

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN**

MAESTRÍA EN VÍAS TERESTRES

Resolución de Problema Profesional

Tema:

**“CAPACIDAD DE CARGA Y SU INCIDENCIA EN LA
SUBRASANTE EN LA VÍA PELILEO-PATATE”**

Resolución de un problema profesional, previo a la obtención del Grado Académico de Magister a través del Examen Complexivo.

AUTOR: ING. ÁNGEL NEPTALÍ VALDEZ SEVILLA

AMBATO-ECUADOR

2016

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

El Tribunal receptor del Problema Profesional presidido por Ing. Segundo Francisco Pazmiño Gavilánez, Mg. e integrado por los señores, Ing. Darío Sebastián Llamuca Benalcázar, Mg. e Ing. Galo Wilfrido Núñez Aldás, Mg designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar la Resolución del Problema Profesional con el tema: “Capacidad de carga y su incidencia en la sub-rasante en la vía Pelileo-Patate.” Elaborado y presentado por el Sr. Ing. Ángel Neptalí Valdez Sevilla, para optar por el Grado Académico de Magister a través del Examen Complexivo; una vez escuchada la defensa oral el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

.....

Ing. Segundo Francisco Pazmiño Gavilánez, Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal

.....

Ing. Darío Sebastián Llamuca Benalcázar, Mg.
Miembro del Tribunal

.....

Ing. Galo Wilfrido Núñez Aldás Mg
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL PROBLEMA PROFESIONAL

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en la Resolución del Problema Profesional presentando con el tema: “Capacidad de carga y su incidencia en la sub-rasante en la vía Pelileo-Patate.”, corresponde exclusivamente al Ing. Ángel Neptalí Valdez Sevilla.

Ing. Ángel Neptalí Valdez Sevilla

Autor

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. TEMA	6
2. CONTEXTUALIZACIÓN.....	6
3. ANÁLISIS CRÍTICO.....	7
3.1 Árbol del Problema	7
3.1.2 Prognosis	8
3.1.3 Formulación del Problema	8
3.1.4 Preguntas Directrices	8
3.1.5 Delimitación del Objeto de Investigación.....	8
3.2 Justificación.....	8
4 OBJETIVOS	9
4.1 General	9
4.2 Específicos	9
5. MARCO TEÓRICO.....	9
6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	10
6.1 ENFOQUE	10
6.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
6.2.1 Investigación de Campo	10
6.2.2 Investigación de Laboratorio.....	11
6.2.3 Investigación Documental	11
6.2.4 Investigación Experimental	11
6.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	11
6.3.1 Nivel Descriptivo	11
6.3.2 Nivel Exploratorio.....	11
6.3.3 Investigación Correlacional.....	11
6.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	12
6.4.1 Población.....	12
6.4.2 Cálculo de la Muestra.....	12
6.5 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	12
7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	13
7.1 ENSAYO DE CBR	14

7.2 PREPARACION DE LAS MUESTRAS	15
7.3 Ensayo SPT (Standard Penetration Test)	16
8. CONCLUSIONES	18
9. PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	18
9.1 METODOLOGÍA EMPLEADA	21
9.1.1. Trabajos de Campo	21
9.1.2. Trabajos de Laboratorio	21
9.1.3. Trabajos de Oficina.....	22
9.2. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE	22
9.3. PROPIEDADES MECÁNICAS	23
9.4 ESPESORES ADOPTADOS.....	24
9.5. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	25
10. RECOMENDACIONES	26
REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS.....	26
ANEXOS	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación Esfuerzo deformación	14
Tabla 2 Resumen de CBR	15
Tabla 3. Cuadro de Resumen del NSPT.....	16
Tabla 4. Correlación de NSPT y CBR	16
Tabla 5 Clasificación del suelo de acuerdo al CBR	17
Tabla 6 Propiedades Índice de Suelo	23
Tabla 7 Tipo de Suelo VS CBR	23
Tabla 8. Correlación de NSPT y CBR	24
Tabla 9 Sub base VS CBR	24

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Vía Pelileo-Patate.....	7
Gráfico 2 Árbol de problemas	7
Gráfico 3 Número de golpes en función de la profundidad	13
Gráfico 4 Correlación CBR-SPT.....	17
Gráfico 5 Perfil de la Vía en estudio	22

1. TEMA

“CAPACIDAD DE CARGA Y SU INCIDENCIA EN LA SUBRASANTE EN LA VÍA PELILEO-PATATE”

2. CONTEXTUALIZACIÓN

El diseño de toda estructura es garantizar la funcionalidad de la misma, por lo que es imprescindible realizar un estudio de suelos para determinar la capacidad portante del suelo y evitar futuros problemas.

El ensayo de SPT es aplicado a nivel mundial y muy conocido en la ingeniería civil debido a que es un ensayo antiguo y práctico en el campo, su fácil interpretación lo convierte en una herramienta de primer orden.

El SPT permite calcular la capacidad de carga del suelo, el cual es un parámetro fundamentalmente utilizado en el diseño de cualquier estructura civil.

La mejora de las carreteras a nivel nacional permite el desarrollo de amplios sectores agrícolas, ganaderos, comerciales y turísticos. El principal propósito de un estudio de suelos es tener una buena estabilidad de pavimento y garantizar su vida útil proporcionando seguridad a sus usuarios

El Cantón Patate se encuentra ubicado 2200 msnm y el Cantón Pelileo se sitúa a 2600 msnm los mismos que se encuentran al sureste de la ciudad de Ambato a 19 km de la línea del volcán Tungurahua.

En esta zona donde se encuentra la vía, se pretende tener un modelo de la influencia de un estudio de suelos eficiente con relación a la capa de rodadura para así mitigar los problemas que en ellas se presenta



Gráfico 1 Vía Pelileo-Patate
Fuente: Autor.

