manera un pavimento flexible más resistente, también dando a la capa más estabilidad y más resistencia, se obtuvo mejores compactaciones, debido a la reducción de la oscilación, además tuvo mejoras en la reducción de costos y tiempo de ejecución provocados por los movimientos de tierras.

(TENSAR 1986) indica que, “La geomalla distribuye las cargas más eficaz de una manera amplia y pareja sobre la subrasante, para esto debe haber una interacción entre el material y la geomalla”.

Figura N° 6. Distribución de esfuerzos



Fuente: (TENSAR 2013)

Incluyendo la geomalla se obtiene mejoras en la subrasante. Como resultado se tiene un espesor reducido del material de mejoramiento, la geomalla brinda las funciones de refuerzo y separación. la principal función es distribuir las cargas y con esto contribuye que la presión sea menor en la subrasante, aumentado más el módulo de resiliencia. Fueron comprobados los beneficios de la geomalla aplicándolo, y se demostró con los ensayos de laboratorio y ensayos insitu experimentos a escala real (VIALIDAD 2015, p. 35).

Según (TENSAR 2011, p. 4) nos indica que la geomalla triaxial, reduce el corte y relleno. Eliminar los suelos malos son caros. Y también las áreas contaminadas eliminar son más costosas. Se puede trabajar en la parte superior de los suelos débiles agregando una capa de geomalla triaxial y una capa de material de relleno. El resultado menos socavación, relleno y eliminación costosas.

2.3. MÓDULO DE RESILIENCIA EN LA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

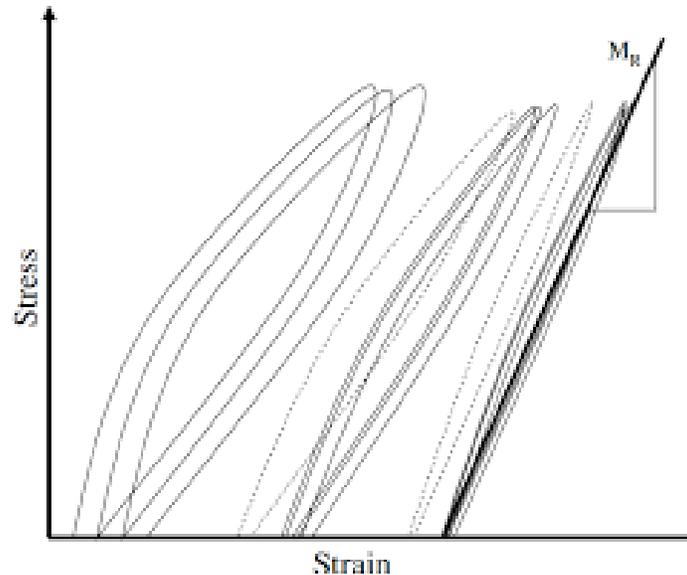
Definición de modulo resiliencia

El módulo de resiliencia está definido por la relación de esfuerzos cíclicos aplicados sobre la deformación recuperable de la muestra luego de muchos ciclos de cargas repetidas, y por esto es una medida directa de la rigidez de los materiales no consolidados en los sistemas de pavimento (MENENDEZ 2016, p. 94).

(HUANG 2004, p. 279), define, “El módulo resiliente es un módulo de elasticidad que será utilizado con la teoría elástica”. también afirma que los materiales empleados en las estructuras de pavimento, estos no son elásticos porque experimentan deformación alguna después de aplicarle una carga, pero que pueden ser considerados elásticos debido a que después de las repeticiones iniciales (en la que se puede observar la acumulación de deformaciones no recuperables) el comportamiento de los materiales es prácticamente elástico.

“El mecanismo de acumulación de la deformación permanente se muestra en la Figura 7, se debe notar que en los ciclos la deformación disminuye en cada ciclo, hasta por ultimo desaparecer” (MORENO 2016, p. 31)

Figura N° 7. Carga repetitiva aplicada a material granular no ligado (o al suelo) en una máquina triaxial para estimar el valor de MR.

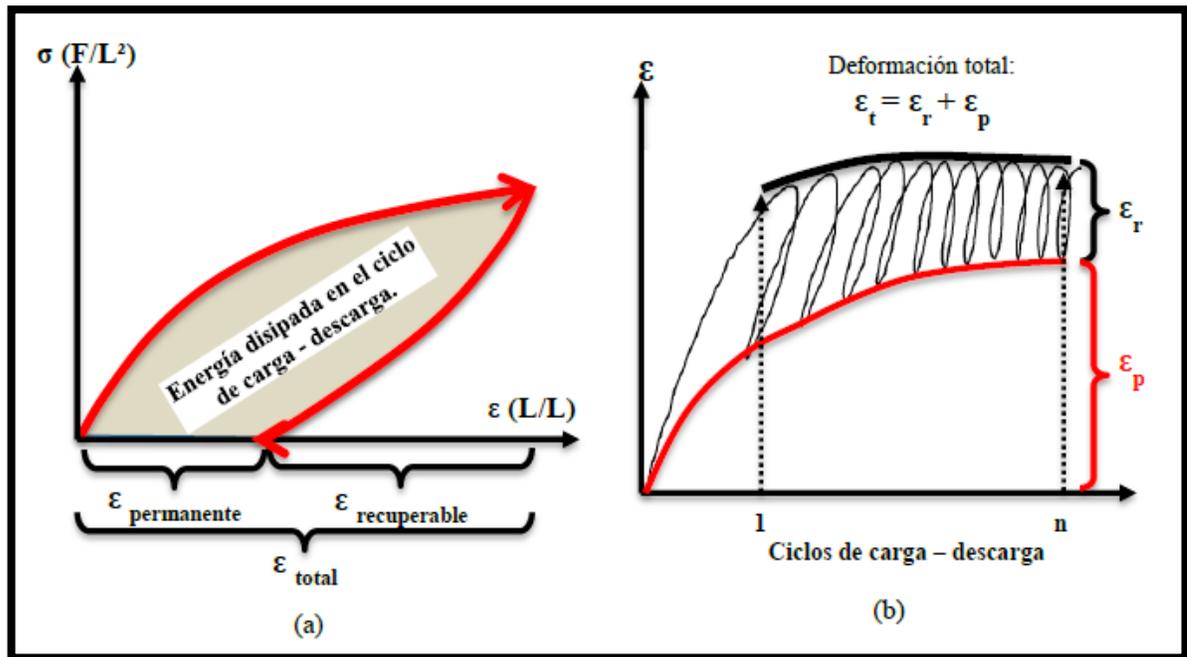


Fuente: (DAS 2014, p. 18)

el método francés de diseño de pavimentos (LCPC-SETRA 1994) no emplea la denominación “resiliente” y se refiere a la relación constitutiva de los materiales como módulo de Young o módulo de elasticidad.

En la parte (a) de la Figura 8 se presenta un ciclo de carga y descarga de un material no-lineal con acumulación de deformación permanente. En la parte (b) se presenta el proceso de acumulación de deformación bajo carga cíclica. La deformación total (ϵ_t) es la suma de la deformación elástica o “resiliente” (ϵ_r) y la deformación permanente o plástica (ϵ_p). Para un nivel de esfuerzo dado, la acumulación de deformación permanente se reduce con el número de repeticiones de carga hasta alcanzar una condición elástica que permite estimar el módulo resiliente (VAZQUEZ y GARCIA 2017, p. 3).

Figura N° 8. (a) Ciclo de carga – descarga de un material elástico no-lineal, (b) Deformación bajo “n” ciclos de carga constante



Fuente: (VAZQUEZ y GARCIA 2017, p. 4)

(VAZQUEZ y GARCIA 2017, p. 3) indica que el módulo resiliente se calcula mediante la siguiente ecuación:

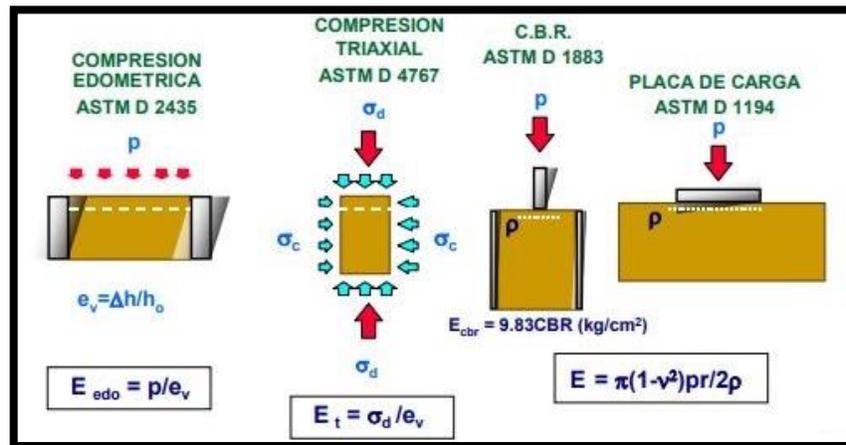
$$M_r = \frac{\delta_d}{\varepsilon_r} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde M_r es el módulo de resiliencia o elástico, δ_d es el esfuerzo desviador cíclico ($\delta_{axial\ cíclico} - \delta_{camara}$) y ε_r es la deformación resiliente o recuperable que se alcanza después de varias repeticiones de carga; $\delta_{axial\ cíclico}$ es el esfuerzo axial, esfuerzo mayor y δ_{camara} presión de confinamiento, esfuerzo menor.

2.3.1. Relación entre el módulo de resiliencia determinado por laboratorio y por reflectometría

Según (MINAYA y ORDÓÑEZ 2006, p. 68) indica que. La teoría de la elasticidad nos da a conocer que se puede emplear tanto en ensayos de laboratorio y de campo para así poder determinar el módulo elástico. En la (Figura 9) se puede observar los ensayos disponibles en Perú.

Figura N° 9. Ensayos para la obtención del Módulo elástico.

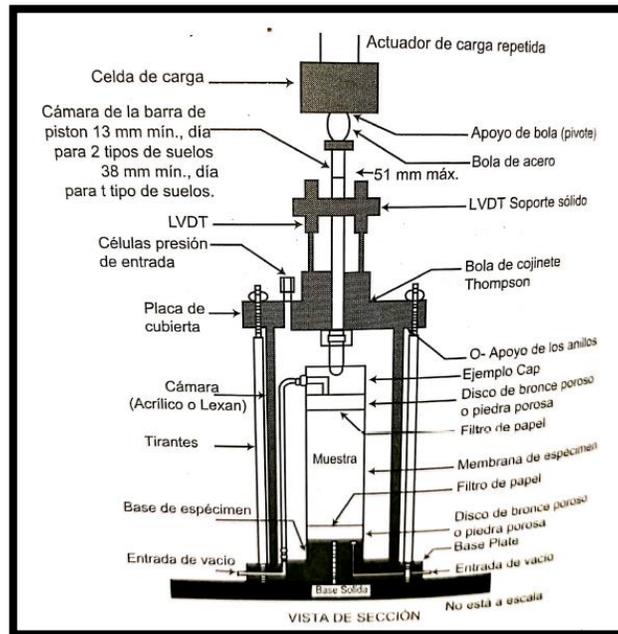


Fuente: (MINAYA y ORDÓÑEZ 2006, p. 69)

2.3.1.1. Módulo de resiliencia en laboratorio

El módulo resiliente por laboratorio es mediante el ensayo AASHTO T294-921, es en aplicar un número determinado de repeticiones de un esfuerzo desviador dinámico (σ_d), este ensayo se hace en una probeta que estará sometida a una presión de confinamiento estática (σ_3), se hará en una cámara de presión triaxial (ACEVEDO et al. 2017, p. 4), se muestra en la figura 10, el ensayo triaxial para obtener el módulo de resiliencia en laboratorio.

Figura N° 10. Esquema de la celda triaxial para el ensayo de módulo de resiliencia.



Fuente: (PAPAGIANNAKIS y MASAD 2007)

2.3.1.2. Módulo de resiliencia mediante ensayos no destructivos - Deflectométricos

Definición de Deflectometría

La evaluación estructural tiene por objeto estudiar la capacidad de un pavimento esto para “soportar” todas las cargas de un tráfico durante su vida útil. Esta evaluación puede efectuarse mediante prospecciones geotécnicas con ensayos “no destructivos”, siendo estos últimos frecuentemente empleados por no causar daño al pavimento existente y por su factibilidad de ejecución (CHANG 2012, p. 80)

Las deflexiones dan una medida de respuesta estructural de todo el pavimento hasta la subrasante frente a una carga aplicada, puede efectuarse el Análisis deflectométrico (CHANG 2012, p. 81) con el siguiente fin:

- ✓ Tener un análisis en forma estadística de todas las deflexiones de un tramo a evaluar.

- ✓ Determinar los puntos más críticos en el cual tendrá mayor deterioro del pavimento.
- ✓ También nos da a indicar la capacidad de soporte de un pavimento, como las cargas de tráfico durante su vida útil del mismo.
- ✓ Con estas deflexiones se puede obtener correlaciones y la presencia de fallas por fatiga.
- ✓ Proponer estrategias de mantenimiento en los pavimentos.

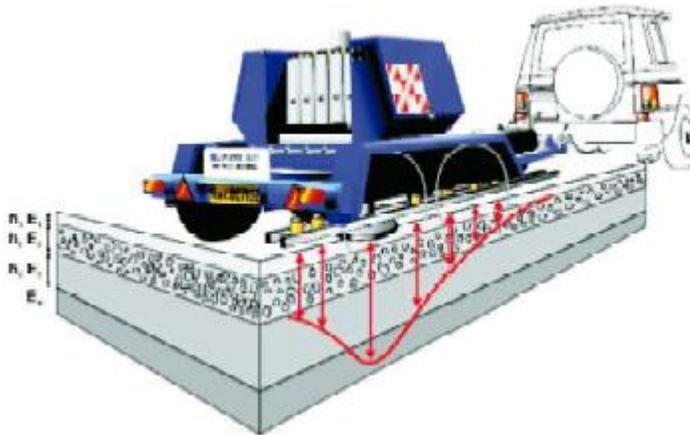
Existe gran variedad de equipos, deflectómetro de impacto, deflectómetro de impacto ligero, viga benkelman, deflectógrafo la Croix (CHANG 2012, p. 81). En este caso mencionaremos al deflectómetro de impacto (FWD) ya que es un equipo con respuestas bastante precisas y también la viga benkelman este equipo será la que utilizaremos para obtener las deflexiones y así como resultado el Módulo de Resiliencia en la Subrasante.

deflectómetro de Impacto (FWD)

En término general el (FWD) es un equipo sofisticado para poder medir las deformaciones verticales, estos que fueron generados por una carga de impacto aplicándolo sobre la superficie del pavimento. Es capaz de aplicar una carga que modela, de una manera adecuada, sus características dinámicas y magnitud de la carga que impone los vehículos sobre un pavimento, y con esto se obtiene respuestas de forma bastante precisas (ACEVEDO et al. 2017, p. 6).

Este equipo (FWD) es ampliamente utilizado en muchos lugares del mundo para dar evaluación de la estructura del pavimento flexibles, semirrígidos y también rígidos. Su aportación de este equipo FWD con diferencia a los demás clásicos, es que nos da un análisis de la capacidad de soporte utilizando el cálculo inverso de los módulos de rigidez de las capas del pavimento, todo esto de sus deflexiones registradas (HIGUERA 2009, p. 4)

Figura N° 11. Presentación del Deflectómetro de Impacto (FWD)



Fuente: (HIGUERA 2009, p. 3)

El cálculo del módulo de resiliencia para el FWD es mediante la siguiente ecuación:

$$M_r = \frac{0.24P}{d_{r.r}} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

M_r = Modulo de resiliencia de la subrasante, retrocalculo.

P = Carga aplicada

d_r = Deflexión a una distancia de r desde el centro de carga.

R = Distancia desde el centro de carga.

Se deber tener en cuenta dos condiciones (ACEVEDO et al. 2017, p. 7),

- ✓ Primero debe ser medido alejado del plato de carga la deflexión, esto para que sea medido en la subrasante la deflexión y sea muy aparte de las capas superiores, y otro punto es que se puede considerar la carga aplicada sobre el plato como una carga puntual para que valide la ecuación anterior.
- ✓ Segundo, en sentido contrario, no debe ser grande la distancia debido a que las deflexiones pueden ser muy pequeñas y como resultado sería difícil de medir con la exactitud que se requiere.

Viga benkelman

La viga benkelman nos indica (CHANG 2012, p. 84) , “Es uno de los equipos con mayor uso en el Perú para la medición de deflexiones, parte de un procedimiento de control de calidad, mira deflexiones en distintas capas de un pavimento”.

“La viga benkelman fue desarrollada por A.C. Benkelman durante la pista de pruebas WASHTO, en el peru fue introducido desde los años 80”(MENENDEZ 2016, p. 69). ”la viga benkelman es un instrumento mecanico y de diseño simple” (HOFFMAN y DEL AGUILA 1985, p. 14).

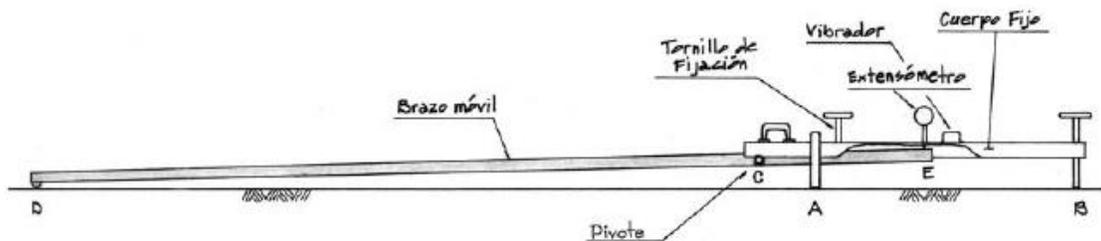
Viga Benkelman Metodología y procedimiento del ensayo

A continuación, se describe el equipos para obtener la deflexión de un pavimento con la viga benkelman en la subrasante del pavimento flexible según (CHANG 2012, p. 85) Procedimiento:

1. Seleccionar el punto donde se efectuará la medición, generalmente es el lado extremo del carril, marcado el pavimento los puntos deben ser ubicados a 0.6mts del borde del pavimento si el ancho del carril es menor que 3.35mts, 0.9mts del borde del pavimento si el ancho del carril es 3.35mts o más.
2. La rueda dual extrema del camión será puesta sobre el punto, ubicado entre las dos ruedas.
3. Colocar la punta del primer brazo de la viga benkelman entre las ruedas duales y colocarlo en el punto ubicado para el ensayo.
4. Se retira las trabas de la viga y la base se ajusta con el tornillo posterior tal que los brazos de medición queden en contacto con los vástagos de lo diales.
5. Anotar la primera lectura, generalmente se gira la esfera del fleximetro para obtener la posición “0” (Cero).
6. Teniendo la lectura en cero, avanza el camión lentamente hasta una distancia de 9 metros o más.
7. Anotar las lecturas internas y la lectura final del dial.
8. Medir la temperatura de la estructura del pavimento:

- a) En un punto no menos de 254mm del borde del pavimento, realizar un pequeño orificio con una profundidad de 4cm.
 - b) Anotar la medida de la temperatura de la carpeta y también del ambiente.
9. Verificar que la presión de las llantas del camión sea uniforme. La revisión será diaria, recomendable una presión de 90psi en todos los neumáticos.
 10. Calcular el espesor total, aproximado una pulgada de los componentes del asfalto ligado en la estructura del pavimento.

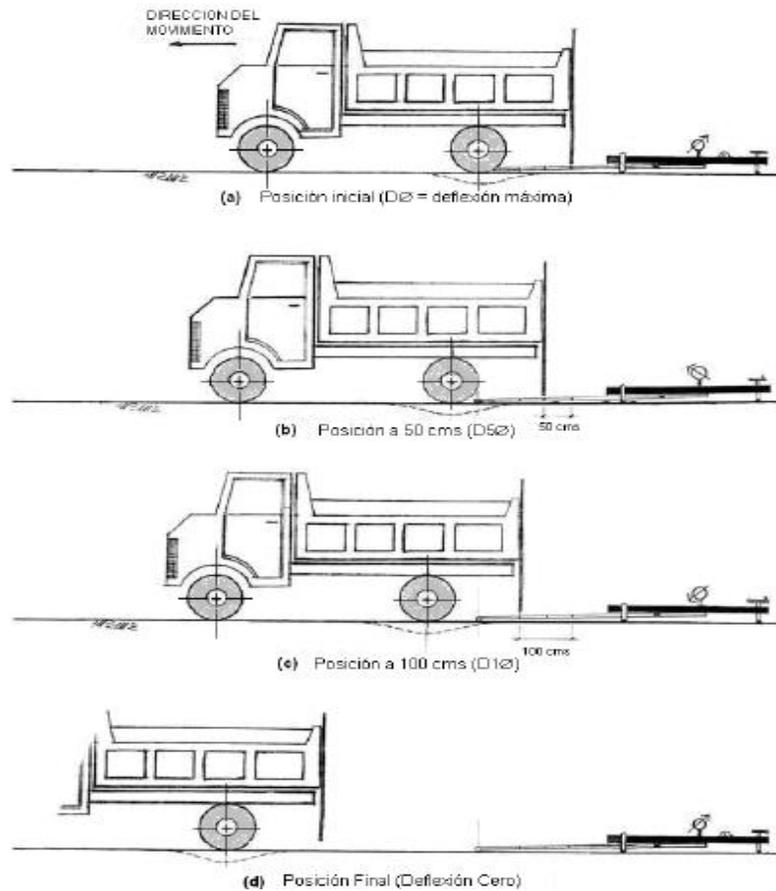
Figura N° 12. El deflectómetro benkelman es mecánico y funciona como palanca, como resultado se tiene las deflexiones.



Fuente: Manual de Carreteras: Ensayo de materiales, (MTC 2016)

Se puede tener medidas de las deflexiones adicionales (a 30, 40 y 50cm.) para el análisis se requiere por lo menos tres lecturas, también se puede tener más para verificar, que sería recomendable hacerlo, o también se puede tener más de tres lecturas con el fin de tener un gráfico de la curva de las deflexiones. Es normal que exista variaciones en la realización del ensayo, no se tendrá que hacer modificación si las primeras deflexiones están dentro del rango de 35% a 65% de la deflexión máxima (ESCOBAR, GARCIA y GUZMAN 2007, p. 42) en la figura 13 se puede observar la toma de las lecturas de deflexiones.

Figura N° 13. Esquematación del Proceso de Medición con la Viga Benkelman.



Fuente: (ESCOBAR, GARCIA y GUZMAN 2007, p. 43)

El equipo para obtener las deflexiones (BALAREZO 2017, p. 37) es el siguiente:

- ✓ Deflectómetro viga Benkelman.
- ✓ Extensómetro con dial indicador de divisiones cada 0.01 mm.
- ✓ Un camión con un peso de 1800lb y las llantas dobles estas deben tener un inflado de 75 a 85 psi.
- ✓ Este camión se tendrá que pesar en una balanza de 10 tn. De capacidad, solo se introduce los 2/3 del camión en la balanza.
- ✓ Termómetro con escala de -10 °C a 50 °C.
- ✓ Manómetro para medir la presión de inflado.
- ✓ Accesorios para medir las lecturas y otros.

