

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**APLICACIÓN DE GEOTEXILES TEJIDOS EN VÍAS  
AFIRMADAS  
ANÁLISIS ECONÓMICO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**  
Para optar el Título Profesional de  
**INGENIERO CIVIL**

**CARLOS JAIME SILVA TELLO**

Lima - Perú

2008

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	5
<b>INTRODUCCION</b>	7
<b>CAPITULO 1: GEOTEXTILES</b>	9
<b>1.1 ESQUEMA GENERAL</b>	9
1.1.1 Prólogo a los Geosintéticos	9
1.1.2 Geosintéticos	10
<b>1.2 GEOTEXTILES</b>	10
1.2.1 Definición	10
1.2.2 Fabricación de los Geotextiles	10
1.2.3 Tipos de Geotextiles	14
1.2.3.1 Geotextiles Tejidos	14
1.2.3.2 Geotextiles No Tejidos	15
<b>1.3 CARACTERÍSTICAS, FUNCIÓN Y APLICACIÓN DE GEOTEXTILES</b>	17
1.3.1 Características de los Geotextiles	17
1.3.1.1 Resistencia a la Tensión	17
1.3.1.2 Elongación	18
1.3.1.3 Resistencia Química	18
1.3.1.4 Permeabilidad y Flujo Planar	18
1.3.1.5 Resistencia a la Temperatura	18
1.3.1.6 Capacidad de Filtración	18
1.3.2 Funciones de los Geotextiles	19
1.3.2.1 Separación	19
1.3.2.2 Refuerzo	20
1.3.2.3 Filtración	20
1.3.2.4 Drenaje Planar	21
1.3.2.5 Membrana Amortiguadora de esfuerzos y Barrera Impermeable	21
1.3.2.6 Protección	22
1.3.3 Aplicaciones de los Geotextiles	23
1.3.3.1 Estabilización de Subrasante	23
1.3.3.2 Filtración y Drenaje	23
1.3.3.3 Terraplenes sobre suelo blando	24
1.3.3.4 Protección de Geomembranas	24
1.3.3.5 Muros y Taludes Reforzados	24

1.3.3.6 Repavimentación Asfáltica	25
<b>CAPITULO 2: VÍAS AFIRMADAS APLICANDO GEOTEXILES TEJIDOS</b>	<b>26</b>
<b>2.1 CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE VÍAS AFIRMADAS</b>	<b>26</b>
2.1.1 Beneficios del Geotextil Tejido	26
2.1.2 Funciones del Geotextil Tejido	28
2.1.2.1 Separación	28
2.1.2.2 Refuerzo	28
<b>2.2 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE VÍAS AFIRMADAS</b>	<b>28</b>
2.2.1 Análisis Teórico	30
2.2.1.1 Definiciones Generales	30
2.2.1.2 Propiedades del Geotextil	33
2.2.2 Análisis Cuasi-Estático de Vías Afirmadas	34
2.2.2.1 Distribución de la Carga por la Capa Granular	34
2.2.2.2 Comportamiento Elástico-Plástico del suelo bajo carga	35
2.2.3 Análisis de Vías Afirmadas con Geotextil	36
2.2.3.1 Cinemática	36
2.2.3.2 Equilibrio del suelo de Subrasante	37
<b>2.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO</b>	<b>37</b>
2.3.1 Método Analítico de los Drs. Jean Pierre Giroud y Jie Han	38
2.3.1.1 Antecedentes	38
2.3.1.2 Fundamento del Método Giroud-Han	39
2.3.1.3 Resumen derivado del Método Giroud-Han	40
2.3.2 Procedimiento de Diseño	42
<b>2.4 PROYECTO EXPERIMENTAL UNI</b>	<b>45</b>
2.4.1 Memoria Descriptiva del Proyecto Experimental	45
2.4.2 Ubicación	45
2.4.3 Trabajos Iniciales del Proyecto	46
2.4.3.1 Topografía	46
2.4.3.2 Geología, Estudio de Suelos	47
2.4.4 Degradación del Suelo Natural en la zona del Proyecto	48
2.4.5 Construcción de la Vía Afirmada Aplicando Geotextil Tejido	49

<b>CAPITULO 3: ANÁLISIS ECONÓMICO EN VÍAS AFIRMADAS</b>	<b>58</b>
<b>3.1 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS, PRESUPUESTOS DE OBRA</b>	<b>58</b>
<b>3.2 PRESUPUESTOS ALTERNATIVOS EN VÍAS AFIRMADAS</b>	<b>70</b>
3.2.1 Resultado Estructural aplicando Geotextil Tejido	70
3.2.2 Análisis Comparativo: Costos de Obra en Vías Afiradas	71
<b>3.3 COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE PRESUPUESTOS</b>	<b>72</b>
3.3.1 Relación Beneficio – Costo	72
3.3.2 Relación Beneficio – Técnico	72
<b>3.4 RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO EXPERIMENTAL UNI</b>	<b>73</b>
3.4.1 Análisis Económico Proyecto Experimental UNI (Lima)	73
3.4.2 Análisis Económico Proyecto Experimental UNI (Selva)	73
<b>CAPITULO 4: EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE GEOTEXILES TEJIDOS</b>	<b>76</b>
<b>4.1 PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN VÍAS AFIRMADAS</b>	<b>76</b>
<b>4.2 PRUEBAS, RESULTADOS DEL PROYECTO EXPERIMENTAL UNI</b>	<b>77</b>
4.2.1 Prueba con la Viga Benkelman	77
4.2.2 El Modelo de How	78
4.2.3 Deflexiones en el Modelo de How	78
4.2.4 Características y utilización del Modelo	79
4.2.5 Resultados del Proyecto Experimental UNI	79
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>80</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS</b>	
Anexo 1.- Planos	
Anexo 2.- Perfil Estratigráfico	
Anexo 3.- Ensayos de Laboratorio de Suelos	
Anexo 4.- Certificados	
Anexo 5.- Pruebas	
Anexo 6.- Panel Fotográfico	

## RESUMEN

El desarrollo de los geosintéticos y de su utilización en los campos de la ingeniería, ha introducido un nuevo concepto en las metodologías de diseño y construcción de sus diversas aplicaciones.

Son muchas las teorías y las investigaciones que han surgido con esta nueva tecnología, basadas en las necesidades y los requerimientos de los ingenieros diseñadores y constructores, llevando a que los geosintéticos se utilicen cada vez más para la realización de obras de Ingeniería Civil.

En el Perú, en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, dentro del Curso de Actualización de Conocimientos 2006 se inició el taller: Aplicación de Geosintéticos en Obras de Ingeniería Civil, planteando emplear geosintéticos como solución a diversos casos dentro del Campo de la Ingeniería. Se propuso la formación de 11 grupos de trabajo para los campos de Hidráulica, Control de erosión, Pavimentos y Aplicaciones medioambientales.

Uno de los mayores campos de aplicación de los geosintéticos en nuestro país son las Vías Afirmadas, donde se deben considerar varios aspectos que involucran su utilización: separación, refuerzo, estabilización de suelos, filtración y drenaje.

Los estudios que se han realizado en este campo y las experiencias existentes han demostrado los grandes beneficios que aportan los geosintéticos en la construcción de vías y en su rehabilitación, mejorando el nivel de servicio y aumentando la vida útil.

En este sentido se define aplicar geosintéticos (geotextil, geomallas, geoweb) como solución a la ejecución de una vía afirmada de bajo volumen de tránsito sobre un terreno dentro del Laboratorio Nacional de Hidráulica, Av. Tupac Amaru, Pta. N° 4 - UNI, Dpto. Lima, Prov. Lima, Dist. Rimac.

Dicho terreno es de 3.00 x 30.00 m., correspondiendo a cada uno 3.00 x 10.00 m., siendo en orden a la puerta de acceso: 1° Grupo N° 04 – Geomallas, 2° Grupo N° 03 – Geotextiles Tejidos, 3° Grupo N° 06 – Geoweb.

Debido a que el terreno natural del sector establecido es un suelo gravoso cuyo CBR es de 20%, se acuerda degradar el terreno y colocar el material adecuado para tener una subrasante cuyo CBR sea menor al 1% y así poder aplicar de una manera conveniente los geosintéticos definidos.

Para conseguir estas condiciones se realizaron todas las labores y ensayos de suelos necesarios para la correcta ejecución del "PROYECTO EXPERIMENTAL UNI", conteniendo aspectos de: Diseño – Procesos constructivos – Análisis económico en función al tipo de geosintético señalado.

Luego de tener el Proyecto Definitivo Aprobado para el Grupo N° 03, "Aplicación de Geotextiles Tejidos", se procedió a la ejecución de la construcción del tramo del Proyecto Experimental, concluyendo así con nuestro tema grupal: Aplicación de Geotextiles Tejidos en Vías Afirmadas, del cual corresponde como tema individual del presente informe de suficiencia: "Aplicación de Geotextiles Tejidos en Vías Afirmadas – Análisis Económico".

## INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas el área de diseño y construcción de Vías Afirmadas en el Perú a través del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, se ha preocupado por mantener un constante desarrollo que permita mejorar cada día las metodologías de diseño y las técnicas de construcción, presentando obras de alta calidad con un buen nivel de servicio durante su vida útil.

Dentro de este desarrollo se ha involucrado la tecnología de los geosintéticos, buscando mejorar de una forma eficiente y económica las diferencias de los elementos y materiales que componen las vías afirmadas.

Uno de los problemas que se presentan con mayor frecuencia es el deterioro prematuro de las vías afirmadas, causado por diversos factores relacionados con las características y propiedades de los materiales que conforman la estructura de las vías y con las condiciones de carga que sobrepasan los valores de diseño.

Desde el punto de vista estructural, la contaminación de la(s) capa(s) granular(es), la mezcla de los suelos de diferentes características y el comportamiento mecánico del suelo de subrasante son factores de gran influencia en el deterioro de las vías afirmadas, lo que se traduce en una reducción de la capacidad portante de todo el sistema.

El desarrollo de la Ingeniería Civil ha introducido técnicas y tecnologías en el diseño y la construcción de obras civiles, mejorando sus especificaciones y características a corto y largo plazo, aumentando la vida útil y buscando un equilibrio en los factores económicos que en muchos casos representan una disminución de costos.

Específicamente, la utilización de los Geotextiles Tejidos como una capa de separación y refuerzo entre el suelo de subrasante y la(s) capa(s) granular(es) ha permitido mantener la integridad de los materiales y mejorar su funcionamiento, aumentando la vida útil de las estructuras.

Esta zona de separación con Geotextil Tejido elimina la instalación de un material adicional que se emplea en los diseños tradicionales, que solo tiene en cuenta el proceso de contaminación que se produce al inicio del período de vida de servicio, y no tiene en cuenta el proceso de contaminación a largo plazo.

En el presente Informe de Suficiencia se exponen los cálculos y resultados del Análisis Económico para la ejecución del Proyecto Experimental UNI que ha sido realizado dentro del campus del Laboratorio Nacional de Hidráulica, Av. Tupac Amaru, Pta. N° 4 - UNI, Dpto. Lima, Prov. Lima, Dist. Rimac, correspondiendo al Grupo N° 03 el tema “Aplicación de Geotextiles Tejidos en Vías Afirmadas”, orientando el estudio a cuantificar los beneficios que se obtienen en dicha aplicación tanto técnicos como económicos.

Para obtener este objetivo, se define inicialmente los conceptos básicos de los Geosintéticos en especial el de los Geotextiles, su fabricación, funciones y aplicación en el CAPITULO I.

Se prosigue con el estudio y resultados del Diseño de Vías Afirmadas, exponiendo de manera sucinta las consideraciones, el análisis y la metodología de diseño empleada en la ejecución del Proyecto Experimental UNI, los cuales son expuestos en el CAPITULO II.

El punto central de este informe el Análisis Económico se realiza y presenta los Análisis de Costos y Presupuestos de Obra del Proyecto Experimental y se compara con diseños alternativos para cuantificar los beneficios obtenidos al aplicar geotextiles tejidos, enmarcando los resultados en el CAPITULO III.

La evaluación del empleo del geotextil tejido se realizó con pruebas efectuadas en el Proyecto Experimental como son el de la Viga Benkelman, exponiendo una breve teoría y mostrando todos los resultados en el CAPITULO IV.

Se presentan las Conclusiones y Recomendaciones del Análisis Económico de la Aplicación de Geotextiles en las Vías Afirmadas.

Complementando este informe se adjuntan los Anexos 1 al 6, donde apreciamos los planos del proyecto realizado (1), el perfil del suelo (2), los resultados de todos los ensayos de laboratorio realizados (3), los certificados de calidad del geotextil (4), los resultados de las pruebas ejecutadas (5), y para una mejor visualización un panel fotográfico de todo el proceso constructivo realizado (6).

Es un gran deseo que este Informe de Suficiencia sirva como apoyo a otros colegas en la búsqueda de soluciones prácticas y económicas para el diseño de vías afirmadas, sabiendo que cada proyecto posee su propia condición, y dejamos vanos abiertos para complementar este estudio ya que es claro que no tiene todas las soluciones del caso pero esperamos sea un primer peldaño de esta escalera.

## CAPITULO 1.- GEOTEXTILES

### 1.1 ESQUEMA GENERAL

#### 1.1.1 PRÓLOGO A LOS GEOSINTÉTICOS

El uso de los Geosintéticos en el Perú, ha tenido en los últimos años un gran incremento respondiendo a una urgencia que se hace muy necesaria en los Proyectos de Ingeniería, y la cual consiste en la ejecución de obras civiles con una alta calidad técnica, buscando un equilibrio económico y disminuyendo el impacto ambiental con productos o sistemas que promuevan la protección del medio ambiente.

La Tecnología de los Geosintéticos se ha convertido en una gran alternativa para solucionar problemas tanto técnicos como económicos en los proyectos de ingeniería y su empleo se ha hecho en la mayoría de los casos de forma empírica, tomando resultados de experiencias en proyectos similares.

Bajo este esquema, en muchas ocasiones los geosintéticos han sido una solución exitosa, pero en algunos casos la falta de conocimiento y de una metodología racional de diseño que permitan definir el uso de estos materiales según las condiciones particulares de cada proyecto, no ha permitido que los beneficios de esta tecnología sean aprovechados en toda su magnitud.

Las diversas aplicaciones en que se emplean Geosintéticos son en Obras Viales, Obras Hidráulicas, Sistemas de Control de Erosión, Aplicaciones Medioambientales, entre otras.

Para cada una de estas aplicaciones existen diversos Métodos de Diseño, siendo cada una condicionada a los requerimientos propios del proyecto a desarrollar como son los Aspectos Geomorfológicos, Geotécnicos, de Suelos y Medio Ambiente que existe en nuestro país, donde se aprecia un desarrollo muy avanzado de la Aplicación de Geosintéticos en Obras de Ingeniería Civil. .

## 1.1.2 GEOSINTÉTICOS

Geosintético es un producto en el que, por lo menos, uno de sus componentes es a base de polímero sintético o natural, y se presenta en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la Ingeniería Civil.

La fabricación de los geosintéticos comprende procedimientos principalmente de extrusión, tecnología textil y/o ambas tecnologías: textil y plástica.

Los geosintéticos se derivan de fibras artificiales, compuestos básicamente de Polímeros como polipropileno, poliéster, polietileno y poliamida, siendo los 2 primeros los de mayor utilización en la actualidad.

Los tipos de geosintéticos más comunes utilizados en el campo de la ingeniería son los Geotextiles, las Geomallas, las Geomembranas, las Georedes y otros Geocompuestos que son derivados de la unión de las características y cualidades de cada uno de los anteriores.

## 1.2 GEOTEXTILES

### 1.2.1 DEFINICIÓN

Dentro del grupo de los geosintéticos tenemos los Geotextiles que se definen así: Un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural) que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en Ingeniería Civil para aplicaciones Geotécnicas ( ASTM D-4439 ).

### 1.2.2 FABRICACIÓN DE LOS GEOTEXTILES

El papel de los fabricantes en el conocimiento y crecimiento del mercado de los geotextiles ha sido grande y positivo. Se han desarrollado muchos tipos de fibras y estilos de tejidos, tanto para uso general como para aplicaciones específicas.

Hay tres factores que son importantes para los fabricantes:

## A. CLASES DE POLÍMEROS

El polímero usado en la fabricación de un geotextil puede ser de los siguientes tipos de resina, listados en orden de uso decreciente:

1. Polipropileno 92%
2. Poliéster 5%
3. Polietileno 2%
4. Poliamida (Nylon) 1%

## B. TIPOS DE FILAMENTOS

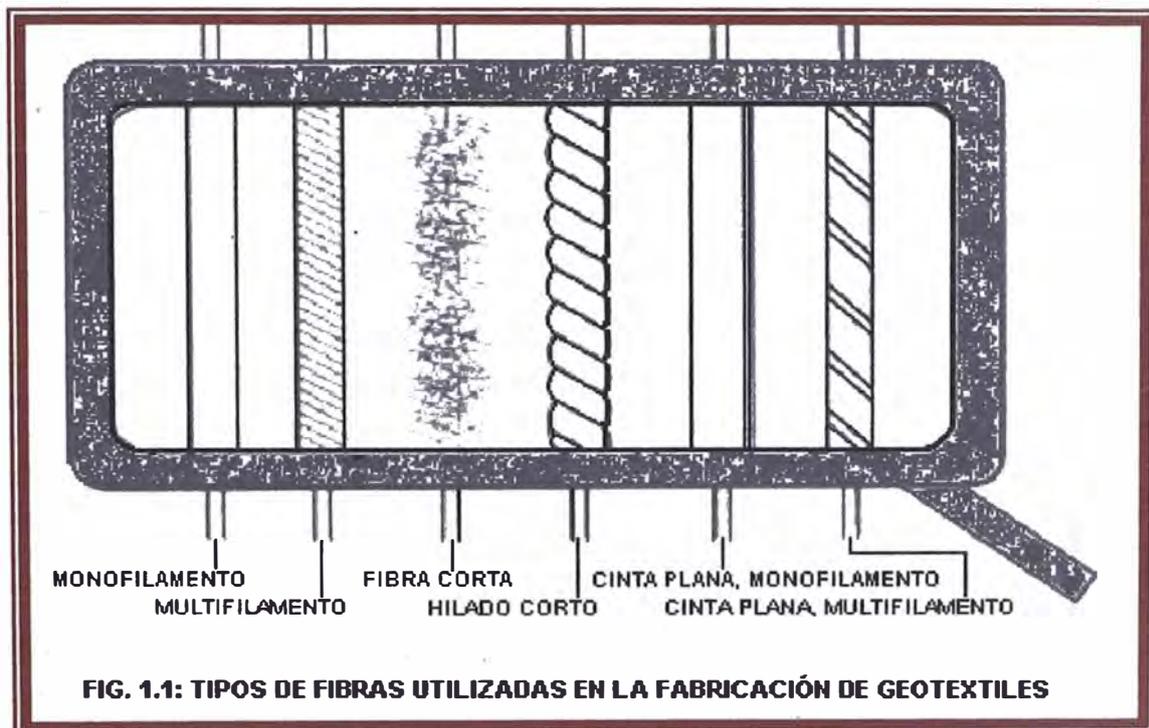
El polímero seleccionado se transforma en un fundido por calor y presión, luego se obliga a pasar a través de un molde. Del molde salen fibras o una cinta plana en estado semilíquido e inmediatamente se produce un enfriamiento por aire o agua transformando el producto del molde en un elemento sólido pero elongable, simultáneamente el material sufre un estirado el cual reduce sus dimensiones en cuanto a ancho o espesor y ocasiona un ordenamiento de las moléculas. De esta forma se incrementa la resistencia de los filamentos en sentido longitudinal, su elongación a la ruptura disminuye y su módulo elástico se incrementa. Modificando estas variables se pueden alcanzar una gran variedad de posibilidades de la característica Esfuerzo vs. Deformación. (Esos monofilamentos cuando están en forma de fibras se pueden trenzar juntos para formar una hebra multifilamento).

El calibre de la fibra o de la cinta se define por su DENIER. El denier es el peso en gramos de 9,000 m de filamentos.

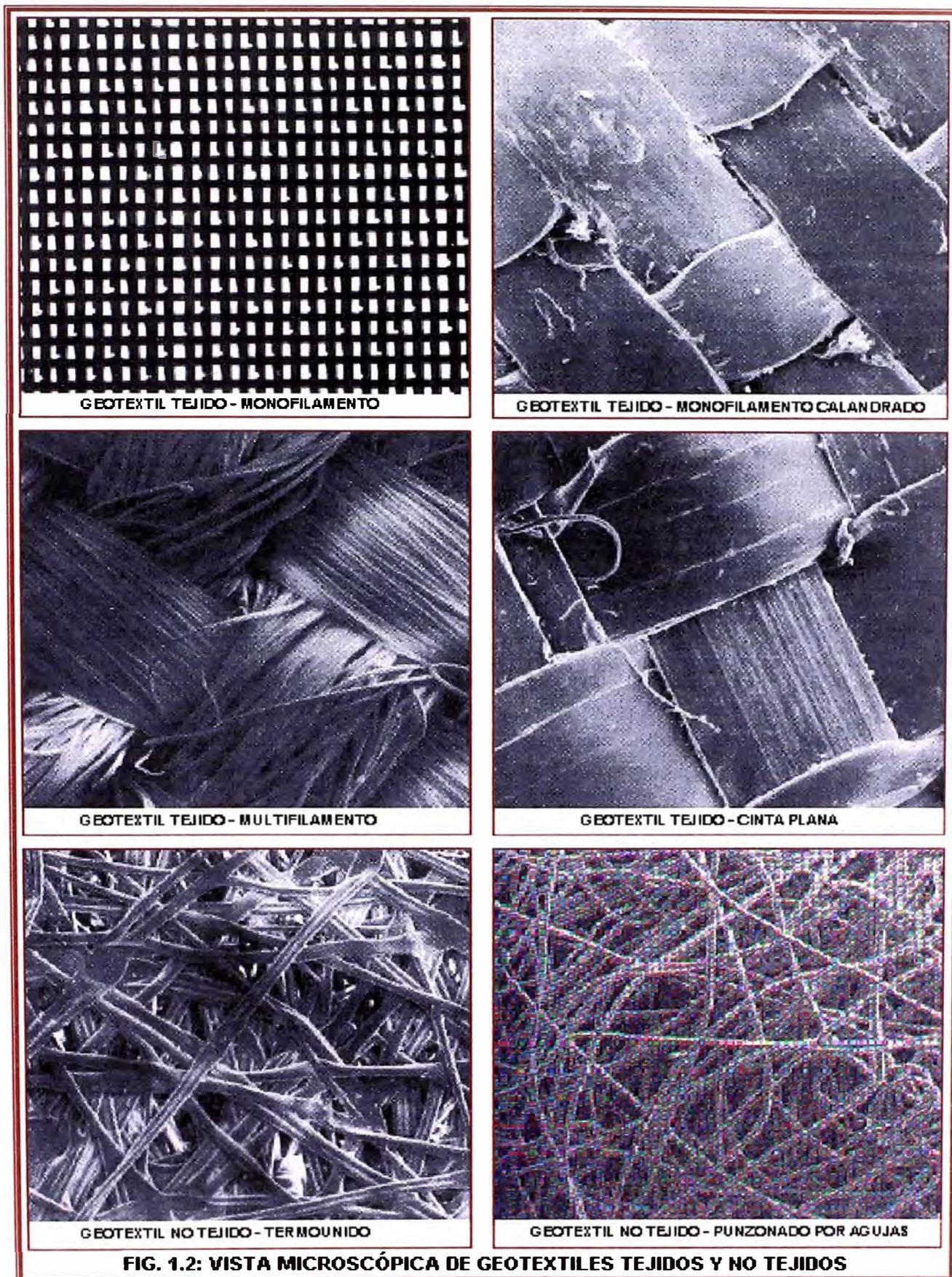
Las fibras pueden producirse cortadas o en filamento continuo, ambos tipos de fibra salen como un mazo de hebras del molde, en el caso de las cortadas en un paso posterior se cortan en longitudes entre 25 a 100 mm para luego ser procesadas en equipos de mezclado, cardado y punzonado, en el caso del filamento continuo simplemente se extienden y se alimentan inmediatamente al siguiente proceso que es el punzonado.

También con esas fibras se pueden producir unos hilos entrelazados o entrelazar filamentos continuos obteniendo otras propiedades que luego serán tejidos.

El último tipo de filamentos a mencionarse son las llamadas películas ó cintas “ranuradas” en el molde, las cuales se fabrican de una lámina continua de polímero que se corta en cintas mediante cuchillas y luego se enconan en carretes que seguirán los procesos de urdido y tejeduría.



En resumen, los principales filamentos usados en la construcción de geotextiles son monofilamentos cortados (fibra cortada), multifilamento (filamento continuo), hilos de fibras (fibra cortada), hilos de filamento continuo entrelazados, hilos de multifilamentos entrelazados y cinta plana ranurada



## C. TIPO DE PROCESO PRODUCTIVO

Una vez se han fabricado los filamentos, estos se convierten en telas No Tejidas o Tejidas dependiendo del proceso posterior.

### 1.2.3 TIPOS DE GEOTEXTILES

#### 1.2.3.1 GEOTEXTILES TEJIDOS

Para los Geotextiles Tejidos se trabajan cintas o hilos en un telar, la clase particular del tejido se determina por la secuencia en la cual los filamentos de la urdimbre y de la trama son entrecruzados (tejidos) en el telar.



FIG. 1.3: FABRICACIÓN DE GEOTEXTILES TEJIDOS

Un tejido se compone de dos cintas, la urdimbre que va en sentido longitudinal (la dirección en que se fabrica el tejido, la "larga") y la trama que va en sentido transversal (la dirección "corta"), la urdimbre ingresa al telar por su parte posterior a través de unos elementos separadores y organizadores llamados laminillas y cruzan los lisos, los peines e ingresan a la mesa del telar en donde se entretejen con las tramas, las cuales son aportadas desde un lado del telar, las urdimbres se cruzan en dos grupos unas suben y otras bajan dejando un espacio por donde pasa la trama (el "relleno") transportada por un elemento llamado proyectil, luego las urdimbres vuelven y se cruzan "aprisionando" la trama y se repite el ciclo formando el tejido. El orillo (borde de la tela donde la trama regresa un pequeño tramo) garantiza que el tejido conserve su estructura planeada.



Dentro de los Geotextiles Tejidos se pueden especificar diferentes modalidades:

#### A. GEOTEXTIL TEJIDO PLANO

Fabricado mediante el tejido de cintas por un procedimiento textil de una película cortada polimérica extruída. Es el tejido más simple y común, conocido también como “uno arriba y uno abajo”.

#### B. GEOTEXTIL TEJIDO CANASTA

Este tejido usa dos o más urdimbres y/o tramas de relleno como si fuera una sola cinta. Por ejemplo, un tejido canasta pueden ser dos por dos urdimbres y tramas o dos tramas y un urdimbre, actuando como unidades individuales.

### 1.2.3.2 GEOTEXTILES NO TEJIDOS

La fabricación de telas no tejidas es muy diferente de las telas tejidas. Cada sistema de fabricación No Tejido generalmente incluye cuatro pasos básicos: preparación de la fibra, formación del velo, consolidación del velo y tratamiento posterior.



Los geotextiles No Tejidos pueden ser de fibra cortada ó filamento continuo, los de fibra cortada se obtienen a partir de fibras de longitud comprendida entre 50 y 150 mm y los de filamento continuo se obtienen por extruido directo de un polímero y formación de la napa o velo.



Existen básicamente tres clases de procesos de fabricación:

#### A. GEOTEXILES NO TEJIDOS PUNZONADOS POR AGUJAS

Se forman a partir de un entrelazado de fibras o filamentos mezclados aleatoriamente, conformando lo que se denomina como velo o napa, el cual se consolida al pasar por un tablero de agujas en la máquina punzonadora, dichas agujas se mueven en sentido alternativo, subiendo y bajando a altas velocidades penetrando en la napa y entrelazando las fibras, esto se obtiene por que el perfil de las agujas no es regular, si no que están provistas de unas espigas o salientes en dirección a su sentido de penetración, lo cual hace penetrar a las fibras sin llevárselas en su movimiento de retroceso. La frecuencia de golpes o penetraciones de las agujas va consolidando el geotextil No Tejido. Los geotextiles fabricados por este proceso tienen buenas características mecánicas manteniendo en parte el espesor de la napa el cual les confiere mayor estructura tridimensional, gran elongación (pueden estirarse desde un 40% hasta un 120% o más, antes de entrar en carga de rotura) lo que les proporciona muy buena adaptabilidad a las desuniformidades de los terrenos, unas excelentes

propiedades para protección, (suele denominarse efecto colchón) y muy buenas funciones de filtración y separación.

## B. GEOTEXTILES NO TEJIDOS TERMOSOLDADOS

Se forman a partir de una napa o velo en la que la unión de fibras y consolidación del geotextil se logra por fusión de las fibras y soldadura en los puntos de intersección mediante un calandrado a temperatura elevada. Su espesor y su elongación son sensiblemente inferiores a la de los agujados, por lo cual su transmisividad y permeabilidad son menores, tienen buenas propiedades mecánicas y poca flexibilidad (son algo rígidos).

## C. GEOTEXTILES NO TEJIDOS LIGADOS QUÍMICAMENTE

La unión entre sus filamentos se consigue incorporando ligantes químicos o resinas. Este sistema no se utiliza para la fabricación de geotextiles de protección y separación, puesto que en su composición (de los de protección) deben de evitarse elementos químicos distintos a los polímeros que pudiesen alterar sus propiedades y provoquen incompatibilidades químicas con otros materiales con los que pudiese estar en contacto. Su empleo esta muy poco extendido debido a su elevado costo.

## 1.3 CARACTERÍSTICAS, FUNCIONES Y APLICACIONES DE LOS GEOTEXTILES

### 1.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS GEOTEXTILES

#### 1.3.1.1 RESISTENCIA A LA TENSIÓN



Poseen una alta resistencia a la tensión y pueden absorber tales esfuerzos cuando las estructuras son sometidas a carga.

### 1.3.1.2 ELONGACIÓN

Propiedad importante de los geotextiles no tejidos. Permite un mejor acomodamiento en terrenos irregulares, manteniendo su resistencia, bajo deformaciones iniciales que presente la obra.



FIG. 1.8: ELONGACIÓN

### 1.3.1.3 RESISTENCIA QUÍMICA



FIG. 1.9: RESISTENCIA QUÍMICA

Por ser fabricado en polipropileno, los geotextiles son resistentes a los ácidos, álcalis, insectos y microorganismos.

### 1.3.1.4 PERMEABILIDAD Y FLUJO PLANAR

Los geotextiles no tejidos por ser punzados, permiten un mayor drenaje en el sentido del plano y en el sentido perpendicular a éste.



FIG. 1.10: PERMEABILIDAD Y FLUJO PLANAR

### 1.3.1.5 RESISTENCIA A LA TEMPERATURA

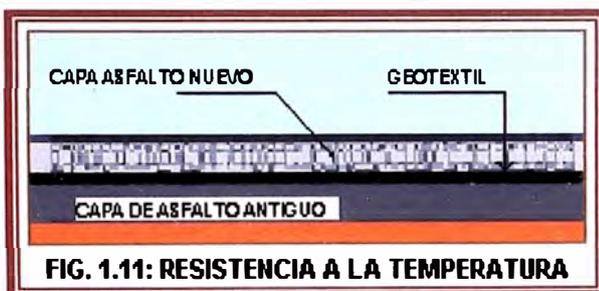


FIG. 1.11: RESISTENCIA A LA TEMPERATURA

El polipropileno es resistente a altas temperaturas. En repavimentación el asfalto se coloca sobre el geotextil entre 120 y 150 grados centígrados, de acuerdo con las normas técnicas.

### 1.3.1.6 CAPACIDAD DE FILTRACIÓN

Por su porometría, los geotextiles permiten el paso del agua y retienen los materiales finos.



FIG. 1.12: CAPACIDAD DE FILTRACIÓN

### 1.3.2 FUNCIONES DE LOS GEOTEXTILES.

Los Geotextiles cumplen básicamente con seis funciones que son:

#### 1.3.2.1 SEPARACIÓN

Al colocar geotextil en la interfaz de dos materiales, éste proporciona una frontera permeable y de esta manera se pueden proteger los materiales seleccionados de la contaminación por materiales finos.

Los suelos finos tienden a ascender por efecto del bombeo, mientras que los suelos gruesos como son los materiales seleccionados, tienden a descender por efecto de las cargas. La contaminación de materiales seleccionados con materiales finos disminuye notablemente los parámetros esfuerzo-deformación y cambia las propiedades hidráulicas de estos materiales tal como la permeabilidad, haciendo que los materiales granulares permanezcan saturados mucho mas tiempo, produciendo incrementos de presión de poros en los sitios de aplicaciones de carga y por consecuente la disminución del esfuerzo efectivo, encargado de controlar la resistencia y deformabilidad de las masas de suelo.

Al colocar un geotextil de separación entre estos materiales, se evita la contaminación de los suelos granulares y se previene el deterioro prematuro de las obras de infraestructura causados por el cambio de las propiedades de dos materiales que conforman la estructura.

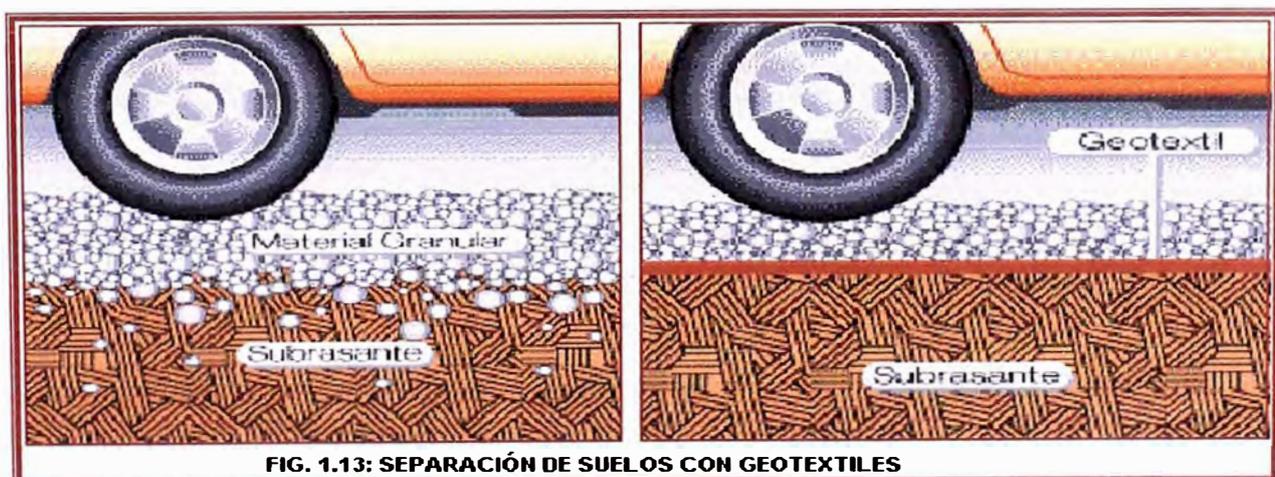


FIG. 1.13: SEPARACIÓN DE SUELOS CON GEOTEXTILES

### 1.3.2.2 REFUERZO

Los suelos, al igual que el concreto, presentan una resistencia buena a la compresión pero deficiente a la tracción, por esta razón cuando se complementa su deficiencia de asumir esfuerzos de tracción con geotextiles especiales para esta aplicación, éstos asumen los esfuerzos de tracción aprovechando su gran capacidad para esto.