3. ANÁLISIS CRÍTICO

3.1 Árbol del Problema

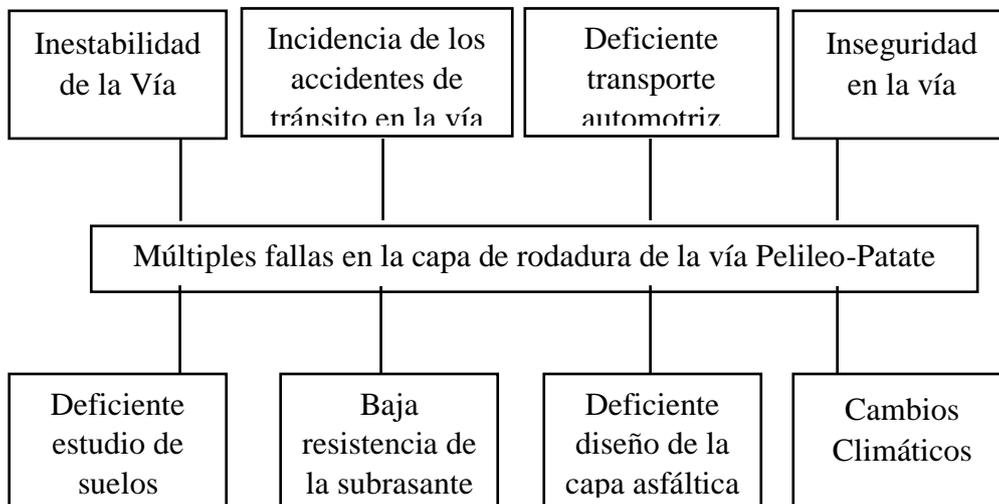


Gráfico 2 Árbol de problemas
Elaborado por: Autor (2016)

3.1.2 Prognosis

La baja resistencia de la subrasante provoca hundimientos en la capa de rodadura lo cual dificulta el tránsito vehicular por las múltiples fallas que presenta la misma, que afectan directamente a las poblaciones que se comunican entre sí, produciendo accidentes, mayor costo operacional de vehículos e inseguridad ocasionando pérdidas socio-económicas.

3.1.3 Formulación del Problema

¿La baja resistencia de la subrasante la principal causa de múltiples fallas en la capa de rodadura que se produce en la vía Pelileo-Patate durante el periodo 2014?

3.1.4 Preguntas Directrices

- ¿Qué tipo de estudios para la subrasante existen?
- ¿Qué solución han dado a la baja resistencia que presenta la subrasante de múltiples fallas en la capa de rodadura?
- ¿En que afecta un inadecuado estudio de CBR en la subrasante?

3.1.5 Delimitación del Objeto de Investigación

- **Campo:** Vías Terrestres
- **Área:** Vías y transportes terrestres
- **Aspecto:** Estudio de suelos en la vía Pelileo-Patate
- **Temporal:** Tiempo del problema 2013, tiempo de investigación 2013-2014
- **Espacial:** Provincia de Tungurahua, Cantón Pelileo, vía interparroquial Pelileo-Patate (Anexo 2)

3.2 Justificación

Esta baja resistencia en la subrasante de la vía Pelileo-Patate, han creado problemas en el ámbito social, político, económico y psicológico, requiere necesariamente la intervención de profesionales para remediar estos fenómenos existentes, deben ser tratados estos efectos colaterales hacia las poblaciones, gobiernos y organizaciones sociales siendo necesario una investigación profunda

desde los suelos mediante trabajos de campo, dando la oportunidad de tener una mayor capacidad funcional, nivel de servicio de la vía y sobre todo seguridad para los transportistas.

4 OBJETIVOS

4.1 General

Determinar la capacidad de carga en la subrasante mediante correlación con el CBR que eviten las múltiples fallas que presentan las vías.

4.2 Específicos

- Realizar el ensayo del SPT (del inglés Standard Penetration Test) en el sitio de la vía donde se evidencie las fallas que presenta la subrasante.
- Realizar los ensayos del CBR donde se presentarán las fallas de la vía.
- Establecer el tipo de mejoramiento de suelos en función del ensayo del SPT y CBR.

5. MARCO TEÓRICO

Capacidad de Carga

Al conceptualizar la capacidad de carga se señala principalmente a una definición genérica, como la que aplica el geógrafo P. George que sugiere que la capacidad de carga es “la tolerancia de cada punto del territorio para acoger los usos del suelo sin que se produzcan deterioros en el medio más allá de los límites tolerables” (Menéndez, 1986) , es decir, esos límites vienen dados por el deterioro del medio, por los impactos negativos.

Método de Penetración Standard.

Este procedimiento es, entre todos los exploratorios preliminares, quizás el que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona más útil información en torno al subsuelo.

En suelos friccionantes la prueba permite conocer la compacidad de los mantos, característica fundamental respecto a su comportamiento mecánico.

En los suelos plásticos la prueba permite adquirir una idea de la resistencia a la compresión simple.

El método lleva implícito un muestreo que proporciona muestras alteradas representativas del suelo en estudio.

El equipo necesario consta de un muestreador especial (penetrómetro estándar) de dimensiones establecidas. Es normal que el penetrómetro sea de media caña, para facilitar la extracción de la muestra que haya penetrado en su interior.

El penetrómetro se enrosca al extremo de la tubería de perforación y la prueba consiste en hacerlo penetrar a golpes por un martillo de 63,5 Kg. (140 lbs) que cae desde 76 cm (30 pulgadas) contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 30 cm.

El martinete hueco y guiado por la misma tubería de perforación es elevado por un cable que pasa por la polea del trípode y dejándolo caer desde la altura requerida contra un ensanchamiento de la misma tubería de perforación hecho para el efecto. (Mantilla, 2003)

6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

6.1 ENFOQUE

Para el mejoramiento de la subrasante en la vía Pelileo - Patate se utilizará un enfoque cuali-cuantitativo debido a que la investigación priorizará técnica cualitativa a través de la determinación de las características de la vía así mismo se realizará la recolección y análisis de datos que ayudarán para el buen funcionamiento y mantenimiento de la misma.