Tabla N° 2. Distancia del punto de ensayo

Ancho de Carril	Distancia de punto de ensayo desde el borde del pavimento
2.70 m	0.45 m
3.00 m	0.60 m
3.30 m	0.75 m
3.60 m o mas	0.90 m

Fuente: Manual de Carreteras: Ensayo de materiales, (MTC 2016)

El Módulo Resiliente de la subrasante, se calcula usando la siguiente ecuación para la viga benkelman:

2.3.2. Método de HOGG simplificado

Método de HOGG definición

Una manera de calcular el módulo elástico de la subrasante es mediante el modelo de hogg. Este método es practico ya que simplifica el sistema elástico de las multicapas esto es típico por un modelo equivalente bicapa, debe estar compuesto por una capa rígida sobre un medio elástico. Todo depende de la selección de valores de la curva de deflexiones usada para determinar el módulo de resiliencia de la subrasante, (DEL AGUILA 2007, p. 8), las ecuaciones son las siguientes:

Ecuación 3. Módulo de resiliencia de la subrasante según Hogg.

$$E_{sg} = I \frac{(1+\mu_0)(3-4\mu_0)}{2(1-\mu_0)} \left[\frac{S_0}{S} \right] \left[\frac{P}{D_0 \times L_0} \right] \quad \text{Ec. (3)}$$

Ecuación 4. La distancia donde la deflexión es la mitad de la deflexión máxima.

$$r_{50} = r \frac{(1/\alpha)^{1/\beta} - B}{\left[\frac{1}{\alpha} \left(\frac{D_0}{D_r} - 1 \right) \right]^{1/\beta} - B} \quad \text{Ec. (4)}$$

Ecuación 5. Relación entre la rigidez por carga puntual y carga distribuida.

$$L_0 = \frac{y_0 r_{50} + [(y_0 r_{50})^2 - 4mAr_{50}]^{1/2}}{2} \quad \text{Ec. (5)}$$

$$\text{Si } \frac{A}{L_0} < 0.2, \text{ entonces } L_0 = (y_0 - 0.2m)r_{50}$$

Ecuación 6. Relación entre la Rigidez por carga puntual y carga distribuida.

$$\left(\frac{S_0}{S}\right) = 1 - \bar{m}\left(\frac{A}{L_0} - 0.1\right) \quad \text{Ec. (6)}$$

$$\text{Si } \frac{A}{L_0} < 0.2, \text{ entonces } \left(\frac{S_0}{S}\right) = 1$$

Donde:

E_0 = Módulo de elasticidad de la subrasante

μ_0 = Coeficiente de Poisson de la subrasante

S_0 = Rigidez Teórica por carga puntual

S = Rigidez del pavimento = p / D_0 (carga distribuida)

p = Carga aplicada

D_0 = Deflexión en el punto inicial de carga (Deflexión máxima)

D_r = Deflexión a la distancia radial r

r = Distancia radial del punto inicial de carga

r_{50} = Distancia radial para la cual $D_r / D_0 = 0.5$

L_0 = Longitud característica

h = Espesor de la subrasante

I = Factor de Influencia — ver Tabla 3

A = Radio de huella circular

α = Coeficiente de ajuste de curva—ver Tabla 3

β = Coeficiente de ajuste de curva—ver Tabla 3

B = Coeficiente de ajuste de curva—ver Tabla 3

y_0 = Coeficiente para la longitud característica—ver Tabla 3

m = Coeficiente para la longitud característica—ver Tabla 3

m = Coeficiente para la relación de rigideces—ver Tabla 3

según (DEL AGUILA 2007, p. 9), indica que (WISEMAN 1977) describe el modelo de hogg donde señala tres casos. El primero es de una fundación infinita elástica, y el segundo como el tercero son para estratos finitos con un espesor igual a 10 veces la longitud característica. Tienen un coeficiente de poisson de 0.4 y 0.5 respectivamente. Se observa en la (tabla 3) los valores para los tres casos del modelo de hogg.

Tabla Nº 3. Valor de Coeficientes y Variables de ajustes de curvas para el Modelo de Hogg

Ecuación	CASOS		I	II	III
	Profundidad del estrato rígido	h/L_0	10	10	Infinito
Coeficiente de Poisson	u_0	0.50	0.40	Todos	
A	Factor de influencia	I	0.1614	0.1689	0.1925
B	Valor de D_R/D_0		>0.70	>0.426	Todos
	$r_{50} = f\left(\frac{D_R}{D_0}\right)$	$1/\alpha$	2.460	2.629	3.115
		$1/\beta$	0.592	0.548	0.584
		B	0	0	0
	Valor de D_R/D_0		<0.70	<0.426	
	$r_{50} = f\left(\frac{D_R}{D_0}\right)$	$1/\alpha$	371.1	2283.4	
		$1/\beta$	0.219	0.2004	
B		2	3		
C	$L_0 = f(r_{50}, \alpha)$	y_0	0.620	0.602	0.525
		m	0.183	0.192	0.180
D	$\frac{S_0}{S} = f\left(\frac{A}{L_0}\right)$	\bar{m}	0.52	0.48	0.44

Fuente: Wiseman 1977

Ecuación D0xR50 versus E0 mediante la correlación

De esta modelo de hogg es donde nace la ecuación de correlación D0xR50 y un módulo de resiliencia de la subrasante igual a E0, para este caso es uso datos de ensayos reales de los suelos, siempre usando una carga de eje estándar de 80KN, para este caso se usó el caso II de la (tabla 3) con un $h/10 = 10$ con un coeficiente de poisson de 0.40 (DEL AGUILA 2007, p. 10).

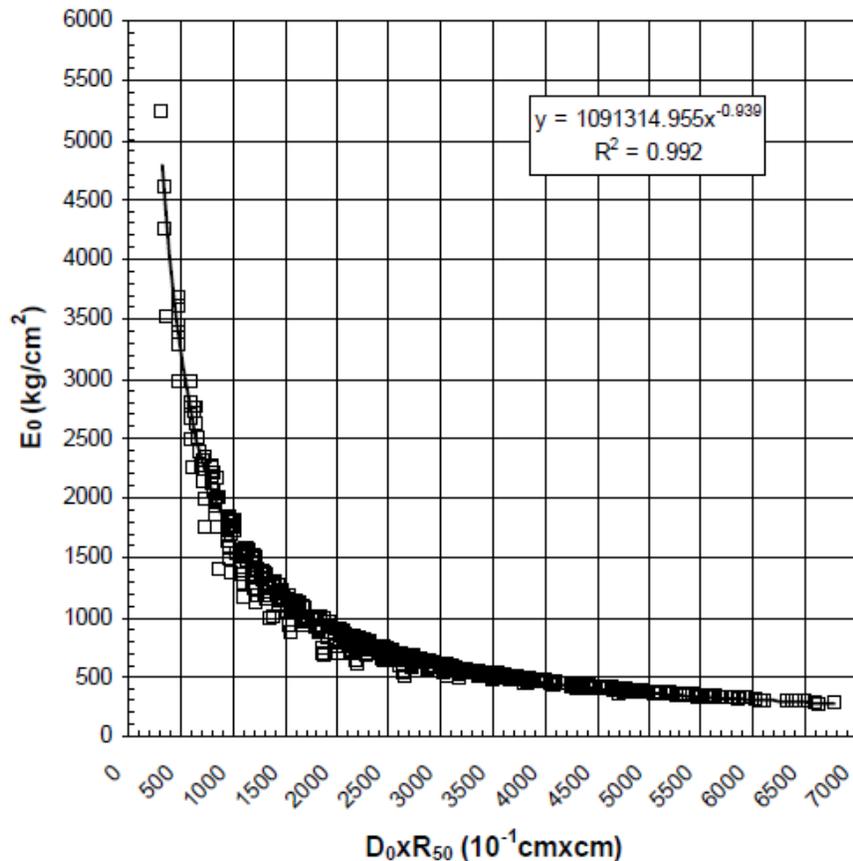
Para esta ecuación de correlación se obtuvo 2135 datos (D0xR50, E0), que tienen una variación que no afecta mucho a la ecuación. Se hizo un análisis con estos datos obteniendo la tendencia exponencial de observo mejor ajuste, con un coeficiente de $R^2=0.992$ de exactitud se podría decir un 100% de exactitud como se puede ver en la (figura 14), (DEL AGUILA 2007, p. 10) para la siguiente expresión:

Método de Hogg simplificado mediante correlación

$$E_0 = 1091314.96 (D_0XR_{50})^{-0.939} \quad \text{Ec. (7)}$$

(DEL AGUILA 2007, p. 11) indica que se puede observar en la Figura 14 la presentación del método de correlación mediante el grafico, donde se ve que los parámetros analizados, muestran una casi perfecta correlación por este método, también se da a conocer que se concuerda con Leger y Autret en sus conceptos descubiertos.

Figura N° 14. Relación D_0XR_{50} versus E_0



Fuente: (DEL AGUILA 2007, p. 11)

2.3.3. Metodología empírica – métodos de correlación

Se tiene la correlación de los pavimentos como también en las subrasantes. En el Perú se usa la guía AASHTO 93, en la cual da a conocer los diferentes métodos de correlación que existe y son aplicados en el Perú hasta la actualidad, este proyecto AASHTO 93 fue desarrollado en los años 1958 y 1960, consiste en la construcción de secciones estructurales, con el objeto de ser sometidos a diferentes factores como climáticos y de carga, y finalmente evaluar su deterioro y de esta manera establecer las correlaciones a través de sus modelos estadísticos (HERRERA 2014, p. 9).

Ante la falta de equipos, para realizar los ensayos se llega a utilizar las ecuaciones de correlación para obtener los valores de CBR y el MR. y con estos datos se diseña

los pavimentos (CHANG 2012, p. 20). De esta manera se propone las ecuaciones de correlación de la guía AASHTO:

- ✓ Esta correlación se aplica a suelos finos con CBR menores a 10% que fueron establecidos por Heukelom y Klomp.

$$M_r = 1500 \times CBR \quad \text{Ec. (8)}$$

- ✓ En otros países como Venezuela se utilizan estas ecuaciones de correlación.

$$M_r = 1500 \times CBR \quad \text{con un CBR} < 7.2 \quad \text{Ec. (9)}$$

$$M_r = 3000 \times CBR^{0.65} \quad \text{con un CBR de 7.2 a 20} \quad \text{Ec. (10)}$$

La primera ecuación es sugerida por ASSHTO, y la segunda es desarrollada en Sudáfrica.

- ✓ Para suelos granulares, la guía ofrece una buena correlación.

$$M_r = 4326 \times \ln CBR + 241 \quad \text{Ec. (11)}$$

En el Perú se utilizan todas estas ecuaciones de correlación para obtener el Mr.

- ✓ Correlación establecida por el instituto del asfalto

$$M_r = A + B \times CBR \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde se indica:

A = valores de 772 hasta 1155

B = valores de 369 hasta 555

- ✓ Para suelos finos que tienen un CBR menor a 20%

$$M_r = 1000 + 500 \times CBR \quad \text{Ec. (13)}$$

- ✓ Expresión general de la guía ASSHTO 2002

$$M_r = 2555 \times CBR^{0.64} \quad \text{Ec. (14)}$$

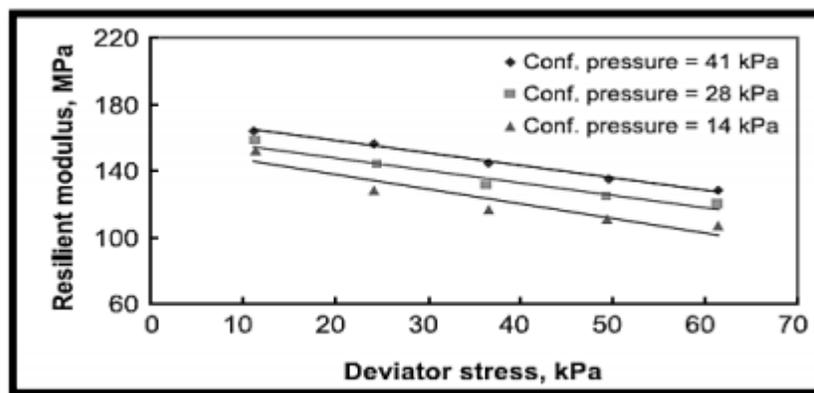
2.3.4. Factores que afectan el Módulo de Resiliencia de los suelos

Existen factores donde el módulo de resiliencia puede ser afectado.

2.3.4.1. Esfuerzo desviador

En un estudio que se realizó sobre este parámetro se dio a conocer que el efecto directo del esfuerzo desviador con el módulo. Indica que a medida que se incrementan el esfuerzo cíclico, el módulo llega a disminuir hasta obtener un valor constante como se muestra en la (figura 15). Este esfuerzo influye mucho sobre el módulo de materiales finos, más que todo en las arcillas (ROJAS 2014, p. 28).

Figura N° 15. Influencia del esfuerzo desviador en el módulo de resiliencia.



Fuente: (RAHIM y GEORGE 2005)

2.3.4.2. Contenido de humedad

Cuando se aplica ciclos de carga a materiales con permeabilidad baja, como son los suelos finos, hay una presión de poro generada que disminuye los esfuerzos del suelo, y esto hace que la deformación aumente, como resultado a mayor contenido de agua el MR disminuye (KHOURY y ZAMAN 2004).

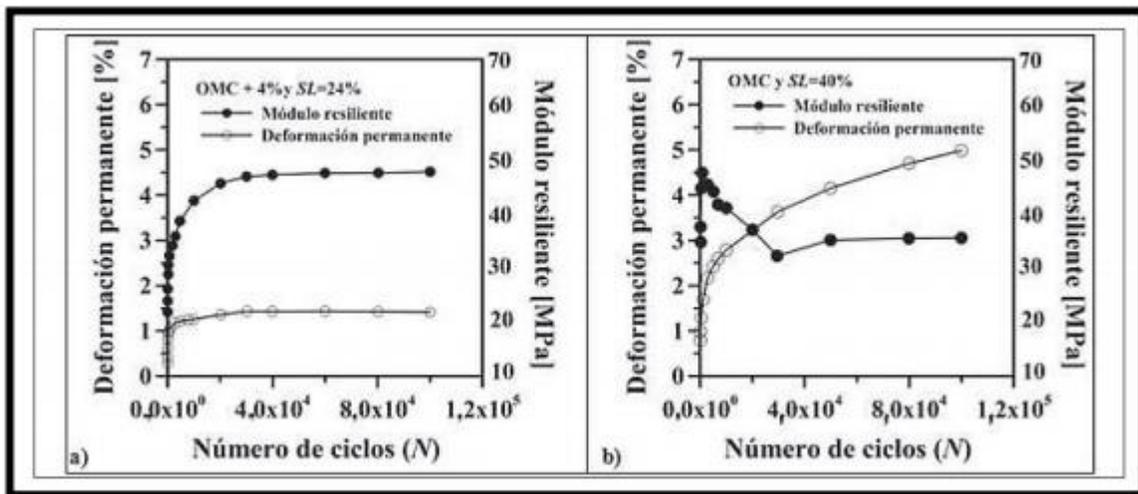
2.3.4.3. Densidad Máxima seca

Cuando se obtiene esta densidad por la compactación del material, se genera mayor rigidez, en otras palabras se obtiene mayor MR. se deja claro que el agua en la estructura del pavimento puede variar con el tiempo, lo que se producirá que

el suelo este seca o húmeda de compactación, esta propiedad está relacionada con el contenido de agua óptima (ROJAS 2014, p. 30).

“los suelos compactados por debajo de un contenido óptimo de agua el MR. será mayor, ya que las deformaciones resilientes presentes en ese estado son pequeñas” (SEED, WOODWARD y LUNDGREN 1963), si se tiene la humedad mayor al óptimo, se tendrá un MR disminuyendo como se puede observar en la (figura 16).

Figura N° 16. MR en arcillas con contenido de humedad a) superior e b) inferior al óptimo



Fuente: (RONDON, REYES y SANCHEZ 2012)

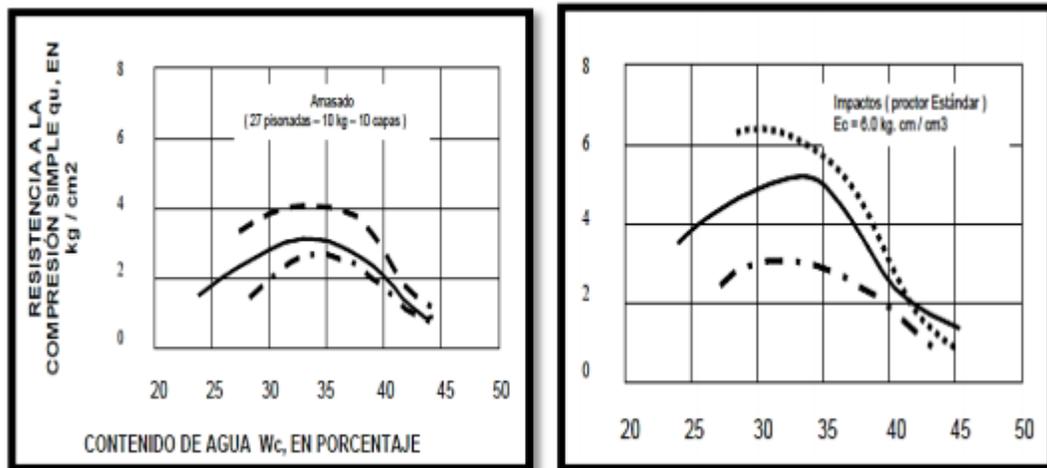
2.3.4.4. Método de compactación

El significado de compactar es romper su estructura original del suelo y paso del tiempo se modifican para tener suelos más densos, la compactación va depender mucho de la naturaleza propia del suelo (ROJAS 2014, p. 32).

Para una compactación depende mucho de los materiales como su forma y tamaño del grano, como también la energía que se usa para compactar y el método. (RICO y CASTILLO 1992), si un material se compacta, con un contenido de agua inferior

al óptimo, el resultado obtenido a la resistencia a la compresión no es significativo, pero no sucede lo mismo si se compacta por el lado húmedo, como se puede ver en la curva de compactación de la (Figura 17).

Figura Nº 17. Efecto de la resistencia en dos métodos de compactación.



Fuente: (RICO y CASTILLO 1992)

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de investigación

(HERNÁNDEZ et al. 2014, p. 138) destaca que, para un diseño experimental, se requiere de dos grupos uno experimental y uno de control para poder comparar, porque si se tiene un grupo no se puede saber con certeza los resultados, de qué manera la variable independiente es manipulada, se da un ejemplo a una especie de planta se le pone fertilizante y queremos tener la certeza de cual fertilizante hace crecer más rápido y para esto se tendrá dos grupos un grupo donde se le pondrá el fertilizante y a la otra planta no se le pondrá, se debe tener un punto de comparación.

El mismo autor también nos aclara que no solo es tener dos grupos, sino que estos dos deben ser similares en todos sus aspectos, la manipulación es lo único que no debe ser igual de la variable independiente o las variables. Con esto se aclara que estos dos grupos experimentales es similar en todo, menos en la manipulación de la variable independiente, se pueden diferenciar solo en este caso mas no en otros factores (p. 138).

(BORJA 2016, p. 14), indica que para una investigación de tipo experimental mediante la manipulación deliberada de las variables del investigador se puede verificar la hipótesis, una investigación es mediante la relación causa efecto del fenómeno.

(FIDIAS 2012, p. 34) explica también que una “investigación experimental es en manipular la variable independiente, para ver la reacción de la variable dependiente”

este proyecto de investigación es experimental porque se tendrá un (grupo experimental) y un (grupo de control) y son similares, estos cuentan el mismo material de mejoramiento con la diferencia que el (grupo experimental) tendrá geomalla triaxial y el (grupo de control) sin geomalla triaxial, se contará con una variable independiente “Geomalla Triaxial”, que causará efecto en la variable

dependiente “Modulo de resiliencia de la subrasante” , es por este motivo que el metodo de este trabajo es cientifico y el diseño de investigacion es experimental.

Aplicada

(VARGAS 2009, p. 159), nos indica que Murillo (2008) describe a esta investigacion aplicada como practico o empirica, ya que busca que se aplique los conocimientos adquiridos, mientras se van teniendo otros. Se tiene resultados rigurosos, bien organizados y tambien sistematicos cuando se da uso del conocimiento y conocer la realidad.

Cuantitativa

“para probar una hipotesis se necesita la recoleccion de datos, en base numerica y un analisis estadistico, esta hipotesis necesita poder establecer pautas de su comportameinto y de esta manera probar las teorias” (HERNÁNDEZ et al. 2014, p. 4)

También (BORJA 2016, p. 11), Plantea que para conocer una realidad es mediante la recolección y análisis de datos, con estos datos uno puede contestar las preguntas de investigación y de esta manera probar la hipótesis. Se basa en la medición numérica y estadísticas con estos se obtiene la exactitud de los comportamientos de una población.

3.2. Variables y operacionalizacion de variables

3.2.1. Variable Independiente: Geomalla Triaxial

Geomalla triaxial de material de polipropileno tiene una abertura triangular, lo cual la hace mas rigida y le permite interactuar con el suelo minimizando el relleno, sobre excavaciones dandole características de mejora a la subrasante (VIALIDAD 2015, p. 37).

3.2.2. Variable Dependiente: Modulo de resiliencia de la subrasante

Se define como la relación de esfuerzos cíclicos aplicados sobre la deformación recuperable de la muestra luego de muchos ciclos de cargas repetidas en la subrasante y con esto se obtiene la rigidez de los materiales no consolidados en una subrasante del pavimento (MENENDEZ 2016, p. 94). Esto serán determinados por el retrocálculo.

3.2.3. Operacionalización de variables

La presente investigación da a conocer las variables, permitiendo un estudio más específico de estas mencionadas. Como se puede observar en la (tabla 4).

Tabla Nº 4. Operalización de Variables

VARIABLE	Definición	CONCEPTO OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
DEPENDIENTE					
Geomalla Triaxial	Geomalla triaxial de material de polipropileno tiene una abertura triangular, lo cual la hace más rígida y le permite interactuar con el suelo minimizando el relleno, sobre excavaciones dándole características de mejora a la subrasante (VIALIDAD 2015, p. 37).	Las geomallas triaxiales son para la estabilización de suelos, se midió mediante la ficha de control. Distribución de cargas -Resistencia a la tracción -Distribución radial	Propiedades de la Geomalla triaxial.	Forma de costilla	Razón
				Resistencia a la tracción	
				Distribución radial	
INDEPENDIENTE					
Módulo de resiliencia de la subrasante	Se define como la relación de esfuerzos cíclicos aplicados sobre la deformación recuperable de la muestra luego de muchos ciclos de cargas repetidas en la subrasante y con esto se obtiene la rigidez de los materiales no consolidados en una subrasante del pavimento (MENENDEZ 2016, p. 94).	El módulo de resiliencia es para ver el comportamiento del suelo mediante esfuerzos cíclicos aplicados sobre la deformación recuperable.	Propiedades mecánicas.	Módulo de resiliente	Razón

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Según (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA 2006), indica que es el “Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”. También indica que es la cantidad de un conjunto que tiene diferentes características, pero solo una especificación; así mismo; esta población tiene que estar bien definida para no cometer ningún error al incorporar la muestra, puesto que, este no solo depende del objetivo del estudio, sino también de la situación en la que estará sometida, el lugar y el tiempo (p. 239). En este trabajo de investigación la población se considera los suelos de subrasantes de la Universidad UANCV de la ciudad de Juliaca.

3.3.2. Muestra

Según (GÓMEZ 2006, p. 15) indica que “en ocasiones no es posible estudiar a todos o a cada uno de nuestros análisis, por lo que se opta solo estudiar una porción de la población. Y damos por conocer que esta porción que estudiamos se denomina muestra”. En este presente trabajo de investigación debido a la condición de la población, se estudiará una porción de la subrasante que se encuentra ubicado al costado del estadio de la Universidad UANCV que está conformada de suelos de subrasante de la de la ciudad de Juliaca y será estabilizado con la geomalla triaxial.

3.3.3. Materiales

- Suelos de mejoramiento proveniente de la cantera Taparachi que se usara como la conformación de la Subrasante.
- Geomalla Triaxial que se usara como refuerzo en la subrasante.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Técnica de investigación

Según (FIDIAS 2012, p. 67) nos indica que “es el procedimiento o forma para obtener los datos o la información”.

En esta investigación se realizará la técnica para la recolección de datos puesto que será influenciado por la geomalla triaxial y separados en dos grupos (grupo experimental) con geomalla triaxial y (grupo de control) sin geomalla triaxial.

Instrumento de recolección de datos

(FIDIAS 2012, p. 68) nos indica que “es un instrumento para recolectar datos, que serán utilizados para obtener resultados, registros o almacenar la información”.

En este proyecto de investigación se tendrá un instrumento de recolección de datos de campo que serán rellenas para los distintos ensayos en laboratorio como también de campo.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción del proyecto de aplicación

El objetivo de este proyecto de investigación es dar a conocer la mejora de las subrasantes incluyendo la geomalla triaxial, es un gran problema en la ciudad de Juliaca teniendo pavimentos deteriorados, subrasantes pobres sin el debido control de las deflexiones, un nivel freático que varía entre 1.50m a 0.60m de profundidad dañando de esta manera las subrasantes y la estructura del pavimento, la función de esta investigación es mejorar las subrasantes con geomalla teniendo como resultado, evitar las excavaciones profundas para dar mejora de este, ahorro en dinero en maquinarias como en materiales y mano de obra, evitar tener contacto con el nivel freático debido a que dañaran la subrasante y al pavimento. El lugar de prueba se tomó en la UANCV de Juliaca a una escala real para obtener resultados reales del comportamiento de la geomalla triaxial esto en el (grupo experimental) y también obteniendo datos del (grupo de control) sin la geomalla.

Figura N° 18. Ubicación del Proyecto.