De esta manera se logra proporcionar un refuerzo que incrementa la estabilidad estructural.

Los geotextiles mas utilizados y con mayor éxito en la construcción de estructuras como las mencionadas anteriormente son los Geotextiles Tejidos, los cuales presentan alta resistencia a la tensión a bajas deformaciones.



### 1.3.2.3 FILTRACIÓN

La filtración es un proceso que consiste en retener partículas finas de suelo y simultáneamente permitir el paso de fluidos. Lo anterior implica que el geotextil debe tener un tamaño de abertura aparente adecuado para retener el suelo, cumpliendo con un valor mínimo admisible de permeabilidad que permita el paso de flujo de una manera eficiente. Los geotextiles de alta porosidad y menor riesgo a la colmatación son los no tejidos punzonados por agujas, los cuales presentan aberturas suficientemente pequeñas para evitar una excesiva

migración de suelo fino y simultáneamente presentan permeabilidades elevadas (2.5 – 5.6 cm/s) que permiten un adecuado paso de los fluidos.



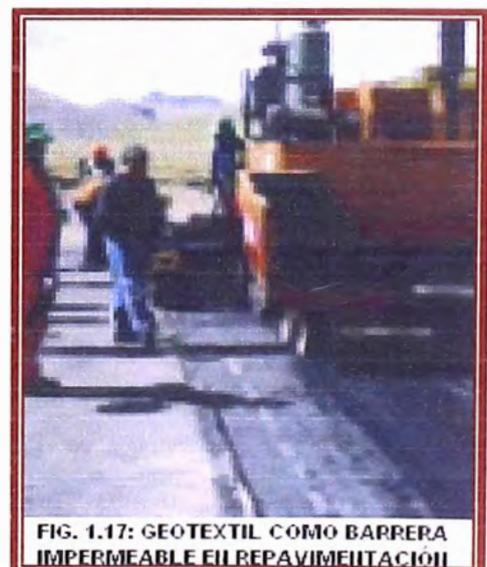
#### 1.3.2.4 DRENAJE PLANAR



Los geotextiles que tienen un espesor considerable (mayor que 1.5 mm) como es el caso de los no tejidos unidos mecánicamente o punzonados por agujas, tienen la propiedad de conducir el agua en su plano, proporcionando un drenaje planar. Esta propiedad de los geotextiles se conoce con el nombre de transmisividad.

#### 1.3.2.5 MEMBRANA AMORTIGUADORA DE ESFUERZOS Y BARRERA IMPERMEABLE

Cuando una capa nueva de concreto asfáltico es colocada sobre un pavimento antiguo, los esfuerzos inducidos por las grietas del pavimento antiguo pueden ser transmitidos hacia la capa de repavimentación, originando un agrietamiento prematura debido a la reflexión de grietas. Al



instalar un geotextil adecuado en la interfaz entre la capa antigua y la de repavimentación se introduce un material de un módulo de elasticidad mucho menor, que es capaz de absorber parte de los esfuerzos entre capas de pavimento permitiendo movimientos leves dentro de la intercala de geotextil, sin tensionar la capa de repavimentación de concreto asfáltico. Adicional a esto, el geotextil impregnado de ligante asfáltico proporciona una barrera impermeable para el paso del agua que cae directamente en la carpeta de pavimento previniendo así la saturación de la estructura de pavimento.

Como resultado final de lo anterior se prolonga la vida útil de las capas pavimentadas con un ahorro significativo por efecto de mantenimiento de las vías. El geotextil que se debe usar en esta aplicación es un geotextil no tejido punzonado por agujas y termofundido por una de sus caras, con el fin de asegurar un porcentaje de absorción ideal de ligante asfáltico que proporciona una adherencia óptima entre la capa nueva y antigua para así garantizar el éxito en la repavimentación.

### 1.3.2.6 PROTECCIÓN

Para el caso de la utilización de geomembranas como mantos impermeables dependiendo de las condiciones del suelo de fundación se hace necesario instalar un geotextil no tejido punzonado por agujas para que mediante su capacidad de adaptarse a las imperfecciones del terreno y a su espesor absorba los esfuerzos que por punzado puedan perforar a la geomembrana.



**FIG. 1.18: GEOTEXTILES COMO PROTECCIÓN DE LAGUNAS**

Otras ventajas de utilizar un geotextil de protección son las de obtener una área de trabajo limpia para la soldadura entre rollos de geomembranas permitiendo su colocación en taludes con mayores pendientes; y la de permitir una evacuación de gases y aguas subterráneas en su plano, evitando la

formación de bolsas en la geomembrana.

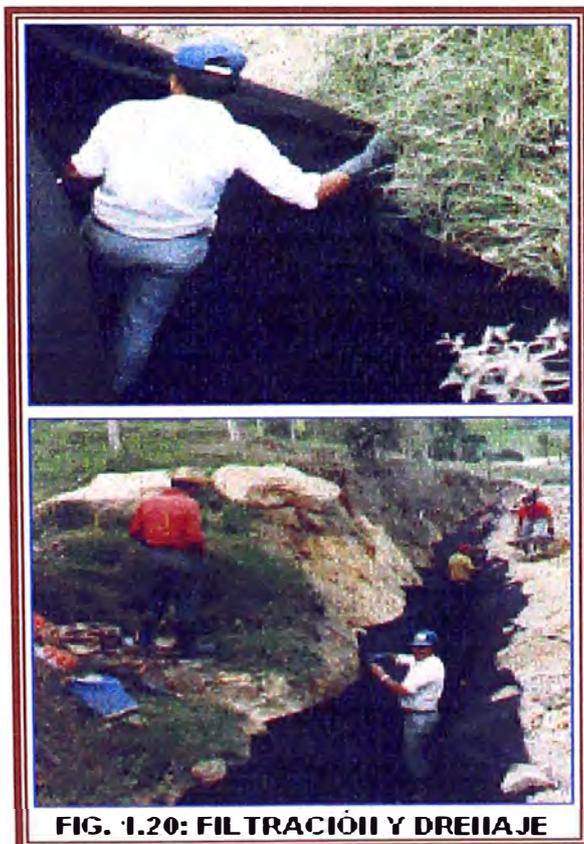
### 1.3.3 APLICACIONES DE LOS GEOTEXTILES

#### 1.3.3.1 ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE

Redistribuye las tensiones sobre las fundaciones y aumenta su capacidad de soporte, evita la contaminación de la capa base por el bombeo de finos de la sub-rasante y minimiza asentamientos diferenciales y deformaciones horizontales de la estructura.



#### 1.3.3.2 FILTRACIÓN Y DRENAJE



Las aplicaciones típicas de los geotextiles como elementos filtrantes se encuentran en la construcción de drenes y subdrenes para vías, geodrenes, y en general en cualquier aplicación de drenaje que se requiera tener un elemento filtrante.

La aplicación típica de drenaje planar por lo general es la de conducir el agua hacia los diferentes sistemas de drenaje o subdrenaje.

Sustituye una o más capas de agregados naturales en sistemas de drenaje y filtros de transición de presas, canales, obras viales, áreas verdes, terraplenes.

### 1.3.3.3 TERRAPLENES SOBRE SUELO BLANDO

Cuando los suelos son muy blandos para permitir la construcción de un terraplén con la altura requerida y/o no permiten un factor de seguridad adecuado contra fallas sin refuerzos de tensión, la solución la constituyen los terraplenes reforzados con geotextiles. En esta aplicación una o mas capas de geotextiles pueden ser usadas para proveer el refuerzo necesario para asegurar la estabilidad del terraplén.

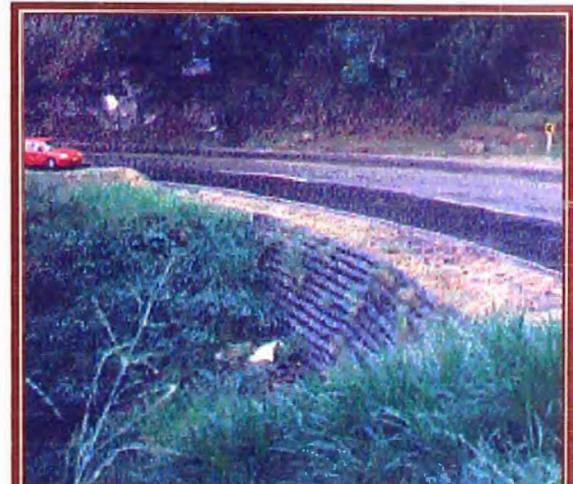


FIG. 1.21: TERRAPLEN SOBRE SUELO BLANDO

### 1.3.3.4 PROTECCIÓN DE GEOMEMBRANAS

En Canales de irrigación, Presas, Obras de protección al medio ambiente, Losas de fundación de edificios; la asociación de geomembrana y geotextil aumenta la resistencia mecánica de la impermeabilización.



FIG. 1.22: PROTECCIÓN DE GEOMEMBRANAS

### 1.3.3.5 MUROS Y TALUDES REFORZADOS

El geotextil intercalado con capas de suelo compacto, permite la ejecución de taludes estables, con inclinaciones elevadas o verticales.



**FIG. 1.23: MUROS Y TALUDES REFORZADOS**

### 1.3.3.6 REPAVIMENTACIÓN ASFÁLTICA

Instalado entre el pavimento antiguo y la nueva capa asfáltica, el geotextil retarda la propagación de grietas en ésta.



**FIG. 1.24: REPAVIMENTACIÓN ASFÁLTICA**

## CAPITULO 2.- VÍAS AFIRMADAS APLICANDO GEOTEXTILES TEJIDOS

### 2.1 CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE VÍAS AFIRMADAS

Las Metodologías de Diseño de Obras Viales se han desarrollado con las tecnologías de construcción de vías y con la aparición de nuevos productos en la aplicación de esas tecnologías. Cada día más, los diseñadores se han visto en la obligación de contemplar la utilización de los métodos racionales para el diseño de estructuras Viales Afirmadas, en los que se aplican las teorías de distribución de esfuerzos y deformaciones en un sistema que conforma la estructura vial.

Los programas de diseño de Vías Afirmadas se basan en las teorías de distribución de esfuerzos y deformaciones en un sistema multicapa y permiten hacer un rápido análisis de las diferentes alternativas de diseño para una misma estructura, comparando los resultados de cada alternativa con los valores admisibles establecidos.

Esta comparación es la que permite evaluar los beneficios de la utilización de un geotextil tejido dentro de la estructura vial, que se pueden definir en tres tipos:

- ❖ Reducción de espesores
- ❖ Incremento de la vida útil
- ❖ Incremento de la capacidad portante de la estructura.

#### 2.1.1 BENEFICIOS DEL GEOTEXTIL TEJIDO

El diseño de una estructura Vial Afirmada depende de varios factores que afectarán la vía durante su vida útil, como son, entre otros, el Tránsito, las Condiciones Ambientales, las Características del Suelo de subrasante y de los Materiales que conforman la estructura de la Vía Afirmada.

Las diferentes alternativas en el diseño de vías afirmadas normalmente resultan al evaluar varias posibilidades con los siguientes parámetros:

- ❖ Espesores de las capas granulares  
Propiedades mecánicas de los materiales granulares  
Capacidad portante de la subrasante

En el Diseño de Vías, el Tránsito es un parámetro fijo y se trata siempre de encontrar una solución definitiva al cambiar las características de los suelos y de los materiales que conforman las capas de subrasante y granulares

respectivamente.

Los Materiales que conforman la capa estructural de las vías afirmadas deben cumplir unas especificaciones establecidas para soportar las capas superiores y los esfuerzos a los que es sometido el sistema en todo momento.

Sin embargo, son muchos los casos en donde el material no tiene las resistencias apropiadas y debe mejorarse o reemplazarse por otro que se encuentra a mayor distancia y con mayor dificultad para su abastecimiento y puesta en obra.

Otro caso que se presenta con frecuencia es la baja capacidad portante de los suelos de subrasante y sus deficientes propiedades mecánicas, que influye en la degradación de las capas granulares y en el comportamiento de la estructura de la vía afirmada, lo que conlleva a una disminución de la vida útil que inicialmente se determinó en el diseño.

Por todo lo anterior, se han estudiado y analizado los efectos del uso del Geotextil Tejido en la estructura de una Vía Afirmada, en particular su utilización sobre la capa de subrasante en la interfase subrasante—capa granular.

El geotextil de refuerzo permite incrementar la capacidad portante del sistema que conforma la estructura de la vía afirmada, lo que se puede traducir en una reducción del espesor de la capa granular, en un mejoramiento de las propiedades mecánicas de los materiales que hacen parte de la capa granular o en un incremento de la vida útil de la vía en estudio.

De igual manera, al mejorar las condiciones mecánicas de la estructura de la vía afirmada se puede obtener un aumento del tránsito de diseño, evaluado con la cantidad de ejes equivalentes que van a pasar durante el período de operación de la vía.

En resumen, los efectos de la utilización de un geotextil tejido de refuerzo sobre la capa de subrasante de una estructura de vía afirmada son los siguientes:

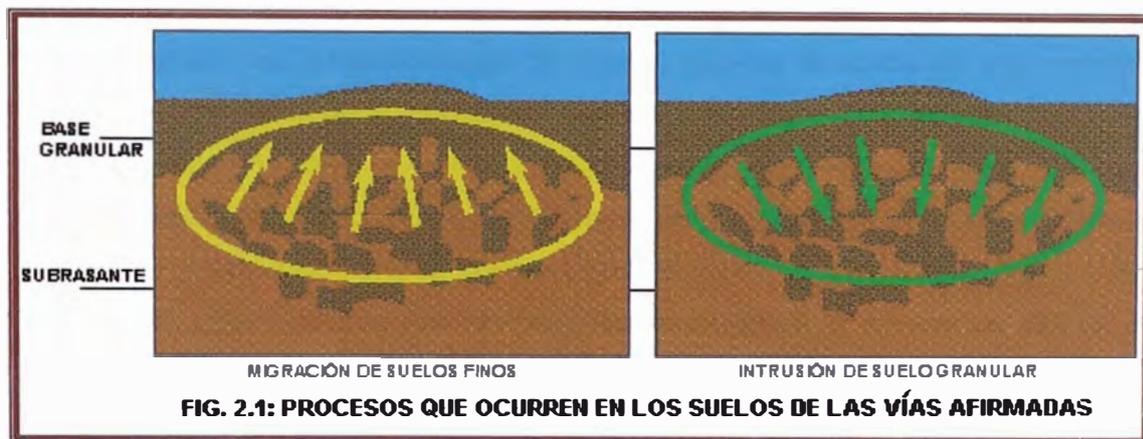
- ❖ Incremento de la capacidad portante del sistema.
- ❖ Reducción de los espesores de las capas granulares.
- ❖ Mejoramiento de las propiedades mecánicas de los materiales que conforman la estructura de la vía afirmada.
- ❖ Incremento de la vida útil de la vía.
- ❖ Aumento de los ejes equivalentes de diseño de la vía.

## 2.1.2 FUNCIONES DEL GEOTEXTIL TEJIDO

En el caso de las estructuras de Vías Afirmadas, los Geotextiles Tejidos cumplen dos funciones esenciales: separación y refuerzo.

### 2.1.2.1 SEPARACIÓN

La función de Separación que cumple un geotextil es mantener la integridad y el buen funcionamiento de dos suelos adyacentes con propiedades y características diferentes.



El Geotextil se traduce en una barrera para la migración de partículas entre los dos tipos de suelo, facilitando la transmisión de agua.

### 2.1.2.2 REFUERZO

La función de Refuerzo de los Geotextiles consiste en el complemento y por ende en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo. Los geotextiles son materiales con alta resistencia a la tensión y son un buen complemento de aquellos materiales con alta resistencia a la compresión pero con poca resistencia a la tensión, como ocurre generalmente en los suelos finos y granulares.

## 2.2 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE VÍAS AFIRMADAS

La Metodología de Diseño que se describe en este Informe de Suficiencia contempla la utilización de Geotextiles Tejidos para el Refuerzo de Vías Afirmadas, colocados sobre la capa de subrasante o el suelo de fundación de la estructura. El geotextil tejido de refuerzo colocado a nivel de subrasante se escoge técnicamente para mejorar la capacidad portante de todo el sistema, sin

embargo para evaluar el aporte del geotextil de refuerzo se puede hacer el análisis cuantitativo de varias formas:

#### **A. Incremento de la capacidad portante del sistema**

La utilización de un Geotextil Tejido de Refuerzo en las vías afirmadas permite incrementar la capacidad portante del sistema que conforman las capas estructurales de la vía, y la forma más común de introducir ese incremento es dentro de las propiedades mecánicas que presenta la capa de subrasante de la vía en estudio.

Para la utilización de la metodología de diseño que se describe en este Informe, se supone que el suelo de subrasante tiene las siguientes propiedades:

- ❖ Suelo saturado, con baja permeabilidad y con un comportamiento no drenado bajo cargas tales como el tráfico
- ❖ Lo que significa que el suelo es incompresible y tiene un ángulo de fricción casi nulo.

La capacidad portante se puede determinar con el CBR de la subrasante, medido para las condiciones más críticas de densidad y de humedad.

#### **B. Reducción de espesor de la capa granular**

Otra forma de evaluar los efectos de la utilización de un Geotextil Tejido de Refuerzo sobre la subrasante es mediante la reducción del espesor de la capa granular que conforma la estructura del sistema.

Esta capa se diseña con el fin de distribuir los esfuerzos generados por la aplicación de cargas en la superficie de la vía, en un área mayor, de tal forma que a nivel de subrasante los esfuerzos no sobrepasen la resistencia a tensión admisible del geotextil para garantizar la estabilidad general de la estructura.

La utilización de un geotextil tejido de refuerzo en la subrasante permite incrementar la capacidad portante de todo el sistema y esto se puede representar con la reducción en el espesor de la capa granular de la estructura de la vía.

#### **C. Incremento de la vida útil**

El incremento de la vida útil de diseño es otro parámetro que se puede evaluar con la utilización de un Geotextil Tejido de Refuerzo.

En el diseño inicial, se supone una vida útil y se trabaja con un tránsito estimado correspondiente al número de años de diseño.

El tránsito se lleva a un número de ejes equivalentes, con lo que se calculan los esfuerzos y las deformaciones admisibles para definir la estructura de la vía afirmada.

Al incrementar la capacidad portante del sistema con la utilización del geotextil se aumentan los valores admisibles de esfuerzos y deformaciones, lo que se puede interpretar como un incremento del número de ejes equivalentes, es decir de la vida útil de la vía afirmada.

### 2.2.1 ANÁLISIS TEÓRICO

Los Geotextiles Tejidos utilizados para el Refuerzo de Vías Afirmadas permiten mejorar el funcionamiento de la estructura vial, teniendo como base un espesor inicial de capa granular sin geotextil para una condición de carga (tráfico) dada, comparado con un espesor disminuido por utilización del geotextil, para la misma condición de tráfico.

La metodología que se presenta en este Informe de Suficiencia permite calcular la reducción del espesor de la capa granular y hacer la selección del geotextil adecuado para el refuerzo de la estructura.

Esta metodología se fundamenta en el comportamiento del geotextil tejido dentro de la estructura de la vía, actuando como un elemento capaz de absorber los esfuerzos a tensión presentados por acción de las cargas a nivel de subrasante, mejorando el comportamiento estructural de la vía afirmada, y basa su estudio en la Teoría utilizada para el Refuerzo de Vías no Pavimentadas definida por los Drs. Jean Pierre Giroud y Jie Han.

#### 2.2.1.1 DEFINICIONES GENERALES

##### A. GEOMETRÍA

En la sección transversal de una vía se define como  $h_0$  el espesor de la capa granular cuando no se utiliza geotextil, como  $h$  el espesor de la capa granular cuando hay geotextil y  $\Delta h$  la reducción de espesor de la capa granular que resulta de la introducción de un Geotextil Tejido a nivel de subrasante.

Para este método analítico se supone que el suelo de subrasante es homogéneo y que tiene un espesor suficiente para desarrollar una zona plástica.



$$\Delta h = h_0 - h \quad (\text{Ecuac. 2.1})$$

Donde:

$h_0$  = Espesor de la capa granular sin geotextil (m)

$h$  = Espesor de la capa granular con geotextil (m)

$\Delta h$  = Reducción del espesor de la capa granular (m)

### B. EJE DE CARGA Y ÁREA DE CONTACTO

Todas las cargas de los vehículos se llevan a un eje simple de carga equivalente, que se utiliza para el desarrollo de la metodología de refuerzo. En este caso se considera un sistema de llantas dobles, que es lo que usualmente se presenta en las vías afirmadas para los camiones y buses. Se considera que el eje de carga  $P$  se distribuye en las cuatro llantas y se considera como área teórica de contacto para cada par de llantas un círculo de radio  $R$ .



$$P = 4 \cdot A_c \cdot p_c \quad (\text{Ecuac.2.2})$$

Donde:

$P$  = Eje de carga (N)

$A_c$  = Área de contacto de una llanta ( $m^2$ )

$p_c$  = Presión de inflado (Pa)

Además:

$$A_c = P / (4 \cdot p_c) \quad (\text{Ecuac. 2.3})$$

$A_c$  = Carga por llanta /  $p_c$

$$y : \quad A = \pi \cdot R^2 \quad (\text{Ecuac. 2.4})$$

Donde:

$A$  = Área de contacto equivalente ( $m^2$ )

$R$  = Radio del círculo equivalente (m)

La presión de inflado  $p_c$  se toma igual al promedio de la presión actual de contacto (no uniformemente distribuida) entre cada llanta y la capa granular. El suelo que se encuentra entre las llantas de un sistema doble esta

mecánicamente asociado a las llantas, sin que se presente falla de la capa granular y de la subrasante entre las llantas. Por lo tanto se puede reemplazar cada una de las áreas de contacto dobles  $2 \cdot A_c$  por un círculo equivalente de radio  $R$  y área  $A$ .

La presión actual de contacto (no uniformemente distribuída) entre cada llanta y la capa granular induce el mismo efecto mecánico en la subrasante que una presión de contacto equivalente (uniformemente distribuída) entre el círculo de radio  $r$  y la capa granular.

La relación anterior supone que la carga se reparte uniformemente sobre el área de contacto igual a la presión de contacto igual a la presión de inflado. Si bien un buen número de autores basan sus métodos en la hipótesis anterior, es conveniente advertir que no existe una relación definida entre la presión de inflado y la presión de contacto de una rueda. (Céspedes Abanto José, Los Pavimentos en las Vías Terrestres, Perú, 2002.)

### C. MATERIAL GRANULAR

El material granular debe cumplir con las propiedades requeridas para garantizar una adecuada distribución de la carga aplicada. El material debe cumplir con las exigencias físico-mecánicas correspondientes y con las condiciones de instalación requeridas.

### D. SUELO DE SUBRASANTE

El suelo de subrasante se supone saturado con una baja permeabilidad. Sin embargo, bajo la aplicación de carga rápida como la carga de tráfico, el suelo de subrasante trabaja bajo condición no drenada, por lo tanto se presentan las siguientes propiedades:

- ❖ El suelo de subrasante es incompresible
- ❖ El ángulo de fricción es nulo
- ❖ Bajo este concepto, la resistencia al corte es igual a la cohesión no drenada.

El valor de  $C_u$  se puede determinar en el laboratorio con un ensayo triaxial no drenado no consolidado o con un ensayo de corte directo, y en campo con un ensayo de veleta. También se puede evaluar con el penetrómetro de cono o

deducirlo a partir del CBR del suelo con las siguientes relaciones:

$$C_u = q_c / 10 \quad (\text{Ecuac. 2.5})$$

$$C_u = 30,000 \cdot \text{CBR} \quad (\text{Ecuac. 2.6})$$

Donde:

$C_u$  = Resistencia al corte no drenada (Pa)

$q_c$  = Resistencia de cono (Pa)

### 2.2.1.2 PROPIEDADES DEL GEOTEXTIL

Las propiedades mecánicas de los geotextiles tejidos que mayor aplicación tienen sobre esta metodología son las definidas por el comportamiento de tensión – elongación en un ensayo de tensión biaxial, donde la deformación lateral del geotextil es restringida.

La resistencia permite determinar cuánta carga puede soportar un geotextil, medida generalmente en términos de fuerza por unidad de longitud y no en unidades de esfuerzo (fuerza por unidad de área), debido a los problemas que se pueden presentar por la variación de espesor durante los ensayos, sobre todo en los geotextiles más delgados.

En cuanto a la resistencia de los geotextiles, existe una gran variedad de ensayos que tienen como objetivo determinar las propiedades de resistencia en función de la dirección, la uniformidad y la duración de la carga aplicada y del área sobre la cual se aplica la carga. Sin embargo, para la aplicación de refuerzo la propiedad que gobierna en el comportamiento del geotextil tejido es la resistencia a la tensión, definida como una fuerza de tensión por unidad de longitud.

Esta propiedad se determina en el laboratorio con el ensayo de resistencia a la tensión por el método de la tira ancha (Wide width), y se obtiene la curva Fuerza – Elongación, necesaria para el diseño por refuerzo en aplicaciones viales.

Existe otro método de ensayo que permite obtener la resistencia a la tensión en términos de fuerza y la elongación del mismo, denominado método GRAB.

Los fabricantes generalmente utilizan este ensayo como una herramienta de control de calidad, y no se debe utilizar como parámetro de diseño en las aplicaciones de refuerzo.

En la norma para la especificación de geotextiles para aplicaciones viales – Designación AASHTO M288, la resistencia a la tensión Grab es un parámetro

que se usa para definir el mínimo valor requerido para la supervivencia de los geotextiles en las diferentes aplicaciones (drenaje, separación, estabilización, refuerzo, control de erosión, barrera contra sedimentos y repavimentación), valor que varía según la clase de geotextil que se especifique.

Además del comportamiento a la tensión del geotextil, se deben tener en cuenta las características de fricción, considerando que para esta aplicación el geotextil tiene la rigidez suficiente para prevenir la falla de la capa granular por deslizamiento a lo largo de la superficie del mismo.

## 2.2.2 ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO DE VÍAS AFIRMADAS

Se describen los principales parámetros del análisis cuasi-estático para el refuerzo de vías afirmadas con geotextiles.

### 2.2.2.1 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA POR LA CAPA GRANULAR

Según Giroud y Han se toma la carga de un par de llantas de un eje simple como la presión  $p_{ec}$  con el área  $\pi \cdot R^2$ , que se disipa a través de un espesor  $h_0$  de material granular sin geotextil, y a través de un espesor  $h$  con geotextil (Fig. 2.4). La capa granular permite que la presión  $p_{ec}$  que se aplica en la superficie se distribuya en forma cónica con la profundidad, por lo tanto se obtiene un esfuerzo  $p_0$  a nivel de la subrasante sin geotextil y un esfuerzo  $p$  con geotextil.

Sin geotextil:

$$p_0 = ( P / ( 2 \cdot \pi \cdot ( R + h_0 \cdot \tan\alpha_0 )^2 ) + \gamma \cdot h_0 \quad (\text{Ecuac. 2.7})$$

Con geotextil:

$$p = ( P / ( 2 \cdot \pi \cdot ( R + h \cdot \tan\alpha )^2 ) + \gamma \cdot h \quad (\text{Ecuac. 2.8})$$

$$\text{Tomando : } P = 2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot P_{ec} \quad \rightarrow \quad P_{ec} = P / ( 2 \cdot \pi \cdot R^2 ) \quad (\text{Ecuac. 2.9})$$

Donde:

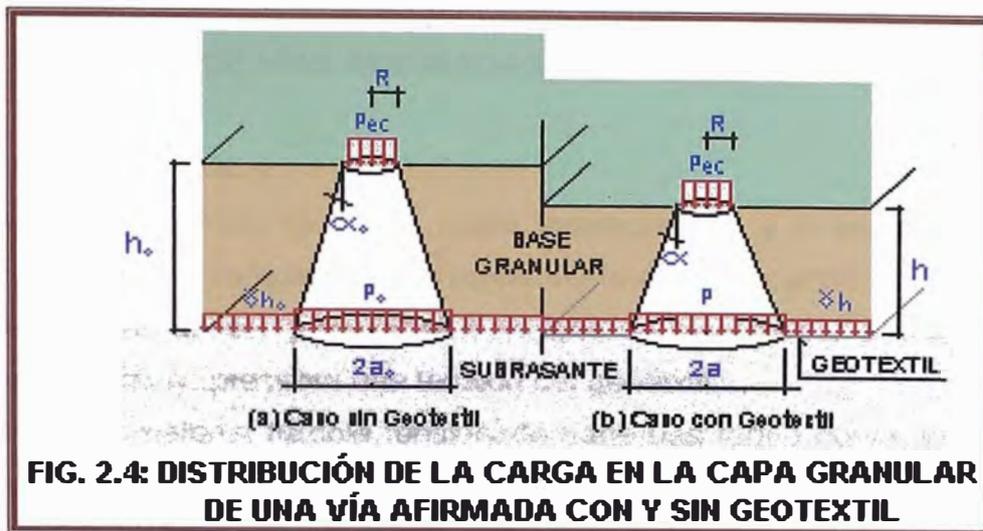
$\gamma$  = Peso por unidad de volumen del material granular ( $N/m^3$ )

$p_0$  = Presión en la base de la capa granular cuando no hay geotextil (Pa)

$p$  = Presión en la base de la capa granular cuando hay geotextil (Pa)

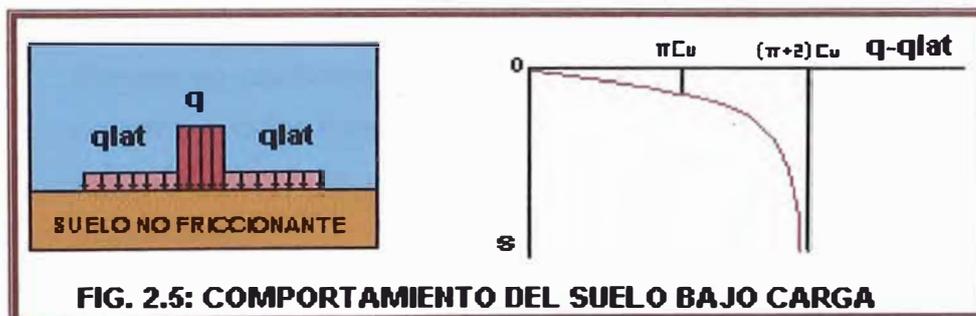
$\alpha_0$  = Ángulo del cono de distribución de carga sin geotextil ( $^\circ$ )

$\alpha$  = Ángulo del cono de distribución de carga con geotextil ( $^\circ$ )



### 2.2.2.2 COMPORTAMIENTO ELÁSTICO-PLÁSTICO DEL SUELO BAJO CARGA

Para los suelos no friccionantes, sometidos a una presión distribuida uniformemente sobre un área limitada de su superficie  $q$ , y una sobrecarga lateral distribuida uniformemente  $q_{lat}$ , se presenta un asentamiento  $s$  que ocurre en el centro de la porción de superficie de suelo sometida a carga, como una función de la diferencia  $q - q_{lat}$ .



Es decir, el suelo presenta asentamientos bajo la carga y se levanta lateralmente, fenómeno que se conoce como deflexión de la superficie del suelo.



## 2.2.3 ANÁLISIS DE VÍAS AFIRMADAS CON GEOTEXTIL

### 2.2.3.1 CINEMÁTICA

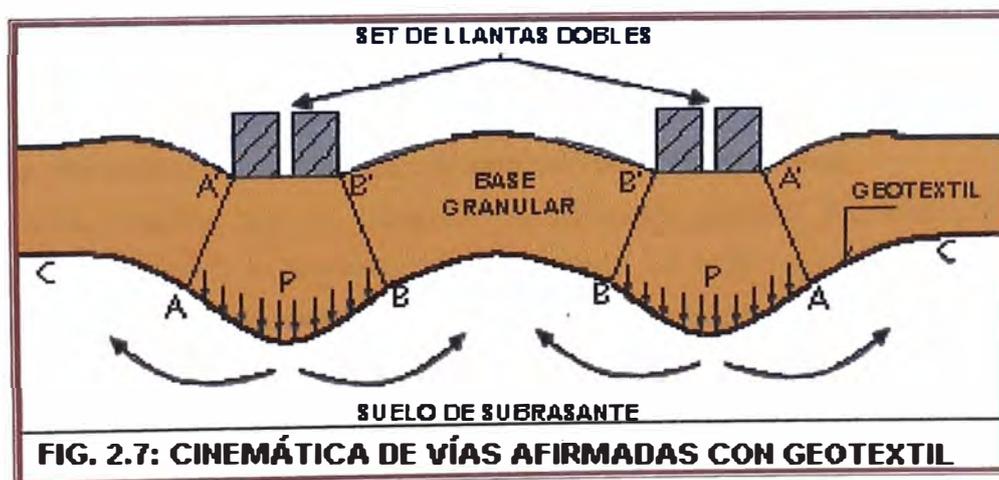
El suelo de subrasante es un suelo incompresible y el asentamiento que se produce bajo las llantas causa levantamiento del suelo entre y a los lados de las llantas. La forma del geotextil se convierte en algo similar a una onda y como consecuencia se presenta una tensión del geotextil.

Cuando un material flexible tensionado tiene una forma curva, la presión en la superficie cóncava es mayor que la presión en su cara convexa, lo que se conoce como “efecto membrana”.

- ❖ Entre las llantas (BB) y en los lados de las llantas (AC), la presión aplicada por el geotextil sobre la subrasante es mayor a la presión aplicada por la capa granular sobre el geotextil.
- ❖ Bajo las llantas (AB), la presión aplicada por el geotextil sobre la subrasante es menor que la presión aplicada por las llantas más la capa de material granular sobre el geotextil.

El geotextil garantiza entonces dos efectos positivos para el comportamiento de la vía:

- ❖ Provee un confinamiento “horizontal” de la subrasante entre y a los extremos de las llantas.
- ❖ Permite reducir la presión aplicada por las llantas en el suelo de subrasante.



### 2.2.3.2 EQUILIBRIO DEL SUELO DE SUBRASANTE

La presión aplicada por las llantas y la capa granular sobre la porción (AB) del geotextil es  $p$  y la presión aplicada por la parte (AB) sobre el suelo de subrasante es  $p_g$ .

$$p = (P / (2 \cdot \pi \cdot (R + h \cdot \tan\alpha)^2) + \gamma \cdot h$$

$$p_g = p - p_g \quad \text{(Ecuac. 2.10)}$$

Donde:

$P_g$  = Reducción de la presión que resulta por el uso de geotextil (Pa)

El confinamiento dado por el geotextil ayuda a mantener bajas las deflexiones causadas por las presiones menores que la capacidad portante última, por lo tanto la presión  $p^*$  puede ser como máximo igual a la capacidad portante última de la subrasante.

$$p^* = (\pi + 2) \cdot C_u + \gamma \cdot h \quad \text{(Ecuac. 2.11)}$$

$$p - p_g = (\pi + 2) \cdot C_u + \gamma \cdot h$$

## 2.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO

La metodología de diseño que se presenta a continuación tiene como base la comparación entre la estructura de diseño inicialmente definida y la estructura de diseño reforzada con geotextil.