6.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

6.2.1 Investigación de Campo

Se refiere al desarrollo del proyecto que se realizó en el mismo lugar donde proceden los hechos razón por la cual se empleó una investigación de campo.

6.2.2 Investigación de Laboratorio

Se toma en cuenta en el ensayo de CBR para determinar la resistencia al corte de la subrasante de los suelos en estudio.

6.2.3 Investigación Documental

En atención a la problemática expuesta se recolectó la información pertinente de libros, tesis, folletos, normas y especificaciones entre otros.

6.2.4 Investigación Experimental

Esta modalidad permitirá establecer un análisis de los ensayos realizados en laboratorio que facilite la interpretación del comportamiento del suelo con respecto al número de golpes del ensayo SPT y valores de CBR obtenidos.

6.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

6.3.1 Nivel Descriptivo

Permite especificar las particularidades más importantes de la vía, el tipo de fallas la condición actual de ciertos tramos de la vía en estudio; que servirá para el análisis y la solución que conlleva la información de dichos elementos.

6.3.2 Nivel Exploratorio

Los estudios exploratorios se efectúan para familiarizar la realidad del proyecto que es “La Capacidad de Carga y su incidencia en la subrasante en la vía Pelileo-Patate” posibilitando la generación de soluciones y con ello ampliar el conocimiento acerca de este tema.

6.3.3 Investigación Correlacional

Se puede decir que en la investigación correlacional se ve reflejada la dependencia existente entre la capacidad de carga y el CBR de la subrasante manifestada por las fallas que son visibles en la capa de rodadura.

6.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

6.4.1 Población

El universo de este estudio está constituido por el número de ensayos SPT y el CBR que deben realizarse de la vía Pelileo-Patate.

6.4.2 Cálculo de la Muestra

El análisis se realiza para dos muestras localizadas en las abcisas 0+800 y 8+100 en la vía Pelileo – Patate, que es donde se evidencia los inconvenientes dificultando el tránsito normal de los vehículos.

6.5 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Es conveniente reunir la mayor cantidad de información concerniente a la zona ya que esta será la base para la solución del problema planteado, para ello se utilizó:

Inspección Técnica

Se efectuó una inspección técnica de campo (previa la obtención de las muestras) que permitió obtener la ubicación exacta de las fallas (piel de cocodrilo, fisuraciones, deformaciones, hundimientos, pérdidas de las capas de estructura, daños (superficiales) encontradas en ambos lados de la vía en estudio.

Estudio de Suelos

De Campo.

Mediante el ensayo SPT realizado en las zonas donde se presentan las fallas, se determinó el número de golpes, que servirán para la determinación de la capacidad de carga.

En cada avance de 30 cm debe retirarse el penetrómetro, removiendo el suelo de su interior, el cual constituye la muestra. El fondo del pozo debe ser previamente limpiado de manera cuidadosa, usando posteadoras o cucharas, o con agua.

Una vez limpio el pozo el muestreador se hace descender hasta tocar el fondo y seguidamente, a golpes, se hace que el penetrómetro entre 15 cm dentro del suelo.

Desde este momento deben contarse los golpes necesarios para lograr la penetración de los siguientes 30 cm, a continuación, se hace penetrar el muestreador en toda su longitud.

Al retirarse el muestreador o cucharra partida el suelo que se encuentra en su interior constituye la muestra que puede obtenerse en este procedimiento. (Mantilla, 2003)

Obsérvese la gráfica que es una visualización del Ensayo de Penetración Estándar y de la forma de determinar el parámetro N buscado.

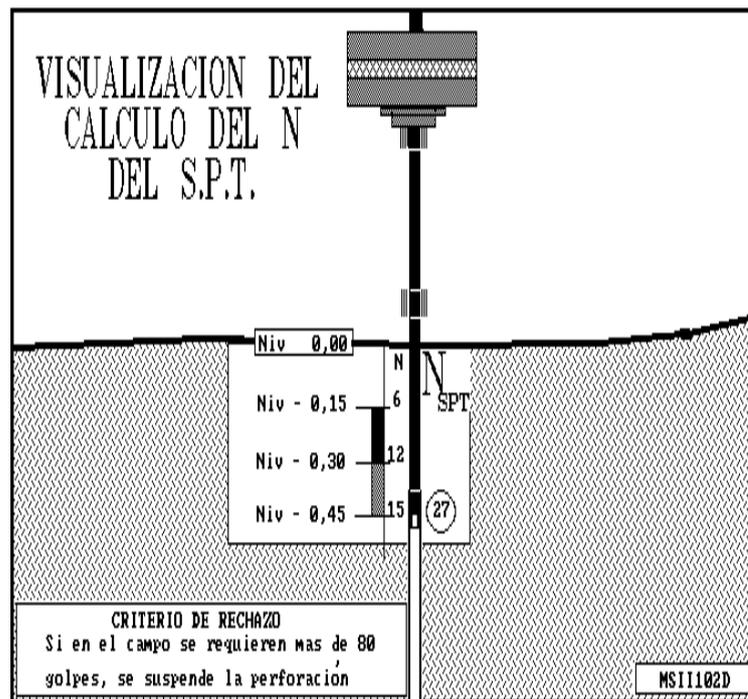


Gráfico 3 Número de golpes en función de la profundidad
Fuente: (Mantilla, 2003)

De Laboratorio

Recolectar muestras para el respectivo ensayo del CBR.

7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Tiene el objetivo de dar a conocer de forma detallada los resultados obtenidos durante el proceso de investigación. Donde el estudio de CBR es de trascendental importancia en este proyecto.

7.1 ENSAYO DE CBR

El C.B.R. (California Bearing Ratio), es una medida relativa de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de humedad y densidad, cuidadosamente controlados que tiene aplicación para el diseño de vías terrestres.

Es la relación entre el esfuerzo requerido para introducir un pistón normalizado dentro del suelo que se ensaya, y el esfuerzo requerido para introducir el mismo pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón de piedra triturada.