Fuente: Google Earth

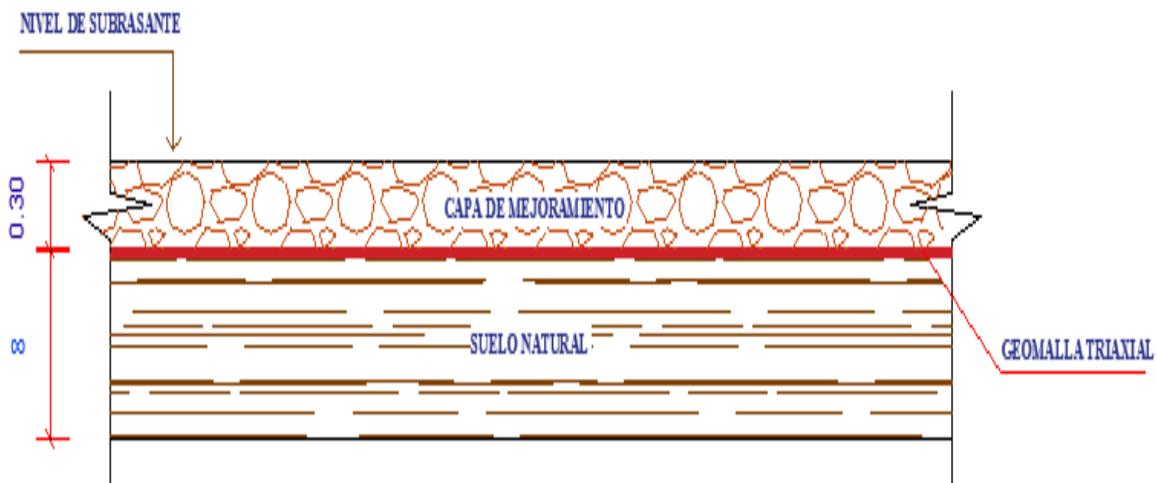
4.2. Descripción del Diseño

A continuación se describe el (grupo experimental) y el (grupo de control) y respectivamente el procedimiento de estas.

4.2.1. Grupo Experimental

Se realizó la construcción de una subrasante a escala real para obtener datos reales de campo, con la inclusión de una geomalla triaxial como refuerzo entre el suelo natural y la capa de mejoramiento, en una dimensión de 4mts. De ancho x 10mts. de largo como se muestra en la (figura 19), continuando a realizar los ensayos de campo. Se usó la viga benkelman en todo el tramo esto hace que requiera el área determinada para las maniobras de la viga benkelman.

Figura N° 19. Plano en corte con refuerzo de la geomalla triaxial.

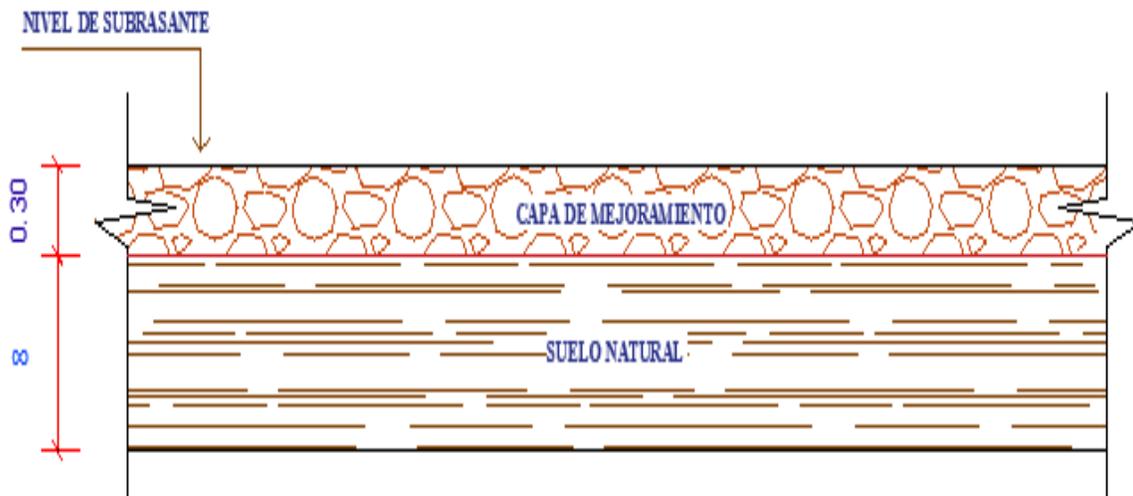


Fuente: Elaboración Propia.

4.2.2. Grupo de Control

Se realizó la construcción de una subrasante a escala real en este caso sin la geomalla, para obtener datos reales de campo, este en una dimensión de 4mts. De ancho x 10mts. de largo, luego así a realizar los ensayos de campo. Se usó la viga benkelman en todo el tramo esto hace que requiera el área determinada para las maniobras de la viga benkelman.

Figura N° 20. Plano en corte sin refuerzo de la geomalla (grupo de control).



Fuente: Elaboración Propia.

4.2.3. Procedimiento del experimento

1. Ubicar el lugar con suelos de subrasante de baja capacidad de soporte.
2. Trazo y delimitación del lugar en donde se ejecutará el experimento.
3. Se realizó la limpieza del terreno con la motoniveladora eliminando la capa orgánica, vegetal con un mínimo de 0.15mts de profundidad.
4. prosiguiendo se puso la geomalla triaxial en el terreno natural (grupo experimental), en un área de 4mts x 10mts y otro tramo continuo de (grupo de control) sin geomalla con un área de 4mts x 10mts.
5. Conocer las características físico-mecánicas del suelo de mejoramiento mediante ensayos de laboratorio.
6. Se colocó en los dos grupos el suelo de mejoramiento con una capa de 0.30mts proveniente de la cantera Taparachi.
7. Se compactó del suelo de mejoramiento en los dos grupos (experimental y de control), con 0.30mts de altura, con una compactación óptima al 95, como lo establece las normas vigentes del Perú.
8. continuando con el procedimiento se realizó los ensayos de CBR insitu a cada uno de los grupos (experimental y de control), y el ensayo empírico no destructivo de viga benkelman.

9. Con los datos obtenidos de laboratorio y ensayos en campo se empezó a realizar los trabajos de gabinete.

10. El Módulo resiliente se obtuvo a partir de los datos obtenidos de las deflexiones de la viga benkelman, utilizando el método de Hogg simplificado mediante el retrocalculo.

11. Con los resultados obtenidos se verifico la diferencia de los dos grupos (experimental y de control), y se obtuvo las conclusiones y recomendaciones.

4.3. Aplicación del método Hogg simplificado

Control Deflectometrico

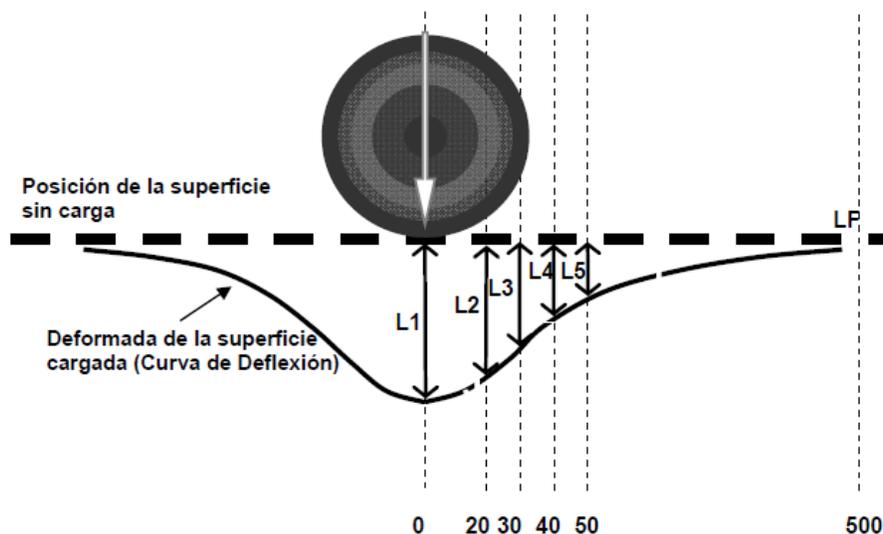
(DEL AGUILA 2007, p. 2) nos describe que, “el deflectometrico se efectúa en la superficie de la subrasante, también en la Sub base, base y en la capa asfáltica”.

Deflexiones de la subrasante

(HERRERA et al. 2018, p. 3) indica que, se le dice deflexión a una deformación que se presenta en una capa o suelo cuando se le aplica una fuerza sobre el mismo, esto hace que el suelo tenga una flexión interna o también se puede decir respuesta estructural ante la aplicación de una carga. Para calcular la deflexión puede ser utilizado un método geométrico o de energía, los cuales tienen en cuenta las leyes que hacen parte de las fuerzas y los desplazamientos.

Para ejecutar este ensayo con la VB primero se empleará un camión con llantas dobles con un peso 8200kg más o menos 100 kg (80Kn) y con una presión de inflado de 80 psi. El tamaño de las llantas del vehículo será 11.00-20 o 12.00-20 de 16 lonas. El control del peso se efectuara en una balanza de camiones, sobre la cual se estacionará solamente el eje trasero del vehículo, debiendo encontrarse el eje delantero fuera de la plataforma de pesado (DEL AGUILA 2007, p. 3).

Figura N° 21. Esquema para la medición de deflexiones, mostrando las distancias off-set a ser consideradas en el ensayo de la viga benkelman.



Fuente: (DEL AGUILA 2007, p. 3)

Resultados de la viga benkelman (grupo experimental) refuerzo con geomalla triaxial

Las lecturas de la VB se muestran en la (tabla 5). Del grupo experimental.

Tabla N° 5. Lecturas y deflexiones de campo (grupo experimental).

PROGRESIVA	CARRIL	Lectura de viga en diales					Deflexión mm 10 ⁻²	
		Lectura inicial <i>L₀</i> (ocm)	L (25cm)	L (50cm)	L (75cm)	Lf (Dmax)	<i>D₀</i>	25CM
0+001	Lado Izq.	0	5	8	11	12	44.00	25.00
0+002	Lado Izq.	0	5	9	11	14	52.00	32.00
0+003	Lado Izq.	0	5	7	12	13	48.00	28.00
0+001	Eje	0	6	9	13	15	56.00	32.00
0+002	Eje	0	4	10	12	13	48.00	32.00
0+003	Eje	0	3	6	8	11	41.00	28.00
0+001	Lado Der.	0	2	5	7	10	37.00	29.00
0+002	Lado Der.	0	1	4	5	8	30.00	24.00
0+003	Lado Der.	0	3	4	6	10	35.00	25.00

Resultados de la viga benkelman (grupo de control) sin geomalla

Las lecturas de la VB se muestran en la (tabla 6). Del grupo de control.

Tabla N° 6. Lecturas y deflexiones de campo (grupo de control).

PROGRESIVA	CARRIL	Lectura de viga en diales					Deflexión mm 10 ⁻²	
		Lectura inicial <i>L₀ (ocm)</i>	L (25cm)	L (50cm)	L (75cm)	Lf (Dmax)	<i>D₀</i>	25CM
0+001	Lado Izq.	0	9	13	17	24	89.00	56.00
0+002	Lado Izq.	0	8	11	17	25	93.00	63.00
0+003	Lado Izq.	0	8	13	18	21	78.00	48.00
0+001	Eje	0	10	15	19	23	85.00	48.00
0+002	Eje	0	9	12	17	24	89.00	56.00
0+003	Eje	0	10	16	21	27	100.00	63.00
0+001	Lado Der.	0	8	14	18	23	85.00	56.00
0+002	Lado Der.	0	9	13	16	24	89.00	56.00
0+003	Lado Der.	0	10	13	17	24	89.00	52.00

Método Hogg Simplificado

$$E_0 = 1091314.96 (D_0 X R_{50})^{-0.939} \quad \text{Ec. (7)}$$

Correlación Del Módulo Resiliente versus CBR

(HEUKELOM y KLOMP 1964) nos da a conocer la correlación, para obtener el CBR se puede usar la siguiente correlación conocida:

$$M_r = K * CBR \quad \text{Ec. (15)}$$

Donde:

Mr = Módulo resiliente que se mide en (kg/cm²)

k = es un coeficiente para esta correlación, donde para suelos granulares gruesos K VALE 100, para suelos granulares finos k vale 110 y por último para suelos finos plásticos k vale 130.

CBR = Valor de Soporte de California, medido en (%).

El uso de correlaciones es conocida mundialmente, elaborados por la guía AASHTO 93 y es parte del procedimiento para obtener el módulo de resiliencia (DEL AGUILA 2007, p. 6).

Procedimiento de cálculo para determinar el Módulo Resiliente:

Para obtener el módulo de resiliencia de una subrasante, el primer paso es obtener la deflexión máxima D_0 y una deflexión adicional D_r , que sea correspondiente a la distancia radial R , segundo paso es calcular la relación de D_0/D_r , tercer paso es obtener la longitud de curva R_{50} , eso se obtiene con la ecuación 4, de lo cual la relación D_0/D_r y sus coeficientes son obtenidos de la (tabla 3), cuarto paso calculamos el producto de $D_0 \times R_{50}$, quinto paso obtenemos con estos datos antes mencionados el módulo de resiliencia reemplazando en la ecuación 7, y por ultimo obtenemos el CBR del suelo de la subrasante empleando la ecuación 15.

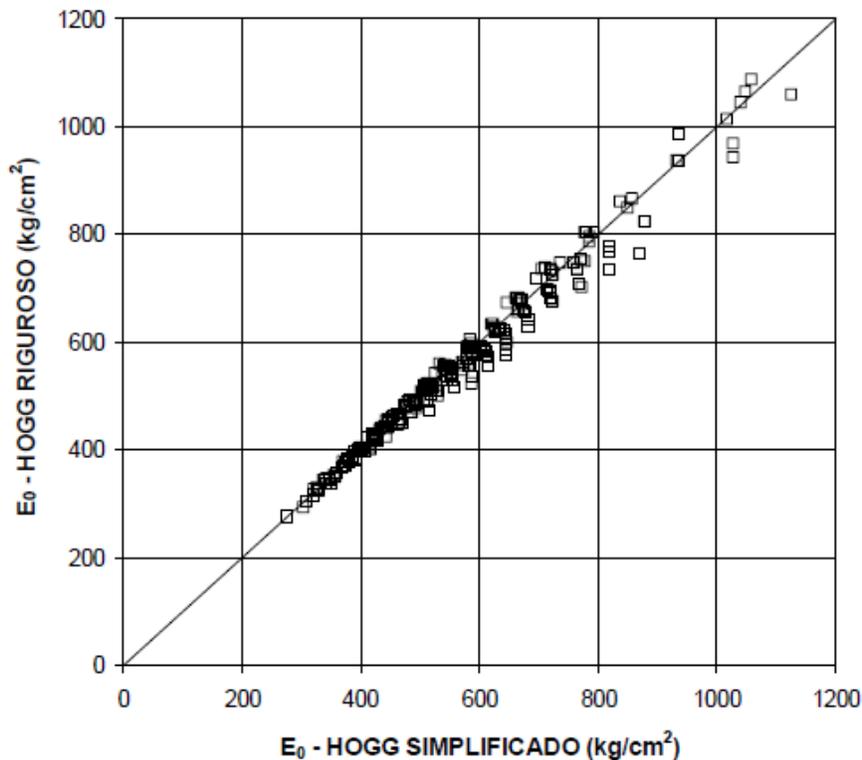
Para hacerlo de una manera más simple y sencilla se usará la (tabla A – en anexos) para determinar los valores de R_{50} esto es en función de la relación de D_0/D_r y también se puede obtener el MR a modo de comprobar el resultado obtenido con la formula en la (tabla B – en anexo) esto en relación de $D_0 \times R_{50}$.

Validar los resultados

Cuando empleamos este método de correlación los datos obtenidos de campo fueron empleados también con el método de hogg simplificado, y como resultado se pudo observar la cercanía de los resultados con esto podemos validar este método de correlación, se puede observar en la (figura 22) donde los valores están dentro de la

línea de igualdad, por lo que se valida este método de correlación propuesta (DEL AGUILA 2007, p. 12).

Figura N° 22. Validación del Método Hogg Simplificado.



Fuente: (DEL AGUILA 2007, p. 7)

4.4. Cálculo del módulo Resiliente por el método de hogg simplificado

Método I

Se pondrá un ejemplo para obtener el módulo de resiliencia en la subrasante mediante el método de Hogg Simplificado utilizando las ecuaciones 3, ecuación 4, ecuación 5 y ecuación 6.

$$A = \sqrt{\frac{P}{\pi p}} \quad \text{Ec. 16}$$

Datos:

A = Radio de huella del camión

P = Carga sobre una llanta.

p = Presión de inflado.

tenemos una carga sobre una llanta de 4500lb y una presión de inflado 80psi con estos datos obtenidos del camión de 18000lb obtenemos el radio de huella, reemplazando en la ecuación 16.

$$A = \sqrt{\frac{4500}{\pi(80)}} = 4.23" = 10.7cm$$

Continuando con el procedimiento se puso las deflexiones de campo obtenidos con la viga benkelman:

Datos:

$$D_0 = 0.46 \text{ mm}$$

$$D_R = 0.25 \text{ mm}$$

$$R = 25 \text{ cm}$$

$$A = 10.7 \text{ cm}$$

$$u_0 = 0.40$$

$$h/L_0 = 10$$

$$\frac{D_R}{D_0} = \frac{0.25}{0.46} = 0.5 > 0.426, \text{ Ver tabla 3}$$

Para el r_{50} se obtendrán los coeficientes $1/\alpha$, $1/\beta$ y B esto de la (tabla 3) y reemplazamos estos datos en la ecuación 4.

$$r_{50} = r \frac{(1/\alpha)^{1/\beta} - B}{\left[\frac{1}{\alpha} \left(\frac{D_0}{D_r} - 1\right)\right]^{1/\beta} - B} \quad \text{EC. 4}$$

$$r_{50} = 25 \frac{(2.629)^{0.548} - 0}{\left[2.629 \left(\frac{0.46}{0.25} - 1\right)\right]^{0.548} - 0} = 27.51$$

El valor de r_{50} nos sirve como un dato para obtener la longitud característica, y los coeficientes y_0 y m se obtendrán de la tabla 3. Reemplazando en la ecuación 5, se obtiene:

$$L_0 = \frac{y_0 r_{50} + [(y_0 r_{50})^2 - 4mAr_{50}]^{1/2}}{2} \quad \text{EC. 5}$$

$$L_0 = \frac{0.602 \cdot 27.51 + [(0.602 \cdot 27.51)^2 - 4 \cdot 0.192 \cdot 10.7 \cdot 27.51]^{1/2}}{2} = 11.75$$

Siguiendo con el ejemplo hallamos el valor de la relación teórica, con un cociente de $\frac{A}{L_0}$, que se da a conocer en la ecuación 6. Además, el coeficiente \bar{m} se obtendrán de la tabla 3. Reemplazando se obtiene:

$$\left(\frac{S_0}{S}\right) = 1 - \bar{m} \left(\frac{A}{L_0} - 0.1\right) \quad \text{Ec. (6)}$$

$$\text{Si } \frac{A}{L_0} < 0.2, \text{ entonces } \left(\frac{S_0}{S}\right) = 1$$

$$\frac{A}{L_0} = \frac{10.7}{11.75} = 0.911 > 0.2$$

Entonces:

$$\left(\frac{S_0}{S}\right) = 1 - 0.48 \left(\frac{10.7}{11.75} - 0.1\right) = 0.6109$$

Como último paso, reemplazaremos todos estos datos obtenidos anteriormente en la ecuación 3 para de esta forma obtenemos el MR de la subrasante.

$$E_{sg} = I \frac{(1 + \mu_0)(3 - 4\mu_0)}{2(1 - \mu_0)} \left[\frac{S_0}{S}\right] \left[\frac{P}{D_0 \times L_0}\right] \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

$$L_0 = 11.75 \text{ cm}$$

$$D_0 = 0.46 \text{ mm} = 0.046 \text{ cm}$$

$$u_0 = 0.40$$

$$\left(\frac{S_0}{S}\right) = 0.6109$$

$$P = 4082 \text{ kg}$$

$$I = 0.1689 \text{ (ver tabla 3)}$$

$$E_{sg} = 0.1689 * \frac{(1+0.40)(3-4*0.40)}{2(1-0.40)} [0.6109] \left[\frac{4082}{0.046 \times 11.75}\right]$$

$$E_{sg} = 1272.78 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Finalmente, aplicamos la ecuación 15 para obtener el CBR, se consideró un factor de subrasante del suelo natural de 130, teniendo como dato el módulo de resiliencia de la subrasante.

$$M_r = K * CBR \quad \text{Ec. (15)}$$

$$CBR = \frac{1272.78}{130} = 9.79\%$$

De este modo se obtuvo el módulo de resiliencia de la subrasante mediante la VB.

Con este dato se da a conocer según la norma propuesta por la (MTC-MC 2014), y de esta manera conocer los valores de CBR de la subrasante visto en la tabla 1.

Método II

De esta manera se continua con el método hogg simplificado mediante la correlación propuesta por (DEL AGUILA 2007). Se demuestra que tan precisa puede ser este

método, ya antes mencionada, con un análisis se pudo observar que la tendencia exponencial tiene un mejor ajuste, obteniendo de este modo un coeficiente de exactitud de $R^2=0.992$ se podría decir un aproximado al 100% de exactitud, donde se indica en la (figura 14), donde se pudo observar una casi perfecta correlación con este método. También se realizó una muestra con el método Hogg simplificado y el método de correlación donde se observa (Figura 22) que los valores obtenidos por correlación están sobre la línea de igualdad, finalizando se demuestra que este método si es válido.

Datos:

$$D_0 = 46 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$D_R = 25 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$R = 25 \text{ cm}$$

calculamos primero la relación de D_0/D_R :

$$\frac{D_0}{D_R} = \frac{46 \times 10^{-2}}{25 \times 10^{-2}} = 1.84$$

Con este dato obtendremos la longitud de curva R_{50} mediante la tabulación de la tabla A (Anexo A)

✓ Haciendo la interpolación de datos para 25cm se obtuvo el resultado de 1.84:

$$R_{50} = 27.5$$

Continuando, con los datos obtenidos se obtendrá $D_0 \times R_{50}$:

$$D_0 \times R_{50} = 46 \times 27.5 = 1265$$

Finalmente, con este dato obtenemos el MR de la subrasante aplicando la ecuación 7.

$$E_0 = 1091314.96 (D_0 x R_{50})^{-0.939}$$

$$E_0 = 1091314.96 (1265)^{-0.939}$$

$$E_0 = 1333.79 \text{ kg/cm}^2$$

Para corroborar este resultado usaremos la tabla B (Anexo B), valores tabulados para el cálculo del MR de la subrasante, con el $D_0 x R_{50}$ como dato

$$D_0 x R_{50} = 1265$$

$$E_0 = 1333 \text{ kg/cm}^2$$

Se puede observar que la diferencia es en milésimas dando así una respuesta correcta del MR de la subrasante.

Como último paso obtendremos el CBR con este módulo de resiliencia considerando un factor de subrasante del suelo natural de 130. Aplicando en la ecuación 15.

$$M_r = K * CBR \quad \text{Ec. (15)}$$

$$CBR = \frac{1333.79}{130} = 10.3\%$$

4.5. Análisis e interpretación de los resultados del módulo de resiliencia y CBR **Interpretación de resultados del módulo de resiliencia (grupo experimental) con geomalla triaxial**

En la tabla 7 se muestra el módulo de resiliencia de la subrasante (grupo experimental), obtenidos con la VB deflectométrico y el CBR. Se hace la comparación por el método simplificado hogg y el método hogg simplificado de correlación.

Tabla N° 7. Verificación de resultados de Modulo de resiliencia (grupo experimental).

Progresiva	carril	Hogg simplificado- Método I		Hogg Simplificado- Método II	
		Módulo de resiliencia de la subrasante $E_{sg}(\frac{kg}{cm^2})$	Valor de soporte de la subrasante CBR (%)	Módulo de resiliencia de la subrasante $E_0(\frac{kg}{cm^2})$	Valor de soporte de la subrasante CBR (%)
0+001	Lado izq.	1291.42	9.93	1320.85	10.16
0+002	Lado izq.	1016.64	7.82	1025.05	7.89
0+003	Lado izq.	1158.82	8.91	1175.48	9.04
0+001	Eje	1010.23	7.77	1046.43	8.05
0+002	Eje	1001.64	7.70	981.10	7.55
0+003	Eje	1134.15	8.72	1090.07	8.39
0+001	Lado Der.	979.15	7.53	929.06	7.15
0+002	Lado Der.	1149.65	8.84	1067.56	8.21
0+003	Lado Der.	1239.84	9.54	1176.77	9.05
Cbr Promedio			8.53		8.39

Analizando en el grupo experimental se observa casi una igualdad entre los dos métodos de Hogg simplificado y Hogg simplificado mediante correlación obteniendo así un Cbr de 8.53% y 8.39% respectivamente, con estos resultados se puede decir que están dentro del rango de la similitud. Esto fue realizado en el (grupo experimental).