Esta metodología se enfoca hacia la optimización de los espesores de las capas estructurales de la Vía Afirmada.

La metodología permite calcular la reducción del espesor de la capa granular de una estructura vial afirmada con base en el análisis de los esfuerzos y deformaciones que se presentan a nivel de subrasante.

Este valor permite analizar diferentes alternativas de diseño, evaluando las características de los materiales que conforman la capa granular, del suelo de subrasante, del tráfico de diseño y de la vida útil de la vía afirmada.

Es importante resaltar que el geotextil de refuerzo permite incrementar las condiciones de soporte de la estructura vial como un todo, sin embargo en la metodología de diseño se debe evaluar el aporte del geotextil en la capacidad portante del suelo de subrasante para comparar los resultados del diseño de la vía sin geotextil y del diseño con geotextil.

## 2.3.1 MÉTODO ANALÍTICO DE LOS DRS. JEAN PIERRE GIROUD Y JIE HAN

### 2.3.1.1 ANTECEDENTES

Hasta hace muy poco tiempo, se venían usando dos métodos de diseño para determinar el espesor de la capa base en caminos no pavimentados y plataformas de trabajo de relleno granular.

- ❖ Giroud y Noiray (1981) desarrollaron el primero de estos métodos clásicos
- ❖ Tensar Corporation (1986) desarrollo el otro

Ambos métodos emplean la teoría de distribución de esfuerzos para calcular la presión vertical sobre la subrasante ejercida por las cargas de rodadura en la superficie de la Vía Afirmada.

Se calcula el espesor básico del agregado que hace falta para reducir la presión vertical impartida a la subrasante a un valor igual a su capacidad de carga estimada.

Algo importante que aclarar sería lo siguiente:

- ❖ El Método de Jean Pierre Giroud y Laure Noiray (G&N), supone que la presión del neumático se aplica sobre un área rectangular en la superficie y se distribuye de manera uniforme sobre áreas rectangulares progresivamente mayores con la profundidad. Las áreas de distribución están definidas por líneas que descienden alejándose de los cuatro bordes de la carga superficial. La pendiente de estas líneas, desde la posición vertical, se llama ángulo de distribución de esfuerzos.

El método Tensar utiliza la teoría de distribución de esfuerzos de Boussines que para calcular el esfuerzo vertical máximo bajo el centro de una área de carga circular.

Ambos métodos consideran la carga por rueda, la presión del neumático, y el esfuerzo de corte de la subrasante en los cálculos.

Ambos también suponen que el refuerzo geosintético aumenta efectivamente la capacidad de carga disponible de la subrasante, cambiando el modo de falla de capacidad de carga "local" a "general", y considera el número de aplicaciones de carga y la profundidad de ahuellamiento aceptable.

Sin embargo, ninguno de los dos métodos considera otros factores de manifiesta importancia, como por ejemplo:

- ❖ Las propiedades de los materiales de la capa base
- ❖ La propiedad del refuerzo con geosintético en el nivel de subrasante.

Desde principios y hasta mediados de la década de 1980, había muy poca data de investigación y de campo para facilitar la calibración y la verificación de modelos más complejos que incorporan estos parámetros.

Aunque Giroud-Noiray, así como Tensar, estaban conscientes de la importancia de las propiedades de los materiales de la capa base y el refuerzo, ninguno de ellos tenía suficiente data de investigación y de campo para permitir su incorporación en los modelos respectivos.

En consecuencia, los diseñadores empleaban ambos métodos, aplicando un importante grado de cautela en la selección de los parámetros introducidos.

Este enfoque lleva a un desempeño eficaz pero no produce el diseño más eficiente.

Hoy existe un conjunto de información mucho más amplio del que había en la década de 1980.

Esta nueva información permitió a los Doctores Jean Pierre Giroud y Jie Han, desarrollar y verificar un método de diseño mejorado.

El Método Giroud-Han incorpora la resistencia y el módulo del material básico, variaciones de los ángulos de distribución de esfuerzos a través de la capa de apoyo y la propiedad del modulo de estabilidad de la abertura (rigidez) del refuerzo del geosintético, además de todos los parámetros considerados en los métodos descritos: G&N y Tensar.

En consecuencia este método mejorado permite a los diseñadores introducir parámetros más precisos para predecir mejor su comportamiento.

A su vez esto lleva a un uso más eficiente de los recursos de agregado, equipos de construcción, mano de obra y tiempo.

### **2.3.1.2 FUNDAMENTO DEL MÉTODO GIROUD – HAN**

Al igual que los métodos clásicos de diseño de carreteras reforzadas, el Método Giroud-Han se basa en un modelo teórico.

Sin embargo, Giroud y Han calibraron el modelo utilizando los resultados de un programa de investigación especialmente desarrollado (2001) y realizado en North Carolina State University.

La investigación proveyó datos en cuanto a la presión inducida en la subrasante y la deformación de la superficie como función del número de ciclos de carga

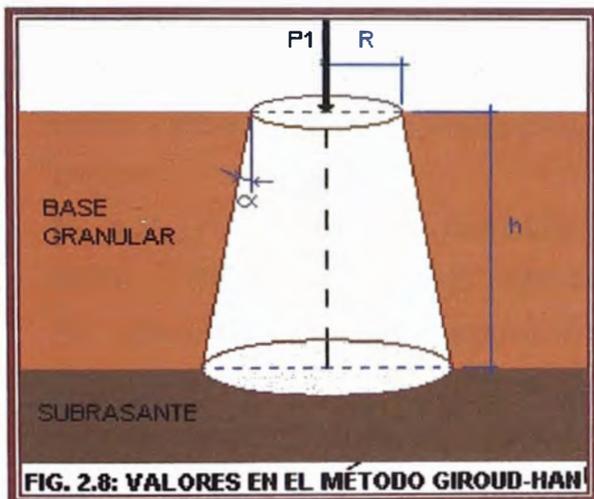
para combinaciones múltiples del espesor de la base y el refuerzo.

Se utilizaron estos datos para calcular el ángulo de distribución de la presión y para cuantificar los efectos del refuerzo y el espesor de la base, tanto en el ángulo de distribución de esfuerzos inicial como en los cambios de ángulo con aplicaciones de cargas continuadas.

### 2.3.1.3 RESÚMEN DERIVADO DEL MÉTODO GIROUD - HAN

El Método Giroud-Han supone un área de contacto circular equivalente de la rueda y una área de presión circular en la subrasante. Por lo tanto, la superficie de distribución de esfuerzos forma un cono en lugar del trapecoide supuesto en el Método de G&N.

La presión “p” a cualquier profundidad “h” es entonces:



$$p = P1 / \pi \cdot (R + h \cdot \tan \alpha)^2$$

(Ecuac. 2.12)

Donde:

**P1** = Carga por rueda equivalente (P/2)

**R** = Radio de la huella de rueda equivalente

**α** = Angulo de distribución de esfuerzos

La profundidad requerida para distribuir la carga por rueda a una presión igual a la capacidad de carga de la subrasante  $q = m \cdot C_u \cdot N_c$ , es:

$$h = (1 / \tan \alpha) \cdot ((P / \pi \cdot m \cdot C_u \cdot N_c)^{1/2} - R)$$

(Ecuac. 2.13)

Donde:

**C<sub>u</sub>** = Esfuerzo de corte no drenado de la subrasante

**m** = Coeficiente de movilización de la capacidad de carga

**N<sub>c</sub>** = Factor de capacidad de transporte de la subrasante

CUADRO DE VALORES DE N <sub>c</sub>	
TIPO DE REFUERZO	N <sub>c</sub>
PARA VÍAS NO REFORZADAS	3.14
PARA VÍAS REFORZADAS CON GEOTEXTILES	5.14
PARA VÍAS REFORZADAS CON GEOMALLAS, GEOGRID	5.71

La selección de los valores de  $N_c$  se basan en la teoría clásica de la capacidad de carga para cimientos superficiales.

El coeficiente de movilización de la capacidad de carga ( $m$ ), da cuenta del hecho de que solo parte de la capacidad de carga completa se desarrolla en cualquier profundidad de ahuellamiento especificada. Este coeficiente es una función de “ $r/h$ ” y “ $s$ ”, la profundidad de ahuellamiento.

El ángulo de distribución de esfuerzos es mayor a través de una capa base de alto módulo que a través de un material de menor módulo.

Giroud y Han relacionaron empíricamente el ángulo de distribución del esfuerzo inicial  $\alpha_1$ , a través de una base rígida encima de una subrasante más blanda con el ángulo de distribución de esfuerzos  $\alpha_0$ , a través de un material homogéneo y con la relación de los módulos (o CBR) de la base y la subrasante de la siguiente manera:

$$\tan\alpha_1 = \tan\alpha_0 \cdot (1 + 0.204 \cdot ((E_{bc}/E_{sg}) - 1)) \quad \text{(Ecuac. 2.14)}$$

$$\tan\alpha_1 = \tan\alpha_0 \cdot (1 + 0.204 \cdot ((3.48 \cdot CBR_{bc}^{0.3}/CBR_{sg}) - 1)) \quad \text{(Ecuac. 2.15)}$$

Donde:

$E_{bc}$  y  $E_{sg}$  = módulo de la capa base y de la subrasante, respectivamente

$CBR_{bc}$  y  $CBR_{sg}$  = CBR de la capa base y de la subrasante, respectivamente

Se utilizaron datos del programa de investigación de North Carolina State University para correlacionar el ángulo de distribución de esfuerzos con el número de ciclos de carga  $N$ , lo cual produjo:

$$\tan\alpha_0 = \tan\alpha_1 / (1 + k \cdot \log N) \quad \text{(Ecuac. 2.16)}$$

Donde “ $k$ ” es una constante derivada empíricamente según el espesor de la capa base y la propiedad de refuerzo del geosintético, “ $J$ ” el módulo de estabilidad de la abertura.

Se calibro el coeficiente de movilización de la capacidad de carga y se combinaron las ecuaciones para llegar a la siguiente ecuación iterativa de diseño para el mínimo espesor requerido de la capa base:

$$h = \frac{0.868 + (0.661 - 1.006J^2) \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5} \log N}{\left[1 + 0.204 \left(\frac{3.48 CBR_{bc}^{0.3}}{CBR_{sg}} - 1\right)\right]} \left[ \frac{\frac{P1}{\pi r^2}}{\sqrt{\frac{s}{f_s} \left[1 - 0.9e^{-\left\{\frac{r}{h}\right\}^2}\right] N_c f_c CBR_{sg}}} - 1 \right] r$$

**FÓRMULA ITERATIVA EMPLEADA EN EL MÉTODO GIROUD-HAN**

(Ecuac. 2.17)

Donde:

**h** = Espesor requerido (m)

**J** = Módulo de estabilidad de la abertura (m-N)

VALORES DEL MÓDULO DE ESTABILIDAD DE LA ABERTURA "J"	
TIPO DE REFUERZO	VALOR DE J
SIN REFUERZO	0
GEOTEXTIL	0
GEOMALLAS	0.32
GEOGRID	0.38

**P** = Carga aplicada (KN)

**N** = Número de pasadas en la vida útil

**CBR<sub>bc</sub>** = Valor Soporte de California (CBR) del agregado base

**CBR<sub>sg</sub>** = Valor Soporte de California (CBR) de la subrasante

**f<sub>s</sub>** = Factor de profundidad del carril (mm) : 75 mm

**s** = Máxima Profundidad de ahuellamiento (mm) : 3" ó 75 mm

**N<sub>c</sub>** = Factor de capacidad de transporte de la subrasante

**f<sub>c</sub>** = Factor que relaciona el CBR de la subrasante o su equivalente  $C_u = 30$  .

**CBR<sub>sg</sub>**

Basado en un estudio de campo de bases no reforzadas, en la aplicación del método Giroud-Han, actualmente se sugiere limitar la relación  $E_{bc}/E_{sg}$  del módulo a un valor máximo de 5.0, para dar cuenta de la incapacidad para compactar el material de la capa base eficazmente sobre subrasantes muy blandas. Esto da el término  $(3.48 \cdot (CBR_{bc})^{0.3} / CBR_{sg}) \leq 5.0$ .

### 2.3.2 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

**Paso 1.-** Diseño Inicial de la estructura de la vía afirmada

Para hacer la comparación de los diseños sin y con geotextil de refuerzo, se debe conocer el diseño inicial de la estructura vial afirmada sin geotextil, evaluando los siguientes parámetros:

1. Tráfico de diseño, Eje de carga de referencia y Período de diseño.
2. Espesor de las capas, Características de los materiales (Módulo elástico y

Relación de Poisson) de cada uno de los materiales que conforman la capa de la estructura.

### 3. CBR o Cu, Relación de Poisson, Módulo resiliente del suelo de subrasante.

En este caso, se supone que para el diseño de la estructura de la vía afirmada sin geotextil se han definido las condiciones de drenaje de la vía, se ha calculado el tráfico de diseño de acuerdo a las condiciones reales del proyecto, se han definido las propiedades de los materiales que conforman la estructura de acuerdo con las especificaciones de construcción vigentes y se han realizado todos los ensayos necesarios para caracterizar el suelo de subrasante.

Con los datos anteriormente mencionados se hace la modelación de la estructura sin geotextil en un programa de diseño racional y se calculan los esfuerzos y las deformaciones de la capa granular, pudiéndose emplear el Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito, que emite el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, consideradas en las Normas y Especificaciones Técnicas (EG-CBT 2005).

### Paso 2.- Aplicación del Método de Giroud-Han

### Paso 3.- Selección del geotextil

Se define el geotextil que se va a utilizar para el refuerzo de la estructura de la vía afirmada y se calcula el valor de la resistencia admisible. Para la selección del geotextil es importante tener en cuenta las propiedades del suelo de subrasante y del material que se va a colocar sobre el geotextil, además de las condiciones de construcción y de instalación.

Una guía para seleccionar el geotextil más apropiado consiste en verificar los requerimientos exigidos para la función de estabilización, en la especificación de construcción AASHTO M288 vigente.

### Paso 4.- Verificación por Separación

En el caso del diseño por separación, se comparan las resistencias del geotextil con el valor requerido en el diseño para una misma propiedad, obteniendo un factor de seguridad global  $FS_G$ .

$$FS_G = R_{RESISTENCIA ADMISIBLE} / R_{RESISTENCIA REQUERIDA} \Rightarrow FS_G > 1$$

Donde:

$R_{RESISTENCIA\ ADMISIBLE}$  = Resistencia última del ensayo de laboratorio que simula las condiciones reales del proyecto sobre los factores de reducción.

$R_{RESISTENCIA\ REQUERIDA}$  = Valor obtenido de una metodología de diseño que simula las condiciones reales del proyecto.

Para los casos en que se determine el factor de seguridad global como parámetro de diseño, se calcula entonces la resistencia requerida (diseño) en función de las especificaciones del geotextil que se vaya a utilizar.

$$R_{RESISTENCIA\ REQUERIDA} = R_{RESISTENCIA\ ADMISIBLE} / FS_G$$

Para tener en cuenta estos factores, se asume un factor de seguridad parcial  $FR_P$  que permite ajustar el valor último de laboratorio a las condiciones particulares del terreno, obteniendo un valor admisible que se aplicará en el diseño.

$$T_{ADM} = T_{ULT} / FR_P$$

$$FR_P = FR_{DI} \cdot FR_{DQB}$$

Donde:

$T_{ADM}$  = Resistencia admisible para emplear en el diseño

$T_{ULT}$  = Resistencia última obtenida en laboratorio

$FR_P$  = Factor de reducción parcial

$FR_{DI}$  = Factor de reducción por daños de instalación

$FR_{DQB}$  = Factor de reducción por degradación química y biológica

FACTORES DE REDUCCIÓN PARA GEOTEXTILES		
AREA	DAÑOS POR INSTALACIÓN (DI)	DAÑOS POR DEGRADACIÓN QUIMICA Y BIOLÓGICA (DQB)
VÍA AFIRMADA	1.1 – 2.0	1.0 – 1.5

Para obtener una estabilidad global del sistema, el  $FS_g$  que se debe conservar debe ser mínimo de 1.3.

## 2.4 PROYECTO EXPERIMENTAL UNI

### 2.4.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO EXPERIMENTAL

Se describe la construcción de un tramo de pavimento experimental (Vía Afirmada de 3.00 x 10.00 mts) considerando la incorporación de un Geotextil Tejido tipo TR-4000, el cual actuará como Refuerzo de la Vía Afirmada; estudiando, analizando y probando su uso sobre la interfaz Subrasante–Base Granular, de tal manera de aumentar la capacidad portante del sistema que conforma la estructura vial, que comprende en aumentar su vida útil, reducir el espesor de la capa granular, y mejoramiento de las propiedades del material de la base; en comparación con el de un pavimento tradicional.

### 2.4.2 UBICACIÓN

La ubicación escogida para la Construcción del Proyecto Experimental ha sido dentro de los linderos del Laboratorio Nacional de Hidráulica, el cual a su vez se encuentra dentro del campus universitario de la Universidad Nacional de Ingeniería.

La zona de trabajo esta ubicada frente al Pabellón “J” de la UNI, adyacente al muro perimetral que circunda el Laboratorio de Hidráulica.

La Universidad Nacional de Ingeniería, se encuentra en el Distrito del Rimac, Provincia de Lima, Departamento de Lima.

Las Coordenadas UTM de los 4 puntos vértices de la vía afirmada son:

COORDENADAS UTM DE LOS VÉRTICES DE LA VÍA		
PUNTO	ESTE (X)	NORTE (Y)
1	276 863.59	8 670 337.13
2	276 867.06	8 670 337.21
3	276 867.16	8 670 347.21
4	276 863.68	8 670 347.14

La Ubicación y Localización del Proyecto se puede apreciar en el Plano UL-01 del Anexo 1 del presente Informe de Suficiencia.

## 2.4.3.1 TRABAJOS INICIALES DEL PROYECTO

### 2.4.3.1 TOPOGRAFÍA

La topografía ha consistido en un levantamiento topográfico de la zona donde se realizará la construcción de la Vía Afirmada experimental para la aplicación del Geotextil Tejido TR-4000, en su función de Refuerzo.

El BM de apoyo para el levantamiento topográfico ha sido el del Departamento de Topografía que tiene una cota de 108.255 m.s.n.m. y se encuentra debidamente identificada con su placa de bronce.

Las coordenadas UTM utilizadas en el levantamiento topográfico están en el Sistema WGS-84. Se han tomado dos Puntos de Control cercanos al sector donde se encuentra la zona de trabajo (Plataforma adyacente) del Proyecto Experimental.

Estos puntos de control han sido denominados PC-1 y PC-2. Las coordenadas de estos puntos de control son los siguientes:

<b>COORDENADAS UTM DE LOS PUNTOS DE CONTROL</b>			
<b>PUNTO</b>	<b>COTA (m.s.n.m.)</b>	<b>ESTE (X)</b>	<b>NORTE (Y)</b>
PC-1	109.568	276 856.75	8 670 352.14
PC-2	109.248	276 861.00	8 670 349.04

Se registra la identificación de estos puntos en los Planos de Perfiles PP-01 y PP-02 del Anexo 1 del presente Informe de Suficiencia.

El equipo utilizado para realizar este trabajo de topografía ha sido el siguiente:

- ❖ 01 Estación Total marca TOPCON GTS 226
- ❖ 01 Nivel marca Wild NA 020, de aproximación 2 cm., por km.
- ❖ 02 Miras
- ❖ 02 Prismas

Los planos confeccionados con el presente Levantamiento Topográfico son:

- ❖ Plano de ubicación (UL-01)
- ❖ Plano de Planta y Perfil (PP-01, PP-02)
- ❖ Plano de Secciones Transversales cada 2 mt (ST-01, ST-02)

Estos 5 planos se encuentran en el Anexo 1 de este Informe de Suficiencia.

### 2.4.3.2 GEOLOGÍA, ESTUDIO DE SUELOS

La Geología del suelo natural se describe a través de un perfil estratigráfico realizado en la zona de trabajo por medio de 2 calicatas denominadas C-1 y C-2. El Estudio de Suelos con fines de diseño de la Vía Afirmada para el Proyecto Experimental en la aplicación del Geotextil Tejido TR-4000, ha sido efectuado mediante trabajos de exploraciones de campo, ensayos de laboratorio y estudios geológicos, necesarios para definir el perfil estratigráfico del área en estudio, así como dar a conocer las propiedades físico mecánicas de los suelos de fundación existentes, como la Capacidad de Soporte California parámetro importante, entre otros, para el diseño de la vía afirmada.

Se ha ejecutado 2 calicatas C-1 y C-2, las cuales presentan la siguiente estratigrafía:

#### Calicata C-1:

##### 1ª Capa.

- ❖ Características.- Capa entre 0.00 m a 0.60 m, conformado por limos arenosos en estado compacto, seco, color marrón claro, de baja plasticidad. Presenta gravas de TM 1/2" en un 5 %.
- ❖ Clasificación.- En el Sistema Unificado SUCS como ML, y en el Sistema de Clasificación AASHTO como A-4.

##### 2ª Capa.

- ❖ Características.- Capa entre 0.60 m a 1.00 m, material gravoso pobremente graduado con partículas subredondeadas TM 3", con arenas en estado semicompacto a semisuelto, poco húmedo, color gris, no plástico. Presenta cantos rodados TM 8" en un 10 %.
- ❖ Clasificación.- En el Sistema Unificado SUCS como GP, y en el Sistema de Clasificación AASHTO como A-1-a(0)

#### Calicata C - 2:

##### 1ª Capa.

- ❖ Características.- Capa entre 0.00 m a 0.55 m, conformado por limos arcillosos con escaso porcentaje de arenas en estado semicompacto, poco húmedo, color marrón claro, de baja plasticidad. Presenta gravillas de TM 1/4" en un 3 %.
- ❖ Clasificación.- En el Sistema Unificado SUCS como CL-ML, y en el Sistema de Clasificación AASHTO como A-6.

## 2ª Capa.

- ❖ Características.- Capa entre 0.55 m a 1.00 m, material gravoso pobremente graduadas con partículas subredondeadas TM 3", con arenas en estado semicompacto a semisuelto, poco húmedo, color gris verdoso, no plástico. Presenta cantos rodados TM 10" en un 10 %.
- ❖ Clasificación.-En el Sistema Unificado SUCS como GP, y en el Sistema de Clasificación AASHTO como A-1-a(0).

Los Ensayos de campo que se realizaron son:

- Análisis Granulométrico por tamizado, ASTM D-422
- Contenido de humedad natural, ASTM D-2216
- Ensayos de California Bearing Ratio (CBR)

Estos resultados se aprecian en el Plano de Perfil Estratigráfico del Anexo 2 del presente Informe de Suficiencia, los Ensayos de Campo en el Anexo 3, de lo cual obtenemos que el **CBR del suelo natural es del 20%**.

### 2.4.4 DEGRADACIÓN DEL SUELO NATURAL EN LA ZONA DEL PROYECTO

Para la aplicación del Geotextil en el Refuerzo de Vías Afirmadas se requiere que el Valor Soporte de California (CBR) del suelo de Subrasante sea menor al 1%, y como apreciamos en los resultados anteriores no es este caso, ya que tenemos un CBR de 20%, entonces procederemos a degradar el terreno y colocar un material adecuado producto de ensayos y estudios geotécnicos que arroje un valor de CBR menor al 1%, para lo cual se realizará la excavación del suelo natural a una profundidad definida por la envolvente de la distribución de esfuerzos cortantes y normales que se aplican en la superficie de rodadura, luego la colocación de material selecto de baja capacidad portante y finalmente la ejecución del diseño de la Vía Afirmada con la aplicación de Geotextil Tejido.

#### A. TRABAJOS DE CAMPO

Para ello se realizó una limpieza general de la zona evacuando material existente como arenas, piedra chancada y desmontes los cuales se encontraban asentadas en forma irregular en toda el área de trabajo.

## B. EXCAVACIÓN DEL TERRENO

Luego de realizar la excavación hasta la profundidad requerida, el suelo de fundación (Grava arenosa), presenta una buena capacidad de soporte ( $CBR \cong 20\%$ ), por tanto no sirve para nuestro propósito. El suelo de fundación que se busca es un suelo fino de mediana a alta plasticidad que presente un valor de capacidad de soporte (CBR), muy bajo menor a 1%, en el cual el geotextil tejido desarrolla su capacidad de brindar un aumento en la capacidad de soporte y por ende refuerza dicho valor traduciéndose en espesores de vías mucho mas económicos, y aumento de la vida útil de la vía afirmada.

Por lo tanto el material superficial consistente de limos arenosos y arcillas limosas han sido tratados mediante zarandeo, colocación (compacidad suelta), y grado de saturación, de tal forma de cumplir con dichas características ( $CBR < 1\%$ ), donde se pueda aplicar el Geotextil Tejido y verificar su capacidad de absorber esfuerzos y brindar estabilidad a la vía afirmada diseñada.

## C. ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizaron cálculos y ensayos geotécnicos con el material excavado, el objetivo era disminuir el CBR del suelo natural, se empleó material de la 1ª Capa es decir suelo fino conformado por limos arenosos y arcillosos para sus respectivos ensayos de laboratorio.

Se tomaron muestras de estos suelos y se realizaron los siguientes ensayos en el Laboratorio de Suelos y Geotécnia del Laboratorio Nacional de Hidráulica de la Universidad Nacional de Ingeniería:

Análisis Granulométrico por tamizado, ASTM D-422

Contenido de Humedad Natural, ASTM D-2216

Limites de Atterberg, ASTM D-4318

Límite Líquido, ASTM D-423

Límite Plástico, ASTM D-424

Clasificación SUCS

Clasificación AASHTO

Proctor Modificado, ASTM C-1555

Razón Soporte California (CBR), ASTM D-1883

Los resultados de estos Ensayos de Laboratorio se aprecian en el Anexo 3.

## D. CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN Y DEGRADACIÓN

Para este Cálculo aplicamos la Teoría de Boussinesq, y los parámetros a tener en cuenta son los siguientes:

- ❖ Carga en la superficie de rodadura = 5 Ton (50 KN)
- ❖ Presión de Inflado = 80 psi (551 KPa)
- ❖ CBR del Material de Subrasante = 0.7%

### 1. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA DEL SUELO

De acuerdo a la siguiente tabla, interpolamos para encontrar dicho valor:

CORRELACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO DE SUBRASANTE PARA SUELOS COHESIVOS (DE GRANOS FINOS)			
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR (%)	RESISTENCIA AL CORTE SIN DRENAJE $C_u$ - Kpa (psi)	RESISTENCIA NORMAL A LA PENETRACIÓN SPT (golpes/pie)	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO
< 0.4	< 11.7 (1.7)	< 2	MUY BLANDO (Se estira entre los dedos al presionarlo)
0.4 – 0.8	11.7 (1.7) – 24.1 (3.5)	2 - 4	BLANDO (Moldeable con una ligera presión de los dedos)
0.8 – 1.6	24.1 (3.5) – 47.6 (6.9)	4 - 8	MEDIANO (Moldeable con una fuerte presión de los dedos)
1.6 – 3.2	47.6 (6.9) – 95.8 (13.9)	8 – 15	RÍGIDO (Fácilmente Marcado por el pulgar pero difícil de penetrar)
3.2 – 6.4	95.8 (13.9) – 191 (27.7)	15 – 30	MUY RÍGIDO (fácilmente marcado por la uña del pulgar)
> 6.4	> 191(27.7)	> 30	DURO (Difícil de marcar con la uña del pulgar)

DATOS TÉCNICOS DE **PRESTO** (SOPORTE DE CARGA).

Para CBR = 0.4% →  $C_u = 11.7$  KPa  
 CBR = 0.8% →  $C_u = 24.1$  KPa

Entonces para CBR = 0.7% →  $C_u = 21.0$  KPa

## 2. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL $N_c$ (COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE CARGA)

De la siguiente tabla emitida por las normas U.S. Forest Service

COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE CARGA PARA SUELOS	
$N_c$	CONDICIONES
2.8	ALTO VOLUMEN DE TRÁNSITO, POCOS BACHES
3.3	BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, MUCHOS BACHES

$N_c = 3.3$  (Vía Afirmada de bajo volumen de tránsito y muchos baches)

## 3. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA - SUELO DE SUBRASANTE ( $q_A$ )

$$q_A = C_u \cdot N_c = (21.0) \cdot (3.3) = 69.3 \text{ Kpa}$$

## 4. CÁLCULO DEL ESPESOR ADMISIBLE $Z_u$

$$Z_u = \frac{r}{\sqrt{\left(1 - \frac{q_A}{p}\right)^{2/3} - 1}}$$

Donde:  $r = (P/(\pi \cdot p))^{1/2}$

Reemplazando valores:

$$r = (50/(\pi \cdot 551))^{1/2} = 0.16 \text{ m}$$

$$Z_u = 0.52 \text{ m}$$

Tomamos para efectos del Diseño del Proyecto Experimental un espesor de excavación de material natural de 1.20 m, que contempla 0.55 m de relleno degradado y 0.65 m de relleno de agregado base.

## E. IMPERMEABILIZACIÓN DE LA EXCAVACIÓN

Para que el suelo arcillo limoso que conforma el terreno de fundación sea degradado de tal manera que el valor de la capacidad de soporte baje hasta valores menores a 1% de CBR, es necesario humedecerlo a tal punto que el grado de saturación sea del 100 %.

Para conservar el contenido de humedad del suelo degradado se ha impermeabilizado la excavación mediante un plástico grueso de buena resistencia.

## F. RELLENO CON MATERIAL DEGRADADO

Luego de haber impermeabilizado la excavación se procedió a rellenar con material arcilloso-limoso el cual ha sido previamente zarandeado. Este material fino fue colocado por capas sin compactar, solo ha sido acomodado mediante una tablilla para darle el nivel de subrasante.

Después de efectuada la degradación del suelo de fundación hasta el nivel de subrasante, se procedió a darle la humedad necesaria para obtener el valor del CBR dentro del rango de aplicación ( $< 1\%$ ), y aplicar el Geotextil Tejido como función de Refuerzo.

## G. PARÁMETROS FIJADOS PARA EL DISEÑO

PARÁMETROS DE DISEÑO EN EL PROYECTO EXPERIMENTAL UNI					
CARGA APLICADA (2P)	PRESION DE LLANTAS (p)	CBR <sub>BC</sub> AFIRMADO (%)	CBR <sub>SG</sub> SUB RASANTE (%)	Nº DE PASES (Nº)	AHUELLAMIENTO (s)
80 KN	80 PSI - 551 KPA	30 %	0.7 %	150,000 VECES	7.5 CM – 75 MM

Estos valores han sido fijados de acuerdo a las Normas para Caminos de Bajo Volumen de Tránsito, y de los Resultados de los Ensayos de Laboratorio en coordinación con la Asesoría del Curso.

## H. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGUA APLICAR EN LA DEGRADACIÓN

La cantidad de agua ha resultado luego del cálculo de la humedad natural del suelo degradado y la humedad del grado de saturación, para la cual dicho material presenta valores de capacidad de soporte en el rango especificado (CBR  $< 1\%$ ), y para esto es necesario humedecerlo a tal punto que el grado de saturación sea del 100 %.

<b>VOLUMEN DE AGUA A COLOCAR EN LA SUBRASANTE (PROY. EXPERIMENTAL)</b>	
<b>A. VOLUMEN DE RELLENO DEGRADADO (V<sub>M</sub>)</b>	
$V_M = \text{Largo} \cdot \text{Ancho} \cdot \text{Altura} = 3.35 \cdot 10.0 \cdot 0.60$	<b>V<sub>M</sub> = 20.1 m<sup>3</sup></b>
<b>B. CÁLCULO DE LA HUMEDAD DE SATURACIÓN (w<sub>SAT</sub>)</b>	
$w = W_w / W_s$	$w = (\gamma_w \cdot V_w) / (\gamma_s \cdot V_s) \cdot (V_v / V_v)$
Es decir:	$G_s \cdot w = s \cdot e$
En el estado saturado: $s = 1$	$w_{SAT} = e / G_s$ (Fórm. 1)
Además:	$e = (\gamma_s / \gamma_D) - 1$ (Fórm. 2)
<b>DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO OBTENEMOS:</b>	
$\gamma_s = \text{Densidad de la muestra}$	(2.56 Kg/cm <sup>3</sup> )
$\gamma_D = \text{Densidad Húmeda}$	(1.53 Kg/cm <sup>3</sup> )
$G_s = \text{Gravedad Específica}$	(2.57)
$w_{NAT} = \text{Humedad Natural del suelo}$	(0.0207–2.07%)
Reemplazando en (2) tenemos: $e = (2.56/1.53) - 1 = 0.67$	<b>e = 0.67</b>
Reemplazando en (1) tenemos: $w_{SAT} = 0.67/2.57 = 0.26$ (26%)	<b>w<sub>SAT</sub> = 0.26</b>
<b>C. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGUA ADICIONAL</b>	
El peso del suelo húmedo es: $W_s = \gamma_D \cdot V_M \Rightarrow W_s = 1.53 \cdot 20.1 \cdot 10^6$	<b>W<sub>s</sub> = 30,954 Kg</b>
El peso del agua adicional será: $W_{WADIC} = \Delta w \cdot W_s \Rightarrow W_{WADIC} = (w_{SAT} - w_{NAT}) \cdot W_s$	
Reemplazando valores: $W_{WADIC} = (0.264 - 0.0207) \cdot 30,954 \Rightarrow W_{WADIC} = 7,531 \text{ Kg}$	
Es decir: $W_{WADIC} = 7,531 \text{ Kg} \Rightarrow$	<b>V<sub>WADIC</sub> = 7.53 m<sup>3</sup></b>
QUE SERÍA EL VOLUMEN DE AGUA ADICIONAL QUE SE DEBE AGREGAR AL RELLENO DEGRADADO O SUBRASANTE.	

Luego de los cálculos respectivos para llegar a un grado de saturación del 100 %, se ha determinado que el volumen de agua a añadir es 7.53 m3.

### I. RESULTADOS DEL DISEÑO PROYECTO EXPERIMENTAL (GIROUD-HAN)

#### PASO 1.- Diseño Inicial de la Vía Afirmada sin Refuerzo

Aplicando la Ecuac. 2.15, tenemos: **h<sub>o</sub> = 0.78 m**

#### PASO 2.- Aplicación del Método Giroud-Han

Fijamos los valores a emplear en la Ecuac. 2.26 y resolvemos con una Hoja de Cálculo creada para las iteraciones.