Esta relación se expresa en porcentaje: %

$$\text{CBR} = \frac{\text{Esfuerzo del suelo ensayado}}{\text{Esfuerzo del suelo patrón}} \times 100$$

Los valores de esfuerzo para las diferentes profundidades de penetración dentro de la muestra patrón son los que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 1 Relación Esfuerzo deformación

RELACION ESFUERZO - DEFORMACION PARA LA MUESTRA PATRON	
PENETRACION (pulgadas)	ESFUERZO (libras/plg²)
0.1	1000
0.2	1500
0.3	1900
0.4	2300
0.5	2600

Fuente: (Mantilla, 2003)

7.2 PREPARACION DE LAS MUESTRAS

Tamizado y pulverización de las muestras.

Ensayo de Compactación con una parte de la muestra.

El material sobrante se mezcla con la cantidad de agua necesaria para obtener la humedad óptima.

Se preparan tres moldes de C.B.R.

Se compactan tres muestras de suelo con cinco capas cada una para 56, 27, y 11 golpes.

Se enrasan las muestras.

Se retiran las placas de la base y los falsos fondos.

Se coloca papel filtro sobre las placas de base y se voltean los moldes.

Sobre la que ahora es superficie superior de la muestra se colocan unas pesas de sobre carga que tratan de representar el peso de las cargas sobre el suelo.

El ensayo C.B.R. de una muestra de suelo se determina generalmente para penetraciones del pistón entre 0.1 y 0.2 pulgadas, eligiéndose el mayor valor de los dos como valor representativo de la muestra.

Para determinar la Resistencia al Corte del suelo se realizó un ensayo de C.B.R. con las muestras recolectadas, obteniendo los valores indicados en la siguiente tabla:

Tabla 2 Resumen de CBR

CBR		
TRAMO	ABSCISA	CBR
1	0+800	9
2	8+100	10

Fuente: Autor

Análisis

En el tramo de vía existen 2 sectores que necesitan especial atención y a través de recolección de muestras se realizó el ensayo de CBR, obteniéndose valores de 9 y 10 respectivamente que corresponden a una sub-rasante de mala a regular.

7.3 Ensayo SPT (Standard Penetration Test)

Cuando no sea posible efectuar el ensayo del CBR sobre muestras, excepcionalmente, se puede admitir su estimación a partir de otras técnicas convencionales de reconocimiento geotécnico como son los ensayos SPT, de penetración dinámica, o presiométricos.

Tabla 3. Cuadro de Resumen del NSPT

SPT		
TRAMO	ABSCISA	N _{SPT}
1	0+800	14
2	8+100	15

Fuente: Autor

Tabla 4. Correlación de NSPT y CBR

CORRELACIÓN N _{SPT} - CBR				
TRAMO	ABSCISAS	N _{SPT}	CBR estimado	TIPO DE SUELO
1	0+800	14	9	Sub-rasante mala
2	8+100	15	10	Sub-rasante mala

Fuente: Autor

Tabla 5 Clasificación del suelo de acuerdo al CBR

CBR	Clasificación
0 - 5	Subrasante muy mala
5 - 10	Subrasante mala
10 - 20	subrasante regular a buena
20 - 30	Subrasante muy buena
30 - 50	Subbase buena
50 - 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

Fuente: (Edovago, 2012)

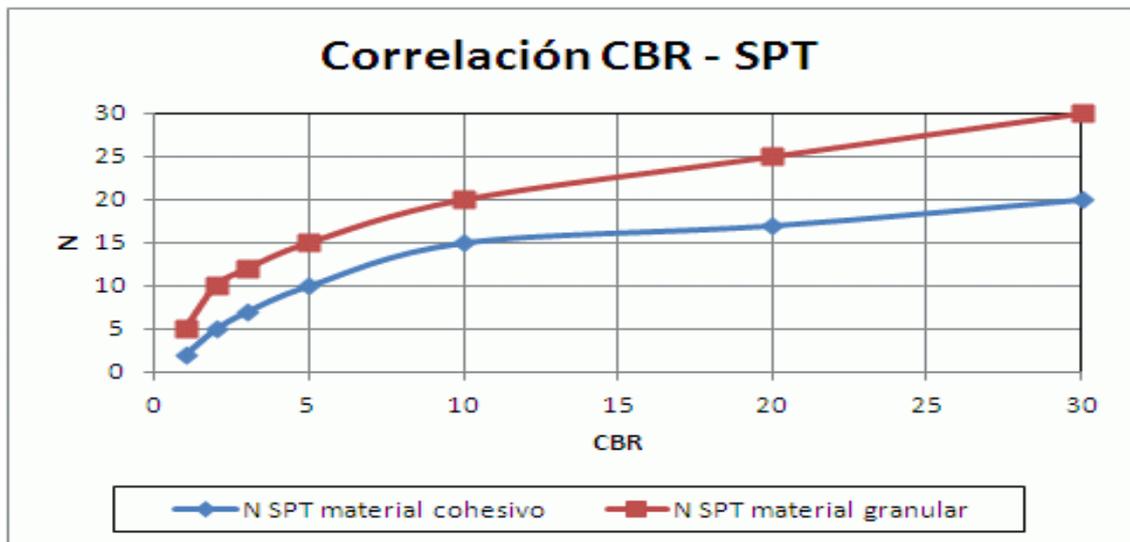


Gráfico 4 Correlación CBR-SPT

Fuente: (Edovago, 2012)

Análisis

Con el ensayo SPT se logró establecer el N_{SPT} en los sectores establecidos de la vía en estudio y mediante una correlación detallada en el *Gráfico 4* se verificó el valor de su CBR, con el cual se puede determinar el tipo de sub-rasante correspondiente.