Interpretación de resultados del módulo de resiliencia (grupo de control) sin geomalla

En la tabla 8 se muestra la calificación del MR de la subrasante (grupo de control), obtenido con la VB deflectométrico y el CBR. Se hace la comparación por el método simplificado hogg y el método hogg simplificado de correlación.

Tabla Nº 8. Verificación de resultados de Modulo de resiliencia (grupo de control).

Progresiva	carril	Hogg simplificado- Método I		Hogg Simplificado- Método II	
		Módulo de resiliencia de la subrasante $E_{sg}(\frac{kg}{cm^2})$	Valor de soporte de la subrasante CBR (%)	Módulo de resiliencia de la subrasante $E_0(\frac{kg}{cm^2})$	Valor de soporte de la subrasante CBR (%)
0+001	Lado izq.	579.88	4.46	597.96	4.60
0+002	Lado izq.	505.78	3.89	515.96	3.97
0+003	Lado izq.	677.76	5.21	700.48	5.39
0+001	Eje	671.58	5.17	716.39	5.51
0+002	Eje	579.88	4.46	597.96	4.60
0+003	Eje	515.37	3.96	535.98	4.12
0+001	Lado Der.	574.49	4.42	585.73	4.51
0+002	Lado Der.	579.88	4.46	597.96	4.60
0+003	Lado Der.	624.12	4.80	658.30	5.06
Cbr Promedio			4.54		4.71

Analizando en el grupo de control se observa casi una igualdad entre los dos métodos de Hogg simplificado y Hogg simplificado mediante correlación obteniendo así un Cbr de 4.54% y 4.71% respectivamente, se puede decir que están dentro del rango de similitud. Esto fue realizado en el (grupo de control).

Análisis de resultados

- ✓ Analizando los dos resultados en el (grupo experimental) y (grupo de control) de la tabla 7 y la tabla 8, con Cbr de 8.53% y Cbr de 4.54%. obtenemos como resultado una mejora con la geomalla triaxial de 87.89%.

4.6. Ensayos de laboratorio realizados

El relleno para la capa de la subrasante fue extraído de la cantera Taparachi, de este se realizó los ensayos de laboratorio para observar sus características.

1) Contenido de humedad ASTM-D-2216 – MTC E 108

Su objetivo es determinar el contenido de humedad en una muestra, expresado en porcentaje. Se muestra el resultado del ensayo de laboratorio en la tabla N° 9.

Tabla N° 9. Contenido de humedad

Muestra	Contenido de humedad
Cantera Taparachi	8.9%

Fuente: Elaboración Propia

Descripción del ensayo

Primero se tiene una tara y se registra, luego se pone la muestra húmeda, después de esto se tiene el peso de la tara y muestra en la balanza, por último se lleva al horno por 24 horas. Terminado este tiempo se pesa la muestra y con este dato de la tara secado y antes de eso húmedo por diferencia de pesos se obtiene el contenido de humedad.

2) Análisis Granulométrico por tamizado ASTM D 6913/ D 6913M-17

Su objetivo es clasificarlos en función de su tamaño, en la (tabla 10) se puede ver los resultados obtenidos.

Tabla N° 10. Análisis granulométrico por tamizado

N°	Tamices	(mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1	3 ½"	90.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3	2 ½"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
4	2"	50.00	105.00	2.10	2.10	97.90
5	1 ½"	37.50	285.00	5.70	7.80	92.20

6	1"	25.00	485.00	9.70	17.50	82.50
7	3/4"	19.00	513.20	10.30	27.80	72.20
8	1/2"	12.50	571.40	11.40	39.20	60.80
9	3/8"	9.50	575.00	11.50	50.70	49.30
10	#4	4.75	698.00	14.00	64.70	35.30
11	#10	2.00	206.25	14.60	79.20	20.80
12	#20	0.85	99.47	7.00	86.30	13.70
13	#40	0.425	36.52	2.60	88.80	11.20
14	#50	0.300	13.87	1.00	89.80	10.20
15	#100	0.180	16.29	1.20	91.00	9.00
16	#200	0.075	15.63	1.10	92.10	7.90
17	Fondo	0.000	111.90	7.90	100.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia

Con estos datos podemos decir el porcentaje que tiene el material (grava, arena y arcilla).

Análisis Granulométrico	Muestra
Por tamizado	Material de Cantera
Gravas (%)	64.70
Arenas (%)	27.50
Arcillas (%)	7.90

Fuente: Elaboración Propia

Descripción del Ensayo:

Se tiene que tener una muestra aproximado de 3kg, después se le procede a secar, continuando con el procedimiento pesar el material total antes de tamizarlo, después de tamizar el material en el tamiz 200 se lava el material, se extrae el material en cada tamiz para secarlo en el horno a una temperatura de 110°C y finalmente se pesa la muestra. Se tomará dato en cada malla que pase los pesos, y con esto se podrá clasificar el material.

3) Límites de Atterberg NTP 339.129

Su principal función es conocer la plasticidad de un suelo.

Limite Líquido.

Tiene como objetivo obtener el contenido de humedad de la muestra esto será expresado en porcentaje.

Descripción del Ensayo:

Para este ensayo se debe tener 200g de material que pase la malla N° 40, después se le mezcla con agua hasta obtener un material espeso, y este será colocado en la cuchara de Casagrande en una profundidad de 10mm y con una espátula tenemos que emparejar el material, continuando con el procedimiento se divide la muestra haciendo una ranura, y se observara un punto más alto y otro más bajo. Luego se procederá a darle golpes con una velocidad de 2.1 golpes por segundo, tomar nota de los golpes, esto se hará hasta que las dos mitades Esten de nuevo en contacto, se tomará la porción unida para luego secarlo en el horno y así se obtendrá el contenido de humedad.

Limite Plástico.

Tiene como finalidad obtener el contenido de humedad en porcentaje, del cual el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.

Descripción del Ensayo:

Primero se toma 20g de muestra que pase la malla N° 40, esta muestra se mezcla con agua hasta formar una bola esférica, de este se toma una pequeña muestra para rodarle con los dedos de la mano sobre un vidrio, esto se hará hasta que se forme una figura cilíndrica de un diámetro aproximado de 3.2mm, si se llegasen a presentar resquebrajaduras se procederá a pesar y así es como se obtiene el contenido de humedad.

Índice de Plasticidad.

Es la diferencia de los dos límites líquido y plástico, indicando su magnitud de humedad que tiene la muestra, posee consistencia plástica permitiéndole clasificar la muestra. Se muestra los resultados de laboratorio en la tabla N° 11.

Tabla N° 11. Límites de Atterberg

Material	Límites de Consistencia		Índice Plástico (%)
	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	
M -01 (Material de cantera)	31	22	9
Especificaciones Técnicas	35 % máx.	Ninguno	4- 9 %

Fuente: Elaboración Propia

4) Resistencia al desgaste (Abrasión de los Ángeles)

Tiene como función determinar la resistencia al desgaste del material, se usa la máquina de los ángeles, esta máquina los somete a la abrasión, trituración e impacto, dentro de la máquina es todo de acero en rotación, para estos mencionados se usa las esferas de acero.

Descripción del ensayo

Se prepara la muestra con un peso aproximado de 20kg, esta tendrá que ser tamizada por la malla N° 12 y se lavaran las partículas retenidas sobre esta misma malla, para después darle secado en horno, continuando se pesara la muestra, la cantidad de esferas es determinado por tabla, una vez la muestra dentro de la máquina se cierra en su totalidad para proceder a girar a una velocidad de 33 rev./min hasta culminar las 500 revoluciones, como último paso se saca la muestra de la máquina en una charola y al final que criba por la malla N° 12, de esta manera se registra su peso. Se muestra el resultado de laboratorio en la (tabla 12).

Tabla N° 12. Resistencia al desgaste - Abrasión de los Ángeles

Muestra	Perdida por Abrasión (%)
Cantera Taparachi	28.00%

Fuente: Elaboración Propia

5) Proctor Modificado NTP 339.141

Su función es determinar la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco de la muestra, mediante una curva.

Descripción del Ensayo:

Para este ensayo se debe tener 30kg de muestra y deben estar secados, se tomara 6 kg a la cual se le añadirá 2% de agua para arriba, una vez revuelto la mezcla se dividirá en 5 partes iguales $1/5$, y se pondrá cada parte en el molde, para cada uno de ellos se procederá a compactarlo con el pistón en caída, para cada cada se le dará 56 golpes en toda su superficie del material, una vez terminado se usa una regla metálica para enrasar los bordes del molde, y terminado se procede a pesar la muestra húmeda esto junto con el molde, por último se extrae una porción de muestra de la parte superior e inferior en la tara para después llevarlo a secar al horno y de esta manera es como se obtiene el contenido de humedad y con este resultado se obtiene un punto en el gráfico.

Tabla N° 13. Proctor Modificado

Proctor Modificado NTP 339.141		
Material	Optimo contenido de Humedad (%)	Máxima densidad Seca (gr/cm³)
M - 01 Material de Cantera	7.92	2.123

Fuente: Elaboración Propia

6) CONO DE ARENA (Densidad de campo)

Este es un ensayo insitu su objetivo es comprobar el grado de compactación del material compactado artificialmente, es usado en rellenos de carretera, agregados, depósitos de suelos naturales o mezcla de suelos.

Descripción del ensayo

Se toma un área del lugar no necesariamente al borde, se coloca el plato metálico y se procede a excavar este orificio del plato metálico con una profundidad a la capa de control en todo caso casi similar, y después se coloca el cono de manera volteada sobre el agujero, se abre su válvula y se deja caer la arena hasta el punto de que no baje más arena hacia la parte baja, de esta manera se determina el volumen y también la densidad húmeda del suelo es determinado mediante la división de la masa húmeda del material que fue sacado a la hora de su excavación. De esta manera teniendo la masa húmeda del material, el volumen del orificio y el contenido de humedad, se obtiene el volumen del agujero excavado, también la densidad húmeda y seca insitu, la masa del material extraído.

Tabla

Tabla N° 14. Densidad de campo – Cono de Arena

Muestra	% de Compactación
Capa 01	96.06
Material Compactado	

Fuente: Elaboración Propia

V. DISCUSIÓN

Según nuestra hipótesis “La geomalla triaxial mejora el módulo de resiliencia de la subrasante para pavimentos flexibles – Puno 2020” cabe indicar que la geomalla triaxial incremento en el módulo de resiliencia, a comparación con el (grupo de control) sin geomalla. Como se puede observar en la tabla 15.

Tabla N° 15. Resultados de Modulo de resiliencia y CBR

Descripción	Módulo de Resiliencia de la subrasante(kg/cm2)	CBR (%)	Porcentaje
Sin geomalla	589.86	4.54	100.00%
Con geomalla triaxial	1095.41	8.53	187.89%

Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados guardan cierta relación con (ORREGO 2014), debido a que el obtiene dos tipos de cbr en laboratorio para las secciones nuevas un CBR de 17.06% y para el caso de rehabilitación un CBR de 30.50% y de esta manera obtiene el módulo de resiliencia mediante la correlación de ASSHTO 93 con 15698 PSI que convertidos son 1103.67 kg/cm2 y 22769 PSI convertidos son 1600.82 kg/cm2 respectivamente. Para luego así proceder a diseñar las siguientes capas del pavimento.

En este punto se aclara algo muy importante las correlaciones como los ensayos en laboratorio no dan datos exactos con un margen de error en los resultados, en los ensayos no destructivos empíricos tienen un límite para obtener el cbr los cuales no excederán como en este caso un CBR de 30.50% estos datos en campo con ensayos deflectometricos no se obtendrán, con esto dicho se puede decir que mientras tengamos datos más exactos a la realidad tendremos mejores diseño de pavimentos con mejores resultados y gran calidad de vida de estos y durabilidad en los años.

Según nuestra hipótesis específico N° 01 “La inclusión de la geomalla triaxial en la subrasante mejora más de un 70% en el MR de la subrasante para pavimentos flexibles” indicamos en este punto que el módulo de resiliencia de un suelo mejorado con geomalla triaxial mejoro hasta un 87.89% a diferencia con el suelo mejorado sin geomalla.

Tabla N° 16. Resultado de Modulo de resiliencia y su porcentaje de incremento.

Descripción	Módulo de Resiliencia de la subrasante(kg/cm ²)	Porcentaje
Sin geomalla	589.86	100.00%
Con geomalla triaxial	1095.41	187.89%

Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados guardan cierta relación con (NOVOA 2017) en su tesis titulada “Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabaylo – 2017” donde indica que obtuvo un cbr de 16.65% mediante laboratorio con una prueba triaxial en carga repetida y de esta manera obtuvo el módulo de resiliencia de 15,892 PSI equivalente a 1117.31 kg/cm² y nos indica también que tiene un suelo natural de baja capacidad de soporte lo cual se demostraría que tuvo un gran incremento en el módulo de resiliencia.

Respecto a esto se indica que su geomalla triaxial lo puso encima de la subrasante para luego proseguir con las demás capas, como se indica se realizó en laboratorio para la obtención de los datos del cbr con una prueba triaxial.

Según nuestra hipótesis específico N° 02 “las características físico-mecánicas del suelo de mejoramiento son adecuadas para pavimentos flexibles” indicamos que las características físico-mecánicas del suelo de mejoramiento si son adecuadas provenientes de la cantera Taparachi esto se puede ver en sus propiedades.

Tabla N° 17. Resultados de laboratorio para las propiedades físico-mecánicas

Ensayos en Laboratorio	Material Cantera Taparachi	Norma EG – 2013 MTC
Índice de Plasticidad (Ip)	9 %	< 10.00 %
Densidad seca máxima	2.123 gr/cm ³	> 1.60 gr/cm ³

Fuente: Elaboración Propia.

Este resultado guarda relación con (HURTADO 2019), donde indica que las propiedades físico-mecánicas del suelo de mejoramiento deben estar dentro del rango indicado en el

manual de carreteras del MTC EG – 2013 el índice de plasticidad (I_p) debe tener un porcentaje menor al 10% para su empleo en la estructura. También indica que el valor mínimo de la densidad seca máxima es 1.60 gr/cm³ esto obtenido con el Proctor modificado.

VI. CONCLUSIÓN

- ✓ En relación con el objetivo N° 01. **“Determinar que la inclusión de la geomalla triaxial mejora el módulo de resiliencia de la subrasante para pavimentos flexibles”** Se puede determinar que el módulo de resiliencia si aumenta en la subrasante en lo cual se obtuvo un Mr. De 1095.41 kg/cm² esto en el (grupo experimental) con geomalla triaxial y en el (grupo de control) un Mr. De 589.86 kg/cm² sin geomalla, el porcentaje de incremento es de 87.89%. Se concluye también para un Mr. De 1095.41 kg/cm² se obtuvo un CBR de 8.53% esto en el (grupo experimental) y para un Mr. De 589.86 se obtuvo un CBR de 4.54% esto en el (grupo de control), ambos grupos con una capa de mejoramiento de 0.30mts.

- ✓ En relación con el objetivo N° 02. **“Evidenciar las características físico-mecánicas del suelo de mejoramiento de la subrasante para pavimentos flexibles”** Se concluye que las características físico-mecánicas del material de relleno (Cantera Taparachi) son las adecuadas cumpliendo con un índice de plasticidad de 9% menor a lo indicado en el EG – 2013 MTC que indica un I_p menores de 10 y también se obtuvo una Densidad seca máxima de 2.123 gr/cm³ mayor a lo indicado en la norma que indica una DSM mayor a 1.16 gr/cm³.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda hacer estudios en otros tipos de suelos aplicando esta misma metodología para conocer más a profundidad este tema, incluyendo la geomalla triaxial en el suelo natural.
- ✓ Se recomienda hacer los ensayos IN SITU debido a que estas analizan el suelo variable con resultados reales que aportaran para resultados más exactos y con esto proceder a calcular, obteniendo de esta manera la estructura del pavimento bien diseñadas y como resultado tendremos mejores diseños de pavimentos.
- ✓ Se recomienda obtener el módulo de resiliencia para luego proseguir y obtener el cbr, debido a que el módulo de resiliencia es vital estudiar su comportamiento de elasticidad de una capa y ver como se recupera este, mientras la capa de una estructura del pavimento se recupere más rápido se indica que está bien conformado y es apto para proseguir con las siguientes capas.
- ✓ Se recomienda usar el método de hogg simplificado en la subrasante o demás capas con la viga benkelman, de esta manera obtener el módulo de resiliencia debido a que no es indicado usar las correlaciones tienen un margen de error y esto nos conlleva a tener diseños inexactos.
- ✓ Finalmente, este investigador recomienda que el pilar de una estructura de un pavimento es la subrasante, una subrasante bien optima nos puede dar muchos beneficios como disminución de espesor de capas ahorrando en materiales, mano de obra y maquinaria. Una subrasante es la cimentación fundamental de un pavimento, el pilar donde será la base de apoyo de todas las capas de la estructura del pavimento transmitiendo las cargas sobre ello y drenando el fluido del agua.

BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, M.P., DANIEL, C.W., PAPIC, G.P., ORÓSTICA, L.C. y DÍAZ, J.A., 2017. *Relación Entre Módulo Resiliente Determinado Mediante Deflectómetro De Impacto Y El De Laboratorio.* , pp. 17.
- AHUMADA, L.J., 2018. *Análisis económico del pavimento flexible con y sin geomallas en la estructura de la subrasante, vía auxiliar izquierda pk 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla*”. Lima - Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- BALAREZO, J.I., 2017. *Evaluación estructural Usando viga benkelman Aplicada a un pavimento: Piura - Peru: Universidad de Piura.*
- BORJA, M., 2016. *Metodología de la investigación científica para ingenieros.* Chiclayo - Perú: s.n.
- CABALLEROS, E.A., 2006. *Utilización De La Geomalla Como Refuerzo De La Estructura Del Pavimento Flexible.* Guatemala: Universidad De San Carlos De Guatemala.
- CHANG, C.M., 2012. *Evaluacion, Diseño Mecanistico - Empirico, Gestion, Pavimentos Un Enfoque Integral, PT-32.* 3ra Edicion. Lima - Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia-ICG.
- CIDELSA, 2015. *Sistema de Confinamiento Celular - Geoceldas.* 2015. S.l.: s.n.
- CRUZ, E., 2013. *Influencia de Geomallas en los Parámetros Mecánicos de Materiales para Vías Terrestres.* Mexico: Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
- CUARTAS, C.M., 2015. *Optimización Y Refuerzo De Estructuras De Pavimento Flexible Mediante Geoceldas.* Bogota - Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- DAS, A., 2014. *Analysis of Pavement Structures.* 1ra Edicion. Estados Unidos: s.n. ISBN 978-1- 4665-5855-7.

- DEL AGUILA, P., 2007. Determinacion del modulo resiliente del suelo de Fundacion mediante metodo mecanistico-empirico (metodo hogg simplificado). , pp. 22.
- DUARTE, M.C.D. y SIERRA, V.S., 2011. *Estudio del comportamiento de un material de subrasante típico de bogotá estabilizado con un sistema de geoceldas ante la aplicación de ciclos de carga y descarga mediante pruebas de laboratorio*. Bogota: Pontificia Universidad Javeriana.
- ESCOBAR, K.A., GARCIA, A.A. y GUZMAN, C.R.G., 2007. *Análisis comparativo de la evaluación de Pavimentos por medio de la viga benkelman y el Deflectómetro de impacto (falling weight Deflectometer, fwd)*. San salvador - honduras: Universidad de el Salvador.
- FIDIAS, G.A., 2012. *El proyecto de Investigación - Introducción a la metodología científica*. 6ta Edición. Venezuela: s.n. ISBN 980-07-8529-9.
- GÓMEZ, M.M., 2006. *Introducción a la metodología de la investigación científica*. 2006. S.l.: s.n.
- GONZALES, flor M., 2018. *“Análisis experimental de suelos estabilizados con Ceniza volante, cemento y cal para subrasante Mejorada de pavimentos en la ciudad de puno”*. Juliaca: Universidad - UANCV.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2006. *Metodología de la investigación*. 4Ta edición. México, D. F.: Ultra, S. A. de C. V.,. ISBN 978-970-10-5753-7.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P., MÉNDEZ, S. y MENDOZA, C.P., 2014. *Metodología de la investigación*. 6ta Edición. Mexico, D.F.: McGrawHill. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- HERRERA, C., RODRIGUEZ, H.V., GOMEZ, J. y BOLAÑO, M.A., 2018. Esfuerzos Y Deflexiones En Vigas. , pp. 11.

- HERRERA, M.C., 2014. *Determinación del módulo Resiliente de diseño de Pavimentos mediante criterios Asshto 1993 y 2002. Tesis para optar el Grado de Máster en Ingeniería Civil*. Lima - Perú: Universidad de Piura.
- HEUKELOM, W. y KLOMP, A.J.G., 1964. *Road design and dynamic loading*". *American Association of Pavement Technologists. Proceedings*,. Michigan: s.n.
- HIGUERA, C.H., 2009. Caracterización de la resistencia de la subrasante con la información del deflectómetro de impacto. , pp. 20. ISSN 0121-1129.
- HOFFMAN, M.S. y DEL AGUILA, P., 1985. *Estudios de evaluación Estructural de pavimentos Basados en la interpretación De curvas de deflexiones (ensayos No destructivos)*. 1985. S.l.: s.n.
- HUANG, Y., 2004. *Pavement analysis and design [Análisis y diseño de pavimentos]*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall,. 2da Edición. S.l.: s.n. ISBN 978-0-13-142473-9.
- HURTADO, D.I., 2019. *Mejoramiento de suelos del terreno de fundación De la av. Mariscal Andrés bvelino Cáceres De la ciudad de Juliaca, con fines De pavimentación*. Juliaca: Universidad - UANCV.
- KHOURY, N. y ZAMAN, M., 2004. Correlation Between Resilient Modulus, Moisture Variation, and Soil Suction for Subgrade Soils. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,. , pp. 99-107.
- KOERNER, R.M., 1994. *Designing with Geosynthetics, 3 ed. U.S.A.* 3rd Edition. S.l.: Prentice Hall. ISBN 978-0-13-847823-0.
- LCPC-SETRA, 1994. Conception et dimensionnement des structures de chaussée - Guide technique, Paris: Laboratoire Central des Ponts et Chaussées - Service d'études sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements,. , pp. 266.
- MENENDEZ, J.R., 2016. *Ingeniería de Pavimentos*. 5ta Edición. Lima - Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia-ICG. ISBN 978-612-4280-15-3.

- MINAYA, S. y ORDÓÑEZ, A., 2006. *Diseño moderno de pavimentos asfálticos*. 2da. Edición. Lima - Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia - ICG.
- MORENO, J., 2016. *Efecto de equipo y procedimiento de medida en la determinación del módulo resiliente y resistencia a tracción indirecta de las mezclas bituminosas*. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- MTC, 2016. *Manual de Carreteras: Ensayos de Materiales*. Ministerio de transportes y telecomunicaciones. S.l.: s.n.
- MTC-MC, 2014. *Manual de Carreteras - Suelos, Geología, geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima - Perú: s.n.
- NOVOA, L., 2017. *Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo – 2017*. Lima - Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- ORREGO, D.A.O., 2014. *Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles*. Lima: Universidad Católica del Perú.
- PAPAGIANNAKIS, A.T. y MASAD, E.A., 2007. *Pavement Design and Materials*. Texas: s.n. ISBN 978-0-471-21461-8.
- PAVCO, G., 2009. *Manual De Diseño Con Geosintéticos*. Octava Edición. Bogota - Colombia: Zetta Comunicadores S.A.
- RAHIM, A.M. y GEORGE, K.P., 2005. Models to Estimate Subgrade Resilient Modulus for Pavement Design. , vol. 6, pp. 96. ISSN 1029-8436.
- RICO, A. y CASTILLO, H., 1992. Consideraciones sobre compactación de suelos en obras de infraestructura de transporte. Instituto Mexicano del Transporte, (N° 7), , pp. 131.