<b>VALORES A EMPLEAR EN EL MÉTODO GIROUD-HAN</b>			
TIPO DE REFUERZO	FACTOR DE CAPACIDAD DE TRANSPORTE (N <sub>c</sub> )	MÓDULO DE ESTABILIDAD DE LA ABERTURA (J)	FACTOR DE RELACIÓN DEL CBR <sub>sc</sub> (f <sub>c</sub> )
SIN REFUERZO	3.14	0	21 KPa
GEOTEXTIL TEJIDO	5.14	0	21 KPa

Los resultados obtenidos para cada caso (sin y con geotextil tejido) son:

**A. VÍA AFIRMADA SIN GEOTEXTIL**

PROCESO DE DISEÑO	
<b>Giroud - Han</b>	
<div style="float: right;"> <span style="color: red;">■</span> VALOR ENTREGADO  <span style="background-color: black; color: black;">■</span> INGRESAR VALOR                 </div>	
<i>Inicio de proceso iterativo, definición de "h":</i>	
h	0.819 m
<b>Datos Iniciales:</b>	
Carga Axial (2P)	80.00 KN
Presion de llanta (Tp)	550 Kpa
CBRbc	80 %
CBRsg	0.7 %
$r = \sqrt{\frac{P}{3.14 \times Tp}}$	r = 0.152 m. (Radio de contacto)
N (Pases de ejes) s (ahuellamiento)	150000 veces 75 mm
Tipo de refuerzo:	Sin Refuerzo
Nc	3.14
J	0 m-N/grado
fc	21 kPa
Valor Ebc/Esg	18.510      5.00 <i>Valor a usar en el cálculo</i>
<i>Giroud-Han sugiere limitar esta relación del módulo a un valor máximo de 5.0 para dar cuenta de la incapacidad para compactar el material de la base eficazmente sobre subrasantes muy blandas</i>	
h=	0.818 (Espesor final calculado)

**B. VÍA AFIRMADA CON GEOTEXTIL**

PROCESO DE DISEÑO	
<b>Giroud - Han</b>	
<div style="float: right;"> <span style="color: red;">■</span> VALOR ENTREGADO  <span style="background-color: black; color: black;">■</span> INGRESAR VALOR                 </div>	
<i>Inicio de proceso iterativo, definición de "h":</i>	
h	0.634 m
<b>Datos Iniciales:</b>	
Carga Axial (2P)	80.00 KN
Presion de llanta (Tp)	550 Kpa
CBRbc	80 %
CBRsg	0.7 %
$r = \sqrt{\frac{P}{3.14 \times Tp}}$	r = 0.152 m. (Radio de contacto)
N (Pases de ejes) s (ahuellamiento)	150000 veces 75 mm
Tipo de refuerzo:	Geotextil
Nc	5.14
J	0 m-N/grado
fc	21 kPa
Valor Ebc/Esg	18.510      5.00 <i>Valor a usar en el cálculo</i>
<i>Giroud-Han sugiere limitar esta relación del módulo a un valor máximo de 5.0 para dar cuenta de la incapacidad para compactar el material de la base eficazmente sobre subrasantes muy blandas</i>	
h=	0.634 (Espesor final calculado)

Presentamos los espesores calculados, comparamos y definimos resultados.

RESULTADOS DE ESPESORES DE CAPA			
TIPO DE REFUERZO	ESPESOR DE CAPA		ESPESOR DE DISEÑO DEFINIDO
	M.T.C.	GIROUD-HAN	
SIN REFUERZO	0.78 m	0.82 m	0.85 m
GEOTEXTIL TEJIDO TR-4000	–	0.63 m	0.65 m

### Paso 3.- Selección del Geotextil

La empresa Amanco-Pavco fue la compañía que nos suministró el Geotextil Tejido TR-4000 para aplicarlo en el Proyecto Experimental UNI, las características técnicas de este material se aprecia en los Certificados adjuntos en el Anexo 4 del presente Informe de Suficiencia.

### Paso 4.- Verificación por Separación

Se establece el Esfuerzo y Deformación Admisible para la Vía Afirmada que consiste de 1 Capa de Base Granular, según las siguientes ecuaciones:

$$\epsilon_{\text{ADMISIBLE}} = 0.016 \cdot (N)^{-0.222} \quad \text{y} \quad \sigma_{\text{ADMISIBLE}} = 0.9607 \cdot (\text{CBR}_{\text{SG}})^{1.2} \cdot (N)^{-0.23}$$

Reemplazando valores encontramos:

$$\epsilon_{\text{ADMISIBLE}} = 0.016 \cdot (150000)^{-0.222} = 0.00114 = 1.14 \cdot 10^{-3}$$

$$\sigma_{\text{ADMISIBLE}} = 0.9607 \cdot (0.7)^{1.2} \cdot (150000)^{-0.23} = 0.04038 \text{ Kg/cm}^2$$

Distribuyendo este esfuerzo en forma horizontal, tenemos:

$$\sigma_{\text{ADMISIBLE}} = 0.04038 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 100 \text{ cm} = 4.038 \text{ Kg/cm}$$

Pasando estas unidades de Kg/cm a KN/m obtenemos:

$$\sigma_{\text{ADMISIBLE}} = 4.038 \text{ Kg/cm} \cdot (9.82 \text{ N/ 1 Kg}) \cdot (100 \text{ cm/ 1 m}) = 3,965 \text{ N/m} = 3.97 \text{ KN/m}$$

Tenemos entonces: **Resistencia Requerida = 3.97 KN/m**

Ahora obtenemos los datos del Geotextil Tejido TR-4000, que vamos aplicar en nuestro Proyecto Experimental (Ver Certificado del Anexo 4), y que son:

$$T_{\text{ULT}} = 64 \text{ KN/m (Sentido Transversal)}$$

Tenemos entonces:

$$\text{Resistencia Allow} = T_{ULT} / (FR_{DI} \cdot FR_{DQB})$$

Ya que se trata de una Vía Afirmada de bajo volumen de tránsito y poniéndonos de acuerdo con la asesoría, escogemos:  $FR_{DI} = 2.0$  y  $FR_{DQB} = 1.5$ , y entonces tenemos:

$$\text{Resistencia Allow} = 64 / (2.0 \cdot 1.5) = 21.33 \text{ KN/m}$$

$$FS_G = \text{RESISTENCIA ALLOW} / \text{RESISTENCIA REQUERIDA} = 21.33 / 3.97 = 5.4$$

$$FS_G = 5.4 > 1 \text{ (CUMPLE) OK!}$$

**1. RESISTENCIA AL ESTALLIDO (MULLEN BURST - Norma ASTM D3786)**

$FS_G = 2.0$		$T_{reqd\text{seto}} = 3342.71 \text{ kPa}$
$FS_p = 2.0$		
$p' = 760 \text{ kPa}$		$3342.71 \text{ kPa} < 8206 \text{ kPa}$
$d_a = 4 \text{ pg}$		

El geotextil seleccionado TR-4000 Cumple

---

**2. RESISTENCIA A LA TENSION (GRAB - Norma ASTM D4632)**

$T_{ult} = 2500 \text{ N}$		$FS_G = T_{ult} / (FS_p \cdot p' \cdot 10^{-3} \cdot (0.33 + d_a \cdot 25.4)^{-1} \cdot (\epsilon))$
$\epsilon = 22 \%$		
$d_a = 4 \text{ pg}$		
$p' = 760 \text{ kPa}$		
$f(\epsilon) = 0.58$		
$FS_p = 2$		$FS_G = 2.52 > 1$

El geotextil seleccionado TR-4000 Cumple

---

**3. RESISTENCIA AL PUNZONAMIENTO - Norma ASTM D4833**

$FS_G = 2.0$		$T_{reqd\text{seto}} = 400.14 \text{ kPa}$
$FS_p = 2$		
$p' = 760 \text{ kPa}$		
$d_a = 4 \text{ pg}$		

El geotextil seleccionado TR-4000 Cumple

### 2.4.5 CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA AFIRMADA APLICANDO GEOTEXTIL TEJIDO

Luego de tener el terreno preparado para construir la Vía Afirmada, se procedió a la colocación del Geotextil Tejido tipo TR-4000 sobre el nivel de subrasante indicado en los planos y la colocación o vaciado de la base granular en capas de 0.20 m compactándolas debidamente hasta llegar al espesor calculado en el diseño, es decir de 0.65 m.

Una vez concluida cada capa de la base granular, se procedió a realizar la prueba de compactación, realizando 2 tomas de muestra por capa y teniendo como promedio, el resultado de la prueba. Estos resultados se adjuntan en el Anexo 3.

También se realizó como Prueba Final de la Vía Afirmada, el ensayo con la Viga Benkelman, cuyos resultados se adjuntan en el Anexo 5.

Todo el proceso desde el inicio de labores hasta la completa ejecución del Proyecto Experimental se puede apreciar en el Anexo 6 del presente Informe de Suficiencia.

## CAPITULO 3.- ANÁLISIS ECONÓMICO EN VÍAS AFIRMADAS

### 3.1 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS, PRESUPUESTOS DE OBRAS

Presentamos los valores obtenidos por medio del Programa de Cálculo S.10 : Costos y Presupuestos en Obras de Ingeniería Civil, para ambos sistemas, es decir los resultados del Proyecto Experimental UNI sin geotextil y con geotextil, según el siguiente esquema:

#### 1º PARTE.- Vía Afirmada sin Geotextil

- ❖ Análisis de Costos Unitarios Presupuesto 01
- ❖ Precios e Insumos Presupuesto 01
- ❖ Presupuesto de Obra N° 01

#### 2ª PARTE.- Vía Afirmada con Geotextil Tejido TR-4000

- ❖ Análisis de Costos Unitarios Presupuesto 02
- ❖ Precios e Insumos Presupuesto 02
- ❖ Presupuesto de Obra N° 02

Adjuntamos además el Cronograma de Ejecución de Obra en forma de Porcentaje, Valorizado y en Diagrama de Barras Gantt.

Hay una variante alternativa para calcular el Presupuesto de Obra de este mismo Proyecto Experimental, pero realizándolo en forma supuesta en la Selva (Región Loreto, Provincia Maynas) a efectos de encontrar la magnitud de variación de costos, pensando en un caso real de obra.

Se adjunta:

- ❖ Análisis de Costo Unitario Presupuesto 01, 02-A (Alternativo)
- ❖ Presupuesto 01-A (Alternativo)
- ❖ Presupuesto 02-A (Alternativo)

S10

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS - PRESUPUESTO 01							
Presupuesto	1	PROYECTO EXPERIMENTAL UNI				PARTE:	01-A
Hoja	01A	VÍA AFIRMADA SIN GEOTEXTIL				Fecha Presup.	03/05/2007
Ubicación	Laboratorio Nac. De Hidráulica			Dpto. Lima, Prov. Lima, Dist. Rimac			
Partida	01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL					
Rendimiento	m2/DIA	MO.	40.0000	EQ.	40.0000	Costo Unit: m2	2.27
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>							
0147010002	OPERARIO		hh	0.1000	0.0200	11.89	0.24
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.2000	9.61	1.92
							2.16
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2.16	0.11
							0.11
Partida	01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS					
Rendimiento	glb/DIA	MO.	1.0000	EQ.	1.0000	Costo Unit: glb	636.84
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>							
0147010004	PEON		hh	2.0000	16.0000	9.61	153.76
							153.76
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		2.0000	153.76	3.08
0348040023	CAMION VOLQUETE 210 HP 6 m3		hm	1.0000	8.0000	60.00	480.00
							483.08
Partida	01.03	TRAZO, Y REPLANTEO					
Rendimiento	m2/DIA	MO.	500.0000	EQ.	500.0000	Costo Unit: m2	1.25
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>							
0147000032	TOPOGRAFO		hh	1.0000	0.0160	14.27	0.23
0147010001	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0016	14.27	0.02
0147010004	PEON		hh	3.0000	0.0480	9.61	0.46
							0.71
<b>Materiales</b>							
0202010022	CLAVOS C/CABEZA D. PROM.		kg		0.0050	2.81	0.01
0229060006	YESO EN BOLSAS DE 20 kg		bls		0.0250	8.47	0.21
0243040000	MADERA TORNILLO		p2		0.0264	3.27	0.09
0254010001	PINTURA ESMALTE SINTETICO		gal		0.0020	31.51	0.06
							0.37
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.71	0.02
0337020045	JALONES		he	2.0000	0.0320	0.63	0.02
0337020046	MIRA TOPOGRAFICA		he	1.0000	0.0160	1.03	0.02
0337530073	CORDEL ROLLO DE 50m.		pza		0.0010	13.56	0.01
0349880003	TEODOLITO		hm	1.0000	0.0160	6.28	0.10
							0.17

S10

<b>ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS - PRESUPUESTO 01</b>							
Presupuesto	<b>1</b>	<b>PROYECTO EXPERIMENTAL UNI</b>				PARTE:	<b>01-B</b>
Hoja	<b>01B</b>	<b>VÍA AFIRMADA SIN GEOTEXTIL</b>				Fecha Presup.	<b>03/05/2007</b>
Ubicación	<b>Laboratorio Nac. De Hidráulica</b>			<b>Dpto. Lima, Prov. Lima, Dist. Rimac</b>			
Partida	<b>02.01</b>	<b>EXCAVACION MASIVA A MAQUINA EN TERRENO NORMAL</b>					
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	MO.	<b>131.0000</b>	EQ.	<b>131.0000</b>	Costo Unit: m3	<b>8.80</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	0.8000		0.0489	10.64	0.52
0147010004	PEON	hh	1.6000		0.0977	9.61	0.94
							<b>1.46</b>
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			1.0000	1.46	0.01
0349040009	CARGAD. FRONT. 125 HP 2.5 yd3	hm	1.0000		0.0611	120.00	7.33
							<b>7.34</b>
Partida	<b>02.02</b>	<b>REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL</b>					
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	MO.	<b>20.0000</b>	EQ.	<b>20.0000</b>	Costo Unit: m2	<b>3.92</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEON	hh	1.0000		0.4000	9.61	3.84
							<b>3.84</b>
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			2.0000	3.84	0.08
							<b>0.08</b>
Partida	<b>02.04</b>	<b>ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE</b>					
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	MO.	<b>30.0000</b>	EQ.	<b>30.0000</b>	Costo Unit: m3	<b>26.56</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEON	hh	4.0000		1.0667	9.61	10.25
							<b>10.25</b>
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			3.0000	10.25	0.31
0348040023	CAMION VOLQUETE 210 HP 6 m3	hm	1.0000		0.2667	60.00	16.00
							<b>16.31</b>

S10

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS - PRESUPUESTO 01							
Presupuesto	1	PROYECTO EXPERIMENTAL UNI				PARTE:	01-C
Hoja	01C	VIA AFIRMADA SIN GEOTEXTIL				Fecha Presup.	03/05/2007
Ubicación	Laboratorio Nac. De Hidráulica				Dpto. Lima, Prov. Lima, Dist. Rimac		
Partida	03.01	COLOCAC. MAT. GRANULAR COMO SUPERF. DE RODADURA					
Rendimiento	m3/DIA	MO.	15.0000	EQ.	15.0000	Costo Unit: m3	69.08
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.5333	10.64	5.67
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.5333	9.61	5.13
							<b>10.80</b>
	<b>Materiales</b>						
0205010000	AFIRMADO		m3		1.3000	18.00	23.40
							<b>23.40</b>
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	10.80	0.32
0349030073	RODILLO TANDEM VIB. 35HP 2.5 ton		hm	1.0000	0.5333	64.80	34.56
							<b>34.88</b>
Partida	04.01	ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS					
Rendimiento	glb/DIA	MO.	24.0000	EQ.	24.0000	Costo Unit: glb	550.00
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Subcontratos</b>						
0401010030	M. DE O. ENSAYOS LAB.(SUELOS)		glb		1.0000	550.00	550.00
							<b>550.00</b>

S10

PRESUPUESTO N° 01			
Presupuesto	1	PROYECTO EXPERIMENTAL UNI	
Ubicación	LABORATORIO NAC. DE HIDRÁULICA	VÍA AFIRMADA SIN GEOTEXTIL	
Cliente	FIG-UNI	Fecha	03/05/2007
Lugar	DPTO. LIMA, PROV. LIMA, DIST. RIMAC		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				1,024.19
01.01	Limpieza de terreno manual	m2	55.00	2.27	124.85
01.02	Movilización y Desmovilización de Equipos	glb	1.00	636.84	636.84
01.03	Trazo y Replanteo	m2	210.00	1.25	262.50
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				911.24
02.01	Excavación masiva a maquina en terreno normal	m3	35.46	8.80	312.05
02.02	Refine y Nivelación en terreno normal	m2	36.18	3.92	141.83
02.04	Eliminación de material de corte	m3	17.22	26.56	457.36
03	PAVIMENTOS				2,113.85
03.01	Colocación material granular como superficie rodadura	m3	30.60	69.08	2,113.85
04	VARIOS				550.00
04.01	Ensayos de laboratorio (suelos)	glb	1.00	550.00	550.00

Costo Directo 4,599.28  
Gastos Generales (10%) 459.93

Sub - Total 5,059.21  
IGV (19%) 961.25

**Total Presupuesto N° 01** **6,020.46**

**SON : SEIS MIL VEINTE Y 46/100 NUEVOS SOLES**

S10

PRECIOS E INSUMOS DE RECURSOS - PRESUPUESTO 01	
Lista	1
Ubicación	LABORATORIO NAC. DE HIDRÁULICA
Fecha	03/05/2007
Lugar	DPTO. LIMA, PROV. LIMA, DIST. RIMAC
<b>PROYECTO EXPERIMENTAL - UNI</b>	
<b>VIA AFIRMADA SIN GEOTEXTIL</b>	

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>MANO DE OBRA</b>					
0147000032	TOPOGRAFO	hh	3.3847	14.27	48.30
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2943	14.27	4.20
0147010002	OPERARIO	hh	1.1102	11.89	13.20
0147010003	OFICIAL	hh	18.0396	10.64	191.94
0147010004	PEON	hh	89.6679	9.61	861.71
					<b>1,119.35</b>
<b>MATERIALES</b>					
0202010022	CL.AVOS C/CABEZA D. PROM.	kg	0.7473	2.81	2.10
0205010000	AFIRMADO	m3	39.7800	18.00	716.04
0229060006	YESO EN BOLSAS DE 20 kg	bls	5.2066	8.47	44.10
0243040000	MADERA TORNILLO	p2	5.7798	3.27	18.90
0254010001	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal	0.3999	31.51	12.60
					<b>793.74</b>
<b>EQUIPOS</b>					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			31.70
0337020037	WINCHA DE 30 m	u	0.0000	35.00	0.00
0337020045	JALONES	he	6.6667	0.63	4.20
0337020046	MIRA TOPOGRAFICA	he	4.0777	1.03	4.20
0337530073	CORDEL ROLLO DE 50m.	pza	0.1549	13.56	2.10
0348040023	CAMION VOLQUETE 210 HP 6 m3	hm	12.5920	60.00	755.52
0349030073	RODILLO TANDEM VIBRAT. 35HP 2.5 ton	hm	16.3200	64.80	1,057.54
0349040009	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 yd3	hm	2.1661	120.00	259.93
0349880003	TEODOLITO	hm	3.3439	6.28	21.00
					<b>2,138.19</b>
<b>SUBCONTRATOS</b>					
0401010030	M. DE O. ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS	glb	1.0000	550.00	550.00
					<b>550.00</b>

<b>Total</b>	<b>S/.</b>	<b>4,599.28</b>
--------------	------------	-----------------

S10

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS - PRESUPUESTO 02							
Presupuesto	2	PROYECTO EXPERIMENTAL UNI				PARTE:	2-A
Hoja	02-A	VÍA AFIRMADA CON GEOTEXTIL				Fecha Presup.	03/05/2007
Ubicación	Laboratorio Nac. De Hidráulica			Dpto. Lima, Prov. Lima, Dist. Rimac			
Partida	01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL					
Rendimiento	m2/DIA	MO.	40.0000	EQ.	40.0000	Costo Unit: m2	2.27
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010002	OPERARIO		hh	0.1000	0.0200	11.89	0.24
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.2000	9.61	1.92
							2.18
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2.16	0.11
							0.11
Partida	01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS					
Rendimiento	glb/DIA	MO.	1.0000	EQ.	1.0000	Costo Unit: glb	636.84
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEON		hh	2.0000	16.0000	9.61	153.76
							153.76
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		2.0000	153.76	3.08
0348040023	CAMION VOLQUETE 210 HP 6 m3		hm	1.0000	8.0000	60.00	480.00
							483.08
Partida	01.03	TRAZO, Y REPLANTEO					
Rendimiento	m2/DIA	MO.	500.0000	EQ.	500.0000	Costo Unit: m2	1.25
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>						
0147000032	TOPOGRAFO		hh	1.0000	0.0160	14.27	0.23
0147010001	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0016	14.27	0.02
0147010004	PEON		hh	3.0000	0.0480	9.61	0.46
							0.71
	<b>Materiales</b>						
0202010022	CLAVOS C/CABEZA D. PROM.		kg		0.0050	2.81	0.01
0229060006	YESO EN BOLSAS DE 20 kg		bls		0.0250	8.47	0.21
0243040000	MADERA TORNILLO		p2		0.0264	3.27	0.09
0254010001	PINTURA ESMALTE SINTETICO		gal		0.0020	31.51	0.06
							0.37
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.71	0.02
0337020045	JALONES		he	2.0000	0.0320	0.63	0.02
0337020046	MIRA TOPOGRAFICA		he	1.0000	0.0160	1.03	0.02
0337530073	CORDEL ROLLO DE 50m.		pza		0.0010	13.56	0.01
0349880003	TEODOLITO		hm	1.0000	0.0160	6.28	0.10
							0.17

S10

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS - PRESUPUESTO 02							
Presupuesto	2	PROYECTO EXPERIMENTAL UNI				PARTE:	2-B
Hoja	02-B	VÍA AFIRMADA CON GEOTEXTIL				Fecha Presup.	03/05/2007
Ubicación	Laboratorio Nac. De Hidráulica			Dpto. Lima, Prov. Lima, Dist. Rimac			
Partida	02.01	EXCAVACION MASIVA A MAQUINA EN TERRENO NORMAL					
Rendimiento	m3/DIA	MO.	131.0000	EQ.	131.0000	Costo Unit: m3	8.80
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	0.8000	0.0489	10.64		0.52
0147010004	PEON	hh	1.6000	0.0977	9.61		0.94
							1.46
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		1.0000	1.46		0.01
0349040009	CARGAD. FRONT. 125 HP 2.5 yd3	hm	1.0000	0.0611	120.00		7.33
							7.34
Partida	02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL					
Rendimiento	m2/DIA	MO.	20.0000	EQ.	20.0000	Costo Unit: m2	3.92
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.4000	9.61		3.84
							3.84
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	3.84		0.08
							0.08
Partida	02.03	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE					
Rendimiento	m3/DIA	MO.	30.0000	EQ.	30.0000	Costo Unit: m3	26.56
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEON	hh	4.0000	1.0667	9.61		10.25
							10.25
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	10.25		0.31
0348040023	CAMION VOLQUETE 210 HP 6 m3	hm	1.0000	0.2667	60.00		16.00
							16.31

S10

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS - PRESUPUESTO 02							
Presupuesto	2	PROYECTO EXPERIMENTAL UNI				PARTE:	2-C
Hoja	02-C	VÍA AFIRMADA CON GEOTEXTIL				Fecha Presup.	03/05/2007
Ubicación	Laboratorio Nac. De Hidráulica			Dpto. Lima, Prov. Lima, Dist. Rimac			
Partida	03.01	COLOCACION DE GEOTEXTIL TEJIDO COMO REFUERZO Y ESTABILIZACION					
Rendimiento	m2/DIA	MO.	550.0000	EQ.	550.0000	Costo Unit. m2	8.49
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0015	14.27	0.02	
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0145	11.89	0.17	
0147010004	PEON	hh	0.7500	0.0109	9.61	0.10	
							0.29
	<b>Materiales</b>						
0260030003	GEOTEXTIL TEJIDO	m2		1.0300	7.95	8.19	
							8.19
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.29	0.01	
							0.01
Partida	03.02	COLOCAC. MAT. GRANULAR COMO SUPERF. DE RODADURA					
Rendimiento	m3/DIA	MO.	15.0000	EQ.	15.0000	Costo Unit. m3	69.08
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	10.64	5.67	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.5333	9.61	5.13	
							10.80
	<b>Materiales</b>						
0205010000	AFIRMADO	m3		1.3000	18.00	23.40	
							23.40
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	10.80	0.32	
0349030073	RODILLO TANDEM VIB. 35HP 2.5 ton	hm	1.0000	0.5333	64.80	34.56	
							34.88
Partida	04.01	ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS					
Rendimiento	glb/DIA	MO.	24.0000	EQ.	24.0000	Costo Unit. glb	550.00
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Subcontratos</b>						
0401010030	M. DE O. ENSAYOS LAB. (SUELOS)	glb		1.0000	550.00	550.00	
							550.00

S10

**PRESUPUESTO N° 02**

Presupuesto	<b>2</b>	<b>PROYECTO EXPERIMENTAL UNI</b>
Ubicación	<b>LABORATORIO NACIO. DE HIDRÁULICA</b>	<b>VÍA AFIRMADA CON GEOTEXTIL</b>
Cliente	<b>FIC-UNI</b>	Fecha <b>03/05/2007</b>
Lugar	<b>DPTO. LIMA, PROV. LIMA, DIST. RIMAC</b>	

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>1,024.19</b>
01.01	Limpieza de terreno manual	m2	55.00	2.27	124.85
01.02	Movilización y Desmovilización de Equipos	glb	1.00	636.84	636.84
01.03	Trazo y Replanteo	m2	210.00	1.25	262.50
02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>911.24</b>
02.01	Excavación masiva a maquina en terreno normal	m3	35.46	8.80	312.05
02.02	Refine y Nivelación en terreno normal	m2	36.18	3.92	141.83
02.03	Eliminación de material de corte	m3	17.22	26.56	457.36
03	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>1,923.64</b>
03.01	Coloc. Geotextil Tejido como refuerzo y Estabilización	m2	36.18	8.49	307.17
03.02	Colocación material granular como superficie rodadura	m3	23.40	69.08	1,616.47
04	<b>VARIOS</b>				<b>550.00</b>
04.01	Ensayos de laboratorio (suelos)	glb	1.00	550.00	550.00

<b>Costo Directo</b>	<b>4,409.07</b>
<b>Gastos Generales (10%)</b>	<b>440.91</b>
<b>Sub - Total</b>	<b>4,849.98</b>
<b>IGV (19%)</b>	<b>921.50</b>
<b>Total Presupuesto N° 02</b>	<b>5,771.48</b>

**SON : CINCO MIL SETECIENTOS SETENTIUNO Y 48/100 NUEVOS SOLES**

S10

PRECIOS E INSUMOS DE RECURSOS - PRESUPUESTO N° 02		
Lista	2	PROYECTO EXPERIMENTAL UNI
Ubicación	LABORATORIO NACIO. DE HIDRAULICA	VÍA AFIRMADA CON GEOTEXTIL
Fecha	03/05/2007	
Lugar	DPTO. LIMA, PROV. LIMA, DIST. RIMAC	

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>MANO DE OBRA</b>					
0147000032	TOPOGRAFO	hh	3.3847	14.27	48.30
0147010001	CAPATAZ	hh	0.3450	14.27	4.92
0147010002	OPERARIO	hh	1.6275	11.89	19.35
0147010003	OFICIAL	hh	14.2027	10.64	151.12
0147010004	PEON	hh	86.2009	9.61	828.39
					1,052.08
<b>MATERIALES</b>					
0202010022	CLAVOS C/CABEZA D. PROM.	kg	0.7473	2.81	2.10
0205010000	AFIRMADO	m3	30.4200	18.00	547.56
0229060006	YESO EN BOLSAS DE 20 kg	bls	5.2066	8.47	44.10
0243040000	MADERA TORNILLO	p2	5.7798	3.27	18.90
0254010001	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal	0.3999	31.51	12.60
0260030003	GEOTEXTIL TEJIDO	m2	37.2730	7.95	296.32
					921.58
<b>EQUIPOS</b>					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			29.76
0337020037	WINCHA DE 30 m	u	0.0000	35.00	0.00
0337020045	JALONES	he	6.6667	0.63	4.20
0337020046	MIRA TOPOGRAFICA	he	4.0777	1.03	4.20
0337530073	CORDEL ROLLO DE 50m.	pza	0.1549	13.56	2.10
0348040023	CAMION VOLQUETE 4 X 2 140-210 HP 6 m3	hm	12.5920	60.00	755.52
0349030073	RODILLO TANDEM VIBRAT. 35HP 2.5 ton	hm	12.4800	64.80	808.70
0349040009	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 yd3	hm	2.1661	120.00	259.93
0349880003	TEODOLITO	hm	3.3439	6.28	21.00
					1,885.41
<b>SUBCONTRATOS</b>					
0401010030	M. DE O. ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS	glb	1.0000	550.00	550.00
					550.00

<b>Total</b>	<b>S/.</b>	<b>4,409.07</b>
--------------	------------	-----------------

S10

OBRA	: PROYECTO EXPERIMENTAL UNI (VÍA AFIRMADA CON GEOTEXTIL TEJIDO)
ZONA	: LABORAT. NACIONAL DE HIDRÁULICA, AV. TUPAC AMARU, PTA. N° 4 UNI
UBICACIÓN	: DEPARTAMENTO LIMA, PROVINCIA LIMA, DISTRITO RIMAC
PLAZO	: 30 DÍAS CALENDARIOS

**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA (AVANCES EN PORCENTAJE)**

ITEM	PARTIDA	PARCIAL S/.	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1.00	TRAB. PRELIMINARES	1,024.19	100%			
2.00	MOV. DE TIERRAS	911.24		50%	40%	10%
3.00	PAVIMENTOS	1,923.64				100%
4.00	VARIOS	550.00	10%	20%	40%	30%
COSTO DIRECTO		4,409.07				

**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA (AVANCES VALORIZADOS)**

ITEM	PARTIDA	PARCIAL S/.	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1.00	TRAB. PRELIMINARES	1,024.19	1,024.19			
2.00	MOV. DE TIERRAS	911.24		455.62	364.50	91.12
3.00	PAVIMENTOS	1,923.64				1,923.64
4.00	VARIOS	550.00	55.00	110.00	220.00	165.00
COSTO DIRECTO		4,409.07	1,079.19	565.62	584.50	2,179.76
GASTOS GENERALES		440.91	107.92	56.56	58.45	217.98
SUB-TOTAL		4,849.98	1,187.11	622.18	642.95	2,397.74
IGV (19%)		921.50	225.55	118.21	122.16	455.57
COSTO TOTAL		5,771.48	1,412.66	740.39	765.11	2,853.31
PORCENTAJE PARCIAL			24.48%	12.83%	13.25%	49.44%
PORCENTAJE ACUMULADO			24.74%	37.31%	50.56%	100.00%

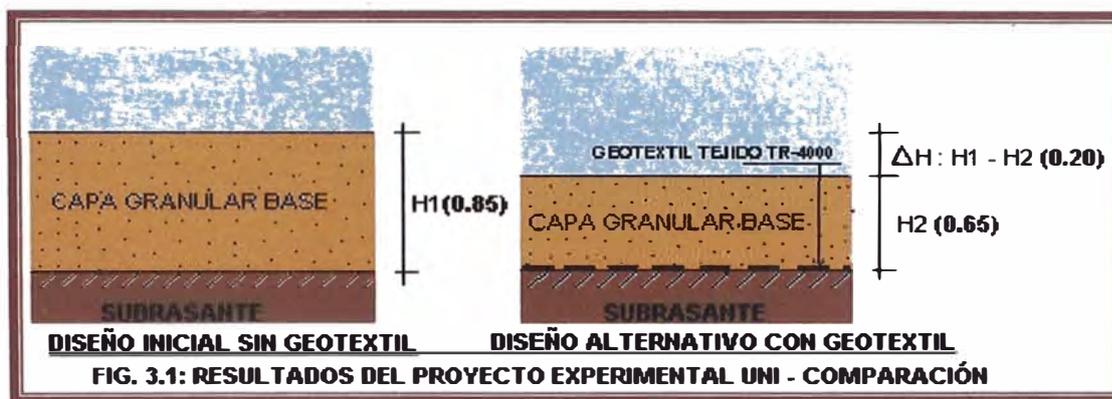
**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA (DIAGRAMA DE BARRAS GANTT)**

ITEM	PARTIDA	PARCIAL S/.	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1.00	TRAB. PRELIMINARES	1,024.19	*****			
2.00	MOV. DE TIERRAS	911.24		*****	*****	*****
3.00	PAVIMENTOS	1,923.64	*****	*****	*****	
4.00	VARIOS	550.00		*****	*****	*****

### 3.2 PRESUPUESTOS ALTERNATIVOS EN VÍAS AFIRMADAS

#### 3.2.1 RESULTADO ESTRUCTURAL APLICANDO GEOTEXTIL TEJIDO

La metodología de diseño presentada en este Informe de Suficiencia define la reducción del espesor de la capa granular del Proyecto Experimental UNI (Vía Afirmada aplicando Geotextil Tejido TR-4000), basada en un análisis de las deformaciones y los esfuerzos que se presentan en la capa granular base de la estructura y en una teoría de la deformación del geotextil tejido sobre suelos blandos bajo la aplicación de cargas.



Con el resultado de la reducción del espesor de la capa granular se pueden evaluar las diferentes alternativas de diseño al utilizar un Geotextil Tejido (TR-4000) de Refuerzo sobre la subrasante, evaluando las posibilidades del mejoramiento de las propiedades del material granular o el incremento de tránsito de diseño o el aumento de la vida útil de la estructura.

Lo anterior se determina con base en el incremento de la capacidad portante de todo el sistema al usar un geotextil tejido, definido por el aumento del módulo resiliente del suelo de subrasante.

El diseño inicial sin geotextil es esencial para definir el aporte estructural del geotextil tejido en la vía afirmada, y las variables que se asumen para el diseño son las mismas que se utilizan en la metodología de refuerzo, por lo tanto se debe hacer una evaluación de las condiciones de cada proyecto para tener una muy buena aproximación de lo que va a ocurrir en la realidad y así tener una alternativa de diseño que funcione correctamente durante el periodo de diseño de la vía.

### 3.2.2 ANÁLISIS COMPARATIVO: COSTOS DE OBRA EN VÍAS AFIRMADAS

En el Perú, aproximadamente el 85% del total de la vialidad a nivel nacional lo representan las Vías Afirmadas ó los Caminos de Bajo Volumen de Tránsito, siendo la superficie de rodadura de estas estructuras constituidas por materiales granulares naturales en su gran mayoría.

En la Selva Peruana, existen muchos tipos de suelos blandos tipos pantanos, lagunas, siendo en muchos casos casi imposible la ejecución de labores constructivas, optando los diseñadores por escoger otras rutas mas largas para la selección del acceso requerido; es aquí donde el empleo de geotextiles cumple eficiente labor.



En la Sierra Peruana, existen vías de suelos arcillosos las cuales cumplen una muy buena función a la aplicación de cargas vehiculares, cuando estos materiales se encuentran secos o con bajo contenido de humedad, pero una vez que se saturan por efecto de las lluvias, se vuelven superficies de baja capacidad de soporte; también aquí es recomendable el empleo de geotextiles.



En estos casos donde el material granular para colocar como base en la vía afirmada no se encuentra cerca de la zona del proyecto, por estar las canteras alejadas o donde el transporte a obra resulta demasiado costoso, influye predominantemente en el valor del presupuesto vial, siendo imprescindible el empleo de geotextiles para la economización del proyecto en un gran porcentaje.

### 3.3 COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE PRESUPUESTOS

Esta comparación que se realiza en las vías afirmadas, sobre los Métodos tradicionales y las Aplicaciones con geotextiles tejidos, es la que permite evaluar los Beneficios de la utilización de un geotextil dentro de la estructura de la vía, que la podemos definir en 2 tipos de relaciones.