8. CONCLUSIONES

- De los estudios realizados tanto en el campo, en el laboratorio, así como del proceso de investigación, análisis e interpretación de resultados obtenidos, se deduce lo siguiente:
- La baja resistencia de la sub-rasante produce con las múltiples fallas visibles: inseguridad e inestabilidad en la vía que incide en posibles accidentes de tránsito para los usuarios que se movilizan diariamente en sus vehículos.
- Los beneficios de este proyecto son importantes en lo que se refiere a la seguridad y economía de los habitantes de los cantones Pelileo y Patate.
- Los resultados obtenidos de las muestras ensayadas, permiten viabilizar una propuesta de solución al problema.

9. PROPUESTA DE SOLUCIÓN.

Consiste en hacer un estudio de suelos empleando el método de exploración subterránea SPT para conocer el número de golpes y toma de muestras para el ensayo CBR en los sitios donde se evidencian las fallas de la vía obteniendo así valores referenciales que servirán para conocer tipos de suelos con mayor y menor capacidad de carga. En base a los resultados obtenidos en el campo y en el laboratorio: a través del N_{SPT} y los valores de CBR respectivamente y tomando en cuenta en donde se han producido las fallas, se propone realizar un mejoramiento de la sub-rasante esperando aumentar esa capacidad de carga dando como respuesta mayor estabilidad en la subrasante y por ende mayor seguridad a quienes deben transitar en sus vehículos en este tramo de vía intercantonal.

En referencia al procedimiento constructivo: se retiró el material de una faja de la vía afectada 30 cm bajo la sub-rasante, a una profundidad total de 60 cm desde la superficie de la capa de rodadura, con el propósito de colocar nuevo material granular con un CBR mayor de 30%. Esta solución del problema es la más económica en costo y tiempo, razón por la cual se indica a detalle el proceso ejecutado:

Esta solución toma criterios mostrados por el Ministerio de Obras Públicas en el Manual de Caminos Vecinales y el material granular

recomendado es una sub-base granular de rodadura tipo SGR 4-5 que consta en el mismo manual.

El material recomendado cumple ciertas condiciones que le permiten funcionar como material de mejoramiento de la subrasante, dada su disposición granulométrica y sus propiedades índices.

El material SGR 4-5 puede ser reemplazado por otros materiales que constan en las "Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes" MOP-001-F 2000 y que son;

a) se puede usar una "superficie de agregados no tratados" que constan en el capítulo 401-2 de las Especificaciones, los requisitos a cumplir por este material son los siguientes:

Tabla 5. Composición Granulométrica

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	A	B	C	D
3"	100	--	--	--
2"	80-100	100	--	--
1"	55-85	75 - 95	100	100
3/8"	--	--	50-85	60 - 100
No.4	30-55	30 - 60	35-65	50-85
No. 200	5-15	5-15	5-15	5-20

Fuente: Especificaciones Técnicas MOP Sección 401-2

Además, la fracción que para el tamiz No. 200, no deberá ser mayor que las dos terceras partes de la fracción que pasa el tamiz No. 40.

Propiedades Indicativas:

Límite Líquido < 35%

índice Plástico < 9 %

CBR > 30%

Abrasión < 50%

Este tipo de materiales puede ser utilizado en reemplazo del material existente en sitio, ya que las especificaciones permiten un buen comportamiento en conjunto del material, (evitando la disgregación y separación de los componentes del material al momento del paso de los vehículos).

La vía que une las poblaciones de Pelileo y Patate cuya longitud es de 10 Km, presenta fallas asociadas a su nivel de subrasante, por esta razón, se ha realizado una investigación de la subrasante de la mencionada vía, con el fin de tomar decisiones en cuanto a la construcción del mejoramiento de la subrasante y evitar el daño en la estructura del pavimento.

Se determinó los tipos de suelos existentes en el terreno en donde se realizará el mejoramiento de la subrasante, determinando sus propiedades.

Este trabajo permitirá emitir recomendaciones para el proceso constructivo y requerimientos de los materiales a utilizarse a fin de garantizar la vida útil de los futuros pavimentos.

Durante la visita técnica al tramo de vía, se detectó 2 sitios puntuales de problemas en las abscisas 0+800 y 8+100, por esta razón que la investigación se concentró en estos lugares solamente.

Se puede apreciar el hundimiento de la superficie de rodadura, generado por el colapso de la subrasante, presenta un tipo de suelo compuesto por estratos arenolimosos de origen volcánico de color gris y amarillento.

Para el presente caso, se presentará una solución en base a lo propuesto por el MOP para caminos vecinales con superficie granular de rodadura.

9.1 METODOLOGÍA EMPLEADA

9.1.1. Trabajos de Campo

La exploración de campo comprendió la visita técnica al lugar, el muestreo e identificación de los suelos de la subrasante del tramo de vía en mención. La finalidad de esta exploración es la de recuperar muestras alteradas representativas de suelo mediante la ejecución de un método geotécnico.

Se realizaron dos (2) ensayos en sitio, hasta -0.60 m de profundidad cada uno, localizados en las abscisas indicadas.

Durante los trabajos de excavación manual se recuperaron muestras de suelo a nivel de subrasante las cuales fueron clasificadas en sitio mediante el método de Clasificación Manual Visual propuesto por el SUCS.

Adicionalmente se efectuaron junto a las excavaciones manuales a cielo abierto, ensayos de resistencia in situ, con la ayuda del equipo correspondiente al método SPT, el cual permite por medio de correlaciones existentes, obtener resultados de valores CBR para cada uno de los materiales encontrados durante la investigación de campo.

Se efectuaron 2 ensayos SPT, en las abscisas 0+800 y 8+100

9.1.2. Trabajos de Laboratorio

Con las muestras obtenidas en campo se realizaron los siguientes Ensayos de laboratorio, para realizar su clasificación:

Contenido de humedad

Granulometría

Límites de Atterberg.

Los resultados de estos ensayos permitieron clasificar los suelos de la subrasante mediante el Sistema Unificado SUCS y AASHTO.

A fin de determinar las propiedades mecánicas de la subrasante, parámetros a ser utilizados en la solución del espesor del material de mejoramiento de la subrasante.