- ROCA, A., PEREZ, I. y HERRADOR, M.F., 2011. Geosintéticos en carreteras : planteamientos para su aplicación en las capas de firme. , pp. 9.
- ROJAS, L.M.R., 2014. *Evaluación Del Módulo Resiliente Y Deformación Permanente En Material Arcilloso Con Presencia De Material Friccionante*. Bogota - Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- RONDON, H.A., REYES, F.A. y SANCHEZ, E.H., 2012. Comportamiento resiliente de materiales fino-granulares en subrasantes. *Revista tecnura*, 16(0), , pp. 151.
- SANTILLÁN, D., 2010. Materiales geosintéticos: la estabilización del terreno. *Congreso Nacional del Medio Ambiente*. Madrid - España: s.n., pp. 22.
- SEED, H.B., WOODWARD, R.J. y LUNDGREN, R., 1963. Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, , pp. 1443-1477.
- SILVA, M.A., 2016. *Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx140 y tx160, Aplicado a un tramo de la calle alemania – la molina - cajamarca 2016*". Cajamarca - Perú: Universidad Privada del Norte.
- TAMAYO, P. y VILA, C.A., 2011. *Distribución De Productos Geosintéticos En El Perú (Tesis de Maestría)*. Lima - Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- TENSAR, 1986. *Tensar Technical Note: Estados Unidos*. Marzo. , pp. 21.
- TENSAR, 2011. *A Guide To Products, Systems And Services*. 2011. S.l.: s.n.
- TENSAR, 2016. *Subgrade Stabilisation* [en línea]. 2016. S.l.: s.n. Disponible en: tensar-international.com.
- TENSAR, 2019. *Installation Guide* [en línea]. 2019. S.l.: s.n. Disponible en: tensar-international.com.
- TENSAR, 2020. Tensar International es el inventor de la geomalla y ofrece soluciones de servicio completo para clientes de todo el mundo.

<https://www.tensarcorp.com/es> [en línea]. Disponible en:
<https://www.tensarcorp.com/es>.

USACE, 2003. *U.S. Army Corps of Engineers - Use Of Geogrids In Pavement Construction - Technical Letter ETL 1110-1-189*. Washington D. C. 2003. S.I.: s.n.

VARGAS, J., MONCAYO, T., CORDOVA, R., MAZA, C. y BARZOLA, Z., 2017. La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. , vol. 21, pp. 10. ISSN 2448-8364.

VARGAS, Z.R., 2009. La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, vol. 33, no. 1, pp. 155. ISSN 2215-2644, 0379-7082. DOI 10.15517/revedu.v33i1.538.

VAZQUEZ, L.R. y GARCIA, F.J., 2017. Análisis Racional De Capas De Conformación Para Pavimentos Asfálticos. *Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto*. Medellin - Colombia: s.n., pp. 13.

VIALIDAD, Y.T.L., 2015. Importancia de las geomallas en la Construcción de Carreteras. . Lima - Perú: G7 consultores SAC, pp. 84.

WISEMAN, G., 1977. "Simple elastic models for pavement evaluation using measured surface deflection bowls". Proceedings of the Fourth international conference on the structural design of asphalt pavements,. . Michigan: s.n.,

YODER, E.J. y WITCZAK, M.W., 1975. *Principle of Pavement Design. 2nd Edition*, John Wiley & Sons, Hoboken. S.I.: s.n. ISBN 978-0-470-17291-9.

ANEXOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Título

"Influencia de la geomalla triaxial en el módulo de resiliencia de la subrasante para pavimentos flexibles - Puno 2020"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERIA CIVIL

AUTOR:

Baohi Aguilar Huillica, Perceo (ORCID: 0000-0002-9103-4390)

Resumen de coincidencias

16%

Rank	Source	Percentage
1	core.ac.uk Fuente de internet	3%
2	Entregado a Universida... Trabajo de estudiante	1%
3	repositorio.javeriana.ed... Fuente de internet	1%
4	es.scribd.com Fuente de internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de internet	1%
6	www.camiheros.com Fuente de internet	1%
7	repositorio.continental... Fuente de internet	1%

PANEL FOTOGRAFICO

Ilustración N° 01. Perfilado de 0.15mts de material orgánico.



Ilustración N° 02. Material de relleno para la capa de mejoramiento.



Ilustración N° 03. Colocado de la geomalla triaxial en el suelo natural.



Ilustración N° 04. Material de relleno de la cantera Taparachi.

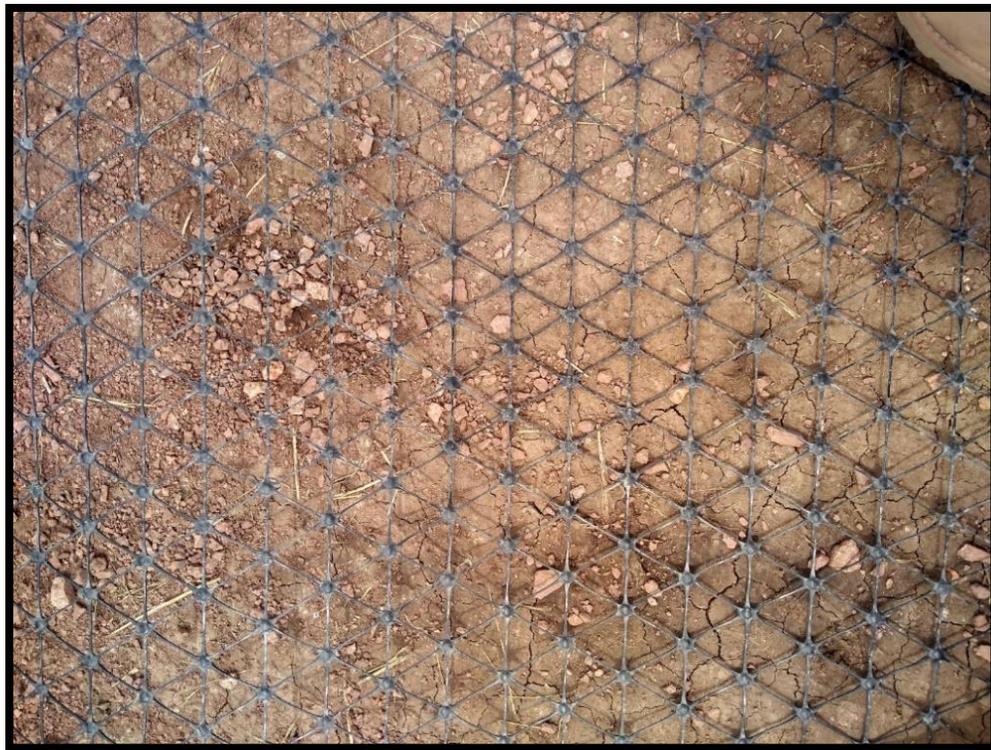


Ilustración N° 05. Vista de la geomalla triaxial en el suelo natural.



Ilustración N° 06. Conformación y nivelación del material de relleno para una altura de 0.30mts.



Ilustración N° 07. Camión cisterna humedeciendo el material.



Ilustración N° 08. Compactación de la subrasante.



Ilustración N° 09. Compactación de la subrasante con una altura de 0.30mts.



Ilustración N° 10. Ensayo Cono de Arena.

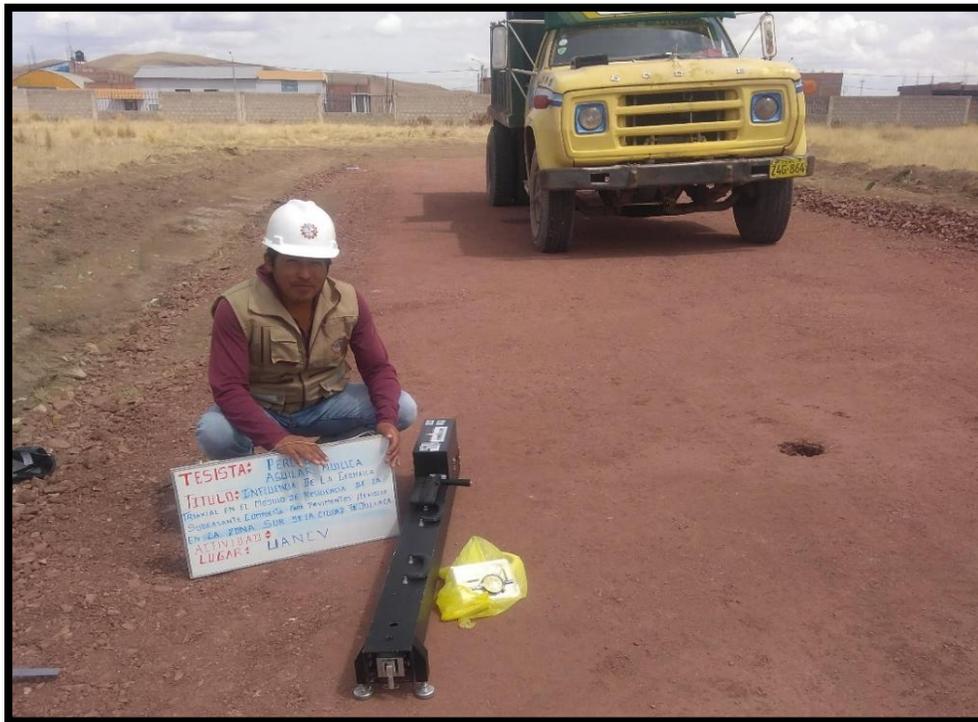


Ilustración N° 11. Viga Benkelman y el camión pesante de 18000lb.

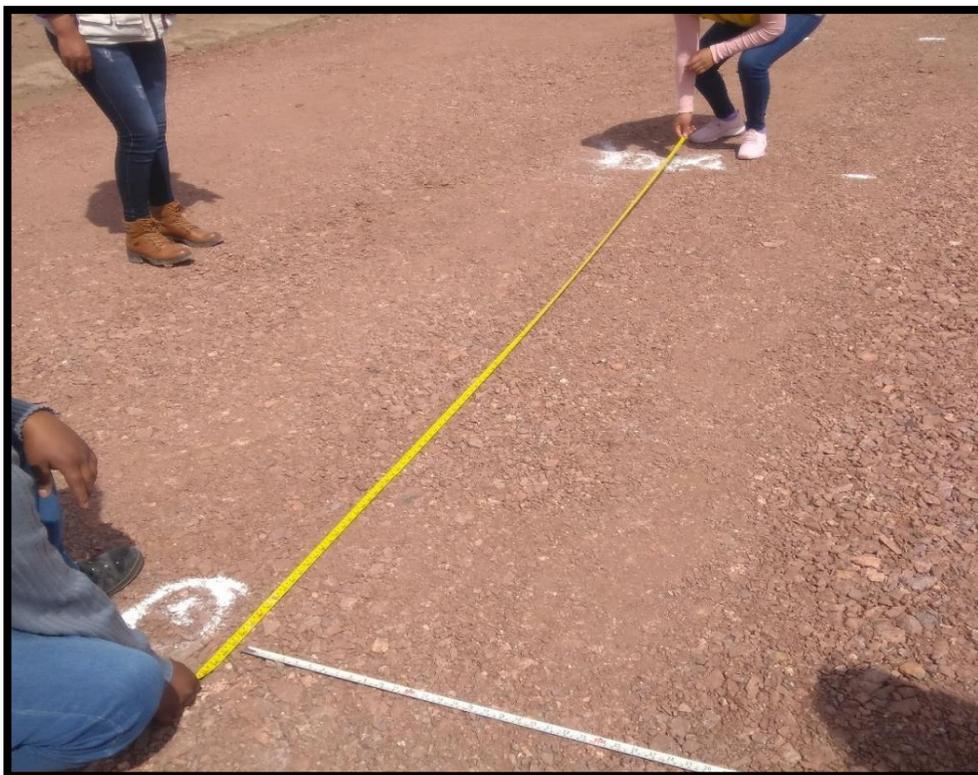


Ilustración N° 12. Medida de 2.50mts para cada ensayo con la VB y también según norma la distancia de punto de ensayo desde el borde de la subrasante.



Ilustración N° 13. Toma de puntos en los bordes y en el centro del carril.



Ilustración N° 14. Lecturando los puntos con la Viga Benkelman.

Anexo A

ANEXO TABLA - A									
DO/DR	R5 (cm)								
	R=20cm	R=30cm	R=40cm	R=50cm	R=60cm	R=70cm	R=80cm	R=90cm	R=100cm
1.25	42.8	64.1	85.5	106.9	128.3	149.6	171.0	192.4	213.8
1.26	41.8	62.8	83.7	104.6	125.5	146.5	167.4	188.3	209.2
1.27	41.0	61.5	82.0	102.5	123.0	143.5	163.9	184.4	204.9
1.28	40.2	60.3	80.4	100.4	120.5	140.6	160.7	180.8	200.9
1.29	39.4	59.1	78.8	98.4	118.2	137.9	157.7	177.4	197.1
1.30	38.7	58.0	77.4	96.7	116.1	135.4	154.7	174.1	193.4
1.31	38.0	57.0	76.0	95.0	114.0	133.0	152.0	171.0	190.0
1.32	37.3	56.0	74.7	93.4	112.0	130.7	149.4	168.0	186.7
1.33	36.7	55.1	73.4	91.8	110.2	128.5	146.9	165.2	183.6
1.34	36.1	54.2	72.2	90.3	108.4	126.4	144.5	162.6	180.6
1.35	35.6	53.3	71.1	88.9	106.7	124.4	142.2	160.0	177.8
1.36	35.0	52.5	70.0	87.5	105.0	122.5	140.0	157.5	175.0
1.37	34.5	51.7	69.0	86.2	103.5	120.7	137.9	155.2	172.4
1.38	34.0	51.0	68.0	85.0	102.0	119.0	135.9	152.9	169.9
1.39	33.5	50.3	67.0	83.8	100.5	117.3	134.0	150.8	167.5
1.40	33.0	49.6	66.1	82.6	99.1	115.7	132.2	148.7	165.2
1.41	32.6	48.9	65.2	81.5	97.8	114.1	130.4	146.7	163.0
1.42	32.2	48.3	64.3	80.4	96.5	112.6	128.7	144.8	160.9
1.43	31.8	47.6	63.5	79.4	95.3	111.2	127.0	142.9	158.8
1.44	31.4	47.0	62.7	78.4	94.1	109.8	125.5	141.1	156.8
1.45	31.0	46.5	62.0	76.5	92.9	108.4	123.9	139.4	154.9
1.46	30.6	45.9	61.2	75.6	91.8	107.1	122.4	137.7	153.0
1.47	30.2	45.4	60.5	74.8	90.7	105.9	121.0	136.1	151.2
1.48	29.9	44.9	59.8	73.9	89.7	104.7	119.6	134.6	149.5
1.49	29.6	44.4	59.1	73.1	88.7	103.5	118.3	133.1	147.8
1.50	29.2	43.9	58.5	72.3	87.7	102.3	117.0	131.6	146.2
1.51	28.9	43.4	57.9	71.5	86.8	101.2	115.7	130.2	144.6
1.52	28.6	42.9	57.2	70.8	85.9	100.2	114.5	128.8	143.1
1.53	28.3	42.5	56.6	70.1	85.0	99.1	113.3	127.4	141.6
1.54	28.0	42.1	56.1	69.4	84.1	98.1	112.1	126.2	140.2
1.55	27.8	41.6	55.5	68.7	83.3	97.1	111.0	124.9	138.8
1.56	27.5	41.2	55.0	68.0	82.4	96.2	109.9	123.7	137.4
1.57	27.2	40.8	54.4	67.4	81.6	95.3	108.9	122.5	143.1
1.58	27.0	40.4	53.9	66.8	80.9	94.3	107.8	131.3	134.8
1.59	26.7	40.1	53.4	66.2	80.1	93.5	106.8	120.2	133.5
1.60	26.5	39.7	52.9	65.6	79.4	92.6	105.8	119.1	132.3
1.61	26.2	39.3	52.4	65.0	78.7	91.8	104.9	118.0	131.1
1.62	26.0	39.0	52.0	64.4	78.0	91.0	104.0	117.0	129.9
1.63	25.8	38.6	51.5	63.9	77.3	90.2	103.1	115.9	128.8
1.64	25.5	38.3	51.1	63.3	76.6	89.4	102.2	114.9	127.7
1.65	25.3	38.0	50.7	62.8	76.0	88.6	101.3	114.0	126.6
1.66	25.1	37.7	50.2	62.3	75.3	87.9	100.5	113.0	125.6
1.67	24.9	37.4	49.8	62.3	74.7	87.2	99.6	112.1	124.5
1.68	24.7	37.1	49.4	61.8	74.1	86.5	98.8	111.2	123.5
1.69	24.5	36.8	49.0	61.3	73.5	85.8	98.0	110.3	122.5
1.70	24.3	36.5	48.6	60.8	73.0	85.1	97.3	109.4	121.6
1.71	24.1	36.2	48.3	60.3	72.4	84.5	96.5	108.6	120.6
1.72	23.9	35.9	47.9	59.9	71.8	83.8	95.8	107.8	119.7
1.73	23.8	35.6	47.5	59.4	71.3	83.2	95.1	106.9	118.8
1.74	23.6	35.4	47.2	59.0	70.8	82.6	94.4	106.1	117.9
1.75	23.4	35.1	46.8	58.5	70.2	82.0	93.7	105.4	117.1
1.76	23.2	34.9	46.5	58.1	69.7	81.4	93.0	104.6	116.2
1.77	23.1	34.6	46.2	57.7	69.2	80.8	92.3	103.9	115.4
1.78	22.9	34.4	45.8	57.3	68.6	80.2	91.7	103.1	114.6
1.79	22.8	34.1	45.5	56.9	68.3	79.7	91.0	102.4	113.8
1.80	22.6	33.9	45.2	56.5	67.8	79.1	90.4	101.7	113.0
1.81	22.4	33.7	44.9	56.1	67.3	78.6	89.8	101.0	112.2
1.82	22.3	33.4	44.6	55.7	66.9	78.0	89.2	100.3	111.5
1.83	22.2	33.2	44.3	55.4	66.5	77.5	88.6	99.7	110.8
1.84	22.0	33.0	44.0	55.0	66.0	77.0	88.0	99.0	110.0
1.85	21.9	32.8	43.7	54.7	65.6	76.5	87.5	98.4	109.3
1.86	21.7	32.6	43.4	54.3	65.2	76.0	86.9	97.8	108.6
1.87	21.6	32.4	43.2	54.0	64.8	75.6	86.3	97.1	107.9
1.88	21.5	32.2	42.9	53.6	64.4	75.1	85.8	96.5	107.3
1.89	21.3	32.0	42.6	53.3	64.0	74.6	85.3	95.9	106.6
1.90	21.2	31.8	42.4	53.0	63.6	74.2	84.8	95.3	105.9
1.91	21.1	31.6	42.1	52.7	63.2	73.7	84.2	94.8	105.3
1.92	20.9	31.4	41.9	52.3	62.8	73.3	83.7	94.2	104.7
1.93	20.8	31.2	41.6	52.0	62.4	72.8	83.2	93.7	104.1

ANEXO TABLA - A									
DO/DR	R5 (cm)								
	R=20cm	R=30cm	R=40cm	R=50cm	R=60cm	R=70cm	R=80cm	R=90cm	R=100cm
1.94	20.7	31.0	41.4	51.7	62.1	72.4	82.8	93.1	103.4
1.95	20.6	30.9	41.1	51.4	61.7	72.0	82.3	92.6	103.9
1.96	20.5	30.7	40.9	51.1	61.4	71.6	81.8	92.0	102.3
1.97	20.3	30.5	40.7	50.8	61.0	71.2	81.3	91.5	101.7
1.98	20.2	30.3	40.4	50.6	60.7	70.8	80.9	91.0	101.1
1.99	20.1	30.2	40.2	50.3	60.3	70.4	80.4	90.5	100.6
2.00	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
2.01	19.9	29.8	39.8	49.7	59.7	69.6	79.6	89.5	99.5
2.02	19.8	29.7	39.6	49.5	59.4	69.2	79.1	89.0	98.9
2.03	19.7	29.5	39.4	49.2	59.0	68.9	78.7	88.6	98.4
2.04	19.6	29.4	39.1	48.8	58.7	68.5	78.3	88.1	97.9
2.05	19.5	29.2	38.9	48.7	58.4	68.2	77.9	87.6	97.4
2.06	19.4	29.1	38.7	48.4	58.1	67.8	77.5	87.2	96.9
2.07	19.3	28.9	38.5	48.2	57.8	67.5	77.1	86.7	96.4
2.08	19.2	28.8	38.3	47.9	57.5	67.1	76.7	86.3	95.9
2.09	19.1	28.6	38.2	47.7	57.2	66.8	76.3	85.8	95.4
2.10	19.0	28.5	38.0	47.5	56.9	66.4	75.9	85.4	94.9
2.11	18.9	28.3	37.8	47.2	56.7	66.1	75.6	85.0	94.4
2.12	18.8	28.2	37.6	47.0	56.4	65.8	75.2	84.6	94.0
2.13	18.7	28.1	37.4	46.8	56.1	65.5	74.8	84.2	93.5
2.14	18.6	27.9	37.2	46.5	55.8	65.1	74.5	83.8	93.1
2.15	18.5	27.8	37.1	46.3	55.6	64.8	74.1	83.4	92.6
2.16	18.4	27.7	36.9	46.1	55.3	64.5	73.8	83.0	92.2
2.17	18.4	27.5	36.7	45.9	55.1	64.2	73.4	82.6	91.8
2.18	18.3	27.4	36.5	45.7	54.8	63.9	73.1	82.2	91.3
2.19	18.2	27.3	36.4	45.5	54.5	63.6	72.7	81.8	90.9
2.20	18.1	27.1	36.2	45.2	54.3	63.3	72.4	81.4	90.5
2.21	18.0	27.0	36.0	45.0	54.0	63.1	72.1	81.1	90.1
2.22	17.9	26.9	35.9	44.8	53.8	62.8	71.7	80.7	89.7
2.23	17.9	26.8	35.7	44.6	53.6	62.5	71.4	80.3	89.3
2.24	17.8	26.7	35.6	44.4	53.3	62.2	71.1	80.0	88.9
2.25	17.7	26.5	35.4	44.2	53.1	61.9	70.8	79.6	88.5
2.26	17.6	26.4	35.2	44.1	52.9	61.7	70.5	79.3	88.1
2.27	17.5	26.3	35.1	43.9	52.6	61.4	70.2	79.0	87.7
2.28	17.5	26.2	34.9	43.7	52.4	61.1	69.9	78.6	87.3
2.29	17.4	26.1	34.8	43.5	52.2	60.9	69.6	78.3	87.0
2.30	17.3	26.0	34.6	43.3	52.0	60.6	69.3	77.9	86.6
2.31	17.2	25.9	34.5	43.1	51.7	60.4	69.0	77.6	86.2
2.32	17.2	25.8	34.4	42.9	51.5	60.1	68.7	77.3	85.9
2.33	17.1	25.7	34.2	42.8	51.3	59.9	68.4	77.0	85.5
2.34	17.0	25.6	34.1	42.6	51.1	59.6	68.1	76.7	85.2
2.35	17.1	25.6	34.2	42.7	51.3	59.8	68.3	76.9	85.4
2.36	17.0	25.5	34.0	42.6	51.1	59.6	68.1	76.6	85.1
2.37	17.0	25.4	33.9	42.4	50.9	59.4	67.8	76.3	84.8
2.38	16.9	25.3	33.8	42.2	50.7	59.1	67.6	76.0	84.5
2.39	16.8	25.3	33.7	42.1	50.5	58.9	67.3	75.8	84.2
2.40	16.8	25.2	33.6	41.9	50.3	58.7	67.1	75.5	83.9
2.41	16.7	25.1	33.4	41.8	50.2	58.5	66.9	75.2	83.6
2.42	16.7	25.0	33.3	41.6	50.0	58.3	66.6	75.0	83.3
2.43	16.6	24.9	33.2	41.5	49.8	58.1	66.4	74.7	83.0
2.44	16.5	24.8	33.1	41.4	49.6	57.9	66.2	74.5	82.7
2.45	16.5	24.7	33.0	41.2	49.5	57.7	66.0	74.2	82.4
2.46	16.4	24.7	32.9	41.1	49.3	57.5	65.7	74.0	82.2
2.47	16.4	24.6	32.8	40.9	49.1	57.3	65.5	73.7	81.9
2.48	16.3	24.5	32.7	40.8	49.0	57.1	65.3	73.5	81.6
2.49	16.3	24.4	32.5	40.7	48.8	57.0	65.1	73.2	81.4
2.50	16.2	24.3	32.4	40.5	48.7	56.8	64.9	73.0	81.1
2.51	16.2	24.3	32.3	40.4	48.5	56.6	64.7	72.8	80.8
2.52	16.1	24.2	32.2	40.3	48.3	56.4	64.5	72.5	80.6
2.53	16.1	24.1	32.1	40.2	48.2	56.2	64.3	72.3	80.3
2.54	16.0	24.0	32.0	40.0	48.0	56.0	64.1	72.1	80.1
2.55	16.0	23.9	31.9	39.9	47.9	55.9	63.9	71.8	79.8
2.56	15.9	23.9	31.8	39.8	47.7	55.7	63.7	71.8	79.6
2.57	15.9	23.8	31.7	39.7	47.6	55.5	63.5	71.4	79.3
2.58	15.8	23.7	31.6	39.5	47.5	55.4	63.3	71.2	79.1
2.59	15.8	23.7	31.5	39.4	47.3	55.2	63.1	71.0	78.9
2.60	15.7	23.6	31.4	39.3	47.2	55.0	62.9	70.8	78.6
2.61	15.7	23.5	31.4	39.2	47.0	54.9	62.7	70.5	78.4
2.62	15.6	23.4	31.3	39.1	46.9	54.7	62.5	70.3	78.2