#### 3.3.1 RELACION BENEFICIO-COSTO

CAMPO DE APLICACION	1. METODO TRADICIONAL (SIN GEOTEXTIL)	2. METODO ALTERNATIVO (APLICANDO GEOTEXTIL)
<b>VÍAS AFIRMADAS</b>	Aumento del espesor de la capa granular respecto de (2) con el objeto de tener una mejor repartición de carga y disminuir la tensión normal, lo que se traduce en un gran incremento de los costos. Otra posibilidad es la estabilización del suelo con cal, cemento o químicos; que de igual forma sería muy costoso y a veces no realizable.	Disminución del espesor de la capa granular respecto de (1), siendo en la mayoría de los casos por las experiencias obtenidas llegando a tener una disminución del 10% - 40% del costo original de la obra.

#### 3.3.2 RELACION BENEFICIO-TÉCNICO

CAMPO DE APLICACIÓN	1.METODO TRADICIONAL (SIN GEOTEXTIL)	2.METODO ALTERNATIVO (APLICANDO GEOTEXTIL)
<b>VÍAS AFIRMADAS</b>	La capacidad portante de la estructura resulta menor que (2) por la continua contaminación de la base granular y la subrasante y como consecuencia la pérdida de la resistencia del mismo.	La capacidad portante de la estructura resulta mayor que (1) ya que proporciona una separación a largo plazo entre la base granular y la subrasante, y por tanto su rendimiento al conservar las propiedades mecánicas de los materiales.
<b>VÍAS AFIRMADAS</b>	El diseño considera una cantidad de ejes equivalentes para un determinado período de tiempo o vida útil de la estructura.	Aumento de la cantidad de los ejes equivalentes de diseño respecto de (1), lo que conlleva a un incremento de la vida útil de la estructura.

### 3.4 RESÚMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO EXPERIMENTAL UNI

Pasamos hacer la cuantificación de las alternativas en Vías Afirmadas, respecto del Módulo Experimental UNI y ver los resultados obtenidos en la sección 3.1 .

#### 3.4.1 ANÁLISIS ECONÓMICO PROYECTO EXPERIMENTAL UNI (LIMA)

Vamos a comparar los presupuestos de los diseños alternativos

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 1.- Presupuesto según el método tradicional (Por m2)       | <b>S/. 166.40</b> |
| 2.- Presupuesto según la aplicación con geotextil (Por m2) | <b>S/. 159.52</b> |

Vemos que la aplicación resulta positiva es decir, que en este caso hay un Beneficio Económico por la aplicación del geotextil tejido TR-4000 en este suelo de baja capacidad portante (CBR = 0.70%).

Aquí se concluye recomendar el empleo de Geotextiles , es decir **la Vía Afirmada de 0.65 mts. de capa granular y geotextil tejido TR-4000.**

Por tanto el Beneficio Económico que se tiene en la Construcción del Proyecto Experimental UNI utilizando geotextil tejido como refuerzo frente al método tradicional es de S/. 6.88 por m2 de Vía Afirmada.

Este monto corresponde a un porcentaje del 4.13% del monto de obra por el método tradicional.

#### 3.4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO PROYECTO EXPERIMENTAL UNI (SELVA)

Vamos ahora a suponer que este mismo módulo experimental lo vamos a realizar en una zona de la Selva, donde el costo de los materiales e insumos varía. La zona escogida es Prov. Maynas, Región Loreto.

Vamos a comparar los presupuestos de los diseños alternativos:

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 1.- Presupuesto según el método tradicional (Por m2)       | <b>S/. 399.56</b> |
| 2.- Presupuesto según la aplicación del geotextil (Por m2) | <b>S/. 337.82</b> |

Vemos que la aplicación también resulta positiva es decir, que en este caso hay un beneficio económico para la aplicación del geotextil tejido en este suelo de baja capacidad portante (CBR = 0.70%).

Aquí se concluye recomendar el empleo de Geotextiles, es decir **la Vía Afirmada de 0.65 mts. de capa granular y geotextil tejido TR-4000.**

Por tanto el Beneficio Económico que se tiene en la Construcción del Proyecto Experimental UNI utilizando geotextil tejido como refuerzo frente al método tradicional es de S/. 61.74 por m2 de Vía Afirmada.

Este monto corresponde a un porcentaje del 15.45% del monto de obra por el método tradicional.

S10

<b>ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS - PRESUPUESTO 01, 02-A (ALTERNATIVO)</b>							
Presupuesto	<b>1</b>	<b>PROYECTO EXPERIMENTAL UNI (SELVA)</b>				PARTE:	<b>01-C</b>
Hoja	<b>01C</b>	<b>VÍA AFIRMADA SIN GEOTEXTIL</b>				Fecha Presup.	<b>03/05/2007</b>
Ubicación	<b>Laboratorio Nac. De Hidráulica (SELVA)</b>				<b>Región Loreto, Prov. Maynas</b>		
Partida	<b>03.01</b>	<b>COLOCAC. MAT. GRANULAR COMO SUPERF. DE RODADURA</b>					
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	MO.	<b>15.0000</b>	EQ.	<b>15.0000</b>	Costo Unit: m3	<b>279.68</b>
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000		0.5333	10.64	5.67
0147010004	PEON	hh	1.0000		0.5333	9.61	5.13
							<b>10.80</b>
	<b>Materiales</b>						
0205010000	AFIRMADO	m3			1.3000	180.00	234.00
							<b>234.00</b>
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			3.0000	10.80	0.32
0349030073	RODILLO TANDEM VIB. 35HP 2.5 ton	hm	1.0000		0.5333	64.80	34.56
							<b>34.88</b>

<b>PRESUPUESTO N° 01-A (ALTERNATIVO)</b>			
Presupuesto	<b>1</b>	<b>PROYECTO EXPERIMENTAL UNI (SELVA)</b>	
Ubicación	<b>LABORATORIO NAC. DE HIDRÁULICA (SELVA)</b>	<b>VÍA AFIRMADA SIN GEOTEXTIL</b>	
Cliente	<b>FIC-UNI</b>	Fecha	<b>03/05/2007</b>
Lugar	<b>REGIÓN LORETO, PROV. MAYNAS</b>		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>1,024.19</b>
01.01	Limpieza de terreno manual	m2	55.00	2.27	124.85
01.02	Movilización y Desmovilización de Equipos	glb	1.00	636.84	636.84
01.03	Trazo y Replanteo	m2	210.00	1.25	262.50
<b>02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>911.24</b>
02.01	Excavación masiva a maquina en terreno normal	m3	35.46	8.80	312.05
02.02	Refine y Nivelación en terreno normal	m2	36.18	3.92	141.83
02.04	Eliminación de material de corte	m3	17.22	26.56	457.36
<b>03</b>	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>8,558.21</b>
03.01	Colocación material granular como superficie rodadura	m3	30.60	279.68	8,558.21
<b>04</b>	<b>VARIOS</b>				<b>550.00</b>
04.01	Ensayos de laboratorio (suelos)	glb	1.00	550.00	550.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>11,043.64</b>
	<b>Gastos Generales (10%)</b>				<b>1,104.36</b>
	<b>Sub - Total</b>				<b>12,148.00</b>
	<b>IGV (19%)</b>				<b>2,308.12</b>
	<b>Total Presupuesto N° 01</b>				<b>14,456.12</b>
	<b>SON : Catorce Mil Cuatrocientos Cincuentiseis y 12/100 Nuevos Soles</b>				

S10

<b>PRESUPUESTO N° 02-A (ALTERNATIVO)</b>			
Presupuesto	<b>2</b>	<b>PROYECTO EXPERIMENTAL UNI (SELVA)</b>	
Ubicación	<b>LABORATORIO NACIO. DE HIDRÁULICA (SELVA)</b>	<b>VÍA AFIRMADA CON GEOTEXTIL</b>	
Cliente	<b>FIC-UNI</b>	Fecha	<b>03/05/2007</b>
Lugar	<b>REGIÓN LORETO, PROV. MAYNAS</b>		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>1,024.19</b>
01.01	Limpieza de terreno manual	m2	55.00	2.27	124.85
01.02	Movilización y Desmovilización de Equipos	glb	1.00	636.84	636.84
01.03	Trazo y Replanteo	m2	210.00	1.25	262.50
<b>02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>911.24</b>
02.01	Excavación masiva a maquina en terreno normal	m3	35.46	8.80	312.05
02.02	Refine y Nivelación en terreno normal	m2	36.18	3.92	141.83
02.03	Eliminación de material de corte	m3	17.22	26.56	457.36
<b>03</b>	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>6,851.68</b>
03.01	Coloc. Geotextil Tejido como refuerzo y Estabilización	m2	36.18	8.49	307.17
03.02	Colocación material granular como superficie rodadura	m3	23.40	279.68	6,544.51
<b>04</b>	<b>VARIOS</b>				<b>550.00</b>
04.01	Ensayos de laboratorio (suelos)	glb	1.00	550.00	550.00

<b>Costo Directo</b>	<b>9337,11</b>
<b>Gastos Generales (10%)</b>	<b>933.71</b>
<b>Sub - Total</b>	<b>10,270.82</b>
<b>IGV (19%)</b>	<b>1,951.46</b>
<b>Total Presupuesto N° 02</b>	<b>12,222.28</b>
<b>SON : Doce Mil Doscientos Veintidosy 28/100 Nuevos Soles</b>	

## **CAPITULO 4.- EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE GEOTEXTILES TEJIDOS**

### **4.1 PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN VÍAS AFIRMADAS**

Para que los geotextiles funcionen correctamente en las estructuras de vías afirmadas se requiere un adecuado proceso de instalación. Aunque las técnicas de instalación son simples, la mayoría de los problemas de los geotextiles colocados en las vías ocurren por procesos incorrectos de instalación.

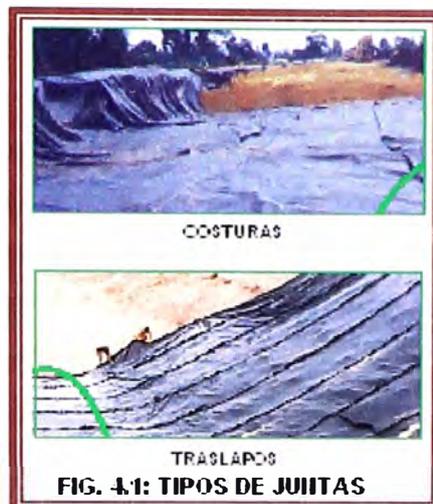
Si el geotextil es punzonado o rasgado durante la construcción, colocado con numerosas arrugas, cubierto con insuficiente material; presentará deficiencias en su funcionamiento y se producirá un deterioro prematuro de la estructura vial.

A continuación presentamos algunas recomendaciones importantes para el proceso de instalación de geotextiles.

- 1. Los rollos de geotextiles deben cubrirse con empaques para que los proteja de la acción de los rayos UV, de la humedad, del polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades durante el transporte y almacenamiento antes de ser colocados en la vía. Cada rollo debe estar marcado correctamente para su identificación y control en la obra.**
- 2. El sitio de instalación debe prepararse antes de extender el geotextil. La superficie de suelo de subrasante se debe limpiar (levantar la maleza y los objetos tirados sobre la superficie), excavar o rellenar hasta la rasante de diseño.**
- 3. Una vez desenrollado el geotextil sobre la superficie de la subrasante se debe cubrir lo más pronto posible con el material especificado en el diseño, evitando la degradación del geotextil por los rayos UV. Se debe evitar el contacto directo de maquinaria sobre el geotextil, se recomienda tener un espesor mínimo de 15 cm. de material entre las llantas de los equipos y la superficie del geotextil. Luego de colocar el material granular, éste se extiende y se compacta según las especificaciones del diseño. Si se identifican zonas de suelos muy blandos o áreas muy inestables durante la preparación de la subrasante o después de la colocación del geotextil, éstas se deben rellenar con material seleccionado compactándolo hasta el nivel adecuado.**

4. Cuando se presentan zonas con grandes deformaciones durante el proceso de compactación, el geotextil absorbe los esfuerzos a tensión y comienza a reforzar estas zonas con grandes deformaciones.

5. Las juntas de los geotextiles pueden ser costuras o traslajos que deben cumplir las especificaciones de diseño. Las reparaciones de rasgaduras sobre el geotextil deben ser aprobadas por el ingeniero supervisor al igual que las juntas. Los traslajos deben cumplir unos valores mínimos que dependen de las características del suelo de subrasante y del tipo de tráfico que vaya a circular sobre la vía.



6. Para hacer las costuras se deben utilizar las maquinarias especialmente diseñadas para esta función. Las costuras se pueden hacer con hilo de poliéster o polipropileno, pero en ningún caso se puede emplear hilo de fibra natural o un hilo que tenga una tenacidad mayor que la de la cinta o fibra del geotextil. El



patrón de costura se determina con ensayos en campo y debe cumplir el 75% de la resistencia evaluada por el método de la tira ancha. El ensayo para costuras es ASTM D-4884.

## 4.2 PRUEBAS, RESULTADOS DEL PROYECTO EXPERIMENTAL UNI

### 4.2.1 PRUEBA CON LA VIGA BENKELMAN

Los intentos de representar, mediante modelos teóricos, sistemas de pavimentos flexibles datan de no hace más de 50 años, cuando Burmister desarrolla su teoría para modelos de capas elásticas basándose en los conceptos desarrollados por Boussinesq en 1885. Desde entonces, y con el advenimiento y uso de las computadoras, un avance sustancial se ha producido en los últimos

años, habiéndose desarrollado una variedad de alternativas que van desde esquemas de capas elásticas lineales y no lineales, hasta modelos viscoelásticos ó dinámicos, diseñados en un constante afán de lograr simulaciones cada vez más compatibles con la realidad.

#### 4.2.2 EL MODELO DE HOGG

En el año 1944, A.H.A. Hogg presentó la solución matemática del modelo que se conoce por su nombre. Este modelo representa al pavimento como una placa delgada con una cierta rigidez a la flexión y horizontalmente infinita, sustentada por una capa elástica homogénea e isotrópica, de espesor que puede ser infinito o limitado por una base rígida, horizontal y perfectamente rugosa.



#### 4.2.3 DEFLEXIONES EN EL MODELO DE HOGG

La expresión matemática desarrollada para el cálculo de las deformaciones en la superficie del sistema viene dada por una integral infinita de funciones Bessel y funciones angulares hiperbólicas, la cuál, para el caso de una carga uniformemente distribuida circular de radio "a" tiene la siguiente forma:

$$\Delta(z=0, r) = \left( \frac{(1 + \mu_0)(3 - 4\mu_0) \cdot p \cdot a}{2(1 - \mu_0) \cdot E_0} \right) \int_0^{\infty} \frac{J_0\left(\frac{m \cdot r}{l_0}\right) \cdot J_1\left(\frac{m \cdot a}{l_0}\right)}{m^4 + m \cdot \phi \frac{m \cdot h}{l_0}} dm$$

Donde  $\mu_0$ ,  $E_0$ ,  $p$ ,  $l_0$ , están definidos en la figura, "r" es la distancia horizontal en la superficie de la placa desde el eje de carga y "φ" viene dada por la siguiente expresión:

$$\phi = \frac{\operatorname{senh} m \times \operatorname{cosh} m + \frac{m}{3 - 4 \mu_0}}{\operatorname{senh}^2 m - \frac{m^2}{(3 - 4 \mu_0)^2}}$$

Siendo "m" la variable de integración.

Hoffman en 1977 presentó la solución computarizada para la ecuación, lo que permitió la confección de nomogramas y tablas para el cálculo de deformaciones teóricas, en cualquier punto de la superficie del sistema.

#### 4.2.4 CARACTERÍSTICAS Y UTILIZACIÓN DEL MODELO

El modelo presentado y los conceptos desarrollados en torno a él, hacen posible caracterizar los materiales del sistema pavimento-subrasante en base al análisis e interpretación de las curvas de deflexiones.

Para hacer uso del modelo de Hogg no se necesita conocer el espesor de las capas del pavimento, ya que las curvas de deflexiones de superficie teóricas, diseñadas mediante la ecuación, dependen solamente de la longitud elástica  $L_0$ , lo que constituye una ventaja toda vez que, la experiencia demuestra, en la gran mayoría de los pavimentos evaluados, ó se desconoce el espesor o es difícil controlar su variación.

#### 4.2.5 RESULTADOS DEL PROYECTO EXPERIMENTAL UNI

Adjuntamos en el Anexo 5, el certificado de prueba del peso del eje posterior del Volquete empleado, los Datos de campo tomados y los Resultados obtenidos; en el Anexo 6 las fotografías del caso.

## CONCLUSIONES

1. La metodología de diseño presentada permite definir la reducción del espesor de la capa granular de una estructura vial afirmada, basada en un análisis de las deformaciones y los esfuerzos que se presentan en la capa de la estructura y en una teoría de la deformación del geotextil tejido sobre suelos blandos bajo la aplicación de carga.
2. Con el resultado de la reducción del espesor de la capa granular se pueden evaluar las diferentes alternativas de diseño al utilizar un geotextil tejido de refuerzo sobre la subrasante, evaluando las posibilidades del mejoramiento de las propiedades de los materiales granulares o el incremento de tránsito de diseño o el aumento de la vida útil de la estructura. Lo anterior se determina con base en el incremento de la capacidad portante de todo el sistema al usar un geotextil tejido, definido por el aumento del módulo resiliente de la subrasante. La metodología de diseño presentada en el Módulo Experimental da una reducción del 4.13% del costo de obra por el método tradicional.
3. Los geotextiles tejidos mejoran la subrasante reforzando la base granular y por ende toda la estructura vial, al "absorber" los esfuerzos de tracción horizontal generados por el paso del tránsito sobre la vía afirmada.
4. Los geotextiles tejidos aseguran una distribución de los esfuerzos generados en la vía afirmada a nivel de la rasante disminuyendo hasta el nivel de la subrasante, esto porque lo realiza a través de una área mayor, reduciendo considerablemente estos esfuerzos, según se ha demostrado en la metodología expuesta.
5. El diseño inicial Sin Geotextil es esencial para definir el aporte estructural del geotextil tejido en la vía afirmada y las variables que se asumen para el diseño son las mismas que se utilizan en la metodología de refuerzo, por lo tanto se debe hacer una evaluación de las condiciones de cada proyecto para tener una muy buena aproximación de lo que va a ocurrir en la realidad y así tener una alternativa de diseño que funcione correctamente durante el periodo de diseño de la vía en estudio.
6. La experiencia demuestra que es importante tener en cuenta que si se utiliza un espesor de material granular adicional para reemplazar el uso del geotextil, no se garantizará con esto que la estructura no presente un proceso de contaminación a lo largo del periodo de diseño de la vía.

## RECOMENDACIONES

1. El empleo de Geotextiles Tejidos en las Vías Afirmadas es un método alternativo muy recomendable, por ser efectivo y económico, sobre todo en nuestro Perú, que tenemos suelos de baja capacidad de soporte en la Sierra y Selva.
2. La utilización de Geotextiles Tejidos es sumamente ventajosa, beneficiosa y recomendable en las Vías Afirmadas, cuando se tienen suelos blandos cuyo valor de CBR sea menor de 1%, y cuando la cantera de abastecimiento de material para la base granular se encuentre muy alejada de la zona del proyecto, donde hemos demostrado que se llegan a reducciones del 15.45% en el costo de obra por el método tradicional (Módulo Experimental UNI) y experiencias similares llegan a reducciones del 40%.
3. Después de 20 años de experiencia en el Perú, se demuestra que las Vías Afirmadas Reforzadas con Geotextiles Tejidos perduran 2 veces más que las tradicionales, y por ende se reduce la frecuencia de las reparaciones y por lo tanto los gastos de conservación y mantenimiento; recomendando y dejando la puerta abierta a futuros estudios este trabajo de investigación y evaluación.
4. Para cada proyecto en particular se recomienda realizar un Informe Geotécnico completo en la zona del proyecto vial, puesto que las variaciones que origina el medio ambiente puede modificar los resultados en gran manera en los parámetros iniciales dados, como puede ser la Capacidad de Soporte del Suelo, Módulo Resiliente.

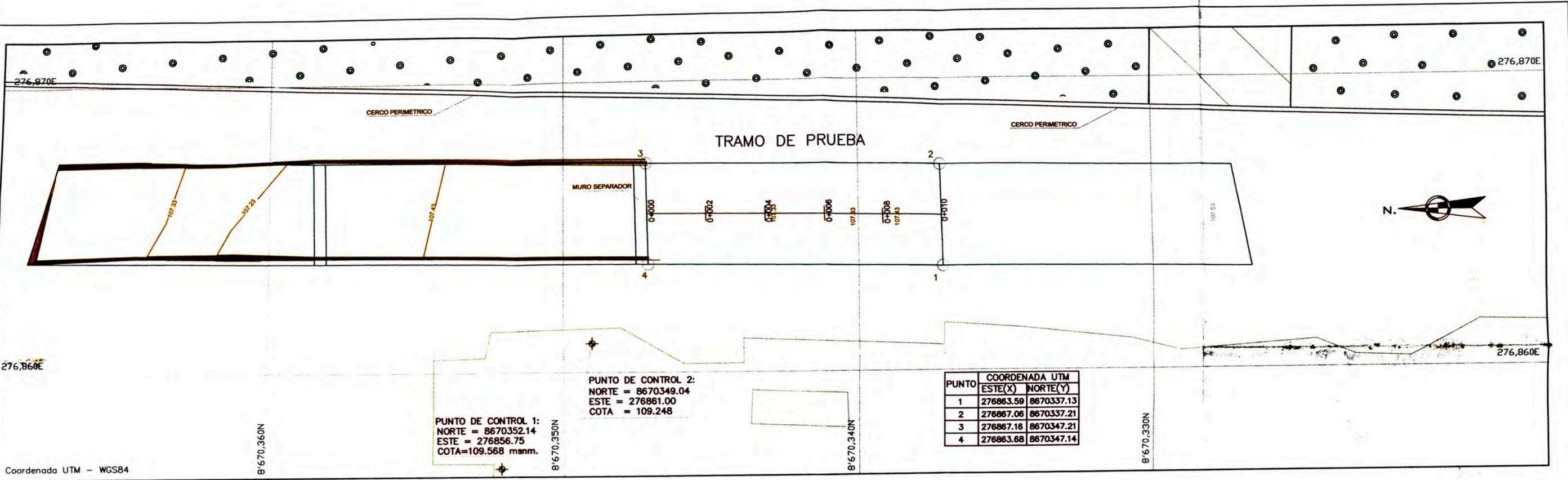
## BIBLIOGRAFIA

- Céspedes Abanto José, Los pavimentos en las vías terrestres, 1º Edición, Abril 2002, Perú.
- Chang Arbitres Carlos M., Pavimentos un enfoque al futuro, ICG 1º Edición, Julio 2005, Perú.
- Geotex del Perú SAC, Manual de aplicación y sistemas de cálculo para geotextiles, 1º Edición, Enero 1998, Perú.
- Instituto de la Construcción y Gerencia, Carreteras, 2º Edición, Diciembre 2005, Perú.
- Koemer Robert M., Designing with Geosynthetics, 4º Edición, Traducción autorizada IGS-Perú, Mayo 2003, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 1º Edición, Junio 2003, Perú.
- Pavco-Amanco, Manual de Diseño, 7º Edición, Octubre 2006, Colombia.

# Anexo 1

## Planos

- ❖ UL – 01 : UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN
- ❖ PP – 01 : PLANTA PERFIL LONGITUDINAL SIN GEOTEXTIL
- ❖ PP – 02 : PLANTA PERFIL LONGITUDINAL CON GEOTEXTIL
- ❖ ST – 01 : SECCIONES TRANSVERSALES SIN GEOTEXTIL
- ❖ ST – 02: SECCIONES TRANSVERSALES CON GEOTEXTIL



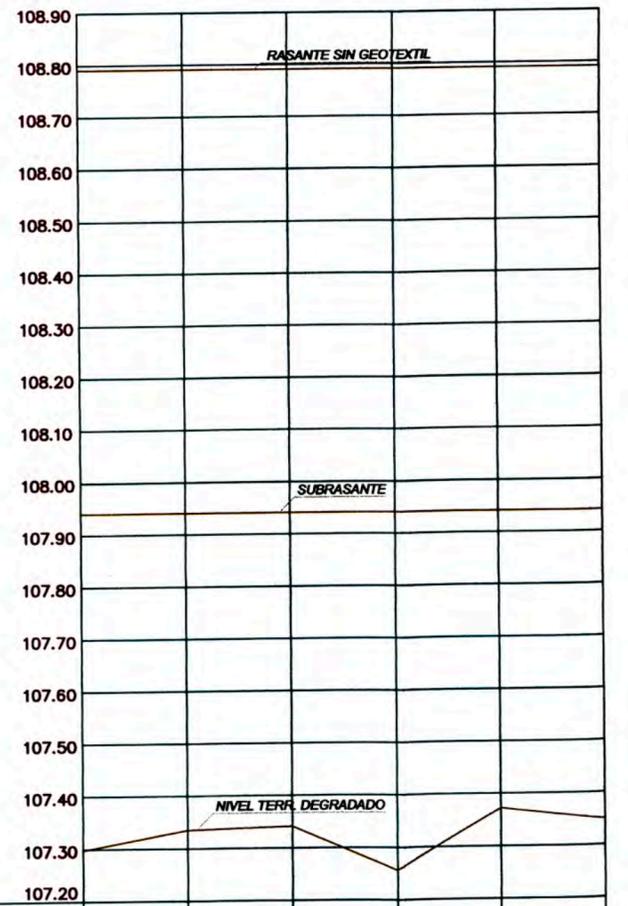
Coordenada UTM - WGS84

PUNTO DE CONTROL 1:  
NORTE = 8670352.14  
ESTE = 276856.75  
COTA=109.568 msnm.

PUNTO DE CONTROL 2:  
NORTE = 8670349.04  
ESTE = 276861.00  
COTA = 109.248

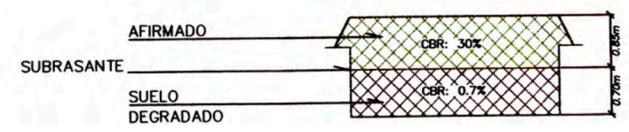
PUNTO	COORDENADA UTM	
	ESTE(X)	NORTE(Y)
1	276863.59	8670337.13
2	276867.06	8670337.21
3	276867.16	8670347.21
4	276863.68	8670347.14

**PLANTA**  
ESCALA 1/100



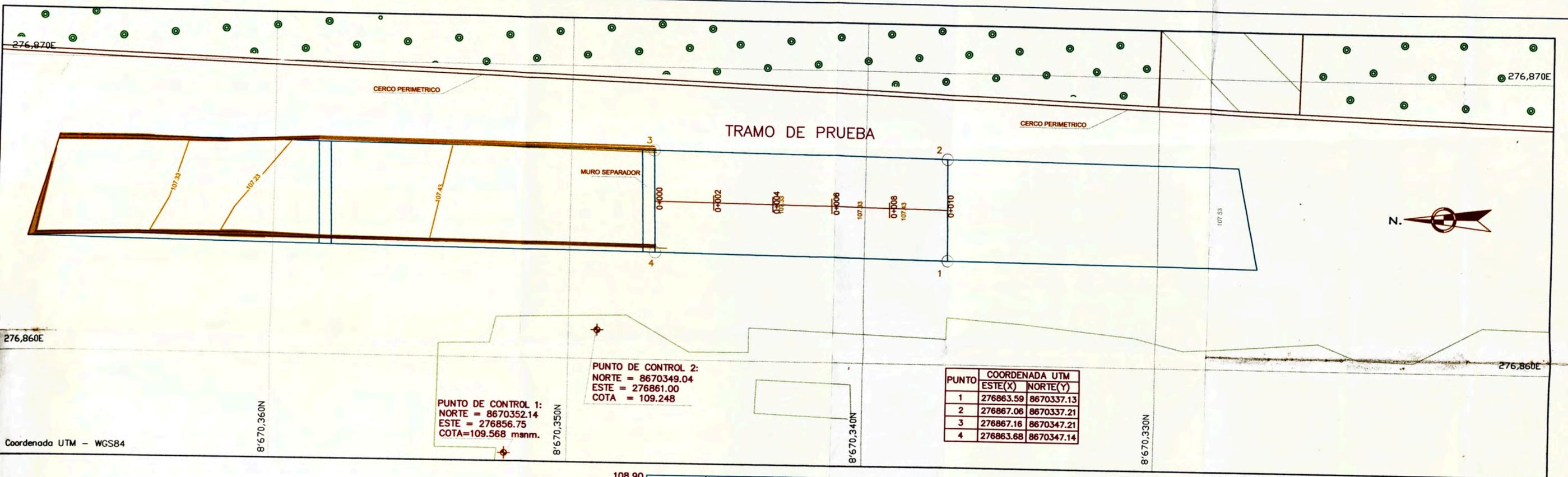
**PERFIL LONGITUDINAL**  
ESC: H 1/100 - V 1/10

COTA TERRENO DEGRADADO	107.288	107.335	107.341	107.256	107.372	107.349
COTA SUB RASANTE	107.943	107.943	107.943	107.943	107.943	107.943
COTA RASANTE	108.793	108.793	108.793	108.793	108.793	108.793
PROGRESIVA	0+000	0+002	0+004	0+006	0+008	0+010



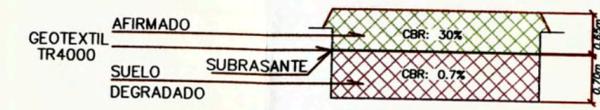
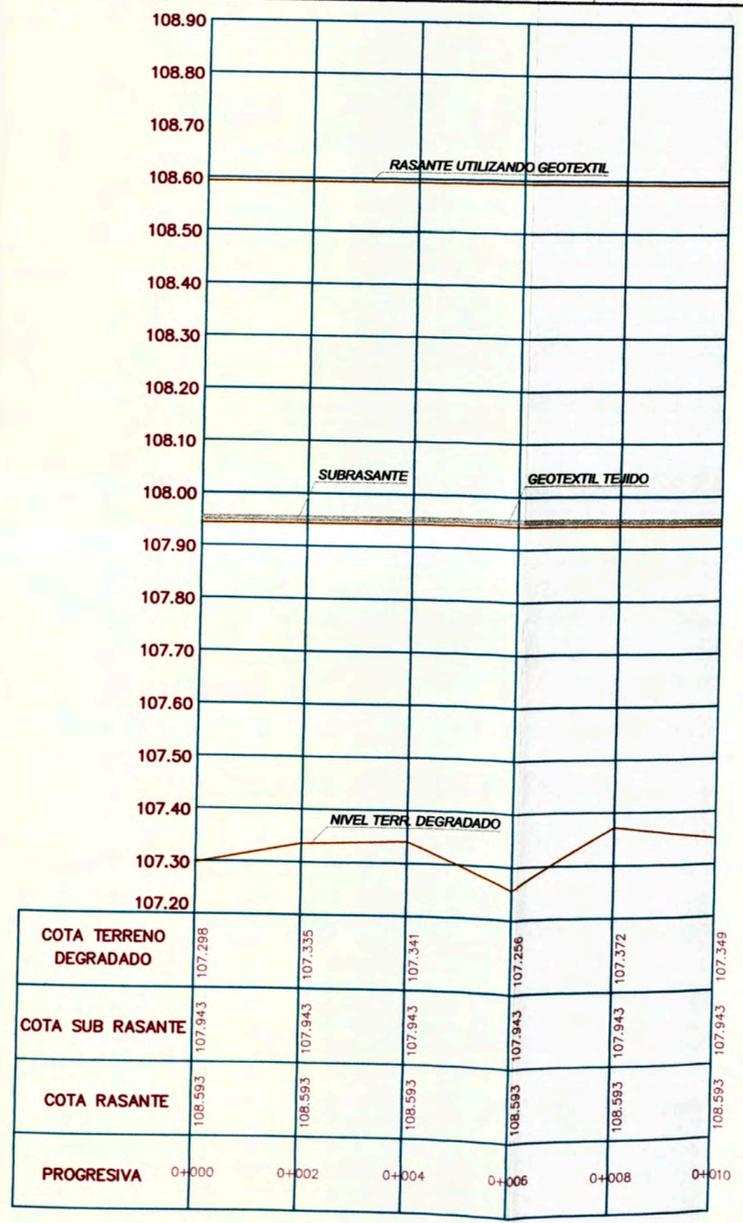
**SECCION TIPICA**  
S/E

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL TITULACION PROFESIONAL POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS			
<b>PROYECTO:</b> APLICACION DE GEOTEXTILES TEJIDOS EN VIAS AFIRMADAS			
<b>INTEGRANTES:</b> Luis Osorio Lucio Juan Carlos Huaranga Raymundo Cesar Pedro Arteaga Fretel Carlos Jaime Silva Tello		<b>REVISADO:</b>	
<b>PLANO:</b> PLANTA - PERFIL LONGITUDINAL			<b>PLANO N°</b> PP-01
<b>UBICACION:</b> Lab. Nacional de Hidraulica Av. Tupac Amaru s/n DISTRITO : RIMAC PROV.: LIMA DPTO.: LIMA		<b>DIBUJO:</b> MARZO 2007	<b>GRUPO DE TRABAJO:</b> Grupo N°3 <b>ESCALA:</b> INDICADO



**PLANTA**  
 ESCALA 1/100

**PERFIL LONGITUDINAL**  
 ESC: H 1/100 - V 1/10



**SECCION TIPICA**  
 S/E

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
 TITULACION PROFESIONAL POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

**PROYECTO:**  
 APLICACION DE GEOTEXILES TEJIDOS EN VIAS AFIRMADAS

**INTEGRANTES:**  
 Luis Osorio Lucio  
 Juan Carlos Huaranga Raymundo  
 Cesar Pedro Arteaga Fretel  
 Carlos Jaime Silva Tello