9.1.3. Trabajos de Oficina

Con los resultados obtenidos del laboratorio se procedió a realizar la interpretación de los datos, a fin de conocer las características mecánicas a ser utilizadas en la solución del material de mejoramiento de la subrasante.

9.2. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE

La subrasante de la vía se encuentra compuesta por 2 materiales diferentes, el primero una arena limosa color gris tipo SM, que presenta una mediana plasticidad.

La zona se caracteriza por tener fuertes pendientes en sus taludes, además de visualizar estratos con presencia de materiales arenosos y limosos, como también un material orgánico de pequeño espesor.



Gráfico 5 Perfil de la Vía en estudio
Fuente: Autor

El siguiente cuadro muestra las características de los materiales encontrados y ensayados en laboratorio:

Tabla 6 Propiedades Índice de Suelo

Muestra Prof. m	Contenido de humedad (%)	Límite líquido (%)	Índice plástico (%)	GRANULOMETRÍA			Clasificación SUCS
				Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	
0.60	45.45	35.3	4.9	0	55	45	SM - ML
0.60	30.25	32.7	4.0	0	48	52	SM - ML

Fuente: Autor

9.3. PROPIEDADES MECÁNICAS

Valor soporte de la subrasante (C.B.R.)

Con los ensayos de laboratorio se determinaron los valores de CBR según el material encontrado. A continuación, se muestra en resumen los resultados obtenidos:

Tabla 7 Tipo de Suelo VS CBR

UBICACIÓN	TIPO DE SUELO	C.B.R.
0+800	Arena limosa gris	9
8+100	Arena limosa gris	10

Fuente: Autor

En función del ensayo de campo SPT, se obtuvo el número de golpes en los dos sitios de estudio y aplicando correlaciones desarrolladas para el efecto se confirmó que los valores de CBR estimado coinciden con los CBR de laboratorio de los diferentes materiales existentes de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 8. Correlación de N_{SPT} y CBR

CORRELACIÓN N_{SPT} - CBR				
TRAMO	ABSCISAS	N_{SPT}	CBR estimado %	TIPO DE SUELO
1	0+800	14	9	Sub-rasante mala
2	8+100	15	10	Sub-rasante mala

Fuente: Autor

Como alternativa de solución se ha decidido adoptar los siguientes valores de CBR para la solución del problema que presenta este tramo de vía:

Tabla 9 Sub base VS CBR

Tipo de suelo	CBR de diseño (%)
Sub-base Clase 2	33

Fuente: Autor

Se ha considerado como CBR de diseño el valor obtenido en el laboratorio que corresponde a una Sub-base Clase 2.

9.4 ESPESORES ADOPTADOS

El espesor de diseño para el material de mejoramiento de la subrasante ha sido dimensionado utilizando el método propuesto por el MOP en el Manual de Caminos Vecinales para un camino tipo 4, cuyo procedimiento permite pasar de un CBR bajo a un CBR mayor al 30%, con la variación del espesor de la capa de mejoramiento de la subrasante.

En los sitios donde la subrasante esté compuesta por arenas limosas de baja plasticidad, el espesor de la capa de material granular de rodadura (sub-base clase 2) será mayor o igual a 30 cm.

9.5. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

A fin de que la subrasante mejorada, trabaje de manera óptima es importante que se cumplan los requerimientos tanto de las características físicas como mecánicas de los materiales que la conforman.

El proceso constructivo de una capa de mejoramiento de la subrasante debe ser controlado de manera especial. Cualquier probable error que se produjera durante la construcción se verá reflejado inmediatamente, pues, podrían presentarse deformaciones permanentes y disminución de la serviciabilidad de los pavimentos.

Se deberán seguir las siguientes recomendaciones durante la construcción para conseguir resultados satisfactorios:

Subrasante:

La subrasante será conformada mediante el trabajo con equipo caminero y el movimiento de tierras correspondiente de acuerdo con el diseño geométrico de la vía.

La subrasante deberá compactarse, con un rodillo vibratorio autopropulsado cuyo peso será no menor a 8 toneladas hasta obtener al menos el 95% de la densidad seca máxima obtenida mediante el ensayo Próctor Modificado, es necesario alcanzar el mejor grado de compactación posible para este material.

En caso de requerirse la conformación de pequeños rellenos para alcanzar los niveles de proyecto, ya sea por la geometría propia del terreno o por haber extraído material no deseado, éstos deberán construirse utilizando material granular seleccionado en capas no mayores a 15 cm cada vez y compactándolas hasta obtener una superficie lisa y nivelada.

Una vez compactada la subrasante, y éstos trabajos sean aprobados por Fiscalización, se deberá tener las pendientes y sección transversal indicadas en el proyecto.

10. RECOMENDACIONES

- Los materiales a usarse deben tener la característica de permeabilidad.
- El diseño de los elementos requeridos, como obras de arte en la vía deben facilitar que el agua acumulada sea recogida y eliminada en el menor tiempo.
- La mayoría de los pavimentos construidos en las últimas décadas son cuerpos compuestos sobre bases de concreto asfáltico sobre bases y sub bases bien estabilizadas o no, estos sistemas que generalmente no están diseñados para permitir la rápida evacuación del agua, desarrollan un mecanismo de auto destrucción interna, cuando el agua libre consigue entrar a la superficie de contacto de las capas estructurales, el sistema multicapa actúa como una bomba bajo el peso de las grandes cargas de las llantas, los grandes impactos de las llantas mueven el agua en las interfaces de la carpeta y la base, erosionando el material y eyectándolo en las grietas y fisuras del pavimento produciendo canales y cavidades que dejan sin apoyo algunas zonas de la carpeta, con lo cual se generan huecos y otros daños que eventualmente conducen a falla total del pavimento. En base a esto, para proteger la estructura de pavimento se sugiere la construcción de cunetas de coronación, drenes laterales y transversales y según el caso alcantarillas.
- El presente informe ha sido elaborado en base a trabajos de campo, laboratorio y oficina, considerando las características del proyecto de vía que une las poblaciones de Pelileo y Patate.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arenas, H. (2000). Conferencia Teoría de los Pavimentos. Parte 1. En *Conferencia Teoría de los Pavimentos. Parte 1* (pág. 521). Bogotá.