ANEXO TABLA - A									
DO/DR	R5 (cm)								
	R=20cm	R=30cm	R=40cm	R=50cm	R=60cm	R=70cm	R=80cm	R=90cm	R=100cm
2.63	15.6	23.4	31.2	39.0	46.8	54.5	62.3	70.1	77.9
2.64	15.5	23.3	31.1	38.8	46.6	54.4	62.2	69.9	77.7
2.65	15.5	23.2	31.0	38.7	46.5	54.2	62.0	69.7	77.5
2.66	15.5	23.2	30.9	38.6	46.4	54.1	61.8	69.5	77.3
2.67	15.4	23.1	30.8	38.5	46.2	53.9	61.6	69.3	77.0
2.68	15.4	23.0	30.7	38.4	46.1	53.8	61.5	69.1	76.8
2.69	15.3	23.0	30.6	38.3	46.0	53.6	61.3	68.9	76.6
2.70	15.3	22.9	30.6	38.2	45.8	53.5	61.1	68.8	76.4
2.71	15.2	22.9	30.5	38.1	45.7	53.3	60.9	68.6	76.2
2.72	15.2	22.8	30.4	38.0	45.6	53.2	60.8	68.4	76.0
2.73	15.2	22.7	30.3	37.9	45.5	53.0	60.6	68.2	75.8
2.74	15.1	22.7	30.2	37.8	45.3	52.9	60.5	68.0	75.8
2.75	15.1	22.6	30.1	37.7	45.2	52.8	60.3	67.8	75.4
2.76	15.0	22.6	30.1	37.6	45.1	52.6	60.1	67.7	75.2
2.77	15.0	22.5	30.0	37.5	45.0	52.5	60.0	67.5	75.0
2.78	15.0	22.4	29.9	37.4	44.9	52.3	59.8	67.3	74.8
2.79	14.9	22.4	29.8	37.3	44.7	52.2	59.7	67.1	74.8
2.80	14.9	22.3	29.8	37.2	44.6	52.1	59.5	67.0	74.4
2.81	14.8	22.3	29.7	37.1	44.5	51.9	59.4	66.8	74.2
2.82	14.8	22.2	29.6	37.0	44.4	51.8	59.2	66.6	74.0
2.83	14.8	22.1	29.5	36.9	44.3	51.7	59.1	66.4	73.8
2.84	14.7	22.1	29.5	36.8	44.2	51.5	58.9	66.3	73.6
2.85	14.7	22.0	29.4	36.7	44.1	51.4	58.8	66.1	73.5
2.86	14.7	22.0	29.3	36.6	44.0	51.3	58.6	65.9	73.3
2.87	14.6	21.9	29.2	36.5	43.9	51.2	58.5	65.8	73.1
2.88	14.6	21.9	29.2	36.5	43.8	51.0	58.3	65.6	72.9
2.89	14.5	21.8	29.1	36.4	43.6	50.9	58.2	65.5	72.7
2.90	14.5	21.8	29.0	36.3	43.5	50.8	58.1	65.3	72.6
2.91	14.5	21.7	29.0	36.2	43.4	50.7	57.9	65.2	72.4
2.92	14.4	21.7	28.9	36.1	43.3	50.6	57.8	65.0	72.2
2.93	14.4	21.6	28.8	36.0	43.2	50.4	57.6	64.8	72.1
2.94	14.4	21.6	28.8	35.9	43.1	50.3	57.5	64.7	71.9
2.95	14.3	21.5	28.7	35.9	43.0	50.2	57.4	64.5	71.7
2.96	14.3	21.5	28.6	35.8	42.9	50.1	57.2	64.4	71.6
2.97	14.3	21.4	28.6	35.7	42.8	50.0	57.1	64.2	71.4
2.98	14.2	21.4	28.5	35.6	42.7	49.9	57.0	64.1	71.2
2.99	14.2	21.3	28.4	35.5	42.6	49.7	56.9	64.0	71.1
3.00	14.2	21.3	128.4	35.5	42.5	49.6	56.7	63.8	70.9
3.01	14.1	21.2	28.3	35.4	42.4	49.5	56.6	63.7	70.7
3.02	14.1	21.2	28.2	35.3	42.4	49.4	56.5	63.5	70.6
3.03	14.1	21.1	28.2	35.2	42.3	49.3	56.3	63.4	70.4
3.04	14.1	21.1	28.1	35.1	42.2	49.2	46.2	63.2	70.3
3.05	14.0	21.0	28.0	35.1	42.1	49.1	56.1	63.1	70.1
3.06	14.0	21.0	28.0	35.0	42.0	49.0	56.0	63.0	70.0
3.07	14.0	20.9	27.9	34.9	41.9	48.9	55.9	62.8	69.8
3.08	13.9	20.9	27.9	34.8	41.8	48.8	55.7	62.7	69.7
3.09	13.9	20.9	27.8	34.8	41.7	48.7	55.6	62.6	69.5
3.10	13.9	20.8	27.7	34.7	41.6	48.6	55.5	62.4	69.4
3.11	13.8	20.8	27.7	34.6	41.5	48.5	55.4	62.3	69.2
3.12	13.8	20.7	27.6	34.5	41.4	48.4	55.3	62.2	69.1
3.13	13.8	20.7	27.6	34.5	41.4	48.3	55.2	62.0	68.9
3.14	13.8	20.6	27.5	34.4	41.3	48.2	55.0	61.9	68.8
3.15	13.7	20.6	27.5	34.3	41.2	48.1	54.9	61.8	68.7
3.16	13.7	20.6	27.4	34.3	41.1	48.0	54.8	61.7	68.5
3.17	13.7	20.5	27.3	34.2	41.0	47.9	54.7	61.5	68.4
3.18	13.6	20.5	27.3	34.1	40.9	47.8	54.6	61.4	68.2
3.19	13.6	20.4	27.2	34.0	40.9	47.7	54.5	61.3	68.1
3.20	13.6	20.4	27.2	34.0	40.8	47.6	54.4	61.2	68.0
3.21	13.6	20.3	27.1	33.9	40.7	47.5	54.3	61.0	67.8
3.22	13.5	20.3	27.1	33.8	40.6	47.4	54.2	60.9	67.7
3.23	13.5	20.3	27.0	33.8	40.5	47.3	54.0	60.8	67.6
3.24	13.5	20.2	27.0	33.7	40.5	47.2	53.9	60.7	67.4
3.25	13.5	20.2	26.9	33.6	40.4	47.1	53.8	60.6	67.3
3.26	13.4	20.1	26.9	33.6	40.3	47.0	53.7	60.4	67.2
3.27	13.4	20.1	26.8	33.5	40.2	46.9	53.6	60.3	67.0
3.28	13.4	20.1	26.8	33.5	40.1	46.8	53.5	60.2	66.9
3.29	13.4	20.0	26.7	33.4	40.1	46.7	53.4	60.1	66.8
3.30	13.3	20.0	26.7	33.3	40.0	46.7	53.3	60.0	66.7
3.31	13.3	20.0	26.6	33.3	39.9	46.6	53.2	59.9	66.5

ANEXO TABLA - A									
DO/DR	R5 (cm)								
	R=20cm	R=30cm	R=40cm	R=50cm	R=60cm	R=70cm	R=80cm	R=90cm	R=100cm
3.32	13.3	19.9	26.6	33.2	39.8	46.5	53.1	59.8	66.4
3.33	13.3	19.9	26.5	33.1	39.8	46.4	53.0	59.7	66.3
3.34	13.2	19.8	26.5	33.1	39.7	46.3	52.9	59.5	66.2
3.35	13.2	19.8	26.4	33.0	39.6	46.2	52.8	59.4	66.0
3.36	13.2	19.8	26.4	33.0	39.5	46.1	52.7	59.3	65.9
3.37	13.2	19.7	26.3	32.9	39.5	46.1	52.6	59.2	65.8
3.38	13.1	19.7	26.3	32.8	39.4	46.0	52.5	59.1	65.7
3.39	13.1	19.7	26.2	32.8	39.3	45.9	52.4	59.0	65.6
3.40	13.1	19.6	26.2	32.7	39.3	45.8	52.4	58.9	65.4
3.41	13.1	19.6	26.1	32.7	39.2	45.7	52.3	58.8	65.3
3.42	13.0	19.6	26.1	32.6	39.1	45.6	52.2	58.7	65.2
3.43	13.0	19.5	26.0	32.5	39.1	45.6	52.1	58.6	65.1
3.44	13.0	19.5	26.0	32.5	39.0	45.5	52.0	58.5	65.0
3.45	13.0	19.5	25.9	32.4	38.9	45.4	51.9	58.4	64.9
3.46	12.9	19.4	25.9	32.4	38.8	45.3	51.8	58.3	64.7
3.47	12.9	19.4	25.9	32.3	38.8	45.2	51.7	58.2	64.6
3.48	12.9	19.4	25.8	32.3	38.7	45.2	51.6	58.1	64.5
3.49	12.9	19.3	25.8	32.2	38.6	45.1	51.5	58.0	64.5
3.50	12.9	19.3	25.7	32.2	38.6	45.0	51.4	57.9	64.3
3.51	12.8	19.3	25.7	32.1	38.5	44.9	51.4	57.8	64.2
3.52	12.8	19.2	25.6	32.0	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1
3.53	12.8	19.2	25.6	32.0	38.4	44.8	51.2	57.6	64.0
3.54	12.8	19.2	25.5	31.9	38.3	44.7	51.1	57.5	63.9
3.55	12.8	19.1	25.5	31.9	38.3	44.6	51.0	57.4	63.8
3.56	12.7	19.1	25.5	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7
3.57	12.7	19.1	25.4	31.8	38.1	44.5	50.8	57.2	63.6
3.58	12.7	19.0	25.4	31.7	38.1	44.4	50.8	57.1	63.4
3.59	12.7	19.0	25.3	31.7	38.0	44.3	50.7	57.0	63.3
3.60	12.6	19.0	25.3	31.6	37.9	44.2	50.6	56.9	63.2
3.61	12.6	18.9	25.3	31.6	37.9	44.2	50.5	56.8	63.1
3.62	12.6	18.9	25.2	31.5	37.8	44.1	50.4	56.7	63.0
3.63	12.6	18.9	25.2	31.5	37.8	44.1	50.3	56.6	62.9
3.64	12.6	18.9	25.1	31.4	37.7	44.0	50.3	56.6	62.8
3.65	12.5	18.8	25.1	31.4	37.6	43.9	50.2	56.5	62.7
3.66	12.5	18.8	25.1	31.3	37.6	43.8	50.1	56.4	62.6
3.67	12.5	18.8	25.0	31.3	37.5	43.8	50.0	56.3	62.5
3.68	12.5	18.7	25.0	31.2	37.5	43.7	50.0	56.2	62.4
3.69	12.5	18.7	24.9	31.2	37.4	43.6	49.9	56.1	62.3
3.70	12.4	18.7	24.9	31.1	37.3	43.6	49.8	56.0	62.2
3.71	12.4	18.6	24.9	31.1	37.3	43.5	49.7	55.9	62.1
3.72	12.4	18.6	24.8	31.0	37.2	43.4	49.6	55.8	62.1
3.73	12.4	18.6	24.8	31.0	37.2	43.4	49.6	55.8	62.0
3.74	12.4	18.6	24.7	30.9	37.1	43.3	49.5	55.7	61.9
3.75	12.4	18.5	24.7	30.9	37.1	43.2	49.4	55.6	61.8
3.76	12.3	18.5	24.7	30.8	37.0	43.2	49.3	55.5	61.7
3.77	12.3	18.5	24.6	30.8	37.0	43.1	49.3	55.4	61.6
3.78	12.3	18.4	24.6	30.7	36.9	43.0	49.2	55.3	61.5
3.79	12.3	18.4	24.6	30.7	36.8	43.0	49.1	55.3	61.4
3.80	12.3	18.4	24.5	30.7	36.8	42.9	49.0	55.2	61.3
3.81	12.2	18.4	24.5	30.6	36.7	42.9	49.0	55.1	61.2
3.82	12.2	18.3	24.5	30.6	36.7	42.8	48.9	55.0	61.1
3.83	12.2	18.3	24.4	30.5	36.6	42.7	48.8	54.9	61.0
3.84	12.2	18.3	24.4	30.5	36.6	42.7	48.8	54.9	60.9
3.85	12.2	18.3	24.3	30.4	36.5	42.6	48.7	54.8	60.9
3.86	12.2	18.2	24.3	30.4	36.5	42.5	48.6	54.7	60.8
3.87	12.1	18.2	24.3	30.3	36.4	42.5	48.5	54.6	60.7
3.88	12.1	18.2	24.2	30.3	36.4	42.4	48.5	54.5	60.6
3.89	12.1	18.2	24.2	30.3	36.3	42.4	48.4	54.5	60.5
3.90	12.1	18.1	24.2	30.2	36.3	42.3	48.3	54.4	60.4
3.91	12.1	18.1	24.1	30.2	36.2	42.2	48.3	54.3	60.3
3.92	12.1	18.1	24.1	30.1	36.2	42.2	48.2	54.2	60.3
3.93	12.0	18.1	24.1	30.1	36.1	42.1	48.1	54.2	60.2
3.94	12.0	18.0	24.0	30.0	36.0	42.1	48.1	54.1	60.1
3.95	12.0	18.0	24.0	30.0	36.0	42.0	48.0	54.0	60.0
3.96	12.0	18.0	24.0	30.0	35.9	41.9	47.9	53.9	59.9
3.97	12.0	17.9	23.9	29.9	35.9	41.9	47.9	53.8	59.8
3.98	11.9	17.9	23.9	29.9	35.8	41.8	47.8	53.8	59.7
3.99	11.9	17.9	23.9	29.8	35.8	41.8	47.7	53.7	59.7
4.00	11.9	17.9	23.9	29.8	35.8	41.7	47.7	53.6	59.6

Anexo B

TABLA B											
DOXR5	E0										
(0.1cmxcm)	(kg/cm2)										
300	5150	600	2686	900	1835	1200	1401	1500	1136	1800	957
305	5070	605	2665	905	1826	1205	1395	1505	1133	1805	955
310	4994	610	2645	910	1816	1210	1390	1510	1129	1810	952
315	4919	615	2624	915	1807	1215	1385	1515	1126	1815	950
320	4847	620	2605	920	1798	1220	1379	1520	1122	1820	947
325	4777	625	2585	925	1789	1225	1374	1525	1119	1825	945
330	4709	630	2566	930	1780	1230	1369	1530	1115	1830	943
335	4643	635	2547	935	1771	1235	1364	1535	1112	1835	940
340	4579	640	2528	940	1762	1240	1358	1540	1108	1840	938
345	4516	645	2510	945	1753	1245	1353	1545	1105	1845	935
350	4456	650	2491	950	1745	1250	1348	1550	1102	1850	933
355	4397	655	2474	955	1736	1255	1343	1555	1098	1855	931
360	4339	660	2456	960	1728	1260	1338	1560	1095	1860	928
365	4284	665	2439	965	1719	1265	1333	1565	1092	1865	926
370	4229	670	2422	970	1711	1270	1328	1570	1088	1870	924
375	4176	675	2405	975	1703	1275	1323	1575	1085	1875	921
380	4125	680	2388	980	1694	1280	1319	1580	1082	1880	919
385	4074	685	2372	985	1686	1285	1314	1585	1079	1885	917
390	4025	690	2356	990	1678	1290	1309	1590	1076	1890	914
395	3977	695	2340	995	1670	1295	1304	1595	1072	1895	912
400	3931	700	2324	1000	1663	1300	1299	1600	1069	1900	910
405	3885	705	2308	1005	1655	1305	1295	1605	1066	1905	908
410	3841	710	2293	1010	1647	1310	1290	1610	1063	1910	905
415	3797	715	2278	1015	1639	1315	1286	1615	1060	1915	903
420	3755	720	2263	1020	1632	1320	1281	1620	1057	1920	901
425	3713	725	2249	1025	1624	1325	1276	1625	1054	1925	899
430	3673	730	2234	1030	1617	1330	1272	1630	1051	1930	897
435	3633	735	2220	1035	1610	1335	1267	1635	1048	1935	894
440	3594	740	2206	1040	1602	1340	1263	1640	1045	1940	892
445	3556	745	2192	1045	1595	1345	1259	1645	1042	1945	890
450	3519	750	2178	1050	1588	1350	1254	1650	1039	1950	888
455	3483	755	2165	1055	1581	1355	1250	1655	1036	1955	886
460	3447	760	2151	1060	1574	1360	1246	1660	1033	1960	884
465	3412	765	2138	1065	1564	1365	1241	1665	1030	1965	882
470	3378	770	2125	1070	1560	1370	1237	1670	1027	1970	880
475	3345	775	2115	1075	1553	1375	1233	1675	1024	1975	877
480	3312	780	2099	1080	1547	1380	1229	1680	1021	1980	875
485	3280	785	2087	1085	1540	1385	1224	1685	1019	1985	873
490	3249	790	2074	1090	1533	1390	1220	1690	1016	1990	871
495	3218	795	2062	1095	1527	1395	1216	1695	1013	1995	869
500	3188	800	2050	1100	1520	1400	1212	1700	1010	2000	867
505	3158	805	2038	1105	1514	1405	1208	1705	1007	2005	865
510	3129	810	2026	1110	1507	1410	1204	1710	1005	2010	863
515	3100	815	2015	1115	1501	1415	1200	1715	1002	2015	861
520	3072	820	2003	1120	1495	1420	1196	1720	999	2020	859
525	3045	825	1992	1125	1488	1425	1192	1725	996	2025	857
530	3018	830	1980	1130	1482	1430	1188	1730	994	2030	855
535	2991	835	1969	1135	1476	1435	1184	1735	991	2035	853
540	2965	840	1958	1140	1470	1440	1180	1740	988	2040	851
545	2940	845	1947	1145	1464	1445	1177	1745	986	2045	849
550	2915	850	1937	1150	1458	1450	1173	1750	983	2050	847
555	2890	855	1926	1155	1452	1455	1169	1755	980	2055	845
560	2866	860	1915	1160	1446	1460	1165	1760	978	2060	843
565	2842	865	1905	1165	1440	1465	1162	1765	975	2065	841
570	2818	870	1895	1170	1435	1470	1158	1770	973	2070	840
575	2795	875	1885	1175	1429	1475	1154	1775	970	2075	838
580	2773	880	1875	1180	1423	1480	1150	1780	967	2080	836
585	2751	885	1865	1185	1418	1485	1147	1785	965	2085	834
590	2729	890	1855	1190	1412	1490	1143	1790	962	2090	832
595	2707	895	1845	1195	1406	1495	1140	1795	960	2095	830

TABLA B											
DOXR5	E0										
(0.1cmxcm)	(kg/cm2)										
2100	828	2400	731	2700	654	3000	593	3300	542	3600	499
2105	826	2405	729	2705	653	3005	592	3305	541	3605	499
2110	825	2410	728	2710	652	3010	591	3310	540	3610	498
2115	823	2415	726	2715	651	3015	590	3315	540	3615	497
2120	821	2420	725	2720	650	3020	589	3320	539	3620	497
2125	819	2425	724	2725	649	3025	588	3325	538	3625	496
2130	817	2430	722	2730	647	3030	587	3330	537	3630	495
2135	816	2435	721	2735	646	3035	586	3335	536	3635	495
2140	814	2440	719	2740	645	3040	585	3340	536	3640	494
2145	812	2445	718	2745	644	3045	584	3345	535	3645	494
2150	810	2450	717	2750	643	3050	583	3350	534	3650	493
2155	808	2455	715	2755	642	3055	583	3355	533	3655	492
2160	807	2460	714	2760	641	3060	582	3360	533	3660	492
2165	805	2465	713	2765	640	3065	581	3365	532	3665	491
2170	803	2470	711	2770	639	3070	580	3370	531	3670	490
2175	801	2475	710	2775	638	3075	579	3375	531	3675	490
2180	800	2480	709	2780	636	3080	578	3380	530	3680	489
2185	798	2485	707	2785	635	3085	577	3385	529	3685	488
2190	796	2490	706	2790	634	3090	576	3390	528	3690	488
2195	795	2495	705	2795	633	3095	575	3395	528	3695	487
2200	793	2500	703	2800	632	3100	575	3400	527	3700	487
2205	791	2505	702	2805	631	3105	574	3405	526	3705	486
2210	790	2510	701	2810	630	3110	573	3410	525	3710	485
2215	788	2515	699	2815	629	3115	572	3415	525	3715	485
2220	786	2520	698	2820	628	3120	571	3420	524	3720	484
2225	785	2525	697	2825	627	3125	570	3425	523	3725	484
2230	783	2530	695	2830	626	3130	569	3430	523	3730	483
2235	781	2535	695	2835	625	3135	569	3435	522	3735	482
2240	780	2540	693	2840	624	3140	568	3440	521	3740	482
2245	778	2545	692	2845	623	3145	567	3445	520	3745	481
2250	776	2550	690	2850	622	3150	566	3450	520	3750	481
2255	775	2555	689	2855	621	3155	565	3455	519	3755	480
2260	773	2560	688	2860	620	3160	564	3460	518	3760	479
2265	772	2565	686	2865	619	3165	563	3465	518	3765	479
2270	770	2570	685	2870	618	3170	563	3470	517	3770	478
2275	768	2575	684	2875	618	3175	562	3475	516	3775	478
2280	767	2580	683	2880	616	3180	561	3480	515	3780	477
2285	765	2585	681	2885	615	3185	560	3485	515	3785	476
2290	764	2590	680	2890	614	3190	559	3490	514	3790	476
2295	762	2595	679	2895	613	3195	559	3495	513	3795	475
2300	760	2600	678	2900	612	3200	558	3500	513	3800	475
2305	759	2605	677	2905	611	3205	557	3505	512	3805	474
2310	757	2610	675	2910	610	3210	556	3510	511	3810	473
2315	756	2615	674	2915	609	3215	555	3515	511	3815	473
2320	754	2620	673	2920	608	3220	554	3520	510	3820	472
2325	753	2625	672	2925	607	3225	554	3525	509	3825	472
2330	751	2630	671	2930	606	3230	553	3530	509	3830	471
2335	750	2635	669	2935	605	3235	552	3535	508	3835	471
2340	748	2640	668	2940	604	3240	551	3540	507	3840	470
2345	747	2645	667	2945	603	3245	550	3545	507	3845	469
2350	745	2650	666	2950	602	3250	550	3550	506	3850	469
2355	744	2655	665	2955	601	3255	549	3555	505	3855	468
2360	742	2660	663	2960	600	3260	548	3560	505	3860	468
2365	741	2665	662	2965	599	3265	547	3565	504	3865	467
2370	739	2670	661	2970	598	3270	546	3570	503	3870	467
2375	738	2675	660	2975	597	3275	546	3575	503	3875	466
2380	736	2680	659	2980	596	3280	545	3580	502	3880	465
2385	735	2685	658	2985	595	3285	544	3585	501	3885	465
2390	734	2690	656	2990	594	3290	543	3590	501	3890	464
2395	732	2695	655	2995	593	3295	543	3595	500	3895	464