**REVISADO:**

**PLANO:**  
 PLANTA - PERFIL LONGITUDINAL  
 Diseño empleando geotextil tejido como refuerzo y estabilizacion

**UBICACION:**  
 Lab. Nacional de Hidraulica  
 Av. Tupac Amaru s/n  
 DISTRITO : RIMAC  
 PROV.: LIMA DPTO.: LIMA

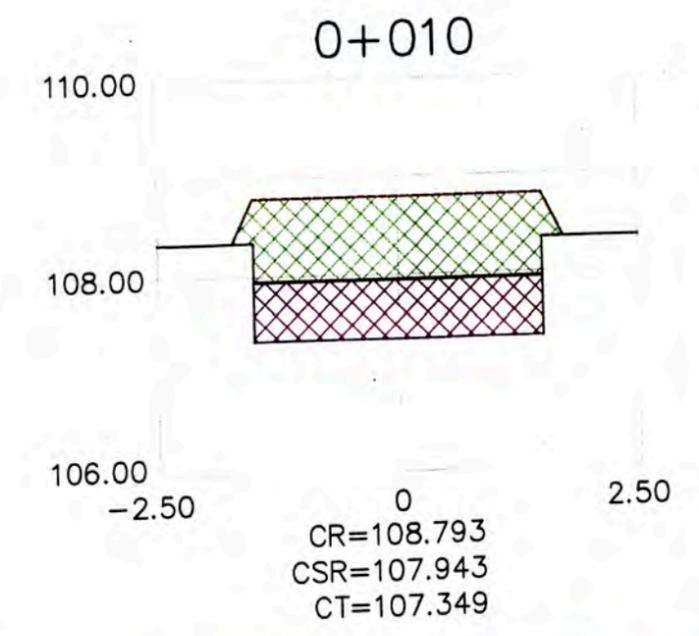
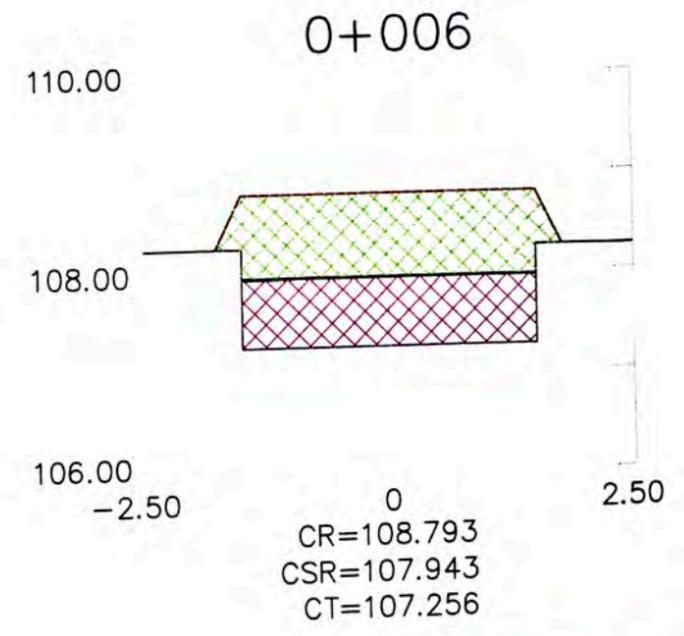
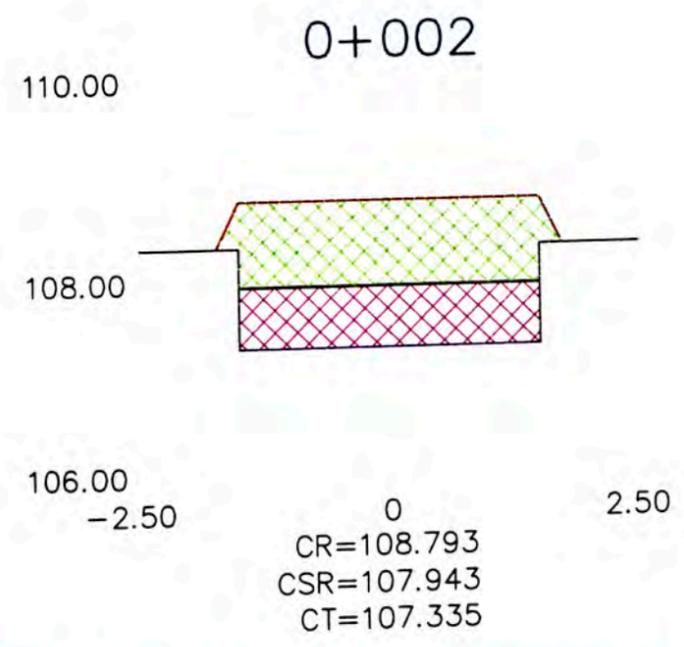
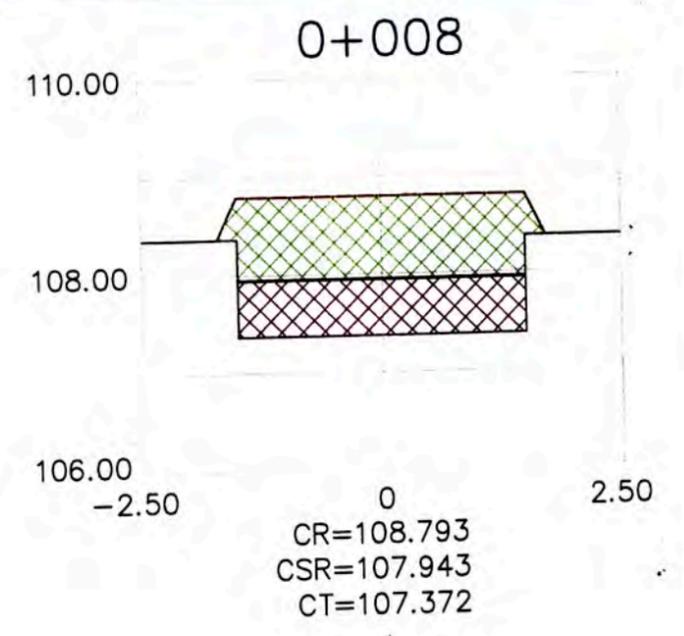
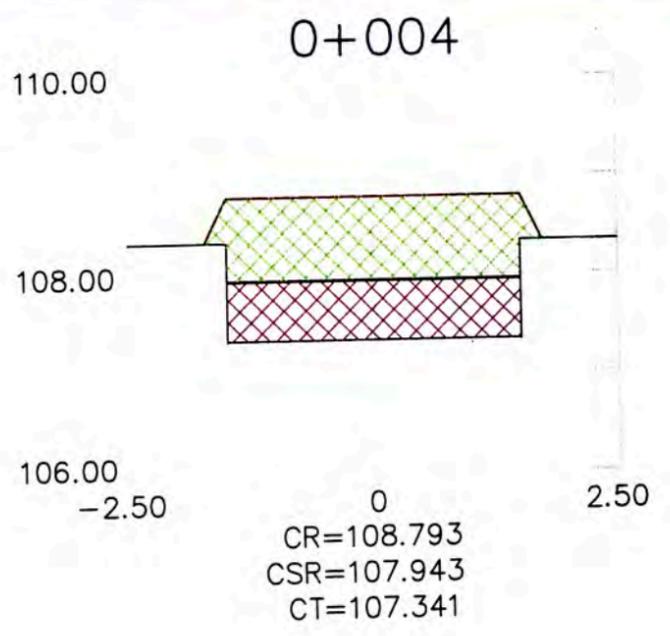
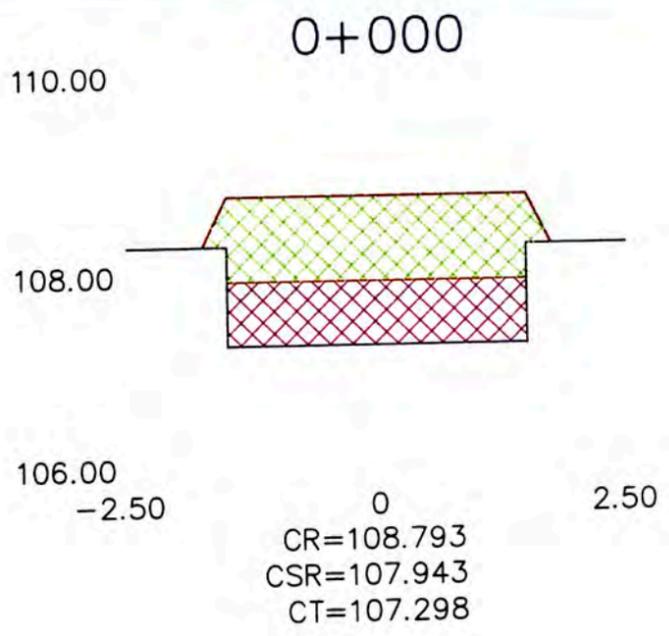
**DIBUJO:**

**GRUPO DE TRABAJO:**  
 Grupo N°3

**FECHA:**  
 MARZO 2007

**ESCALA:**  
 INDICADO

**PLANO N°**  
 PP-02

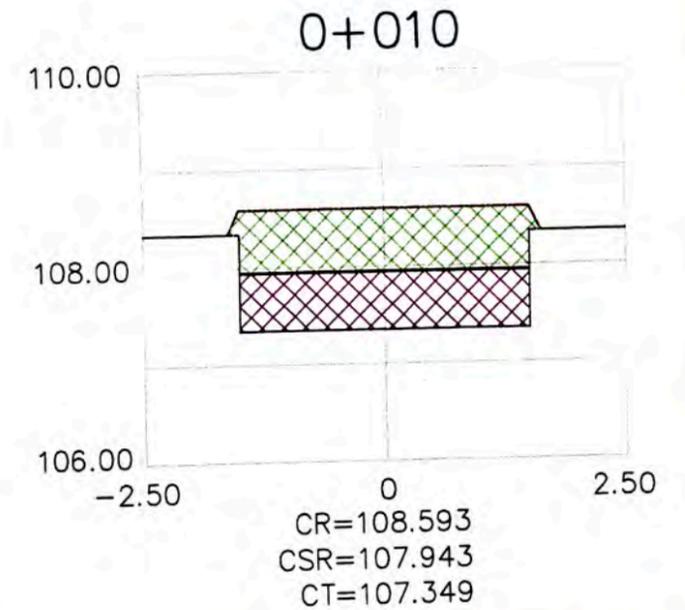
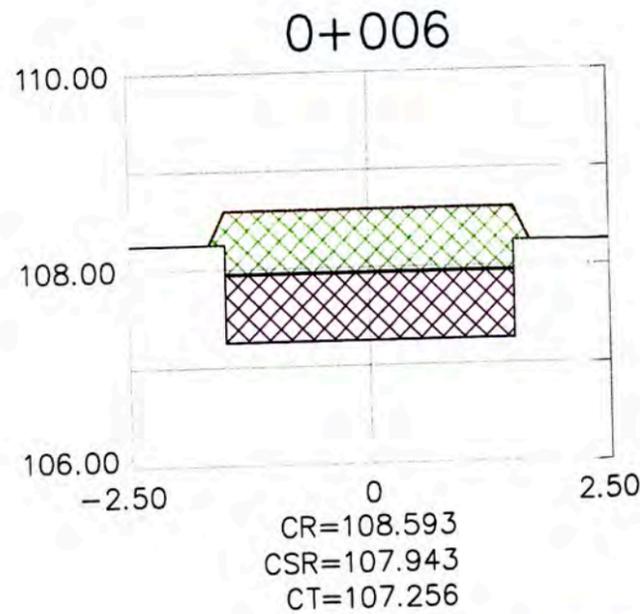
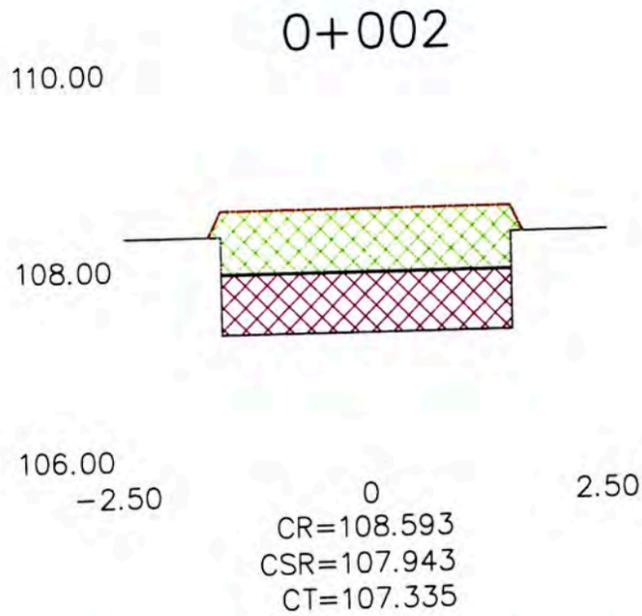
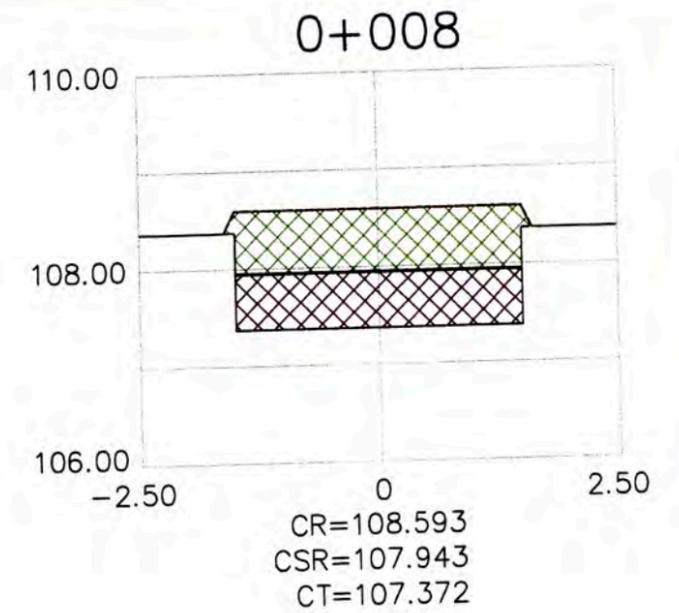
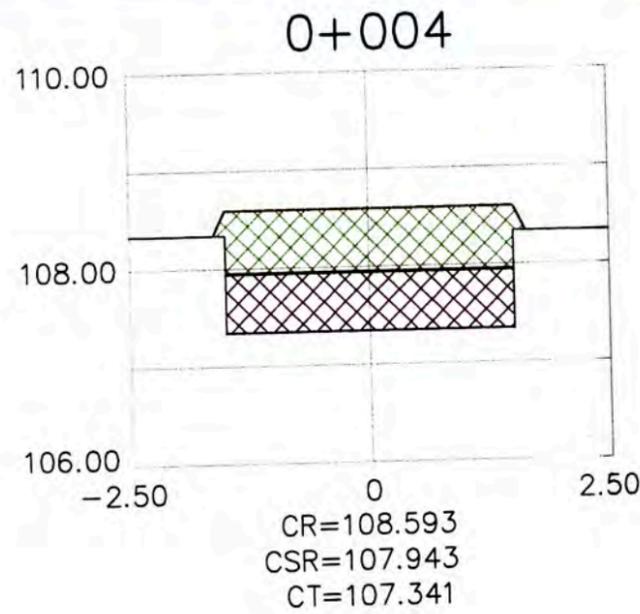
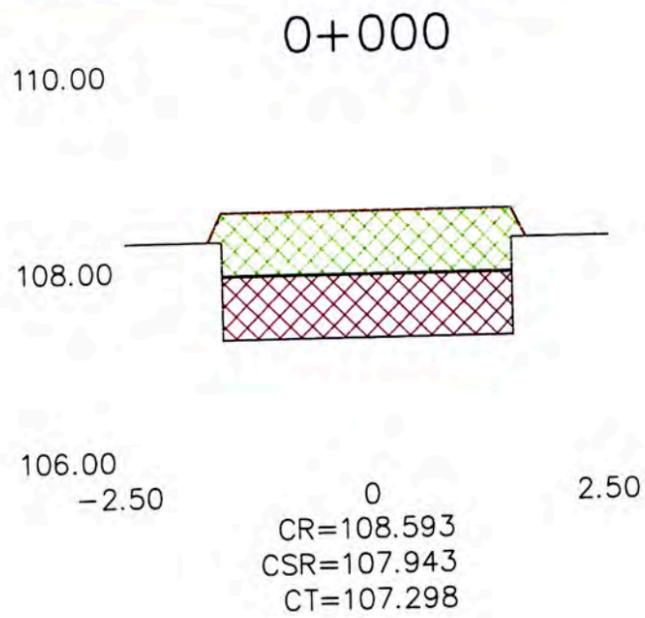


**SECCIONES TRANSVERSALES**

ESCALA: 1/75

LEYENDA	
Rasante:	
Sub rasante:	
Nivel terreno degradado:	
Base:	
Suelo degradado:	

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> TITULACION PROFESIONAL POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS			
PROYECTO: <b>APLICACION DE GEOTEXILES TEJIDOS EN VIAS AFIRMADAS</b>			
INTEGRANTES: Luis Osorio Lucio Juan Carlos Huaranga Raymundo Cesar Pedro Arteaga Fretel Carlos Jaime Silva Tello		REVISADO:	
PLANO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES</b>			PLANO N° <b>ST-01</b>
UBICACION: Lab. Nacional de Hidraulica Av. Tupac Amaru s/n DISTRITO : RIMAC PROV.: LIMA DPTO.: LIMA		DIBUJO: FECHA: MARZO 2007	GRUPO DE TRABAJO: Grupo N°3 ESCALA: 1/75



**SECCIONES TRANSVERSALES**

ESCALA: 1/75

LEYENDA	
Rasante:	
Getotextil:	
Sub rasante:	
Nivel terreno degradado:	
Base:	
Suelo degradado:	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
TITULACION PROFESIONAL POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

PROYECTO:  
APLICACION DE GEOTEXILES TEJIDOS EN VIAS AFIRMADAS

INTEGRANTES:  
Luis Osorio Lucio  
Juan Carlos Huaranga Raymundo  
Cesar Pedro Arteaga Fretel  
Carlos Jaime Silva Tello

REVISADO:

PLANO: **SECCIONES TRANSVERSALES**  
Diseño empleando geotextil tejido como refuerzo y estabilizacion

PLANO N°

UBICACION:  
Lab. Nacional de Hidraulica  
Av. Tupac Amaru s/n  
DISTRITO : RIMAC  
PROV.: LIMA DPTO.: LIMA

DIBUJO:

GRUPO DE TRABAJO:  
Grupo N°3

FECHA:  
MARZO 2007

ESCALA:  
1/75

ST-02



**LOCALIZACION**

ESCALA 1/2,000

PUNTO	COORDENADA UTM	
	ESTE(X)	NORTE(Y)
1	276863.59	8670337.13
2	276867.06	8670337.21
3	276867.16	8670347.21
4	276863.68	8670347.14

**UBICACION**

ESCALA 1/250

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL TITULACION PROFESIONAL POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS		
PROYECTO: <b>APLICACION DE GEOTEXILES TEJIDOS EN VIAS AFIRMADAS</b>		
INTEGRANTES: Luis Osorio Lucio Juan Carlos Huaranga Raymundo Cesar Pedro Arteaga Fretel Carlos Jaime Silva Tello	REVISADO:	
PLANO: <b>UBICACION — LOCALIZACION</b>		PLANO N° <b>UL-01</b>
UBICACION: Lab. Nacional de Hidraulica Av. Tupac Amaru s/n DISTRITO : RIMAC PROV.: LIMA DPTO.: LIMA	DIBUJO: Jose Aponte FECHA: MARZO 2007	GRUPO DE TRABAJO: Grupo N°3 ESCALA: INDICADO

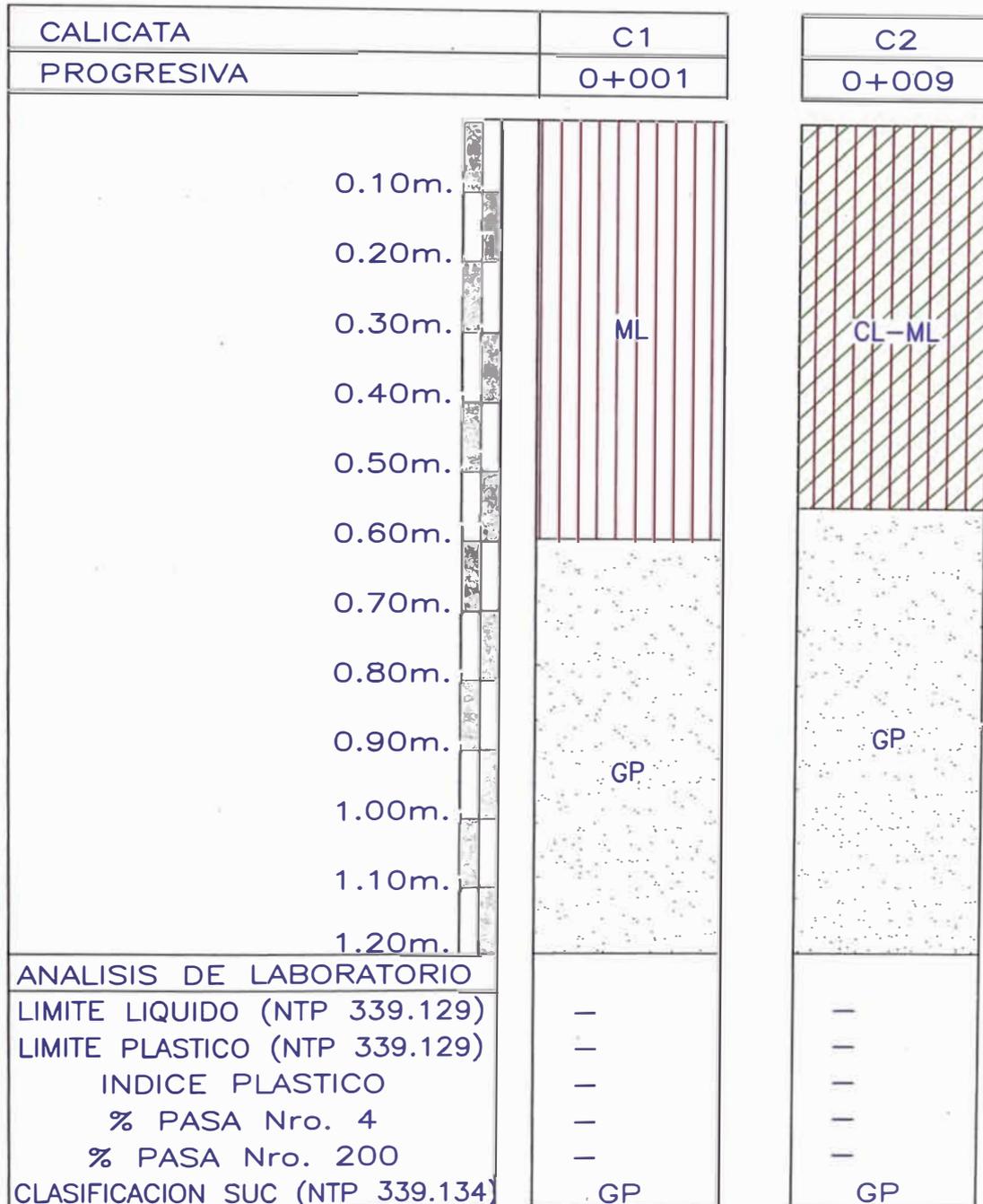
# **Anexo 2**

## **Perfil Estratigráfico**

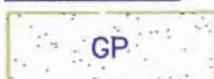
## PERFIL ESTRATIGRAFICO

OBRA : TRAMO DE PRUEBA

UBICACION: L.N.H. AV. TUPAC AMARU PTA.4 – RIMAC



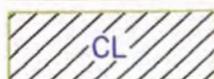
**LEYENDA:**



GRAVA POBREMENTE GRADADA



LIMO BAJA COMPRESIBILIDAD



ARCILLA BAJA COMPRESIBILIDAD



# **Anexo 3**

## **Ensayos de Laboratorio de Suelos**



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Aplicación de Geotextiles en Vías Afirmadas  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : L.F.A.N / M.H.N FECHA: 08-05-2007

### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

#### MUESTRAS control de saturacion

HORA	08:00:00 a.m.			
FECHA	11/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	15	31	318	344
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 133.98	130.40	136.84	137.76
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 110.81	107.67	111.10	113.49
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 23.17	22.73	25.74	24.27
4. Peso de recipiente	grs 15.57	13.33	9.84	12.15
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs 95.24	94.34	101.26	101.34
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 24.33	24.09	25.42	23.95

#### MUESTRAS

HORA	5:34:00 p.m.			
FECHA	11/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	334	376	71	33
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 131.22	131.32	162.45	122.94
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 110.81	109.47	134.95	106.66
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 20.41	21.85	27.50	16.28
4. Peso de recipiente	grs 11.70	12.49	10.89	16.59
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs 99.11	96.98	124.06	90.07
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 20.59	22.53	22.17	18.07

#### MUESTRAS

HORA	2:30:00 p.m.			
FECHA	12/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	342	365	348	355
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 101.51	132.81	94.34	109.03
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 83.55	109.88	79.12	90.55
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 17.96	22.93	15.22	18.48
4. Peso de recipiente	grs 12.33	12.10	10.91	11.46
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs 71.22	97.78	68.21	79.09
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 25.22	23.45	22.31	23.37

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel. 9912987 95242588  
 e-mail: [lnhgeo@yahoo.com](mailto:lnhgeo@yahoo.com)  
[lnh\\_uni@uni.edu.pe](mailto:lnh_uni@uni.edu.pe)



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Aplicación de Geotextiles en Vías Afirmadas  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : L.F.A.N / M.H.N FECHA: 08-05-2007

### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

#### MUESTRAS control de saturacion

HORA	6:00:00 p.m.			
FECHA	12/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	341	364	328	354
1. Peso recipiente + suelo húmedo <span style="float: right;">grs</span>	98.36	101.28	96.84	98.03
2. Peso recipiente + suelo seco <span style="float: right;">grs</span>	82.75	85.08	81.21	81.77
3. Peso de agua <span style="float: right;">(1) - (2) grs</span>	15.61	16.20	15.63	16.26
4. Peso de recipiente <span style="float: right;">grs</span>	12.35	11.98	12.40	12.37
5. Peso de suelo seco <span style="float: right;">(2) -(4) grs</span>	70.40	73.10	68.81	69.40
6. Contenido de humedad <span style="float: right;">(3)/(5)*100 %</span>	22.17	22.16	22.71	23.43

#### MUESTRAS

HORA	10:00:00 a.m.			
FECHA	14/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	142	349	301	352
1. Peso recipiente + suelo húmedo <span style="float: right;">grs</span>	178.94	163.22	145.19	181.47
2. Peso recipiente + suelo seco <span style="float: right;">grs</span>	146.41	133.91	118.90	148.56
3. Peso de agua <span style="float: right;">(1) - (2) grs</span>	32.53	29.31	26.29	32.91
4. Peso de recipiente <span style="float: right;">grs</span>	10.88	11.11	10.63	10.13
5. Peso de suelo seco <span style="float: right;">(2) -(4) grs</span>	135.53	122.80	108.27	138.43
6. Contenido de humedad <span style="float: right;">(3)/(5)*100 %</span>	24.00	23.87	24.28	23.77

#### MUESTRAS

HORA	5:00:00 p.m.			
FECHA	14/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	351	367	133	322
1. Peso recipiente + suelo húmedo <span style="float: right;">grs</span>	115.30	115.12	126.43	108.86
2. Peso recipiente + suelo seco <span style="float: right;">grs</span>	99.27	96.37	107.37	92.26
3. Peso de agua <span style="float: right;">(1) - (2) grs</span>	16.03	18.75	19.06	16.60
4. Peso de recipiente <span style="float: right;">grs</span>	10.62	10.73	10.00	11.26
5. Peso de suelo seco <span style="float: right;">(2) -(4) grs</span>	88.65	85.64	97.37	81.00
6. Contenido de humedad <span style="float: right;">(3)/(5)*100 %</span>	18.08	21.89	19.57	20.49

**Av. Tupac Amaru Puerta N° 4**  
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588  
 e-mail: [lnhgeo@yahoo.com](mailto:lnhgeo@yahoo.com)  
[lnh\\_uni@uni.edu.pe](mailto:lnh_uni@uni.edu.pe)



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Aplicación de Geotextiles en Vías Afirmadas  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : L.F.A.N / M.H.N FECHA:

### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

MUESTRAS		control de saturacion			
HORA		05:00 p.m.			
FECHA		08/05/07			
PROFUNDIDAD (m)					
	FRASCO No	371	33	333	335
1.	Peso recipiente + suelo húmedo grs	114.55	137.97	134.45	87.53
2.	Peso recipiente + suelo seco grs	93.39	112.86	109.08	70.09
3.	Peso de agua (1) - (2) grs	21.16	25.11	25.37	17.44
4.	Peso de recipiente grs	11.78	16.59	11.45	11.56
5.	Peso de suelo seco (2) -(4) grs	81.61	96.27	97.63	58.53
6.	Contenido de humedad (3)/(5)*100 %	25.93	26.08	25.99	29.80

MUESTRAS					
HORA		10:00:00 a.m.			
FECHA		09/05/07			
PROFUNDIDAD (m)					
	FRASCO No	342	377	307	376
1.	Peso recipiente + suelo húmedo grs	124.35	114.68	121.78	127.16
2.	Peso recipiente + suelo seco grs	102.06	92.67	101.31	107.60
3.	Peso de agua (1) - (2) grs	22.29	22.01	20.47	19.56
4.	Peso de recipiente grs	12.33	10.91	12.18	12.49
5.	Peso de suelo seco (2) -(4) grs	89.73	81.76	89.13	95.11
6.	Contenido de humedad (3)/(5)*100 %	24.84	26.92	22.97	20.57

MUESTRAS					
HORA		2:00:00 p.m.			
FECHA		09/05/07			
PROFUNDIDAD (m)					
	FRASCO No	18	35	98	370
1.	Peso recipiente + suelo húmedo grs	176.76	171.21	153.69	151.15
2.	Peso recipiente + suelo seco grs	149.58	140.66	129.90	125.87
3.	Peso de agua (1) - (2) grs	27.18	30.55	23.79	25.28
4.	Peso de recipiente grs	14.82	12.72	12.32	11.75
5.	Peso de suelo seco (2) -(4) grs	134.76	127.94	117.58	114.12
6.	Contenido de humedad (3)/(5)*100 %	20.17	23.88	20.23	22.15

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987-95242588  
 e-mail: lnhgec@yahoo.com  
 lnh\_uni@uni.edu.pe



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Aplicación de Geotextiles en Vías Afirmadas  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : L.F.A.N / M.H.N FECHA:

### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

<b>MUESTRAS</b>	control de saturacion
-----------------	-----------------------

HORA	08:30:00 a.m.			
FECHA	10/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	362	377	28	312
1. Peso recipiente + suelo húmedo	110.14	174.19	158.31	167.20
grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	90.00	140.32	128.71	140.01
grs				
3. Peso de agua	20.14	33.87	29.60	27.19
(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	11.85	10.91	12.66	10.60
grs				
5. Peso de suelo seco	78.15	129.41	116.05	129.41
(2) - (4) grs				
6. Contenido de humedad	25.77	26.17	25.51	21.01
(3)/(5)*100 %				

<b>MUESTRAS</b>
-----------------

HORA	2:00:00 p.m.			
FECHA	10/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	304	363	30	305
1. Peso recipiente + suelo húmedo	160.98	195.98	205.16	176.57
grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	130.36	165.05	172.87	148.31
grs				
3. Peso de agua	30.62	30.93	32.29	28.26
(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	11.23	10.25	13.95	10.18
grs				
5. Peso de suelo seco	119.13	154.80	158.92	138.13
(2) - (4) grs				
6. Contenido de humedad	25.70	19.98	20.32	20.46
(3)/(5)*100 %				

<b>MUESTRAS</b>
-----------------

HORA	6:00:00 p.m.			
FECHA	10/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	317	383	337	16
1. Peso recipiente + suelo húmedo	88.01	158.03	97.25	104.77
grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	75.34	135.54	80.85	90.11
grs				
3. Peso de agua	12.67	22.49	16.40	14.66
(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	11.17	11.05	11.12	15.15
grs				
5. Peso de suelo seco	64.17	124.49	69.73	74.96
(2) - (4) grs				
6. Contenido de humedad	19.74	18.07	23.52	19.56
(3)/(5)*100 %				

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
 Telf. (01)-481-1070 anexo 302 Cel:99912987\_95242588  
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com  
 lnh\_uni@uni.edu.pe

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

<b>PROYECTO :</b>	APLICACIÓN DE GEOTEXILES TEJIDOS EN VIAS AFIRMADAS										
<b>SOLICITA :</b>	GRUPO N°3 - CURSO DE TITULACION 2006 FIC	<b>UBICACIÓN :</b> Laboratorio Nacional de Hidraulica - Universidad Nacional de Ingenieria									

**CONTROL DE EVAPORACION DE LA SUBRASANTE**

<b>MUESTRA</b>	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4			M - 1	M - 2	M - 3	M - 4		
<b>FECHA</b>	08/05/07	08/05/07	08/05/07	08/05/07			09/05/07	09/05/07	09/05/07	09/05/07		
<b>HORA</b>	05:00 p.m.	05:00 p.m.	05:00 p.m.	05:00 p.m.			10:00 a.m.	10:00 a.m.	10:00 a.m.	10:00 a.m.		
<b>CLASIFICACION</b>	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO		SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO	

**Datos de Humedad**

<b>Wmuestra</b>	25.93	26.08	25.99	29.80	26.95		24.82	26.92	22.97	20.57	23.82	
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	--	-------	-------	-------	-------	-------	--

<b>MUESTRA</b>	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4			M - 1	M - 2	M - 3	M - 4		
<b>FECHA</b>	09/05/07	09/05/07	09/05/07	09/05/07			10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07		
<b>HORA</b>	02:00 p.m.	02:00 p.m.	02:00 p.m.	02:00 p.m.			08:30 a.m.	08:30 a.m.	08:30 a.m.	08:30 a.m.		
<b>CLASIFICACION</b>	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO		SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO	

**Datos de Humedad**

<b>Wmuestra</b>	20.17	23.88	20.23	22.15	21.61		25.77	26.17	25.51	21.01	24.62	
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	--	-------	-------	-------	-------	-------	--

<b>MUESTRA</b>	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4			M - 1	M - 2	M - 3	M - 4		
<b>FECHA</b>	10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07			10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07		
<b>HORA</b>	02:00 p.m.	02:00 p.m.	02:00 p.m.	02:00 p.m.			06:00 p.m.	06:00 p.m.	06:00 p.m.	06:00 p.m.		
<b>CLASIFICACION</b>	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO		SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO	

**Datos de Humedad**

<b>Wmuestra</b>	25.70	19.98	20.32	20.46	21.62		19.74	18.07	23.52	19.56	20.22	
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	--	-------	-------	-------	-------	-------	--

<b>MUESTRA</b>	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4			M - 1	M - 2	M - 3	M - 4		
<b>FECHA</b>	09/05/07	09/05/07	09/05/07	09/05/07			09/05/07	09/05/07	09/05/07	09/05/07		
<b>HORA</b>	12:00 a.m.	12:00 a.m.	12:00 a.m.	12:00 a.m.			PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO		
<b>CLASIFICACION</b>	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO		SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO	

**Datos de Humedad**

<b>Wmuestra</b>	22.93	26.08	25.99	29.80	26.20		22.93	26.08	25.99	29.80	26.20	
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	--	-------	-------	-------	-------	-------	--

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO :	APLICACIÓN DE GEOTEXILES TEJIDOS EN VIAS AFIRMADAS										
SOLICITA :	GRUPO N°3 - CURSO DE TITULACION 2006 FIC	UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidraulica - Universidad Nacional de Ingenieria									

CONTROL DE EVAPORACION DE LA SUBRASANTE

MUESTRA	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4			M - 1	M - 2	M - 3	M - 4		
FECHA	11/05/07	11/05/07	11/05/07	11/05/07			11/05/07	11/05/07	11/05/07	11/05/07		
HORA	08:00 a.m.	08:00 a.m.	08:00 a.m.	08:00 a.m.			05:34:00 p.m.	05:34:00 p.m.	05:34:00 p.m.	05:34:00 p.m.		
CLASIFICACION	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO		SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO	

Datos de Humedad

Wmuestra	24.33	24.09	25.42	23.95	24.45		20.59	22.53	22.17	18.07	20.84	
----------	-------	-------	-------	-------	-------	--	-------	-------	-------	-------	-------	--