Edovago. (13 de Agosto de 2012). *Mi cuaderno*. Obtenido de <http://cuadernoedovago.blogspot.com/2012/08/correlacion-cbr-spt.html>

Menéndez, G. (1986).

Mantilla, F. (2003). *Mecánica de Suelos II*. Ambato.

ANEXOS

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO										LABORATORIO DE SUELOS				
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA														
ENSAYO C.B.R.														
DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NUMERO			1-C				2-C				3-C			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
DIA Y MES	HORA	DIAS	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%
			Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2	
25-may-00	15:10	0	6.54	5.00	0.00	0.00	8.31	5.00	0.00	0.00	4.33	5.00	0.00	0.00
26-may-00	14:08	1	6.95		0.41	0.08	8.89		0.58	0.12	4.89		0.56	0.11
27-may-00	14:45	2	7.20		0.66	0.13	9.40		1.09	0.22	5.07		0.74	0.15
28-may-00	18:10	3	7.32		0.78	0.16	9.65		1.34	0.27	5.28		0.95	0.19
29-may-00	15:20	4	7.32		0.78	0.16	9.65		1.34	0.27	5.28		0.95	0.19
ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
ANILLO 1-A MAIER CONSTANTE DEL ANILLO: 12.804 lb/pl-3 AREA DEL PISTON: 3pl2														
MOLDE NUMERO			1-C				2-C				3-C			
TIEMPO		PENET	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
			LECT	LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG	
MIN	SEG	" 10-3	DIAL	lb/plg2	%		DIAL	lb/plg2	%		DIAL	lb/plg2	%	
		0	0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0	30	25	9.0	38.4			5.0	21.3			2.0	8.5		
1	0	50	21.5	91.8			11.0	46.9			4.5	19.2		
1	30	75	34.0	145.1			16.5	70.4			6.5	27.7		
2	0	100	45.5	194.2	19.4	19.4	22.0	93.9	93.9	9.4	8.5	36.3	36.3	3.6
3	0	150	66.0	281.7			31.2	133.2			11.0	46.9		
4	0	200	84.3	359.8			38.9	166.0			12.5	53.4		
5	0	250	99.4	424.2			45.0	192.1			14.5	61.9		
6	0	300	113.0	482.3			50.0	213.4			16.0	68.3		
8	0	400	129.5	552.7			57.8	246.7			18.5	79.0		
10	0	500	145.0	618.9			66.8	285.1			21.3	90.9		

GRAFICO
PRESION - PENETRACION

Densidades	vs	Resistencias		Densidad Máx	1.609	gr/cm ³	
gr/cm ³	1.625	19.40	%	95% de DM	1.529	1.529	1.460 1.560
gr/cm ⁴	1.532	9.40	%		0.00	30.00	9.40 9.40
gr/cm ⁵	1.469	3.60	%	CBR PUNTUAL			9 %

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

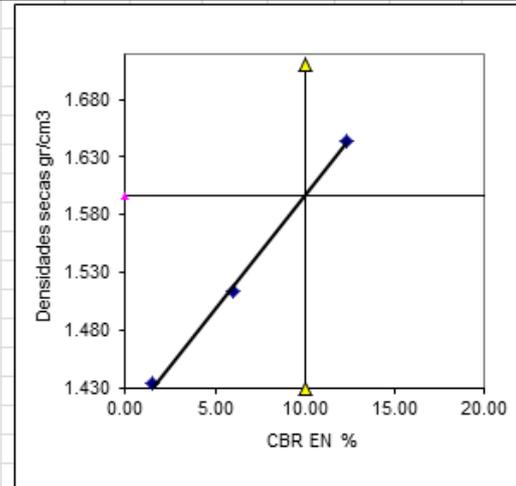
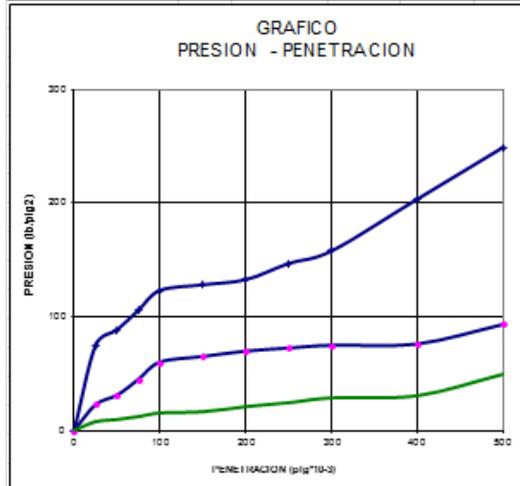
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NUMERO			1-C				2-C				3-C			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
DIA Y MES	HORA	DIAS	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%
			Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2
25-may-00	15:10	0	6.54	5.00	0.00	0.00	8.31	5.00	0.00	0.00	4.33	5.00	0.00	0.00
26-may-00	14:08	1	6.95		0.41	0.08	8.89		0.58	0.12	4.89		0.56	0.11
27-may-00	14:45	2	7.20		0.66	0.13	9.40		1.09	0.22	5.07		0.74	0.15
28-may-00	18:10	3	7.32		0.78	0.16	9.65		1.34	0.27	5.28		0.95	0.19
29-may-00	15:20	4	7.32		0.78	0.16	9.65		1.34	0.27	5.28		0.95	0.19