TABLA B											
DOXR5 (0.1cmxcm)	E0 (kg/cm2)										
3900	463	4200	432	4500	405	4800	381	5100	360	5400	341
3905	463	4205	432	4505	404	4805	381	5105	360	5405	341
3910	462	4210	431	4510	404	4810	380	5110	359	5410	341
3915	461	4215	431	4515	404	4815	380	5115	359	5415	340
3920	461	4220	430	4520	403	4820	380	5120	359	5420	340
3925	460	4225	430	4525	403	4825	379	5125	358	5425	340
3930	460	4230	429	4530	402	4830	379	5130	358	5430	339
3935	459	4235	429	4535	402	4835	379	5135	358	5435	339
3940	459	4240	428	4540	402	4840	378	5140	357	5440	339
3945	458	4245	428	4545	401	4845	378	5145	357	5445	339
3950	458	4250	427	4550	401	4850	377	5150	357	5450	338
3955	457	4255	427	4555	400	4855	377	5155	356	5455	338
3960	457	4260	426	4560	400	4860	377	5160	356	5460	338
3965	456	4265	426	4565	399	4865	376	5165	356	5465	337
3970	455	4270	425	4570	399	4870	376	5170	355	5470	337
3975	455	4275	425	4575	399	4875	376	5175	355	5475	337
3980	454	4280	424	4580	398	4880	375	5180	355	5480	337
3985	454	4285	424	4585	398	4885	375	5185	354	5485	336
3990	453	4290	424	4590	397	4890	375	5190	354	5490	336
3995	453	4295	426	4595	397	4895	374	5195	354	5495	336
4000	452	4300	426	4600	397	4900	374	5200	354	5500	335
4005	452	4305	422	4605	396	4905	373	5205	353	5505	335
4010	451	4310	422	4610	396	4910	373	5210	353	5510	335
4015	451	4315	421	4615	395	4915	373	5215	353	5515	335
4020	450	4320	421	4620	395	4920	372	5220	352	5520	334
4025	450	4325	420	4625	395	4925	372	5225	352	5525	334
4030	449	4330	420	4630	394	4930	372	5230	352	5530	334
4035	449	4335	419	4635	394	4935	371	5235	351	5535	333
4040	448	4340	419	4640	393	4940	371	5240	351	5540	333
4045	448	4345	418	4645	393	4945	371	5245	351	5545	333
4050	447	4350	418	4650	393	4950	370	5250	350	5550	333
4055	447	4355	418	4655	392	4955	370	5255	350	5555	332
4060	446	4360	417	4660	392	4960	370	5260	350	5560	332
4065	445	4365	417	4665	391	4965	369	5265	349	5565	332
4070	445	4370	416	4670	391	4970	369	5270	349	5570	331
4075	444	4375	416	4675	391	4975	369	5275	349	5575	331
4080	444	4380	415	4680	390	4980	368	5280	348	5580	331
4085	443	4385	415	4685	390	4985	368	5285	348	5585	331
4090	443	4390	414	4690	389	4990	367	5290	348	5590	330
4095	442	4395	414	4695	389	4995	367	5295	348	5595	330
4100	442	4400	414	4700	389	5000	367	5300	347	5600	330
4105	441	4405	413	4705	388	5005	366	5305	347	5605	329
4110	441	4410	413	4710	388	5010	366	5310	347	5610	329
4115	440	4415	412	4715	388	5015	366	5315	346	5615	329
4120	440	4420	412	4720	387	5020	365	5320	346	5620	329
4125	439	4425	411	4725	387	5025	365	5325	346	5625	328
4130	439	4430	411	4730	386	5030	365	5330	345	5630	328
4135	438	4435	410	4735	386	5035	364	5335	345	5635	328
4140	438	4440	410	4740	386	5040	364	5340	345	5640	328
4145	437	4445	410	4745	385	5045	364	5345	344	5645	327
4150	437	4450	409	4750	385	5050	363	5350	344	5650	327
4155	436	4455	409	4755	384	5055	363	5355	344	5655	327
4160	436	4460	408	4760	384	5060	363	5360	344	5660	326
4165	435	4465	408	4765	384	5065	362	5365	343	5665	326
4170	435	4470	407	4770	383	5070	362	5370	343	5670	326
4175	434	4475	407	4775	383	5075	362	5375	343	5675	326
4180	434	4480	407	4780	383	5080	361	5380	342	5680	325
4185	433	4485	406	4785	382	5085	361	5385	342	5685	325
4190	433	4490	406	4790	382	5090	361	5390	342	5690	325
4195	433	4495	405	4795	381	5095	360	5395	341	5695	325

TABLA B											
DOXR5 (0.1cmxcm)	E0 (kg/cm2)										
5700	324	6000	309	6300	295	6600	283	6900	271	7200	260
5705	324	6005	309	6305	295	6605	282	6905	271	7205	260
5710	324	6010	309	6310	295	6610	282	6910	271	7210	260
5715	324	6015	308	6315	295	6615	282	6915	270	7215	260
5720	323	6020	308	6320	294	6620	282	6920	270	7220	260
5725	323	6025	308	6325	294	6625	282	6925	270	7225	260
5730	323	6030	308	6330	294	6630	281	6930	270	7230	259
5735	322	6035	307	6335	294	6635	281	6935	270	7235	259
5740	322	6040	307	6340	293	6640	281	6940	270	7240	259
5745	322	6045	307	6345	293	6645	281	6945	269	7245	259
5750	322	6050	307	6350	293	6650	281	6950	269	7250	259
5755	321	6055	306	6355	293	6655	280	6955	269	7255	259
5760	321	6060	306	6360	293	6660	280	6960	269	7260	258
5765	321	6065	306	6365	292	6665	280	6965	269	7265	258
5770	321	6070	306	6370	292	6670	280	6970	268	7270	258
5775	320	6075	305	6375	292	6675	280	6975	268	7275	258
5780	320	6080	305	6380	292	6680	279	6980	268	7280	258
5785	320	6085	305	6385	292	6685	279	6985	268	7285	258
5790	320	6090	305	6390	291	6690	279	6990	268	7290	257
5795	319	6095	305	6395	291	6695	279	6995	268	7295	257
5800	319	6100	304	6400	291	6700	279	7000	267	7300	257
5805	319	6105	304	6405	291	6705	278	7005	267	7305	257
5810	319	6110	304	6410	290	6710	278	7010	267	7310	257
5815	318	6115	304	6415	290	6715	278	7015	267	7315	257
5820	318	6120	303	6420	290	6720	278	7020	267	7320	256
5825	318	6125	303	6425	290	6725	278	7025	267	7325	256
5830	318	6130	303	6430	290	6730	277	7030	266	7330	256
5835	317	6135	303	6435	289	6735	277	7035	266	7335	256
5840	317	6140	302	6440	289	6740	277	7040	266	7340	256
5845	317	6145	302	6445	289	6745	277	7045	266	7345	256
5850	316	6150	302	6450	289	6750	277	7050	266	7350	255
5855	316	6155	302	6455	289	6755	277	7055	265	7355	255
5860	316	6160	302	6460	288	6760	276	7060	265	7360	255
5865	316	6165	301	6465	288	6765	276	7065	265	7365	255
5870	315	6170	301	6470	288	6770	276	7070	265	7370	255
5875	315	6175	301	6475	288	6775	276	7075	265	7375	255
5880	315	6180	301	6480	288	6780	276	7080	265	7380	254
5885	315	6185	300	6485	287	6785	275	7085	264	7385	254
5890	314	6190	300	6490	287	6790	275	7090	264	7390	254
5895	314	6195	300	6495	287	6795	275	7095	264	7395	254
5900	314	6200	300	6500	287	6800	275	7100	264	7400	254
5905	314	6205	299	6505	286	6805	275	7105	264	7405	254
5910	313	6210	299	6510	286	6810	274	7110	264	7410	253
5915	313	6215	299	6515	286	6815	274	7115	263	7415	253
5920	313	6220	299	6520	286	6820	274	7120	263	7420	253
5925	313	6225	299	6525	286	6825	274	7125	263	7425	253
5930	312	6230	298	6530	285	6830	274	7130	263	7430	253
5935	312	6235	298	6535	285	6835	273	7135	263	7435	253
5940	312	6240	298	6540	285	6840	273	7140	262	7440	253
5945	312	6245	298	6545	285	6845	273	7145	262	7445	252
5950	311	6250	297	6550	284	6850	273	7150	262	7450	252
5955	311	6255	297	6555	284	6855	273	7155	262	7455	252
5960	311	6260	297	6560	284	6860	273	7160	262	7460	252
5965	311	6265	297	6565	284	6865	272	7165	262	7465	252
5970	311	6270	297	6570	284	6870	272	7170	261	7470	252
5975	310	6275	296	6575	284	6875	272	7175	261	7475	251
5980	310	6280	296	6580	283	6880	272	7180	261	7480	251
5985	310	6285	296	6585	283	6885	272	7185	261	7485	251
5990	310	6290	296	6590	283	6890	271	7190	261	7490	251
5995	309	6295	295	6595	283	6895	271	7195	261	7495	251

ANEXO C ENSAYOS DE LABORATORIO E INSITU



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES
RUC: 20691612616

INDICADOR DE ENSAYO
ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D-2216 - M70 E 106

CODIGO DE MUESTRA
UCT-SCH-898
PÁGINA 1 DE 1

PROYECTO : IMPULSION DE LA SEÑAL A TRAVES EN EL MODULO DE RESIDENCIA DE LA SUBSISTANTE PARA PAVIMENTOS FLECCIBLES - PUNO 2020

SOLICITANTE : BACH. PERCIBO AGUILAR HUIJUCA

UBICACIÓN : JUJUCA - SAN ROMÁN - PUNO

F. SOLICITUD : 2021-02-22

F. EJECUCION : 2021-02-25

SERVIDOR DEL LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL S.R.L.

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : ...	ESPESOR : ...
SONDRO : ...	ENSAYO : ...
MATERIAL : CANTERA TAPARACHI	MUESTRA : PATRON
PROFUNDIDAD : ... m	NEVL. ABRASIVO : NP
MOEDA : ...	TAMN. VESIGL : 150*

Nº	DESCRIPCION	ESPESOR	NUMERO DEL SARRO	T-304
1	ANILLO DEL TARRO + MASA DEL SUECO FLECCIDO	0	4020	
2	ANILLO DEL TARRO + MASA DEL SUECO SECO	0	4020	
3	ANILLO DEL TARRO	0	4020	
4	ANILLO DEL AGUA	0	4020	
5	ANILLO DEL SUECO SECO	0	4020	
6	SEALADO	0	4020	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUECO : **6.8%**

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

1	La muestra se realizó en el laboratorio por el estudiante
2	No se realizó la evolución de humedad durante el ensayo
3	La muestra presenta humedad constante
4	Las muestras se presentaron en un estado de seco con la estufa respectiva
5	La muestra de ensayo se cubrió con el capote de fibra de vidrio
6	El resultado de la T-304 se encuentra normalizado hacia cero (0) %
7	...
8	...



APROBADO POR EL TECNICO
CIP. 831400

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
Este documento es propiedad de GEOCONTROL TOTAL S.R.L. y su uso no está autorizado sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL S.R.L.
Si usted tiene alguna duda o comentario por favor comunicarse al teléfono 051 910447 o al correo electrónico info@geocontroltotal.com

INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - OBRAS EN OBRA

Dirección: Av. Conquistadores N° 1728 - Jujuca Inaf. ex casco sede Oroya
Teléfono: 051-910448 / 051-910447 / 911 671000
Correo: info@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
Web: www.geocontroltotal.com



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20001812016

FORMA DE ENSAYO LIMITE DE ATTERBERG

CÓDIGO DE FORMA
GC1-LEC-777
FECHA

PROYECTO : AMPLIACION DE LA CARRERA TERRELA EN EL MODELO DE SEQUENCIA DE LA SUBRAMANTE PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES - FASE 2020

SOLICITANTE : BACH FERRER AGUILAR S.R.L

UNIDAD : BUENA - SAN ROMÁN - PISO

F. SOLICITUD : 2021-02-23

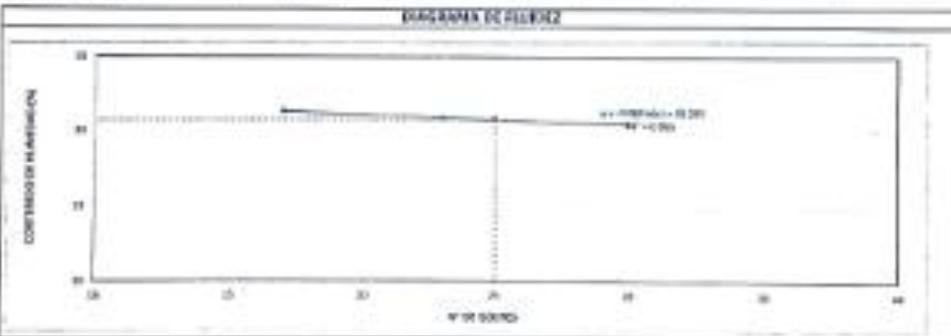
F. EJECUCION : 2021-02-25

(MUESTRA N.º: 00000000000000000000)

DATOS DE LA MUESTRA					
TIPO	---				
MATERIAL	TIPO DE SUELO			PROFUNDIDAD (m)	---
ESTADO	---			ESTADO	---
MUESTRA	MUESTRA			NIVEL (C.A. +0.00)	1.0
T. M. VIGIL	1.00			C. HUMEDAD (H)	1.0

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				RESULTADOS	
	ENO	1-80	1-10	1-25	CONFORME NOMENCLATURA	
Máx. Líq. + agua húmeda	30	31.01	15.52	15.00	LL (%)	31
Máx. Líq. + agua seco	30	41.40	17.00	8.00	LP (%)	22
Máx. Líq. agua	30	225	410	200		
Máx. Líq. seco	30	21.31	10.00	22.00	IP (%)	9
Máx. Líq. seco	30	7.20	12.00	4.71		
Contenido de humedad	70	30.00	20.00	30.00		
Módulo de plasticidad	30	10	20	11		

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO				LÍMITES	
	ENO	1-80	1-10	1-25	DESCRIPCION	
Máx. Líq. + agua húmeda	30	12.15	12.72		LL :	LIMITE LIQUIDO
Máx. Líq. + agua seco	30	12.10	12.75		LP :	LIMITE PLASTICO
Máx. Líq. agua	30	8.63	8.29			
Máx. Líq. seco	30	2.85	8.31			
Máx. Líq. seco	30	2.87	4.46		IP :	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
Contenido de humedad	70	12.15	12.72			



OBSERVACIONES Y COMENTARIOS	
1	SE REALIZÓ EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO
2	SE REALIZÓ EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO
3	SE REALIZÓ EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO
4	SE REALIZÓ EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO
5	SE REALIZÓ EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO
6	SE REALIZÓ EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO
7	SE REALIZÓ EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO
8	SE REALIZÓ EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO
9	SE REALIZÓ EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO
10	SE REALIZÓ EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO





LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES
RUC: 26601912618

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ORDEN DE SERVICIO
GCT-440-790
FECHA: 11/07/2017

PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA TÉCNICA EN EL INDIO DE TRUJILLO DE LA SUBRAMA PARA FOMENTO TURÍSTICO - FRENTE 1007
 LOCALIDAD: BARRIO PUEBLO AGUAYAN, PUNO
 REGION: PUNO - SAN ROMÁN - PUNO
 CLIENTE: EMPRESA DE INGENIERIA Y CONSTRUCCION

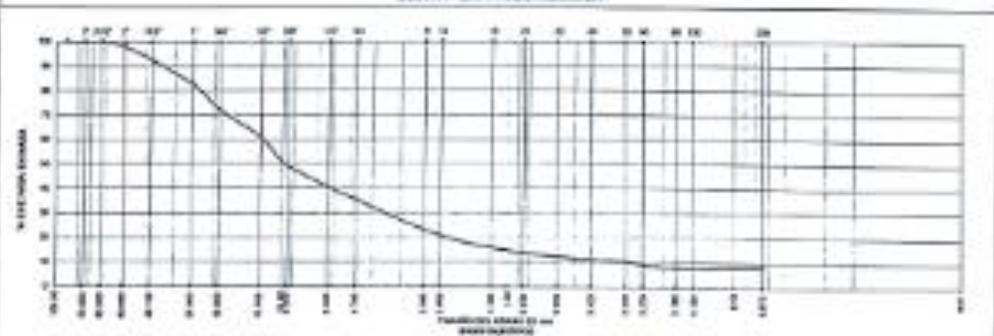
DATOS DE LA MUESTRA

TAMBO: --- SÍMBOLO: C NÚMERO DE MUESTRA: 1007001
 MATERIAL: CANCHA DE TENIS CLASIFICACIÓN USUAL: CC

Nº	TAMBO		PESO RETENIDO			PORCENTAJE			ESPECIFICACION	RESULTADOS				
	Ø (mm)	Ø (mic)	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6		MUESTRA				
1	2.00	4000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	Masa de muestra MOE	MUESTRA				
2	75	75.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0		DESCRIPCIÓN				
3	2.00	3000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	Masa de muestra (agua y seco)					
4	75	30.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	DESCRIPCIÓN					
5	150	30.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	Muestra Muestra					
6	75	30.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	Procedimiento					
7	Ø1	Ø1.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	Grava					
8	Ø2	Ø2.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	Arena					
9	Ø3	Ø3.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	Fino (apareto) #4					
10	Ø4	Ø4.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	Fino # 200					
11	Ø5	Ø5.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	CORRECCIONES					
12	Ø6	Ø6.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C _u C _u C _u C _u C _u					
13	Ø7	Ø7.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁₀₀ C ₁₀₀ C ₁₀₀ C ₁₀₀ C ₁₀₀					
14	Ø8	Ø8.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₄₂₅ C ₄₂₅ C ₄₂₅ C ₄₂₅ C ₄₂₅					
15	Ø9	Ø9.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₇₅ C ₇₅ C ₇₅ C ₇₅ C ₇₅					
16	Ø10	Ø10.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁₅₀ C ₁₅₀ C ₁₅₀ C ₁₅₀ C ₁₅₀					
17	Ø11	Ø11.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₃₀₀ C ₃₀₀ C ₃₀₀ C ₃₀₀ C ₃₀₀					
18	Ø12	Ø12.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₆₀₀ C ₆₀₀ C ₆₀₀ C ₆₀₀ C ₆₀₀					
19	Ø13	Ø13.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₂₀₀₀ C ₂₀₀₀ C ₂₀₀₀ C ₂₀₀₀ C ₂₀₀₀					
20	Ø14	Ø14.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₇₅₀₀ C ₇₅₀₀ C ₇₅₀₀ C ₇₅₀₀ C ₇₅₀₀					
21	Ø15	Ø15.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₃₀₀₀₀ C ₃₀₀₀₀ C ₃₀₀₀₀ C ₃₀₀₀₀ C ₃₀₀₀₀					
22	Ø16	Ø16.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₆₀₀₀₀ C ₆₀₀₀₀ C ₆₀₀₀₀ C ₆₀₀₀₀ C ₆₀₀₀₀					
23	Ø17	Ø17.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁₀₀₀₀₀ C ₁₀₀₀₀₀ C ₁₀₀₀₀₀ C ₁₀₀₀₀₀ C ₁₀₀₀₀₀					

LEYENDA		CLASIFICACIÓN			MUESTRA	
Coeficiente de uniformidad	C _u	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5
Coeficiente de curvatura	C _c	Ø6	Ø7	Ø8	Ø9	Ø10
Índice de Grupo	G _i	Ø11	Ø12	Ø13	Ø14	Ø15
TPO DEL SUELO ABRITO	Grav y arena gruesa a finos	TPO DEL SUELO SUJO	Sólo material producido con arena con arena GP GC			

CURVA GRANULOMÉTRICA



COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

LA MUESTRA SE ENCONTRÓ EN BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN.
 SE ENCONTRÓ FUERA DE LOS LÍMITES PERMISOS PARA EL SUELO.
 EL RESULTADO DE LOS ANÁLISIS ES: GP GC, A-2-4, 0.0.
 EL TIPO DE SUELO RESULTANTE DE LOS ANÁLISIS ES: SUELO DE GRUPO GP GC.
 EL TIPO DE SUELO SUJO ES: SUELO SUJO PRODUCIDO CON ARENA CON ARENA GP GC.





LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASESORAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES
RUC: 20601612616

FORMA DE ENSAYO
RESISTENCIA AL DESGASTE
"ABRASION LOS ANGELES"
NORMA N° 2000-07-0000

CODIGO DE MUESTRA
OCT- EA - 157
Alpaca 1

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA GEOMETRIA TRAZADA EN EL MODULO DE RESISTENCIA DE LA SUBGRANDE PARA PAVIMENTOS FLEBILES - PUNO 2007
SOLICITANTE : SACR. PUNTO NEGRO SAN RAFAEL F. SERVICIO : 2021-09-22
UBICACION : YUMBA - SAN ROMAN - PUNO F. EJECUCION : 2021-09-25
CANTERA : TAMBACHI OPERACION DE LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

N° DE ESPRIMO	Q	N° REVOLUCIONES	300	TIEMPO ESPERACION	15 min	
MATERIAL	TAMBIOS ASTM				MASA DE TAMARCO	
	QUE PASA		RETENIDO SOBRE		GRADACION	
AGREGADO GRESO	kg	mm	kg	mm	A	1
	1"	75.00	2 1/2"	61.00	---	---
	2 1/2"	63.00	2"	56.00	---	---
	2"	56.00	1 1/2"	37.50	---	---
	1 1/2"	41.50	1"	25.00	1248 g	---
	1"	21.00	3/4"	9.50	1257 g	---
	3/4"	19.00	1/2"	12.18	1249 g	---
	1/2"	12.50	1/4"	8.50	1250 g	---
	3/8"	8.50	3/8"	8.50	---	---
	1/4"	8.50	3/8"	8.75	---	---
3/4"	4.75	3/8"	7.50	---	---	

MASA SECA NOM. DE LA MUESTRA	4990 g
MASA SECA RETENIDO EN LA MALLA N°2	2580 g
MASA SECA QUE PASA EN LA MALLA N°2	1410 g
PORCENTAJE DE PERDIDA	26.35 %
RESISTENCIA AL DESGASTE	71.81 %
% DE PERDIDA POR ABRASION	28 %

OBSERVACIONES

1. Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio por el solicitante.
2. Muestra obtenida por control.

3. ---



Los resultados reflejados en este informe son estrictamente de los resultados ensayados.
Esta terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del uso que se le haga incorrecta interpretación de los resultados que declarados.

INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRAS

Dirección: Av. Circunvalación N° 17201 - Urb. Piel de cordero, Arequipa
Teléfono: 051-320530 / 051-010047 / 051-871568
Correo: info@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
www.geocontroltotal.com



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASESURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612816

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

CONDICIONES

DOT-SPM-007

1972

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA GRANALLA BRAGA EN EL MODELO DE RESPONDA DE LA SUBGRANALLA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES - PUNO 2007

UBICACION : BACH. FORCADO ACUARIAR HAYACA

FECHA DE OBRAS : 2014-02-20

DESCRIPCION : SUJETA - 100 ECUARI - PUNO

LABORATORIO : 2014-03-26

LABORIO DE: LABORATORIO DE SUELOS

DETALLE DE LA MUESTRA

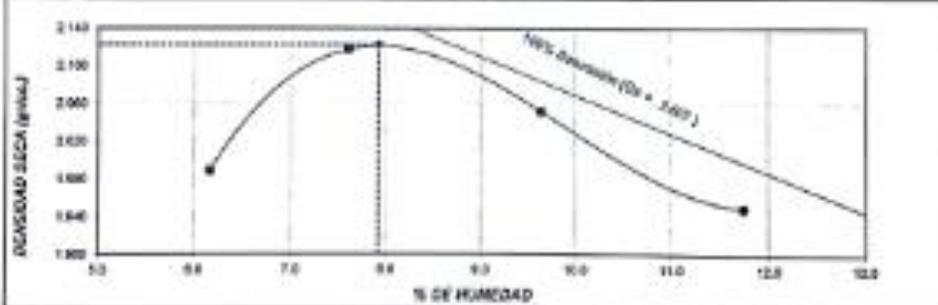
Nº DE MUESTRA :	0200040000	PROYECTO :	---
CONDICION :	---	C. NUMERO :	---
MUESTRA :	PLACON	Nº DE OBRAS :	06
T. M. HUMID. :	1.30	Nº DE OBRAS :	3

Corrección de humedad y compactación por método de agua estándar

Prueba	U	W	W _p	W _L	W _u
Peso suelo + molde	g	9275	7573	9027	8826
Peso molde	g	520	520	520	520
Peso suelo húmedo compactado	g	4405	4130	4717	4886
Volumen del molde	cm ³	275	275	275	275
Peso suelo seco (P ₁₀₀)	g	278	278	278	278
Responde h ₁	g	10	10	4	2
Peso del suelo húmedo + tara	g	2424	2621	2820	2847
Peso del suelo seco + tara	g	2022	2157	2281	2342
Tara	g	10	10	10	10
Peso de agua	g	10	10	7	10
Peso del suelo seco	g	2012	2147	2271	2332
Compactación agua	%	1.2	1.9	4.0	4.7
PESO HUMIDIDAD	g/cm ³	1.585	1.70	2.02	1.99

W _u (gr/cm ³)	2.01
W _L (gr/cm ³) - Compactación	2.28
W _p (gr/cm ³)	1.90
W _u (gr/cm ³) - Compactación	6.25

RELACION HUMEDAD - CAPACIDAD



DEVIACION Y CORRECCIONES

1	El peso del suelo húmedo en el molde no es el mismo que el peso del suelo seco.
2	El volumen del molde no es el mismo que el volumen del suelo.
3	El peso del suelo seco en el molde no es el mismo que el peso del suelo seco en el laboratorio.
4	El método de compactación no es el mismo que el método de campo.
5	El método de compactación no es el mismo que el método de campo.
6	El método de compactación no es el mismo que el método de campo.
7	El método de compactación no es el mismo que el método de campo.
8	---



Los resultados obtenidos en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Esta laboratoria no garantiza la precisión de la información por la cual se emite este documento. Si la autorización expresa de GEOCONTROL TOTAL S.R.L. en laboratorio no se hace responsable por los resultados obtenidos en el laboratorio de los resultados aquí declarados.

INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRAS

Dirección: Av. Circunvalación N° 17108 - Urb. El Valle - Lima
 Teléfono: 001-3280880 / 001-010443 / 001-871088
 Correo: informes@gcontroltotal.com / gecontroltotal@gmail.com
 www.gecontroltotal.com



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20901812618

FORMA DE ENVASE
PESO ESPECIFICO
 ASTM D - 854

CODIGO DE INFORME

GCT-EPM-307

Página 2 de 2

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA GEOMORFIA TERRESTRE EN EL MODULO DE RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE PARA PAVIMENTOS RIGIDOS - PUNO 2020
 SOLICITANTE : BACH. PERCIBO AGUILAR HUELCA
 UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO
 F. SOLICITUD : 2021-02-22
 F. EJECUCIÓN : 2021-02-24
 LABORATORIO: LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	: PRESTAMO	ESPESOR	: ---
SONDEO	: ---	NIVEL FREATICO	: ---
MUESTRA	: M-01	PROGRESIVA	: ---
T. M. VISUAL	: Y		

AGREGADO FINO MTC E 205

ITEM	DESCRIPCION	ENSAYO 01	ENSAYO 02	PROMEDIO	
A	Peso Mezcla Seca (En Aire) (g)	15713	/		
B	Peso Mezcla Seca (En Agua) (g)	968.5			
C	Vol de masa + vol de vacíos = A - B (g)	602.6			
D	Peso material seco en estado (20°C) (g)	1636.4			
E	Vol de masa = C - (A - D) (g)	367.9			
	Po bulk (Base seca) = D/C	2.550			2.550
	Po bulk (Base saturado) = A/C	2.607			2.607
	Po aparente (Base seca) = D/E	2.705	2.705		
	N de absorción = (B - D) / (D * 100)	2.259	2.259		

RESULTADO

2.607 g/cm³

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

1	LAS MUESTRAS FUERON PLAZAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE
2	EL ENSAYO FUE REALIZADO MEDIANTE UNA HERRIDA
3	EL ESPESOR SI CONTIENE OBRAS FINAS.
4	---
5	---



Los resultados entregados en esta informe solo están relacionados a la muestra entregada.
 No es responsabilidad del laboratorio la preparación, ensayo y entrega de este documento sin la autorización expresa de GEOCONTROL TOTAL S.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso o la interpretación o tergiversación de los resultados aquí declarados.

INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Conquistador N° 1726 - Juliaca (Pto. ex. salida salida oeste)
 Teléfono: 051 921808 / 561 03447 / 561 671503
 Correo: inform@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 web: geocontroltotal.com



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20001012618

INFORME DE ENSAYO
DENSIDAD DE CAMPO
474-00-00

CODIGO DE INFORME
OCT-00-06
474-00-00

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA GEOMALLA TRIMAX (EN EL) MODULO DE RESISTENCIA DE LA SUBSISTANTE PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES - PUÑO 2007
 SOLICITA : IMCH PEREJO AGUIAR HULLICA
 UBICACIÓN : JALACA - SAN ROMÁN - PUÑO
 CARRETA : TAPACHO
 F. EJECUCIÓN : 2007-02-26
 F. RECEPCIÓN : 2007-02-27
 DISEÑADO EN: Lugar de Obra - In situ

REGISTRO		FUNDO				
UBICACIÓN		OPERA				
PROFUNDIDAD		0.20				
1	Masa del frasco + arena	3700				
2	Masa del frasco + arena sobrenada	1964				
3	Masa de arena ensayada	4717				
4	Masa de la arena del cana	307				
5	Masa de la arena en el hueco	481				
6	Densidad de la arena	140				
7	Volumen del hueco	294				
8	Masa del tambo + suelo + grava	912				
9	Masa del tambo	0				
10	Masa del suelo + grava	912				
11	Masa retenida en tambo 3/4	750				
12	% retenido en tambo 3/4	82.34				
13	Peso específico de la grava	2.67				
14	Volumen de la grava	267				
15	Peso del suelo	4430				
16	Volumen del suelo	1860				
17	Densidad húmeda (g/cc)	2.31				

REGISTRO		FUNDO				
UBICACIÓN		OPERA				
PROFUNDIDAD		0.20				
18	Tambo N°					
19	Masa del tambo + suelo húmedo					
20	Masa del tambo + suelo seco					
21	Masa del agua					
22	Masa del tambo					
23	Masa del suelo seco					
24	Coeficiente de humedad	7.45				

REGISTRO		FUNDO				
UBICACIÓN		OPERA				
PROFUNDIDAD		0.20				
25	Módulo (gravedad seca (dinámico))	2.730				
26	Coeficiente de humedad aparente	6.75				
27	Densidad seca campo	2.13				
28	% de compactación	95.06				

REGISTRO		FUNDO				
UBICACIÓN		OPERA				
PROFUNDIDAD		0.20				
1	Se observó de la parte superior tener influencia el viento.					
2	No se realizaron ensayos en campo en el punto de ensayo.					
3	Se realizó ensayo en un área protegida por una estructura de acero en el sitio.					
4	Se observó de humedad de aproximadamente 7.45.					



Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Queda expresamente prohibida la reproducción por cualquier medio de estos datos sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.S.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí descritos.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE ENSAYO - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. General Velasco N° 1703 - Jalaca (Dist. de Guayaquil) Ecuador
 Teléfono: 051-3285500 / 361 010447 / 301 071500
 Correo: info@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASESURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20691612676

RESISTENCIA DEL SUELO (C&R) IN SITU

FORMA F004

ISO-9000-20

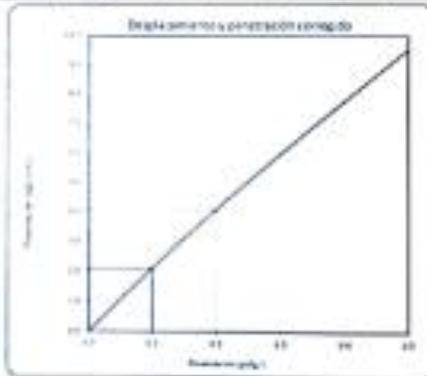
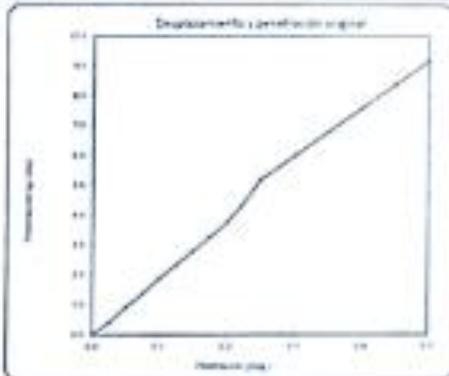
P.1-1

PROYECTO: INFRAESTRUCTURA PARA EL COMERCIO EN EL MOLINO DE RESISTENCIA DE LA TARAPACÁ PARA FOMENTO TURÍSTICO - PUNO 2022
 LOCALIDAD: BARRIO PUEBLO AGRIKOLA
 UBICACIÓN: CALLE SAN JUAN - PUNO
 F. IDENTIFICACION: 2022-01-01
 F. EMISION: 2022-01-01
 EMISOR: LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

DATOS DE LA MUESTRA

Cant. de Suelo (kg)	---	Simulador de suelo	---
Prof. de Muestra	0.3m	Respeto	---
Nº de Muestra	---	Clasificación SCS	CS
Uso	Terreno de trabajo	Especificación ASTM	---

CONEXIÓN DE LA MUESTRA			CARGA (TONELADAS)	VALOR DE PENETRACIÓN			
Módulo de Deformación				PENETRACIÓN EN mm		PENETRACIÓN en pulgadas	
Diámetro	Tubo	Temperatura	Aplicada	Penetración (mm)	Penetración (in)	General	Corrección
100	100	1.0	---	4.0	0.15	1.50	4.30
150	150	1.40	---	11	0.43	1.50	4.32
175	175	1.48	---	14	0.55	1.50	4.34
200	200	1.57	---	17	0.67	1.51	4.36
250	250	1.66	5.00	24	0.94	1.51	4.38
300	300	1.75	10.00	31	1.22	1.51	4.40
350	350	1.84	15.00	38	1.50	1.51	4.42
400	400	1.93	20.00	45	1.78	1.51	4.44
450	450	2.02	25.00	52	2.06	1.51	4.46
500	500	2.11	30.00	59	2.34	1.51	4.48
550	550	2.20	35.00	66	2.62	1.51	4.50
600	600	2.29	40.00	73	2.90	1.51	4.52
650	650	2.38	45.00	80	3.18	1.51	4.54
700	700	2.47	50.00	87	3.46	1.51	4.56
750	750	2.56	55.00	94	3.74	1.51	4.58
800	800	2.65	60.00	101	4.02	1.51	4.60
850	850	2.74	65.00	108	4.30	1.51	4.62
900	900	2.83	70.00	115	4.58	1.51	4.64
950	950	2.92	75.00	122	4.86	1.51	4.66
1000	1000	3.01	80.00	129	5.14	1.51	4.68



CONDICIONES DE PENETRACIÓN			VALOR DE CORRECCIÓN PARA LA PENETRACIÓN	
Diámetro	Tubo	Temperatura	Penetración corregida	Corrección de penetración (%)
0.3	1.04	0	0.25	6.39%
0.2	1.08	0.5	0.28	4.52%

GeoCONTROL TOTAL S.A.S.
 Ing. [Firma]
 Calle [Dirección]
 PUNO, PERÚ

ANEXO D FICHA TECNICA



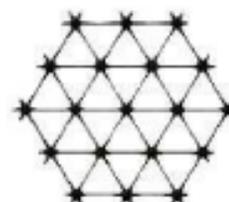
Product Specification - TriAx® TX160 Geogrid

Tensor International Corporation reserves the right to change its product specifications at any time. It is the responsibility of the person specifying the use of this product and of the purchaser to ensure that product specifications relied upon for design or procurement purposes are current and that the product is suitable for its intended use in each instance.

General

1. The geogrid is manufactured from a punched polypropylene sheet, which is then oriented in three substantially equilateral directions so that the resulting ribs shall have a high degree of molecular orientation, which continues at least in part through the mass of the integral node.
2. The properties contributing to the performance of a mechanically stabilized layer include the following:

Tensor TriAx® Geogrid



Index Properties	Longitudinal	Diagonal	Transverse	General
<ul style="list-style-type: none"> • Rib pitch⁽¹⁾, mm (in) • Mid-rib depth⁽²⁾, mm (in) • Mid-rib width⁽²⁾, mm (in) • Rib shape • Aperture shape 	40 (1.60)	40 (1.60)	-	Rectangular Triangular
	-	1.6 (0.06)	1.4 (0.05)	
	-	1.0 (0.04)	1.2 (0.05)	
Structural Integrity				
<ul style="list-style-type: none"> • Junction efficiency⁽³⁾, % • Radial stiffness at low strain⁽⁴⁾, kN/m @ 0.5% strain (lb/ft @ 0.5% strain) 				93 800 (20,580)
Durability				
<ul style="list-style-type: none"> • Resistance to chemical degradation⁽⁵⁾ • Resistance to ultra-violet light and weathering⁽⁶⁾ 				100% 70%

Dimensions and Delivery

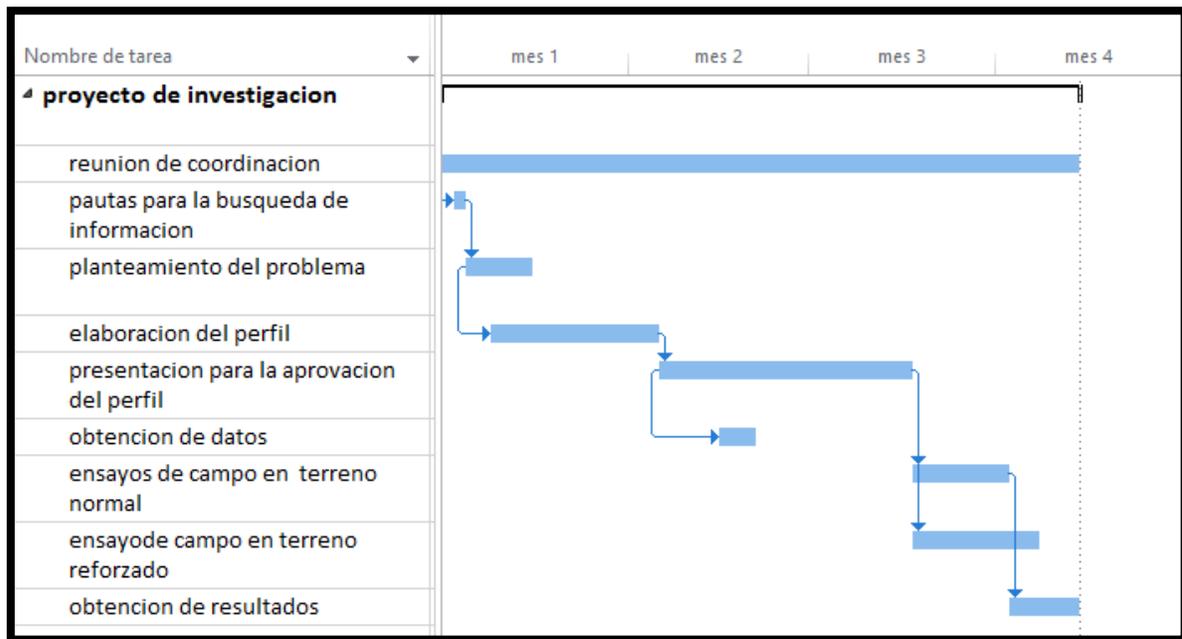
The TX geogrid shall be delivered to the jobsite in roll form with each roll individually identified and nominally measuring 3.0 meters (9.8 feet) and/or 4.0 meters (13.1 feet) in width and 75 meters (246 feet) in length.

Notes

1. Unless indicated otherwise, values shown are minimum average roll values determined in accordance with ASTM D4759-02. Brief descriptions of test procedures are given in the following notes.
2. Nominal dimensions.
3. Load transfer capability determined in accordance with ASTM D6637-10 and ASTM D7737-11 and expressed as a percentage of ultimate tensile strength.
4. Radial stiffness is determined from tensile stiffness measured in any in-plane axis from testing in accordance with ASTM D6637-10.
5. Resistance to loss of load capacity or structural integrity when subjected to chemically aggressive environments in accordance with EPA 9090 immersion testing.
6. Resistance to loss of load capacity or structural integrity when subjected to 500 hours of ultraviolet light and aggressive weathering in accordance with ASTM D4355-05.

This specification supersedes any and all prior specifications for the product designated above and is not applicable to any products shipped prior to January 31, 2014. Tensor and TriAx are trademarks of Tensor International Corporation or its affiliates in the US and many other countries. TriAx® geogrid and the use thereof are protected by U.S. Patent No. 7,091,112. Patents or patent applications also exist in other countries. Final determination of the suitability of the above-mentioned information or product for the use contemplated, and its manner of use, are the sole responsibility of the user. Tensor International Corporation disclaims any and all express, implied or statutory warranties, including but not limited to, any warranty of merchantability or fitness for a particular purpose regarding this product or the Company's other products, techniques or services. The information contained herein does not constitute engineering advice.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN



RECURSOS Y PRESUPUESTO

Recursos Humanos

Los recursos humanos están formados por la persona que esta principalmente implicada en el tema de investigación integrado por:

- ✓ AGUILAR HUILLCA, Perceo

Con la participación del asesor:

- ✓ Dr. CANCHO ZUÑIGA, Gerardo Enrique

Presupuesto

- ✓ Presupuesto de equipos y materiales necesarios para la evaluación del tema de investigación.

PRESUPUESTO DE EQUIPOS Y MATERIALES					
Nº	ENSAYO	UND	CANTIDAD	P.U.	C. PARCIAL
1	Acceso a internet	MESES	4	80	320.00
2	Movilidad	MESES	1.5	70	105.00
3	Viaticos	MESES	1.5	120	180.00
TOTAL PRESUPUESTO					S/ 605.00

Fuente: Elaboración Propia.

- ✓ Presupuesto de los ensayos del material seleccionado de la cantera Taparachi para la capa de mejoramiento.

ENSAYO PARA EL MATERIAL SELECCIONADO					
Nº	ENSAYO	NORMA	CANTIDAD	P.U.	C. PARCIAL
1	Contenido de humedad	MTC E 108	1	70	70.00
2	Análisis granulométrico	MTC E107	1	40	40.00
3	Limites de Atterberg	NTP 339.129	1	35	35.00
4	Peso específico	ASTM D-854	1	35	35.00
5	Compactación Proctor	NTP 339.141	1	90	90.00
6	Resistencia al desgaste "Abrasión de los ángeles"	NTP 400.019 - 400.020	1	90	90.00
TOTAL PRESUPUESTO					S/ 360.00

Fuente: Elaboración Propia.

- ✓ Ensayo del suelo natural para obtener el cbr insitu.

ENSAYO INSITU DEL SUELO NATURAL					
Nº	ENSAYO	NORMA	CANTIDAD	P.U.	C. PARCIAL
1	CBR INSITU	MTC E 133	1	200	200.00
TOTAL PRESUPUESTO					S/ 200.00

Fuente: Elaboración Propia.

- ✓ Ensayos en la conformación de la subrasante para obtener su densidad de campo, CBR INSITU y las deflexiones con la viga benkelman con la geomalla triaxial (grupo experimental).

ENSAYO INSITU DE LA SUBRASANTE MEJORADO CON GEOMALLA TRIAXIAL					
Nº	ENSAYO	NORMA	CANTIDAD	P.U.	C. PARCIAL
1	Densidad de campo	MTC E 117	1	85	85.00
2	Viga benkelman	MTC E 1002	1	1000	1000.00
3	Camion (Viga Benkelman)		1	170	170.00
4	Camion (Hormigon para los 1800lb)		1	150	150.00
5	Camion (peso en balanza para los 1800lb)		1	25	25.00
TOTAL PRESUPUESTO					S/ 1,430.00

Fuente: Elaboración Propia.

- ✓ Ensayos en la conformación de la subrasante para obtener su densidad de campo, CBR INSITU y las deflexiones con la viga benkelman sin geomalla (grupo de control).

ENSAYO INSITU DE LA SUBRASANTE MEJORADO SIN GEOMALLA					
Nº	ENSAYO	NORMA	CANTIDAD	P.U.	C. PARCIAL
1	Viga benkelman	MTC E 1002	1	1000	1000.00
2	Camion (Viga Benkelman)		1	170	170.00
3	Camion (Hormigon para los 1800lb)		1	150	150.00
4	Camion (peso en balanza para los 1800lb)		1	25	25.00
TOTAL PRESUPUESTO					S/ 1,345.00

Fuente: Elaboración Propia.

- ✓ Conformación de la subrasante con el material de mejoramiento en un tramo de 10x4mts. Incluyendo la geomalla triaxial en el nivel del suelo natural (grupo experimental).

CONFORMACION DE LA SUBRASANTE CON GEOMALLA TRIAXIAL (GRUPO EXPERIMENTAL)					
Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	C. PARCIAL
1	Perfilado del terreno 0.15mts. (motoniveladora)	HM	1.5	250	375.00
2	Colocado de la Geomalla Triaxial	M2	50	15	750.00
3	Relleno con material de la cantera Taparachi	M3	15	20	300.00
4	Motoniveladora	HM	2.5	250	625.00
5	Camion Cisterna	HM	2.5	150	375.00
6	Rodillo Compactador	HM	2.5	200	500.00
TOTAL PRESUPUESTO					S/ 2,925.00

Fuente: Elaboración Propia.

- ✓ Conformación de la subrasante con el material de mejoramiento en un tramo de 10x4mts. Sin geomalla (grupo de control).

CONFORMACION DE LA SUBRASANTE SIN GEOMALLA (GRUPO DE CONTROL)					
Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	C. PARCIAL
1	Perfilado del terreno 0.15mts. (motoniveladora)	HM	1.5	250	375.00
2	Relleno con material de la cantera Taparachi	M3	15	20	300.00
3	Motoniveladora	HM	2.5	250	625.00
4	Camion Cisterna	HM	2.5	150	375.00
5	Rodillo Compactador	HM	2.5	200	500.00
TOTAL PRESUPUESTO					S/ 2,175.00

Fuente: Elaboración Propia.

- ✓ **Resumen del presupuesto total del tema de investigación.**

RESUMEN PRESUPUESTO TOTAL				
Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	P.U.	C. PARCIAL
1	PRESUPUESTO DE EQUIPOS Y MATERIALES	1	605	605.00
2	ENSAYO PARA EL MATERIAL SELECCIONADO	1	360	360.00
3	ENSAYO INSITU DEL SUELO NATURAL	1	200	200.00
4	ENSAYO INSITU DE LA SUBRASANTE MEJORADO CON GEOMALLA TRIAXIAL	1	1430	1,430.00
5	ENSAYO INSITU DE LA SUBRASANTE MEJORADO SIN GEOMALLA	1	1345	1,345.00
6	CONFORMACION DE LA SUBRASANTE CON GEOMALLA TRIAXIAL (GRUPO EXPERIMENTAL)	1	2925	2,925.00
7	CONFORMACION DE LA SUBRASANTE SIN GEOMALLA (GRUPO DE CONTROL)	1	2175	2,175.00
TOTAL				S/ 9,040.00

Fuente: Elaboración Propia.

El presupuesto total de la investigación es de **S/. 9,040.00**

FINANCIAMIENTO

El proyecto de investigación se realizó con fuente de financiamiento propia.

INSTRUMENTOS

Equipos de Laboratorio de Suelos

Contenido de Humedad

- ✓ Balanza con aproximación de 0.01g
- ✓ Estufa
- ✓ Taras

Granulometría

- ✓ Juego de Tamices
- ✓ Balanza con aproximación de 0.01g
- ✓ Bandeja
- ✓ Cepillo
- ✓ Estufa

Clasificación de Suelos

- ✓ Cuchara de Casagrande
- ✓ Juego de Tamices
- ✓ Espátula
- ✓ Vidrio

Próctor Modificado

- ✓ Molde de compactación con base y collar
- ✓ Martillo de compactación

- ✓ Latas para contenido de humedad
- ✓ Espátula

Densidad de Campo

- ✓ Molde Próctor
- ✓ Cono de arena
- ✓ Base metálica para el cono
- ✓ Balanza con aproximación de 0.01g

- ✓ Capsula de aluminio
- ✓ Brocha y un cordel
- ✓ Metro

Equipos de Ensayos de Suelos en Campo

CBR Insitu

- ✓ Equipo de CBR
- ✓ Anillo de Carga
- ✓ Viga de Aluminio

- ✓ Juego de Extensiones
- ✓ Juego de Pesas
- ✓ Placa circular

Viga Benkelman

- ✓ Viga benkelman
- ✓ Medidor de presión de inflado
- ✓ Termómetro
- ✓ Barreno

- ✓ Cronometro
- ✓ Wincha
- ✓ Vibrador

3.1.1 Maquinaria

- ✓ Retroexcavadora
- ✓ Rodillo
- ✓ Camión Volquete

- ✓ Motoniveladora
- ✓ Motobomba

3.1.2 Normas Nacionales e Internacionales

- EG-2013-MTC
- MC-2014-MTC
- EM-2016-MTC
- MTC E 108
- MTC E 107

- MTC E 133
- MTC E 1002
- NTP 339.129
- NTP 339.141
- NTP 400.019 - 400.020

- ASSHTO 93
- ASSHTO R50
- ASTM D-854