MUESTRA	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4			M - 1	M - 2	M - 3	M - 4		
FECHA	12/05/07	12/05/07	12/05/07	12/05/07			12/05/07	12/05/07	12/05/07	12/05/07		
HORA	02:30 p.m.	02:30 p.m.	02:30 p.m.	02:30 p.m.			06:00 p.m.	06:00 p.m.	06:00 p.m.	06:00 p.m.		
CLASIFICACION	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO		SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO	

Datos de Humedad

Wmuestra	25.22	23.45	22.31	23.37	23.59		22.17	22.16	22.71	23.43	22.62	
----------	-------	-------	-------	-------	-------	--	-------	-------	-------	-------	-------	--

MUESTRA	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4			M - 1	M - 2	M - 3	M - 4		
FECHA	10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07			10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07		
HORA	02:00 p.m.	02:00 p.m.	02:00 p.m.	02:00 p.m.			06:00 p.m.	06:00 p.m.	06:00 p.m.	06:00 p.m.		
CLASIFICACION	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO		SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO	

Datos de Humedad

Wmuestra	25.70	19.98	20.32	20.46	21.62		19.74	18.07	23.52	19.56	20.22	
----------	-------	-------	-------	-------	-------	--	-------	-------	-------	-------	-------	--

MUESTRA	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4			M - 1	M - 2	M - 3	M - 4		
FECHA	14/05/07	14/05/07	14/05/07	14/05/07			14/05/07	14/05/07	14/05/07	14/05/07		
HORA	10:00 a.m.	10:00 a.m.	10:00 a.m.	10:00 a.m.			05:00 p.m.	05:00 p.m.	05:00 p.m.	05:00 p.m.		
CLASIFICACION	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO		SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	PROMEDIO	

Datos de Humedad

Wmuestra	24.00	23.87	24.28	23.77	23.98		18.08	21.89	19.57	20.49	20.01	
----------	-------	-------	-------	-------	-------	--	-------	-------	-------	-------	-------	--



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Aplicación de Geotextiles en Vías Afirmadas  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : L.F.A.N / M.H.N FECHA: MAYO 2007

### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

#### MUESTRAS control de saturacion

HORA	05:00 p.m.			
FECHA	08/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	371	33	333	335
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 114.55	137.97	134.45	87.53
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 93.39	112.86	109.08	70.09
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 21.16	25.11	25.37	17.44
4. Peso de recipiente	grs 11.78	16.59	11.45	11.56
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs 81.61	96.27	97.63	58.53
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 25.93	26.08	25.99	29.80

#### MUESTRAS

HORA	10:00 a.m.			
FECHA	09/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	342	377	307	376
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 124.35	114.68	121.78	127.16
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 102.06	92.67	101.31	107.60
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 22.29	22.01	20.47	19.56
4. Peso de recipiente	grs 12.33	10.91	12.18	12.49
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs 89.73	81.76	89.13	95.11
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 24.84	26.92	22.97	20.57

#### MUESTRAS

HORA	2:00:00 p.m.			
FECHA	09/05/07			
PROFUNDIDAD (m)				
FRASCO No	18	35	98	370
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 176.76	171.21	153.69	151.15
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 149.58	140.66	129.90	125.87
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 27.18	30.55	23.79	25.28
4. Peso de recipiente	grs 14.82	12.72	12.32	11.75
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs 134.76	127.94	117.58	114.12
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 20.17	23.88	20.23	22.15



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Aplicación de Geotextiles en Vías Afirmadas  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : L.F.A.N / M.H.N FECHA: MAYO 2007

### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

#### MUESTRAS control de saturacion

HORA	08:30:00 a.m.				
FECHA	10/05/07				
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No	362	377	28	312	
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	110.14	174.19	158.31	167.20
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	90.00	140.32	128.71	140.01
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	20.14	33.87	29.60	27.19
4. Peso de recipiente	grs	11.85	10.91	12.66	10.60
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	78.15	129.41	116.05	129.41
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	25.77	26.17	25.51	21.01

#### MUESTRAS

HORA	2:00:00 p.m.				
FECHA	10/05/07				
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No	304	363	30	305	
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	160.98	195.98	205.16	176.57
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	130.36	165.05	172.87	148.31
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	30.62	30.93	32.29	28.26
4. Peso de recipiente	grs	11.23	10.25	13.95	10.18
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	119.13	154.80	158.92	138.13
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	25.70	19.98	20.32	20.46

#### MUESTRAS

HORA	6:00:00 p.m.				
FECHA	10/05/07				
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No	317	383	337	16	
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	88.01	158.03	97.25	104.77
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	75.34	135.54	80.85	90.11
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	12.67	22.49	16.40	14.66
4. Peso de recipiente	grs	11.17	11.05	11.12	15.15
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	64.17	124.49	69.73	74.96
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	19.74	18.07	23.52	19.56



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Aplicación de Geotextiles en Vías Afirmadas  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : L.F.A.N / M.H.N FECHA: MAYO 2007

### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

#### MUESTRAS

control de saturacion

HORA					9:20:00 a.m.
FECHA					15/05/07
PROFUNDIDAD (m)					
	FRASCO No	150	98	35	357
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	156.11	199.43	194.47	180.29
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	131.83	163.64	160.81	149.04
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	24.28	35.79	33.66	31.25
4. Peso de recipiente	grs	10.87	12.32	12.72	12.41
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	120.96	151.32	148.09	136.63
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	20.07	23.65	22.73	22.87

#### MUESTRAS

HORA	9:20 a.m.				
FECHA	15/05/07				
PROFUNDIDAD (m)					
	FRASCO No	150	98	35	357
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	156.11	199.43	194.47	180.29
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	131.83	163.64	160.81	149.04
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	24.28	35.79	33.66	31.25
4. Peso de recipiente	grs	10.87	12.32	12.72	12.41
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	120.96	151.32	148.09	136.63
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	20.07	23.65	22.73	22.87

#### MUESTRAS

HORA	2:00 p.m.				
FECHA	15/05/07				
PROFUNDIDAD (m)					
	FRASCO No	384	10	34	327
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	120.27	157.51	163.65	154.39
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	103.07	134.41	139.94	131.95
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	17.20	23.10	23.71	22.44
4. Peso de recipiente	grs	10.44	13.43	13.64	11.49
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	92.63	120.98	126.30	120.46
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	18.57	19.09	18.77	18.63



ENSAYO DE COMPACTACION Y VALOR RELATIVO DE C.B.R.

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD

COMPACTACION - C.B.R.

Método de Compactación: "A" ASTM D - 1557 - 78	Número de Capas : 5								Número de Capas : 5							
	ASTM D - 1883 - 87															
Vol. Molde (cc)	897.23		897.23		897.23		897.23		1963.18		2021.90		1960.30			
Nº Golpes	25		25		25		25		12		17		25			
Nº Molde	B		B		B		B		1		2		3			
P. Suelo Hum. + Molde (gr)	3072		3880		4026		4028		7004		7410		7554			
P. Molde (gr)	1748		1746		1746		1746		3412		3632		3542			
P. Suelo Humedo (gr)	1926		2134		2280		2282		3592		3778		4012			
Nº de recipiente	313	374	333	376	348	352	142	373	150	375	329	356	357	318		
P. Suelo Hum. + recipiente (gr)	111.30	104.40	88.50	93.60	110.70	107.50	128.60	105.60	128.66	81.74	103.29	118.96	111.66	105.61		
P. Suelo seco + recipiente (gr)	108.10	101.70	82.10	88.90	102.20	99.40	118.90	97.70	122.00	78.76	97.37	112.04	104.99	99.03		
Peso de Agua (gr)	3.20	2.70	4.40	4.70	8.50	8.10	9.70	7.90	6.66	4.98	5.92	6.92	6.67	6.58		
Peso de recipiente (gr)	10.17	12.09	11.45	12.49	10.91	10.13	10.88	12.10	10.87	12.04	10.34	11.49	12.41	9.84		
P. suelo seco (gr)	97.93	89.81	70.65	76.41	91.29	89.27	108.02	85.60	111.13	64.72	67.03	100.55	92.56	89.19		
Humedad (%)	3.27	3.01	6.23	6.15	9.31	9.07	8.98	9.23	5.99	7.69	6.80	6.88	7.20	7.38		
Promedio de Humedad	3.14		6.19		9.19		9.10		6.84		6.84		7.29			
Dens. Humeda (gr/cc)	2.147		2.378		2.541		2.543		1.830		1.869		2.047			
Dens. seca (gr/cc)	2.081		2.240		2.327		2.331		1.712		1.749		1.908			

CAP. DEL ANILLO:	FAC. DEL ANILLO: 7.77					
	12		17		25	
Nº Golpes						
Nº MOLDE	1		2		3	
PENET.	LECT. DIAL	CARGA 1	LECT. DIAL	CARGA 2	LECT. DIAL	CARGA 3
0.025	3	8	3.5	9	1	3
0.050	5.1	13	5.5	14	2.5	8
0.075	6.5	17	7	16	5	13
0.100	7.5	19	8	21	7.5	19
0.150	9	23	11	28	11	28
0.200	10	26	18	41	12	31
0.250	11	26	21.5	56	24.5	63
0.298	11.5	30	26	67	30	78
0.400	12.9	33	33	85	45.5	118
0.500	14	36	36	98	56.5	146
0.600	15.5	40	41.5	107	65.2	169

0.1"	26	2.60	50	5.00	50	5.00
0.2"	52	3.47	92	6.13	95	6.33

Proyecto : Mejoramiento Estructural con Geotextiles  
 Solicitado: Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 Ubicación: Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 Muestra : Subrasante  
 Ing. Resp.: Ing. Jose Alberto Martínez Del Rosano  
 Técnico: Y.F. A/R. M.C  
 Registro : \_\_\_\_\_  
 Fecha: 26 de Abril 2007

RESULTADOS

MAX. DENS. SECA (gr/cc)	2.345
OPT. CONT. DE HUM (%)	8.40
CBR al 100% de la MDS (%)	
CBR al 95% de la MDS (%)	
RETIENE TAMIZ 3" o 2" (%)	
RET. TAMIZ 3/4" o N° 4" (%)	
PASA TAMIZ N° 200 (%)	39.1
CLAS. SUCS. o AASTHO	SC - SM
PESO ESPECIFICO (gr/cc)	2.54

ABSORCION

Peso. Suelo Humedo + Molde (gr)			
Peso Molde (gr)			
Peso Suelo Hum. Embebido (gr)			
Peso Suelo Hum. Sin Embebido (gr)			
Agua Absorbida (cc)			
Peso de suelo seco (gr)			
Absorción (%)			

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Gravas	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
Arenas	60.90	Gruesa	2.40
		Media	21.40
		Fina	37.00
Finos	39.1		

FECHA	HORA	L.D.	L.O.	L.D.
% DE EXP.				

**ENSAYO DE COMPACTACION Y VALOR RELATIVO DE C.B.R.**

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD**

**COMPACTACION - C.B.R.**

	Número de Capas : 5						Número de Capas : 5					
	Método de Compactación: "A" ASTM D - 1557 - 78						ASTM D - 1883 - 87					
VOL. MOLDE (cc)	922.38						1963.18					
Hº Golpes	25						13					
Hº Molde	B						1					
Pº Suelo Hum + Molde (gr)	3580						7568					
Pº Molde (gr)	1744						3412					
Pº suelo humedo (gr)	1836						4156					
Hº de recipiente	324	369	327	344	358	318	321	374	314	306	358	313
Pº suelo hum+recipiente(gr.)	94.22	92.53	94.30	110.86	100.03	114.28	60.68	47.43	71.08	60.71	94.51	71.09
Pº suelo seco+recipiente(gr)	91.15	89.36	88.75	103.97	91.18	94.60	55.70	43.62	64.56	55.56	82.64	64.71
Peso de agua (gr)	3.07	3.17	5.55	8.89	8.85	19.68	4.98	3.81	6.52	5.15	11.87	6.38
Peso de recipiente(gr)	10.22	11.71	11.49	12.15	11.49	9.84	10.83	12.09	11.20	10.75	11.49	10.17
Pº suelo seco (gr)	80.93	77.65	77.26	91.82	79.89	84.76	44.87	31.53	53.38	44.81	71.15	54.54
Humedad (%)	3.79	4.08	7.18	7.50	11.11	23.22	11.10	12.08	12.22	11.49	18.68	11.70
Humedad de Humedad	3.94		7.34		17.18		11.50		11.68		14.19	
Dens. Humeda (gr/cc)	1.991		2.190		2.173		2.117		2.087		2.172	
Dens. seca (gr/cc)	1.915		2.048		1.854		1.897		1.866		1.902	

CAP. DEL ANILLO: 13			FAC. DEL ANILLO: 7.77			
Nº Golpes	26		56			
Nº MOLDE	1	2	2	3		
PENET.	LECT. DIAL	CARGA 1	LECT. DIAL	CARGA 2	LECT. DIAL	CARGA 3
0.025	0.4	1	0.8	2	0.6	2
0.050	1	3	1.1	3	1	3
0.075	1.1	3	1.4	4	1.5	4
0.100	1.9	5	2.2	6	1.9	5
0.150	3	8	4	10	2.9	8
0.200	4.9	13	5.9	15	3.9	10
0.250	7	18	7.2	19	5.2	13
0.298	8.9	23	9.2	24	7.6	20
0.400	13.9	36	13.8	38	10.1	26
0.500	21.2	55	19.5	51	15	39
0.600	29.2	76	25.8	67	20	52

0.1"	26	2.60	50	5.00	50	5.00
0.2"	52	3.47	92	6.13	95	6.33

Proyecto : Mejoramiento Estructural con Geotextiles  
 Solicitado: Grupo 3 - Curso de Titulación 2008 - FIC  
 Ubicación: Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 Muestra : Subrasante  
 Ing. Resp.: Ing. Jose Alberto Martinez Del Rosario  
 Técnico: Y.F. A/R.M.C  
 Registro : \_\_\_\_\_  
 Fecha: 14 de Mayo 2007

**RESULTADOS**

MAX. DENS. SECA (gr/cc)	2.079
OPT. CONT. DE HUM (%)	10.00
CBR. al 100% de la MDS (%)	
CBR. al 95% de la MDS (%)	
RETIENE TAMIZ 3" o 2" (%)	
RET. TAMIZ 3/4" o N° 4" (%)	
PASA TAMIZ N° 200 (%)	39.1
CLAS. SUCS. o AASTHO	SC - SM
PESO ESPECIFICO (gr/cc)	2.54

**ABSORCION**

Peso. Suelo Humedo+Molde (gr)			
Peso Molde (gr)			
Peso Suelo Hum. Embebido (gr)			
Peso Suelo Hum. Sin Embebido (gr)			
Agua Absorbida (cc)			
Peso de suelo seco (gr)			
Absorción (%)			

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Gravas	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
Arenas	60.90	Gruesa	2.40
		Media	21.40
		Fina	37.00
Finos		39.1	

FECHA	HORA	L.D.	L.D.	L.D.
% DE EXP.				



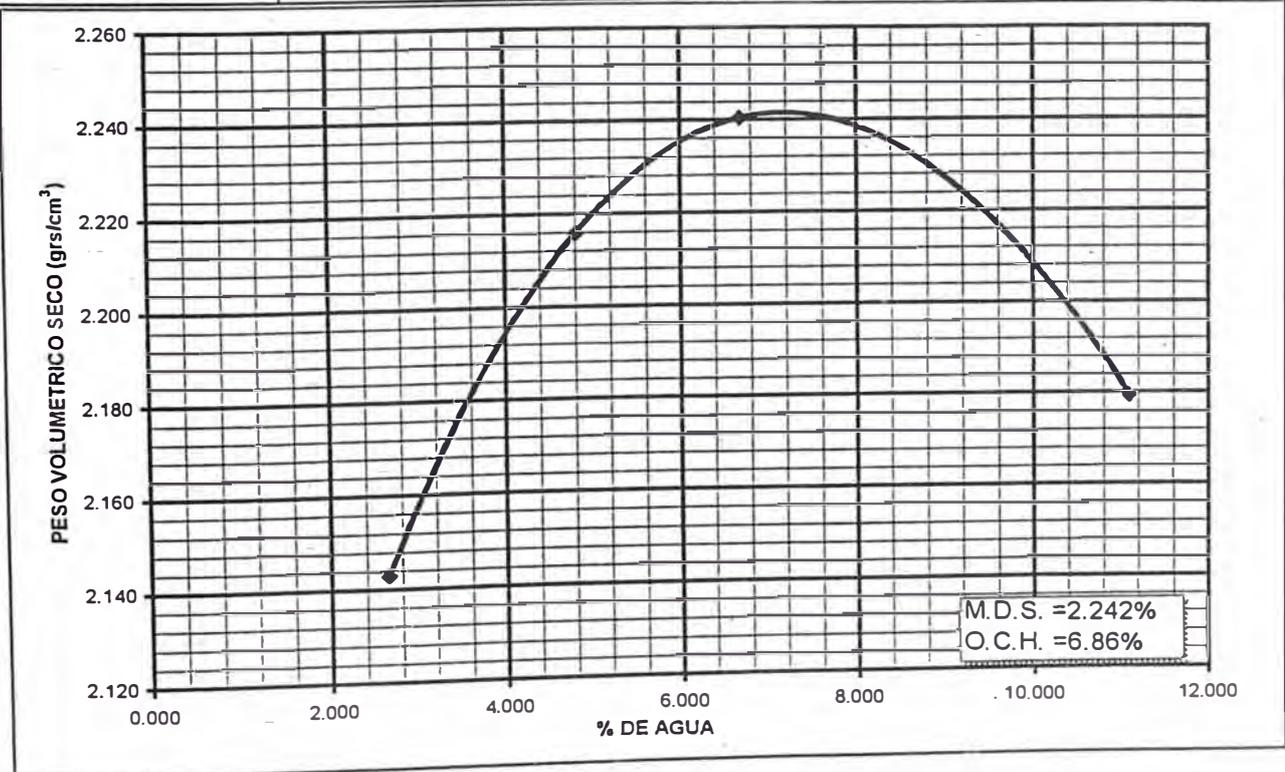
# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## ENSAYO DE COMPACTACION ASTM D-1557

OBJETO: MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIAS AFIRMADAS CON EL SISTEMA GEOWED  
 CITADO: GRUPO 3 Y 4 CALICATA: FECHA: 15/05/07  
 AUTOR: M.H.N/M.A.L/L.F.A.N MUESTRA: Afirmado PROF:

PRUEBA N°:	F							
MODO DE COMPACTACION	C							
VOLUMEN	2099.55 cc							
Peso suelo + Molde	7984		8242		8384		8450	
Peso Molde	3366		3366		3366		3366	
Peso suelo húmedo compactado	4618		4876		5018		5084	
Peso volumétrico húmedo	2.200		2.322		2.390		2.421	
Gravímetro N°	192	27	308	343	319	375	372	371
Peso suelo húmedo + Tara	101.82	106.45	79.91	92.49	80.08	93.02	120.94	109.87
Peso suelo seco + Tara	99.62	103.88	76.72	88.87	75.73	88.00	109.96	100.10
Gravímetro	11.65	11.70	11.46	12.35	12.33	10.75	11.17	12.07
Peso de agua	2.20	2.57	3.19	3.62	4.35	5.02	10.98	9.77
Peso de suelo seco	87.97	92.18	65.26	76.52	63.40	77.25	98.79	88.03
Porcentaje de agua	2.50	2.79	4.89	4.73	6.86	6.50	11.11	11.10
Medida promedio	2.644		4.809		6.680		11.106	
Peso volumétrico seco	2.143		2.216		2.240		2.179	



SERVACIONES .....



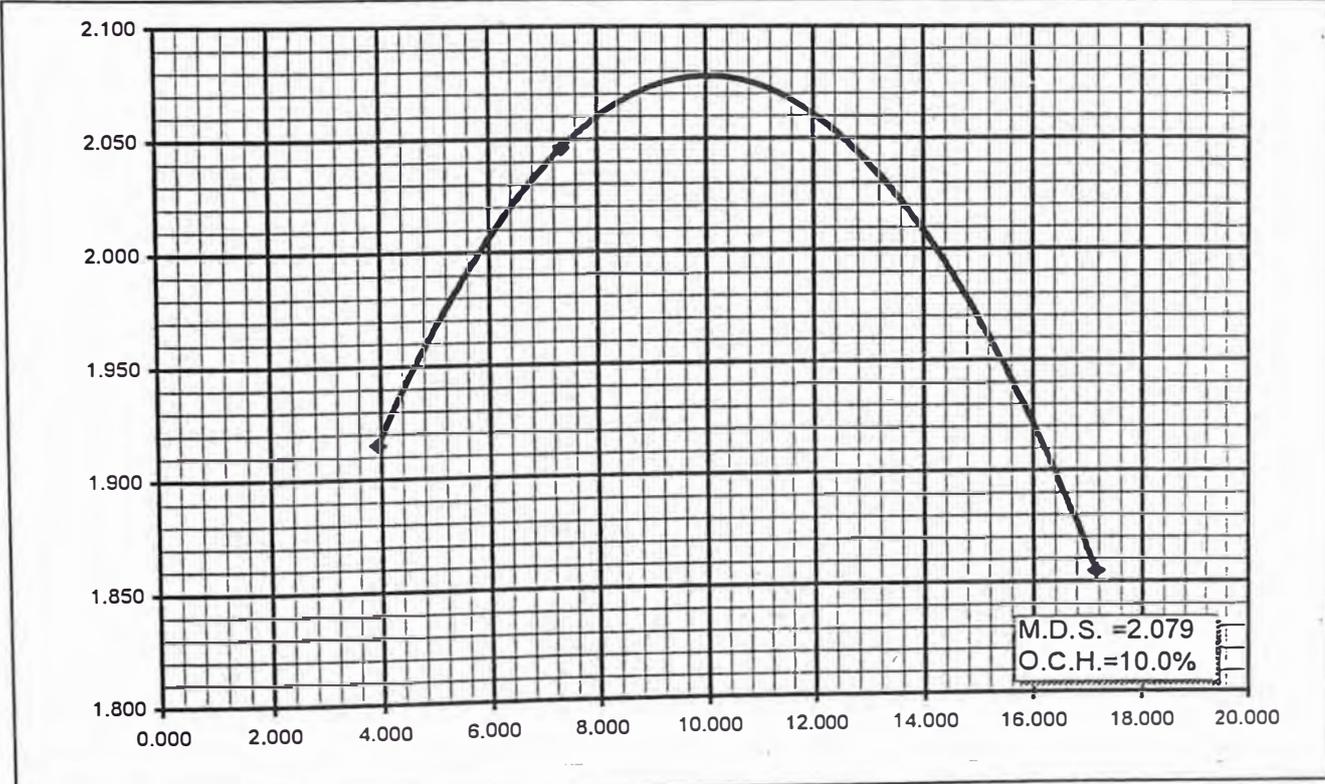
**LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA  
AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA**



**ENSAYO DE COMPACTACION  
ASTM D-1557**

PROYECTO: Aplicación de Geotextiles en Vías Afirmadas  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC FECHA : 10-05-2007  
 OPERADOR : M.H.N/L.F.A.N MUESTRA : SUBRASANTE

MOLDE N° :	B					
METODO DE COMPACTACION	A		VOLUMEN		922.38 cc	
Peso suelo + Molde	3580		3770		3748	
Peso Molde	1744		1744		1744	
Peso suelo húmedo compactado	1836		2026		2004	
Peso volumétrico húmedo	1.991		2.196		2.173	
Recipiente N°	324	369	327	344	358	318
Peso suelo húmedo + Tara	94.22	92.53	94.30	110.86	100.03	114.28
Peso suelo seco + Tara	91.15	89.36	88.75	103.97	91.18	94.60
Tara	10.22	11.71	11.49	12.15	11.49	9.84
Peso de agua	3.07	3.17	5.55	6.89	8.85	19.68
Peso de suelo seco	80.93	77.65	77.26	91.82	79.69	84.76
Contenido de agua	3.79	4.08	7.18	7.50	11.10	23.22
Humedad promedio	3.938		7.344		17.160	
Peso volumétrico seco	1.915		2.046		1.854	



OBSERVACIONES .....



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS (Gs) A.S.T.M. - 854

Proyecto : Mejoramiento Estructural con Geotextiles  
Solicitado: Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
Ubicacion: Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
Fecha : 26 de Abril 2007

UBICACIÓN							
MUESTRA		M-1					
PROFUNDIDAD		Subrasante					
NRO DEL FRASCO		4					
1	Peso del frasco + peso suelo seco (gr)	237.1					
2	Peso del frasco volumétrico	109.5					
3	Peso del suelo seco ( 1 - 2 ) (gr)	127.6					
4	Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	436.7					
5	Peso del frasco + peso del agua enrasada (gr)	359.4					
6	Volumen del suelo (3 + 5 - 4) (cm <sup>3</sup> )	50.3					
7	Gs (3)/(6) gr/cc	2.54					

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588  
e-mail: [lnhgeo@yahoo.com](mailto:lnhgeo@yahoo.com)  
[lnh\\_uni@uni.edu.pe](mailto:lnh_uni@uni.edu.pe)

# AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRA

A



## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

PROYECTO: Aplicación de Geotextiles en Vlas Afirmadas  
 SOLICITADO: Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN: Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 CALICATA: MUESTRA: Subrasante PROF. (m): \_\_\_\_\_  
 ING RESP: ING. J. MARTINEZ TECNICO: F.A./L.A./N./A.C.H. FECHA: 26 Abril 2007

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):  
 PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):  
 PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):  
 PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):

2.990
200.000
121.800
78.200

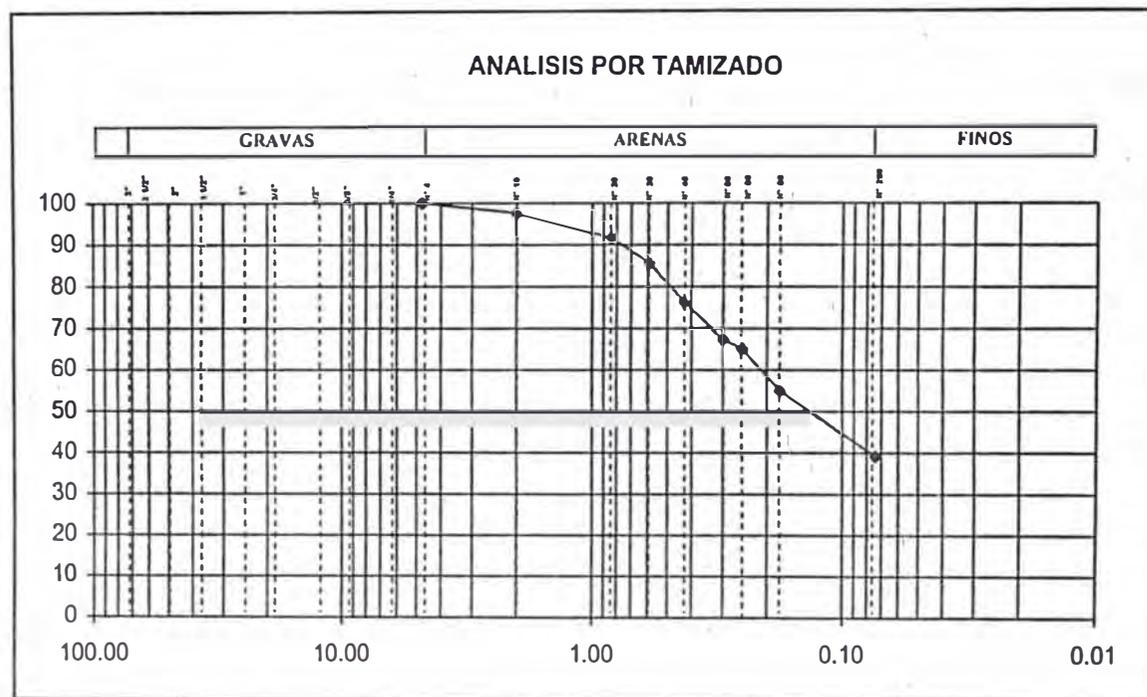
D60	0.214
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

### PARAMETROS DE GRANULOMETRIA

Gravas	0.00
Arenas	60.90
Finos	39.10

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	2.40
Media	21.40
Fina	37.10

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		100.00
N° 10	2.000	4.80	97.60
N° 20	0.840	11.90	91.65
N° 30	0.590	12.10	85.60
N° 40	0.426	18.80	76.20
N° 50	0.297	17.80	67.30
N° 60	0.250	4.50	65.05
N° 80	0.177	20.30	54.90
N° 200	0.074	31.60	39.10
FONDO	.....		
Limos 0.074mm-0.005mm.			
Arcillas < 0.005mm.			
Coloides < 0.001mm.			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel: 99912987 95242588  
 e-mail: lnhgco@yahoo.com  
 lnh\_uni@uni.edu.pe

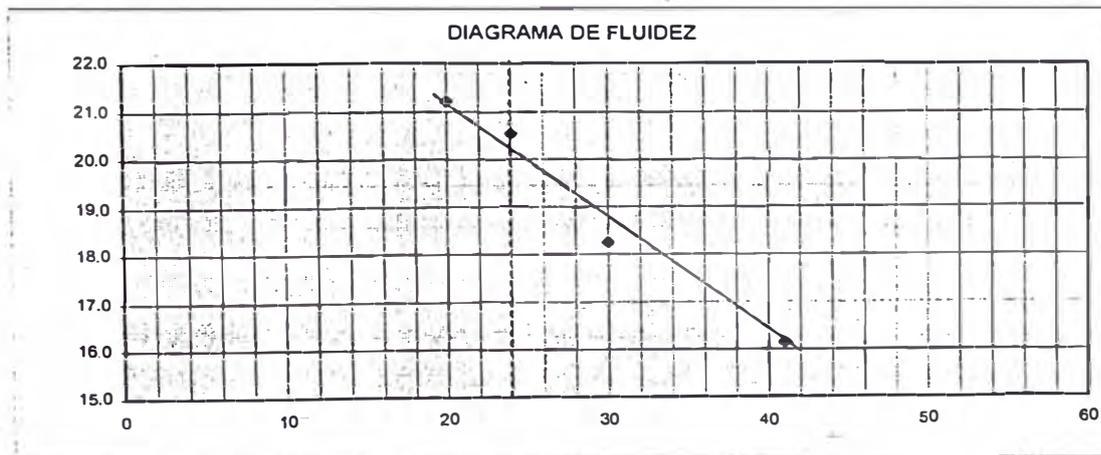


**LIMITES DE ATTERBERG**

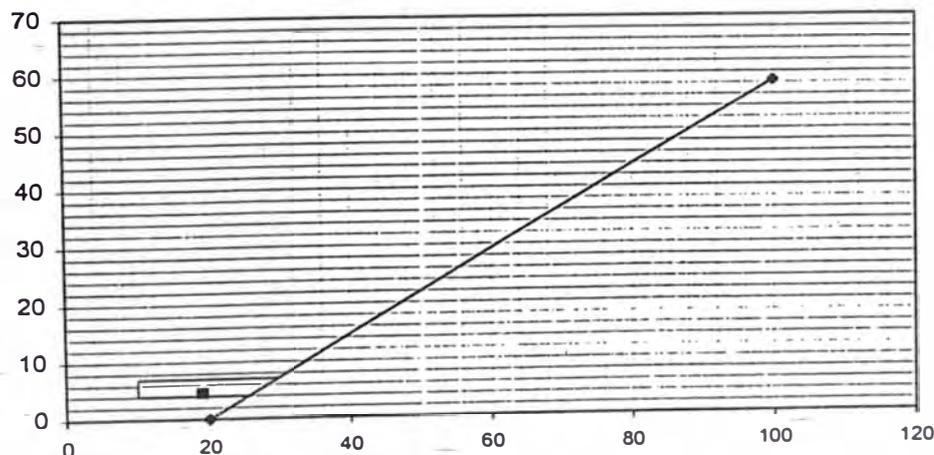
SOLICITANTE	Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC	FECHA	26 Abril 2007
PROYECTO	Aplicación de Geotextiles en Vías Afirmadas	ENSAYO	-
LOCALIZACION	Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Inge	OPERADOR	Y.F.A./L.A.N./A.CH.O.
SONDAJE		REVISADO	ING. J. MARTINEZ
MUESTRA	Subrasante PROF (m) :		

ENSAYO No	CAPSULA N.	LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318)		LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318)			
		1	2	1	2	3	4
		304	121	150	308	161	19
	NUMERO DE GOLPES			20	24	30	41
1	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	14.30	17.40	18.30	19.10	21.30	25.30
2	PESO CAPSULA + SUELO SECO	13.90	17.00	17.00	17.80	19.70	24.00
3	PESO CAPSULA	11.23	14.13	10.87	11.47	10.93	15.95
4	PESO AGUA (1-2)	0.40	0.40	1.30	1.30	1.60	1.30
5	PESO SUELO SECO (2-3)	2.67	2.87	6.13	6.33	8.77	8.05
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5*100)	14.98	13.94	21.21	20.54	18.24	16.15
		L.P. = 14.46		L.L. = 19.03			

I.P. = 4.58



**CARTA DE PLASTICIDAD**



DESCRIPCION DEL MATERIAL FINO: CL-ML



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Mejoramiento Estructural con Geotextiles  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : Y.F.A./K.R.L. FECHA: 26 de Abril 2007

### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

#### MUESTRAS

CALICATA	Material Subrasante				
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No	362				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	190.17			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	172.80			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	17.37			
4. Peso de recipiente	grs	11.85			
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	160.95			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	10.79			

#### MUESTRAS

CALICATA	Material Subrasante				
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

#### MUESTRAS

CALICATA	Material Subrasante				
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
 Telf. (01) 431-1070 anexo 302 Cel:99912987\_95242588  
 e-mail: lnhgco@yahoo.com  
 lnhg\_uni@uni.edu.pe



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Aplicación de Geotextiles en Vías Afirrnadas  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : Y.F.A./L.A.N./A.CH.O. FECHA: MARZO 2007

### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

#### MUESTRAS

CALICATA		Material Subrasante	Material Subrasante	Material Subrasante	Material Subrasante	
MUESTRA N°		A	A	B	B	Promedio
PROFUNDIDAD (m)		A	A	B	B	Promedio
FRASCO No		362	302	334	375	
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	134.89	135.56	161.90	146.21	
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	133.50	134.00	155.50	139.70	
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	1.39	1.56	6.40	6.51	
4. Peso de recipiente	grs	11.85	11.01	11.70	12.04	
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	121.65	122.99	143.80	127.66	
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	1.14	1.27	4.45	5.10	2.99

#### MUESTRAS

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

#### MUESTRAS

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588  
 e-mail: [lnhgeo@yahoo.com](mailto:lnhgeo@yahoo.com)  
[lnh\\_uni@uni.edu.pe](mailto:lnh_uni@uni.edu.pe)



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRÁULICA ÁREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA

## LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Mejoramiento Estructural con Geotextiles  
SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
HECHO POR : Y.F.A./M.A.L./K.C.L.