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

ANILLO 1-A MAIER CONSTANTE DEL ANILLO: 12.804 lb/pl-3 AREA DEL PISTON: 3pl2

MOLDE NUMERO			1-C				2-C				3-C			
TIEMPO			Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	PENET " 10-3	LECT	LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG	
			DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%
		0	0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0	30	25	6.0	75.0			4.5	22.7			2.0	7.6		
1	0	50	9.0	88.4			5.5	31.0			2.5	9.5		
1	30	75	13.0	105.8			6.5	45.0			3.2	12.2		
2	0	100	16.5	123.0	123.0	12.30	7.5	60.0	60.0	6.00	4.0	15.2	15.2	1.52
3	0	150	23.0	128.0			9.5	65.0			4.3	16.3		
4	0	200	29.5	132.5			11.5	69.7			5.5	20.9		
5	0	250	35.5	146.8			13.5	72.4			6.4	24.3		
6	0	300	41.5	157.7			15.0	74.8			7.5	28.5		
8	0	400	53.5	203.3			20.0	76.0			8.0	30.4		
10	0	500	65.5	248.9			24.5	93.1			13.0	49.4		



Densidades	vs	Resistencias		Densidad Máx	1.681	gr/cm ³	
gr/cm ³	1.644	12.30	%	95% de DM	1.597	1.597	1.430 1.710
gr/cm ⁴	1.514	6.00	%		0.00	30.00	10.00 10.00
gr/cm ⁵	1.433	1.52	%	CBR PUNTUAL			10 %

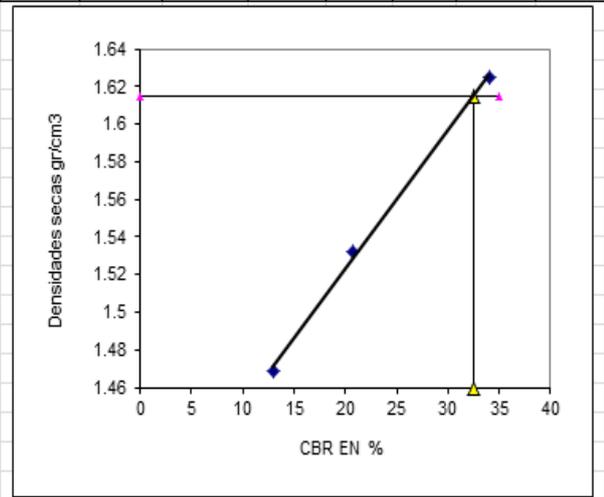
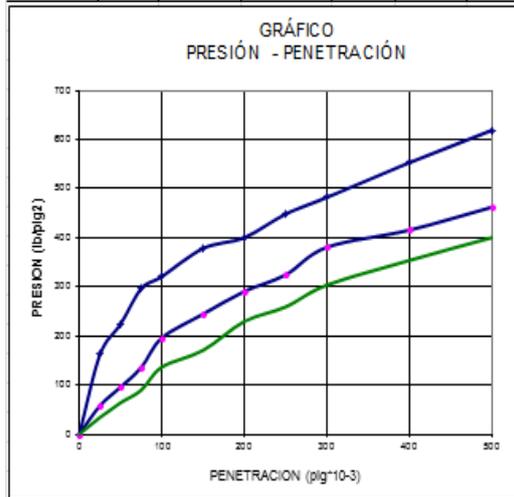
ENSAYO C.B.R.
DATOS DE ESPONJAMIENTO
 LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NUMERO			1-C				2-C				3-C			
FECHA DIA Y MES	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
	HORA	DIAS	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%
			Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2	
25-nov-14	15:10	0	6.54	5.00	0.00	0.00	8.31	5.00	0.00	0.00	4.33	5.00	0.00	0.00
26-nov-14	14:08	1	6.95		0.41	0.08	8.89		0.58	0.12	4.89		0.56	0.11
27-nov-14	14:45	2	7.20		0.66	0.13	9.40		1.09	0.22	5.07		0.74	0.15
28-nov-14	18:10	3	7.32		0.78	0.16	9.65		1.34	0.27	5.28		0.95	0.19
29-nov-14	15:20	4	7.32		0.78	0.16	9.65		1.34	0.27	5.28		0.95	0.19

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

ANILLO 1-A MAIER CONSTANTE DEL ANILLO: 12.804 lb/pl-3 AREA DEL PISTON: 3p12

MOLDE NUMERO			1-C				2-C				3-C						
TIEMPO		PENETRA	Q		PRESIONES		CBR	Q		PRESIONES		CBR	Q		PRESIONES		CBR
MIN	SEG	" 10-3	LECT	LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG
			DIAL	lb/plg2	%		DIAL	lb/plg2	%		DIAL	lb/plg2	%		DIAL	lb/plg2	%
		0	0.0	0			0.0	0			0.0	0			0.0	0	
0	30	25	38.7	165.2			10.6	45.2			6.9	29.4			6.9	29.4	
1	0	50	46.8	199.7			23.9	102.0			16.8	71.7			16.8	71.7	
1	30	75	66.9	285.5			35.5	151.5			23.4	99.9			23.4	99.9	
2	0	100	79.7	340.2	340.2	34.02	48.7	207.9	207.9	20.79	30.3	129.3	129.3	12.93	30.3	129.3	129.3
3	0	150	86.1	367.5			54.1	230.9			44.2	188.6			44.2	188.6	
4	0	200	93.3	398.2			62.4	266.3			55.8	238.2			55.8	238.2	
5	0	250	105.6	450.7			75.0	320.1			67.7	288.9			67.7	288.9	
6	0	300	117.2	500.2			83.8	357.7			78.1	333.3			78.1	333.3	
8	0	400	128.9	552.7			94.4	402.9			88.9	379.4			88.9	379.4	
10	0	500	137.0	618.9			105.3	449.4			97.4	415.7			97.4	415.7	



Densidades	vs	Resistencias	Densidad Máx	1.700	gr/cm ³
gr/cm ³	1.625	34.02	%	95% de DM	1.615 1.615 1.460 1.615
gr/cm ⁴	1.532	20.79	%		0.00 35.00 32.51 32.51
gr/cm ⁵	1.469	12.93	%	CBR PUNTUAL	33 %