FECHA: 26 de Abril del 2007

### DENSIDAD DE CAMPO ANILLO

#### MUESTRAS

CALICATA		Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante				
MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 5				
PROFUNDIDAD (m)										
FRASCO No		325	78	200	29	342				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	343.80	303.60	322.10	354.50	364.30				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	341.60	299.80	317.90	351.80	362.60				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	2.20	3.80	4.20	2.70	1.70				
4. Peso de recipiente	grs	172.90	144.70	138.90	162.50	173.40				
5. Peso de suelo seco	(2) - (4) grs	168.70	155.10	179.00	189.30	189.20				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	1.30	2.45	2.35	1.43	0.90				
7. Volumen del anillo	cc	113.10	113.10	113.10	113.10	113.10				
8. Densidad seca	(5)/(7)	1.49	1.37	1.58	1.67	1.67				
9. Peso suelo húmedo	(1)-(4)	170.90	158.90	183.20	192.00	190.90				
10. Densidad húmeda	(9)/(7)	1.51	1.40	1.62	1.70	1.69				

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588  
e-mail: [lnhgeo@yahoo.com](mailto:lnhgeo@yahoo.com)  
[lnh\\_uni@uni.edu.pe](mailto:lnh_uni@uni.edu.pe)

## RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO :	APLICACIÓN DE GEOTEXILES TEJIDOS EN VIAS AFIRMADAS					
SOLICITA :	GRUPO N°3 - CURSO DE TITULACION 2006 FIC	UBICACIÓN :	Laboratorio Nacional de Hidraulica - Universidad Nacional de Ingenieria			

MATERIAL  
MUESTRA  
PROFUNDIDAD  
CLASIFICACION

Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante		
M-1		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5		
	3 GOLPES	3 GOLPES "A"	3 GOLPES "B"	3 GOLPES "C"	3 GOLPES "D"	3 GOLPES "E"		
SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM		

Datos de Humedad

	Humedad Inicial	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado		
Wmuestra	0.95	5.31	19.56	22.22	17.61	20.08	21.03	

Datos de Densidad

		Sin Saturar						
γ		1.70	1.70	1.69	1.69	1.65		

MATERIAL  
MUESTRA  
PROFUNDIDAD  
CLASIFICACION

	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante		
		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5		
	12 GOLPES	12 GOLPES "A"	12 GOLPES "B"	12 GOLPES "C"	12 GOLPES "D"	12 GOLPES "E"		
SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM		

Datos de Humedad

	Humedad Inicial	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado		
Wmuestra	4.72	21.71	22.24	22.98	21.48	22.87		

Datos de Densidad

		Sin Saturar						
γ		1.79	1.77	1.78	1.79	1.83		

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

PROYECTO :	APLICACIÓN DE GEOTEXTILES TEJIDOS EN VIAS AFIRMADAS						
SOLICITA :	GRUPO N°3 - CURSO DE TITULACION 2006	UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidraulica - Universidad Nacional de Ingenieria					
	FIC						

MATERIAL	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante		
MUESTRA		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5		
PROFUNDIDAD	17 GOLPES	17 GOLPES "A"	17 GOLPES "B"	17 GOLPES "C"	17 GOLPES "D"	17 GOLPES "E"		
CLASIFICACION	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM		

Datos de Humedad	Humedad Inicial	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado		
Wmuestra	8.14	17.92	19.33	19.33	22.19	26.12		

Datos de Densidad		Sin Saturar						
γ		1.94	2.70	2.66	2.41	2.39		

MATERIAL	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante	Subrasante		
MUESTRA		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5		
PROFUNDIDAD	25 GOLPES	25 GOLPES "A"	25 GOLPES "B"	25 GOLPES "C"	25 GOLPES "D"	25 GOLPES "E"		
CLASIFICACION	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM		

Datos de Humedad	Humedad Inicial	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado		
Wmuestra	8.31	21.32	21.56	21.98	21.57	21.45		

Datos de Densidad		Sin Saturar						
γ		1.98	2.83	2.70	2.43	2.41		



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Mejoramiento Estructural con Geotextiles  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : Y.F.A./M.A.L./K.C.L. FECHA: 26 de Abril del 2007

### CONTENIDO DE HUMEDAD

#### ASTM D - 2216

#### MUESTRAS

CALICATA	Natural	Inicio	Inicio	Inicio	Inicio
MUESTRA N°	Subrasante	3 Golpes	12 Golpes	17 Golpes	25 Golpes
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No	343	304	304	192	328
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 99.73	100.61	110.14	95.99	90.90
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 98.90	96.10	105.68	89.88	84.78
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 0.83	4.51	4.46	6.11	6.12
4. Peso de recipiente	grs 11.75	11.23	11.23	13.16	12.40
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs 87.15	84.87	94.45	76.72	72.38
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 0.95	5.31	4.72	7.96	8.46

#### MUESTRAS SATURADO 3 GOLPES

CALICATA	A	B	C	D	E
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No	374	307	332	327	169
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 170.19	120.97	138.01	141.51	164.75
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 144.33	101.19	119.15	119.77	138.90
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 25.86	19.78	18.86	21.74	25.85
4. Peso de recipiente	grs 12.09	12.18	12.07	11.49	15.98
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs 132.24	89.01	107.08	108.28	122.92
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 19.56	22.22	17.61	20.08	21.03

#### MUESTRAS SATURADO 12 GOLPES

CALICATA	A	B	C	D	E
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No	356	35	338	354	15
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 98.05	110.78	132.49	132.92	144.40
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 82.34	92.94	109.62	111.61	120.42
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 15.71	17.84	22.87	21.31	23.98
4. Peso de recipiente	grs 9.98	12.72	10.09	12.37	15.57
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs 72.36	80.22	99.53	99.24	104.85
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 21.71	22.24	22.98	21.47	22.87

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4

Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588  
 e-mail: [lnhgeo@yahoo.com](mailto:lnhgeo@yahoo.com)  
[lnh\\_uni@uni.edu.pe](mailto:lnh_uni@uni.edu.pe)



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA  
AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : Mejoramiento Estructural con Geotextiles  
SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
HECHO POR : Y.F.A./M.A.L./K.C.L. FECHA: 26 de Abril del 2007

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

MUESTRAS SATURADO 17 GOLPES

CALICATA		A	B	C	D	E
MUESTRA N°						
PROFUNDIDAD (m)						
FRASCO No		359	169	31	354	375
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	102.04	100.13	93.29	100.58	150.82
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	88.20	86.50	80.34	84.56	122.08
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	13.84	13.63	12.95	16.02	28.74
4. Peso de recipiente	grs	10.95	15.98	13.33	12.37	12.04
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	77.25	70.52	67.01	72.19	110.04
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	17.92	19.33	19.33	22.19	26.12

MUESTRAS SATURADO 25 GOLPES

CALICATA		A	B	C	D	E
MUESTRA N°						
PROFUNDIDAD (m)						
FRASCO No		343	338	378	321	329
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	100.47	127.41	120.08	103.37	111.40
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	84.88	106.60	100.36	86.95	87.79
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	15.59	20.81	19.72	16.42	23.61
4. Peso de recipiente	grs	11.75	10.09	10.63	10.83	10.34
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	73.13	96.51	89.73	76.12	77.45
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	21.32	21.56	21.98	21.57	30.48

MUESTRAS

CALICATA						
MUESTRA N°						
PROFUNDIDAD (m)						
FRASCO No						
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs					
2. Peso recipiente + suelo seco	grs					
3. Peso de agua	(1) - (2) grs					
4. Peso de recipiente	grs					
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs					
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %					

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel. 99912987-95242588  
e-mail: lnhgeo@y3hoo.com  
lnh\_uni@uni.edu.pe



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



**DENSIDADES MINIMA Y MAXIMA**  
A.S.T.M. D-4253 y A.S.T.M. D-4254

PROYECTO : Mejoramiento Estructural con Geotextiles  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : Y.F.A./M.A.L./K.C.L. FECHA: 26 de Abril 2007

MOLDE	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Wmolde	2922.00	1746.00	1850.00	1860.00	1856.00
Volumen	2184.05	2119.84	2119.84	2184.05	2161.32

<b>3 GOLPES</b>						
<b>MUESTRA</b>	A	B	C	D	E	
Ws+m	6624.00	7018.00	6978.00	6622.00	6428.00	

<b>DENSIDAD</b>	1.70	2.49	2.42	2.18	2.12	
-----------------	------	------	------	------	------	--

<b>3 GOLPES</b>						
<b>gr/cm3</b>	1.70	2.49	2.42	2.18	2.12	

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588  
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com  
 lnh\_uni@uni.edu.pe



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



**DENSIDADES MINIMA Y MAXIMA**  
A.S.T.M. D-4253 y A.S.T.M. D-4254

PROYECTO : Mejoramiento Estructural con Geotextiles  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : Y.F.A./M.A.L./K.C.L. FECHA: 26 de Abril 2007

MOLDE	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Wmolde	2922.00	1746.00	1850.00	1860.00	1856.00
Volumen	2184.05	2119.84	2119.84	2184.05	2161.32

12 GOLPES					
MUESTRA	A	B	C	D	E
Ws+m	6830.00	7170.00	7164.00	6850.00	6806.00

DENSIDAD	1.79	2.56	2.51	2.28	2.29
----------	------	------	------	------	------

12 GOLPES					
gr/cm3	A	B	C	D	E
	1.79	2.56	2.51	2.28	2.29



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



**DENSIDADES MINIMA Y MAXIMA**  
A.S.T.M. D-4253 y A.S.T.M. D-4254

PROYECTO : Mejoramiento Estructural con Geotextiles  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : Y.F.A./M.A.L./K.C.L. FECHA: 26 de Abril

MOLDE		A	B	C	D	E
Wmolde		2922.00	1746.00	1850.00	1860.00	1856.00
Volumen		2184.05	2119.84	2119.84	2184.05	2161.32

<b>17 GOLPES</b>						
<b>MUESTRA</b>	A	B	C	D	E	
Ws+m	7162.00	7470.00	7498.00	7118.00	7012.00	
DENSIDAD	1.94	2.70	2.66	2.41	2.39	
<b>17 GOLPES</b>						
gr/cm3	1.94	2.70	2.66	2.41	2.39	

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588  
 e-mail: lnhggeo@yahoo.com  
 lnh\_uni@uni.edu.pe



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



**DENSIDADES MINIMA Y MAXIMA**  
A.S.T.M. D-4253 y A.S.T.M. D-4254

PROYECTO : Mejoramiento Estructural con Geotextiles  
 SOLICITADO : Grupo 3 - Curso de Titulación 2006 - FIC  
 UBICACIÓN : Laboratorio Nacional de Hidráulica - Universidad Nacional de Ingeniería  
 HECHO POR : Y.F.A./M.A.L./K.C.L. FECHA: 26 de Abril

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
MOLDE	2922.00	1746.00	1850.00	1860.00	1856.00
Wmolde	2184.05	2119.84	2119.84	2184.05	2161.32
Volumen					

<b>25 GOLPES</b>					
<b>MUESTRA</b>	A	B	C	D	E
Ws+m	7250.00	7754.00	7570.00	7162.00	7074.00

<b>DENSIDAD</b>	1.98	2.83	2.70	2.43	2.41

<b>9 GOLPES</b>					
<b>gr/cm3</b>	1.98	2.83	2.70	2.43	2.41

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

<b>PROYECTO :</b>	<b>APLICACIÓN DE GEOTEXTILES TEJIDOS EN VIAS AFIRMADAS</b>											
<b>SOLICITA :</b>	<b>GRUPO N°3 - CURSO DE TITULACION 2006 FIC</b>	<b>UBICACIÓN :</b>	<b>Laboratorio Nacional de Hidraulica - Universidad Nacional de Ingenieria</b>									

**CONTROL DE EVAPORACION DE LA SUBRASANTE**

<b>MUESTRA</b>	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	
<b>FECHA</b>	08/05/07	08/05/07	08/05/07	08/05/07	09/05/07	09/05/07	09/05/07	09/05/07	09/05/07	09/05/07	09/05/07	09/05/07	
<b>HORA</b>	05:00 p.m.	05:00 p.m.	05:00 p.m.	05:00 p.m.	10:00 a.m.	10:00 a.m.	10:00 a.m.	10:00 a.m.	2:00pm	2:00pm	2:00pm	2:00pm	
<b>CLASIFICACION</b>	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM								

**Datos de Humedad**

<b>Wmuestra</b>	25.93	26.08	25.99	29.80	24.84	26.92	22.97	20.57	20.17	23.88	20.23	22.15	
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

<b>MUESTRA</b>	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	
<b>FECHA</b>	10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07	10/05/07	
<b>HORA</b>	08:30 a.m	08:30 a.m	08:30 a.m	08:30 a.m	2:00 p.m.	2:00 p.m.	2:00 p.m.	2:00 p.m.	06:00 p.m.	06:00 p.m.	06:00 p.m.	06:00 p.m.	
<b>CLASIFICACION</b>	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM									

**Datos de Humedad**

<b>Wmuestra</b>	25.77	26.17	25.51	21.01	25.70	19.98	2.032	2.046	19.74	18.07	23.52	19.56	
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

<b>MUESTRA</b>	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	
<b>FECHA</b>	11/05/07	11/05/07	11/05/07	11/05/07	11/05/07	11/05/07	11/05/07	11/05/07	12/05/07	12/05/07	12/05/07	12/05/07	
<b>HORA</b>	08:00 a.m	08:00 a.m	08:00 a.m	08:00 a.m	05:34 p.m.	05:34 p.m.	05:34 p.m.	05:34 p.m.	2:30 p.m	2:30 p.m	2:30 p.m	2:30 p.m	
<b>CLASIFICACION</b>	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	

**Datos de Humedad**

<b>Wmuestra</b>	24.33	24.09	25.42	23.95	20.59	22.53	22.17	18.07	25.22	23.45	22.31	23.37	
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

<b>MUESTRA</b>	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	
<b>FECHA</b>	12/05/07	12/05/07	12/05/07	12/05/07	14/05/07	14/05/07	14/05/07	14/05/07	14/05/07	14/05/07	14/05/07	14/05/07	
<b>HORA</b>	6:00 p.m	6:00 p.m	6:00 p.m	6:00 p.m	10:00 p.m.	10:00 p.m.	10:00 p.m.	10:00 p.m.	05:00 p.m.	05:00 p.m.	05:00 p.m.	05:00 p.m.	
<b>CLASIFICACION</b>	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	

**Datos de Humedad**

<b>Wmuestra</b>	22.17	22.16	22.71	23.43	24.00	23.87	24.28	23.77	18.08	21.89	19.57	20.49	
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--



# Anexo 4

## Certificados

- ❖ Características Geotextiles Tejidos, Amanco - Pavco
- ❖ Características Geotextiles No Tejidos, Amanco - Pavco

# GEOTEXTILES TEJIDOS

SEPTIEMBRE 2005

# eosintetico PAVCO

PROPIEDADES	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400	TR 4000	
Propiedades Mecánicas	Método Grab Resistencia a la Tensión Elongación	ASTM D-4632	N (lb) %	630(142) 19	960(216) 18	1080(246) 20	1360(306) 21	1590(358) 22	2500(562) 23
	Método Tira Ancha Sentido Longitudinal Elongación	ASTM D-4595	kN/m %	14 12	24 20	24 16	30 21	35 23	64 27
	Sentido Transversal Elongación	ASTM D-4595	kN/m %	18 13	25 14	29 16	35 17	41 18	64 18
	Resistencia al Punzonamiento CBR	ASTM D-6241	kN	2.5	3.7	3.9	5.3	5.9	9.5
	Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D-4533	N (lb)	260(58)	301(68)	400(91)	470(106)	550(124)	800(180)
	Método Mullen Burst Resistencia al Estallido	ASTM D-3786	kPa (psi)	2276(330)	3381(490)	3585(520)	4485(650)	5175(750)	8206(1190)
	Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	420(95)	590(133)	640(144)	760(171)	860(194)	1330(299)
	Res. UV %Ret.@500Horas	ASTM D-4355	%	>70	>70	>70	>70	>70	>70
Propiedades Hidráulicas	Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D-4751	mm (No. Tamiz)	0.425(40)	0.425(40)	0.6(30)	0.600(30)	0.600(30)	0.300(50)
	Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	0.4 x 10 <sup>-2</sup>	1.8 x 10 <sup>-2</sup>	1.4 x 10 <sup>-2</sup>	8.0 x 10 <sup>-2</sup>	8.0 x 10 <sup>-2</sup>	4.5 x 10 <sup>-2</sup>
	Permitividad	ASTM D-4491	s <sup>-1</sup>	0.1	0.3	0.2	0.8	0.8	0.5
	Espesor	ASTM D-5199	mm	0.4	0.6	0.7	1.0	1.0	1.3
Características	Tipo de Polímero	Fabricante		PP	PP	PP	PP	PP	PP
	Rollo Ancho	Medido	m	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.83
	Rollo Largo	Medido	m	200	160	120	100	100	100
	Rollo Área	Calculado	m <sup>2</sup>	770	616	462	385	385	383
Características	Separación		■	■	■	■	■	■	
	Estabilización		■	■	■	■	■	■	
	Refuerzo				■	■	■	■	

## CONVENCIONES

PP : Polipropileno  
 ASTM : American Society for  
 Testing and Materials  
 N.A. : No Aplica

## NOTAS

PAVCO S.A. se reserva el derecho de modificar las especificaciones que considere necesarias para garantizar la óptima calidad y funcionalidad de sus productos.

Los valores enunciados corresponden a los promedios estadísticos de los lotes de producción. Valores TÍPICOS.

Los geotextiles son productos fotodegradables, no biodegradables, no deben ser incinerados y se deben disponer en forma adecuada.

Para asesoría en diseño, procesos constructivos e instalación, favor contactar al Departamento de Ingeniería de PAVCO S.A.

Estos productos han sido manufacturados bajo los controles establecidos por un Sistema de Gestión de Calidad que cumple con los requisitos de ISO 9001:2000. El sistema ha sido certificado por BVQI.

Miembro Corporativo



International  
Geosynthetic  
Society



Oficina Principal: Autopista Sur No. 71 - 75 Bogotá D.C., Colombia. Tels: (57-1) 782 5081 / 82 Fax: (57-1) 782 5013  
 Medellín: (57-4) 352 1717 / 2122 Cali: (57-2) 442 3442 / 44 Barranquilla: (57-5) 369 0369  
 Servicio al Cliente Bogotá: (57-1) 777 2286 - 782 5111 Todo el país: 01 800 09 12286 o 01 800 09 P7AzV8CzO6  
 E-mail: servicio\_geosistemas@pavco.com.co - www.pavco.com.co



# G

# S NO TEJIDOS

# Geosintético PAVCO

SEPTIEMBRE 2005

PROPIEDADES	NOORMA	UNIDAD	NT 1000	NT 1800	NT 2000	NT 2500	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000	NT 7000	REPAV 400	REPAV 450	
PROPIEDADES MECANICAS	Método Grab Resistencia a la Tensión Elongación	ASTM D-4632	N (lb) %	450(102) >50	535(120) >50	615(138) >50	730(164) >50	780(176) >50	1040(234) >50	1230(277) >50	1430(322) >50	1720(387) >50	510(115) >50	580(131) >50
	Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	250(56)	290(65)	350(79)	390(88)	430(97)	590(133)	680(153)	790(178)	950(214)	290(65)	340(76)
	Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D-4533	N (lb)	190(43)	220(50)	255(57)	300(68)	320(72)	390(88)	430(97)	520(117)	570(128)	210(47)	230(52)
	Método Mullen Burst Resistencia al Estallido	ASTM D-3786	kPa (psi)	1310(190)	1517(220)	1758(255)	2000(290)	2208(320)	2827(410)	3172(460)	3861(560)	4551(660)	1449(210)	1689(245)
	Res. UV %Ret.@500Horas	ASTM D-4355	%	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70
PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS	Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D-4751	mm (No. Tamiz)	0.180(80)	0.150(100)	0.150(100)	0.150(100)	0.125(120)	0.106(140)	0.106(140)	0.106(140)	0.09(170)	N.A.	N.A.
	Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	42 x 10 <sup>-2</sup>	36 x 10 <sup>-2</sup>	37 x 10 <sup>-2</sup>	36 x 10 <sup>-2</sup>	36 x 10 <sup>-2</sup>	31 x 10 <sup>-2</sup>	35 x 10 <sup>-2</sup>	30 x 10 <sup>-2</sup>	27 x 10 <sup>-2</sup>	N.A.	N.A.
	Permitividad	ASTM D-4491	s <sup>-1</sup>	3.0	2.4	2.2	2.0	1.8	1.3	1.4	1.0	0.8	N.A.	N.A.
	Espesor	ASTM D-5199	mm	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.4	2.5	3.0	3.3	1.3	1.5
	Retención de Asfalto	ASTM D-6140	l/m <sup>2</sup>	N.A.	1.0	1.1								
PROPIEDADES FISICAS	Tipo de Polimero	Fabricante		PP	PP	PP								
	Rollo Ancho	Medido	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.8	3.8
			m	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	-	-
			m	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	-	-
	Rollo Largo	Medido	m	160	150	130	120	120	130	120	100	80	180	150
	Rollo Área	Calculado	m <sup>2</sup>	560	525	455	420	420	455	420	350	280	684	570
			m <sup>2</sup>	608	570	494	456	456	494	456	380	304	-	-
Rollo Ancho Máximo	Medido	m	640	600	520	480	480	520	480	400	320	-	-	
		m	4.1	4.1	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	-	-	
PROPIEDADES QUIMICAS	Filtración			████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████
	Drenaje			████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████
	Protección			████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████
	Separación					████	████	████	████	████	████	████	████	████
	Estabilización						████	████	████	████	████	████	████	████
	Refuerzo								████	████	████	████	████	████
	Repavimentación									████	████	████	████	████
													████	████



Oficina Principal: Autopista Sur No. 71 - 75 Bogotá D.C., Colombia. Tels: (57-1) 782 5081 / 82 Fax: (57-1) 782 5013  
 Medellín: (57-4) 352 1717 / 2122 Cali: (57-2) 442 3442 / 44 Barranquilla: (57-5) 369 0369  
 Servicio al Cliente Bogotá: (57-1) 777 2286 - 782 5111 Todo el país: 01 800 09 12286 ó 01 800 09 P7A2V8C2O6  
 E-mail: servicio\_geosistemas@pavco.com.co - www.pavco.com.co



# **Anexo 5**

## **Pruebas**

Nº 102575

PESAJE TOTALMENTE ELECTRONICO

**BALANZA**

**UNIVERSITARIA**

AV. UNIVERSITARIA NORTE 5331 - URB. SANTA ISOLINA  
COMAS - PERÚ (Alt. Cruce Av. Universitaria con Pan. Norte)  
Telf.: 5251049 / Fax: 5253389

**TICKET DE BALANZA**

ID	189640	TIME	10:15
VEHICLE	3174	DATE	20.06.07
BRUTO	8250 (1)		

Material AREWA GRUESA

Chofer VIRREY CASIMIRO ALVAREZ  
PLAZA VOLQUETE: WI 3174

**UNA VEZ PESADO EL VEHICULO NO HAY LUGAR A RECLAMO**

## ANÁLISIS ELÁSTICO CON EL MODELO DE HOGG VIGA BENKELMAN

Calcula "E"

### Datos de Ensayo de Campo

N°	Progr. (km)	Lado	Deflexiones (0.01 mm.)			
			D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>

### Parametros de Evaluación

DR/D <sub>0</sub> (cm)	R5 (cm)	L0 (cm)	So/S	E0 (kg/cm <sup>2</sup> )	HE (cm.)	D <sub>0</sub> (cm)	E* (kg/cm <sup>2</sup> )	E*/E0	CBR (%)
---------------------------	------------	------------	------	-----------------------------	-------------	------------------------	-----------------------------	-------	---------

1	36	LD	114	74	38	18
2	58	LD	118	93	37	12
3	79	LD	114	68	58	17
4						
5	3	LD	145	125	84	39
6	53	LD	107	81	51	25
7	73	LD	132	102	66	30

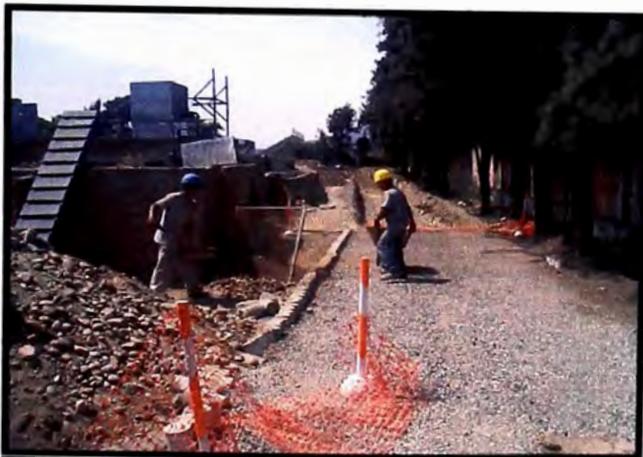
0.333	35.5	17.3	0.8	398.0	44.5	0.1	626.2	1.6	3.6
0.313	34.0	16.4	0.7	397.2	43.2	0.1	571.1	1.4	3.6
0.509	51.0	27.0	0.9	290.8	56.0	0.1	911.3	3.1	2.6
0.580	59.7	32.3	0.9	196.7	63.2	0.1	885.4	4.5	1.8
0.476	47.5	24.8	0.8	331.2	53.6	0.1	910.4	2.7	3.0
0.500	50.0	26.4	0.9	255.1	55.3	0.1	769.0	3.0	2.3

Promedio	121.8	90.4	55.7	23.5
Deflexión Característica	122.0	90.8	56.0	23.7
Desv. Estándar	14.3	20.9	18.0	9.9
Coef. Variación	11.7	23.1	32.2	42.1
Máximo	145.3	125.0	84.3	38.6
Mínimo	106.7	68.1	37.1	11.7

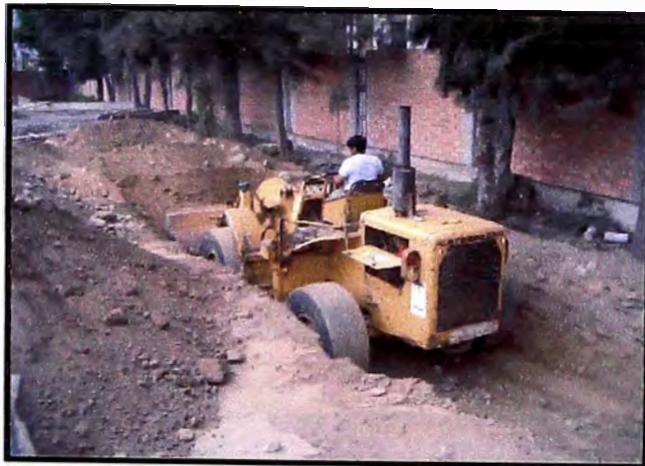
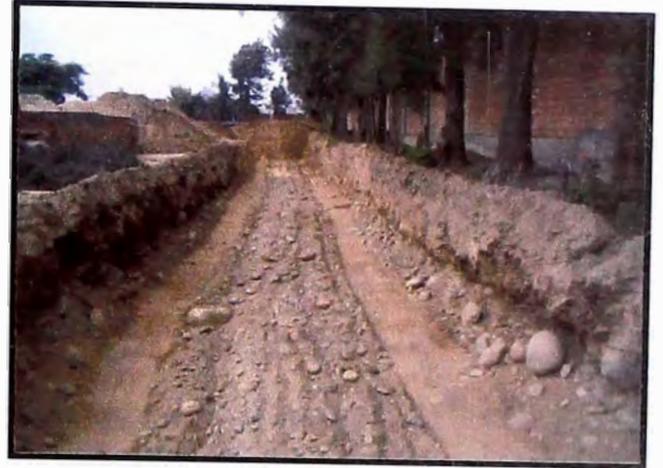
0.5	46.3	24.0	0.8	311.5	52.6	0.1214	778.9	2.7	2.8
0.1	9.9	6.1	0.1	80.0	7.6	0.0142	150.2	1.1	0.7
23.4	21.3	25.4	7.3	25.7	14.4	11.7403	19.3	41.3	25.7
0.6	59.7	32.3	0.9	398.0	63.2	0.1444	911.3	4.5	3.6
0.3	34.0	16.4	0.7	196.7	43.2	0.1057	571.1	1.4	1.8

# **Anexo 6**

## **Panel Fotográfico**



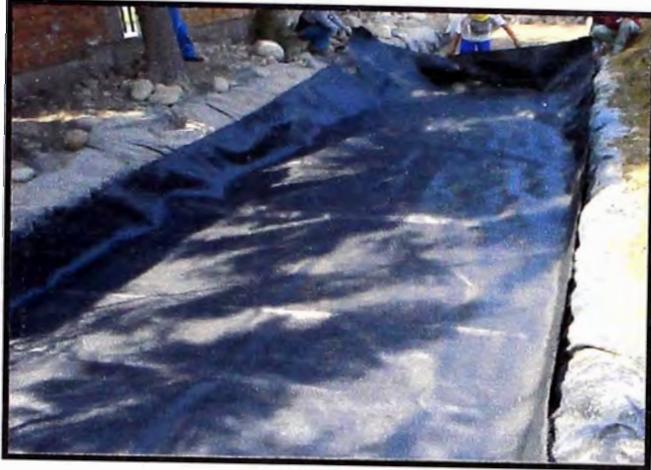
**Trazo, retiro de ripio del área experimental**



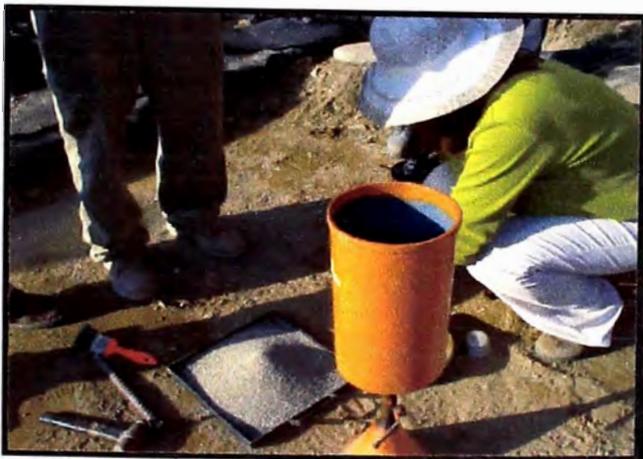
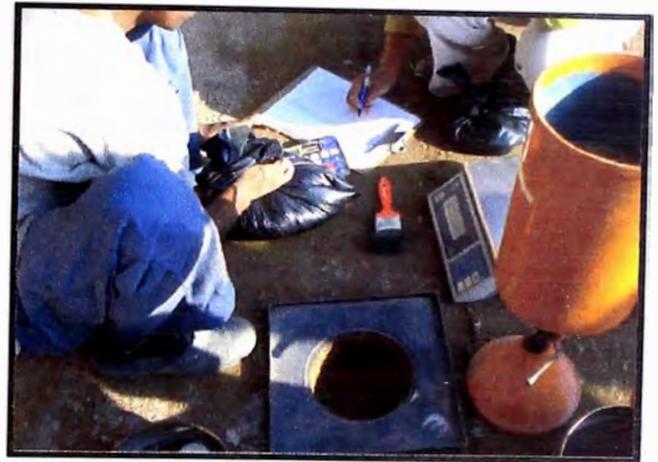
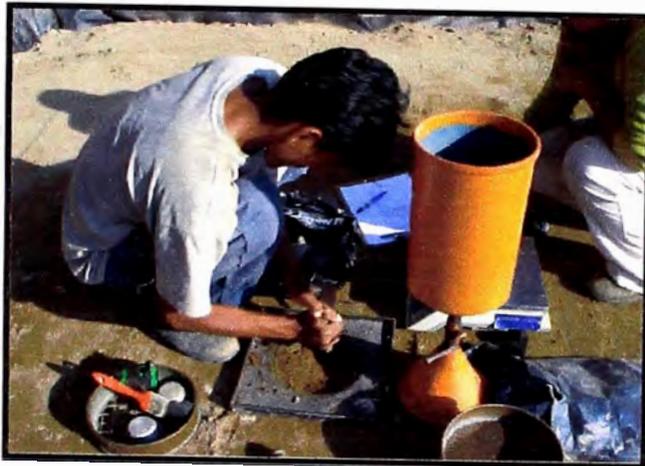
**Corte, Limpieza en el terreno del Proyecto Experimental UNI**



**Pruebas de material degradado**



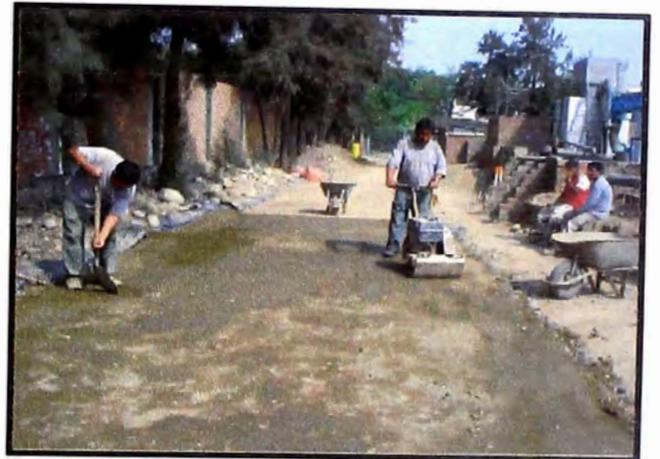
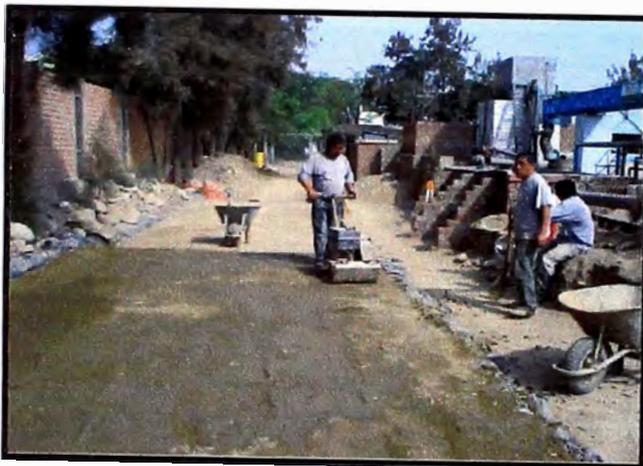
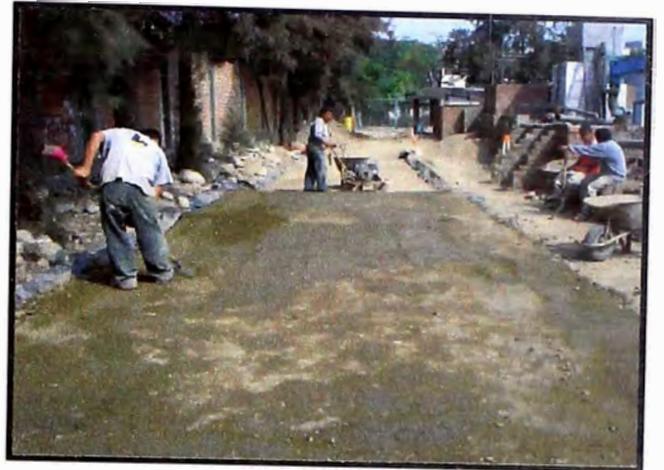
**Colocación Geotextil y Ejecución de Vía Afirmada**



**Compactación de la Vía Afirmada por Capas**



**Pruebas de Compactación en la Vía Afirmada**



**Construcción de la Vía Afirmada**



**Vía Afirmada terminada**



**Prueba de la Vía Afirmada con la Viga Benkelman**